



Ricerca di Sistema elettrico

Riqualificazione energetica degli edifici pubblici esistenti: direzione nZEB

Studio dell'edificio scolastico di riferimento nel Sud
Italia (zona climatica B: $600 < GG \leq 900$)

G. Cammarata, M. Cammarata, M. Caponnetto, G. Centi



Dipartimento di Ingegneria
Elettrica Elettronica e
Informatica di Catania

Report RdS/PAR2015/122

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI PUBBLICI ESISTENTI: DIREZIONE nZEB
STUDIO DELL'EDIFICIO SCOLASTICO DI RIFERIMENTO NEL SUD ITALIA (ZONA CLIMATICA B: $600 < GG \leq 900$)

G. Cammarata, M. Cammarata, M. Caponnetto - Università degli Studi di Catania

G. Centi - ENEA

Settembre 2016

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2015

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: Edifici a energia quasi zero (nZEB), Studi sulla riqualificazione energetica del parco esistente di edifici pubblici

Obiettivo: Studio dell'edificio scolastico di riferimento nel Sud Italia (zona climatica B: $600 < GG = 900$)

Responsabile del Progetto: Luciano Terrinoni, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "Riqualificazione energetica del parco esistente di edifici pubblici".

Responsabile scientifico: Giulia Centi, ENEA

Responsabile scientifico: Giuliano Cammarata, UNICT



Indice

SOMMARIO.....	XII
1 INTRODUZIONE	1
2 LA SCUOLA LIVIO TEMPESTA DI CATANIA	3
2.1 TOPOLOGIA.....	3
2.2 DATI COSTRUTTIVI.....	4
2.3 PLANIMETRIE E SEZIONI	7
2.4 GLI IMPIANTI ESISTENTI	9
2.4.1 Componenti di Impianto	9
3 DIAGNOSI ENERGETICA.....	15
3.1 METODOLOGIA DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	15
3.2 DATI ARCHITETTONICI DELLA SCUOLA LIVIO TEMPESTA	15
3.3 CONSUMI ENERGETICI RILEVATI	16
3.3.1 Consumi Elettrici	16
3.3.2 Consumi di Gasolio.....	18
3.4 CONSUMI ENERGETICI SIMULATI	20
3.5 OSSERVAZIONE SUGLI IMPIANTI MECCANICI ESISTENTI.....	20
3.6 INTERVENTI SULL'ISOLAMENTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	21
3.7 UTILIZZO DEL SOFTWARE SEAS.....	22
3.7.1.1 Consumi energetici calcolati e fatturati.....	26
3.7.2 Consumi calcolati con Analisi Dinamica con il metodo R5C1	27
3.7.2.1 Il modello dinamico R5C1	27
3.7.2.2 Simulazione Dinamica R5C1 per l'edificio esistente	29
3.7.2.3 Simulazione Dinamica R5C1 per l'edificio ristrutturato	33
3.8 CONSIDERAZIONI SUI CONSUMI REALI IN RELAZIONE AI CONSUMI SIMULATI	36
4 VERIFICA ENERGETICA DELL'EDIFICIO	38
4.1 LA PROBLEMATICHE.....	38
4.2 EDIFICI NZEB	38
4.2.1 Osservazioni sulla definizione di nZEB.....	39
4.3 TIPOLOGIA DI INTERVENTO PER RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI 1° LIVELLO	41
4.3.1 Scuola esistente	41
4.3.2 Intervento di Riqualificazione Proposto	41
4.3.2.1 Involucro	41
4.3.2.2 Impianti.....	42
4.3.3 Tipologia di intervento	42
4.4 LE ZONE TERMICHE DELLA SCUOLA LIVIO TEMPESTA	43
4.5 SOFTWARE UTILIZZATO	45
4.6 VERIFICA ENERGETICA DELL'EDIFICIO ESISTENTE	46
4.6.1 Pareti Esterne.....	46
4.6.2 Pavimento	47
4.6.3 Soffitto	48
4.6.4 Serramenti	49
4.6.5 Riepilogo delle superfici disperdenti	52
4.6.6 Input dei Dati e Verifiche Energetiche.....	54
4.7 VERIFICA ENERGETICA DELL'EDIFICIO RISTRUTTURATO DI 1° LIVELLO	57
4.7.1 Nuove Pareti Esterne.....	57
4.7.2 Nuovo Pavimento.....	58
4.7.3 Nuovo Soffitto.....	58

4.7.4	<i>Nuovi Serramenti</i>	59
4.7.5	<i>Input dei dati e Verifiche Energetiche</i>	60
4.7.5.1	Verifica dell'intero Edificio	60
4.7.5.2	Verifica della Zona Termica AULE	64
4.7.5.3	Verifica della Zona Termica PRESIDENZA-SEGRETERIE	67
4.7.5.4	Verifica della Zona Termica ALLOGGIO CUSTODE	71
4.8	VERIFICA ENERGETICA DELL'EDIFICIO RISTRUTTURATO DI 2° LIVELLO	77
4.8.1	<i>Nuove Pareti Esterne</i>	77
4.8.2	<i>Pavimenti</i>	77
4.8.3	<i>Soffitti</i>	77
4.8.4	<i>Nuovi serramenti</i>	78
4.8.5	<i>Input e verifiche energetiche</i>	79
4.9	CONCLUSIONI PER LE VERIFICHE ENERGETICHE	83
5	LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE	84
5.1	RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI 1° LIVELLO	84
5.1.1	<i>Interventi sull'involucro</i>	84
5.1.1.1	Interventi sulle pareti esterne.	89
5.1.1.2	Interventi sul pavimento	91
5.1.1.3	Intervento sul soffitto	92
5.1.1.4	Interventi sugli infissi	93
5.1.2	<i>Schede sinottiche per la ristrutturazione dell'involucro</i>	97
5.1.3	<i>Interventi sugli impianti</i>	109
5.1.3.1	Caratteristiche degli impianti esistenti	109
5.1.3.2	Le necessità di Riqualificazione degli impianti	112
5.1.3.3	Suddivisione su tre centrali termiche	112
5.1.3.4	Riduzione dell'Energia non rinnovabile ed utilizzo di FER	113
5.1.3.5	Nuovi componenti di impianto	115
5.1.3.6	Pompa di Calore per la Zona AULE	115
5.1.3.7	Verifica con il Metodo BIN	117
5.1.3.8	Ventilazione Meccanica della Scuola Livio Tempesta	121
5.1.3.9	Terminali per il riscaldamento	126
5.1.3.10	Reti Idroniche	128
5.1.3.11	Reti Aerauliche	129
5.1.3.12	Bocchette di immissione e di estrazione	129
5.1.3.13	Pompe di circolazione	134
5.1.3.14	Vasi di espansione chiusi a membrana	134
5.1.4	<i>Fabbisogno energetico e copertura da fonti rinnovabili</i>	135
5.1.4.1	Impianto Solare Termico	141
5.1.4.2	Impianto Fotovoltaico	145
5.1.5	<i>Fabbisogno energetico dovuto all'illuminazione- Relamping</i>	150
5.2	RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI 2° LIVELLO	157
5.2.1	<i>Interventi sulle Pareti Esterne</i>	157
5.2.2	<i>Interventi sul Pavimento</i>	157
5.2.3	<i>Interventi sulla Copertura a Terrazza</i>	157
5.2.4	<i>Interventi sugli Infissi</i>	157
5.2.5	<i>Interventi sugli Impianti</i>	157
5.2.5.1	Generatore Termico	158
5.2.5.2	Impianto di Ventilazione	158
5.2.5.3	Impianto Solare Termico	158
5.2.5.4	Impianto Solare Fotovoltaico	158
5.2.5.5	Relamping	158
6	COSTI DEGLI INTERVENTI DI RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE	159
6.1	OPERE DI RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI 1° LIVELLO	161
6.1.1	<i>Opere di demolizione</i>	161
6.1.2	<i>Opere di ristrutturazione</i>	162
6.1.3	<i>Riqualificazione degli Impianti</i>	162
6.1.4	<i>Lavori Vari – Imprevisti - Costi Amministrativi</i>	164

6.1.5	Riepilogo dei Costi per Capitoli e Sotto capitoli	164
6.2	OPERE DI RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI 2° LIVELLO.....	164
6.2.1	Opere di Demolizione	164
6.2.2	Opere di ristrutturazione.....	165
6.2.3	Riqualificazione degli Impianti.....	165
6.2.4	Lavori Vari – Imprevisti – Costi Amministrativi	166
6.2.5	Riepilogo dei Costi per Capitoli e Sotto Capitoli	166
7	ANALISI COSTI BENEFICI DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE	167
7.1	RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI 1° LIVELLO	167
7.1.1	Riepilogo degli investimenti.....	167
7.1.2	Analisi Costi Benefici e Flussi di Cassa.....	168
7.1.3	Utilizzo degli incentivi DM 14-01-2016	169
7.1.3.1	Studio Parametrico	172
7.2	RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE DI 2° LIVELLO	174
7.2.1	Riepilogo degli investimenti.....	174
7.2.2	Utilizzo degli incentivi DM 14-01-2016	177
7.2.2.1	Studio Parametrico	178
7.3	CONCLUSIONI FINALI SULL'ANALISI ECONOMICA DELLE RISTRUTTURAZIONI.....	180
7.3.1	Ristrutturazioni Importanti senza Incentivi DM 14-01-2016.....	180
7.3.2	Ristrutturazioni Importanti con Incentivi DM 14-01-2016.....	180
7.3.2.1	Ristrutturazione importante di 1° livello	180
7.3.2.2	Ristrutturazione importante di 2° livello	180
8	STUDIO DI SENSITIVITÀ PER L'ANALISI ECONOMICA	181
9	CONCLUSIONI.....	186
9.1	INCIDENZA DEGLI SINGOLI INTERVENTI	187
9.2	POSSIBILI SOLUZIONI ALTERNATIVE	187
9.3	UTILIZZO DEGLI INCENTIVI AI SENSI DEL DM 14-01-2016.....	189
9.3.1	Intervento di ristrutturazione importante di 1° livello	190
9.3.2	Intervento di ristrutturazione importante di 2° livello	190
9.4	VALUTAZIONI FINALI	190
10	ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	191
11	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	193
12	AUTORI.....	194
	Prof. Ing. Giuliano Cammarata	194
	Dott. Arch. Massimiliano Cammarata	194
	Dot. Ing. Marco Caponnetto	194

Indice delle Figure

FIGURA 1: SCUOLA L. TEMPESTA – MAPPA	3
FIGURA 2: TARGA DELLA SCUOLA L. TEMPESTA.....	3
FIGURA 3: INGRESSO DELLA SCUOLA L. TEMPESTA	4
FIGURA 4: VISTA LATERALE DELLA SCUOLA L. TEMPESTA.....	4
FIGURA 5: CORTILE INTERNO DELLA SCUOLA L. TEMPESTA	5
FIGURA 6: ALTRA VISTA DEL CORTILE INTERNO DELLA SCUOLA L. TEMPESTA.....	5
FIGURA 7: VISTA LATERALE DEL CORTILE INTERNO CON LA CENTRALE TERMICA E SERBATOI ACQUA	6
FIGURA 8: DEGRADO ALL'INTERNO DELLA SCUOLA L. TEMPESTA	6
FIGURA 9: PLANIMETRIA DEL PIANO TERRA	7
FIGURA 10: PLANIMETRIA DEL PRIMO PIANO	7
FIGURA 11: PLANIMETRIA DELLA COPERTURA.....	8
FIGURA 12: PROSPETTI – PLANIMETRIE E SEZIONI.....	8
FIGURA 13: SEZIONE DELLA SCUOLA L. TEMPESTA.....	9
FIGURA 14: CALDAIA E DATI DI TARGA	10
FIGURA 15: SISTEMI MONOSPLIT PER LA PRESIDENZA - SEGRETERIA.....	10
FIGURA 16: TERMOCONVETTORI ELETTRICI	10
FIGURA 17: GRUPPO POMPE	11
FIGURA 18: SISTEMA DI REGOLAZIONE	11
FIGURA 19: SONDE AMBIENTE	11
FIGURA 20: SONDE NELLE TUBAZIONI	12
FIGURA 21: SONDA MASTER ESTERNA	12
FIGURA 22: TERMOSTATO DI ZONA.....	12
FIGURA 23: TERMOSTATO AMBIENTE	12
FIGURA 24: COIBENTAZIONE DELLA TUBAZIONI.....	13
FIGURA 25: TERMOCONVETTORI	13
FIGURA 26: SERBATOIO DEL GASOLIO	13
FIGURA 27: PRESSOSTATO	13
FIGURA 28: SERBATOI ESTERNI.....	14
FIGURA 29: SISTEMA DI CONTROLLO E POMPE PER L'ACQUA.....	14
FIGURA 30: SISTEMA DI ACCUMULO DELL'ACQUA CALDA	14
FIGURA 31: ANDAMENTO DEL CARICO TERMICO ESTIVO ORARIO PER LA DIREZIONE	18
FIGURA 32: LETTERA DI COLLABORAZIONE PRESENTATA ALL'ENERGY MANAGER DEL COMUNE DI CATANIA	21
FIGURA 33: INFORMAZIONI SUL SOFTWARE SEAS.....	22
FIGURA 34: SEAS – INPUT DATI GENERALI	22
FIGURA 35: SEAS – CONTESTO GEOGRAFICO	23
FIGURA 36: SEAS – DESCRIZIONE DELLA ZONA TERMICA.....	23
FIGURA 37: SEAS – PROFILO UTENZE	24
FIGURA 38: PROFILO ACCENSIONE RISCALDAMENTO	24
FIGURA 39: SEAS – INFILTRAZIONI E VENTILAZIONI	25
FIGURA 40: SEAS – ILLUMINAZIONE	25
FIGURA 41: SEAS – ESEMPIO DI FATTURAZIONI ENERGETICHE	26
FIGURA 42: SEAS – RISULTATI INVOLUCRO	26
FIGURA 43: CONFRONTO DELL'AUDIT ENERGETICO PER I CONSUMI DI GASOLIO.....	27
FIGURA 44: IL MODELLO R5C1	28
FIGURA 45: VERIFICA ENERGETICA DELL'EDIFICIO ESISTENTE	36
FIGURA 46: IMPOSTAZIONE DELLA DEROGA 1.4.3.2.....	42
FIGURA 47: AULE A PIANO TERRA	43
FIGURA 48: AULE A PRIMO PIANO.....	44
FIGURA 49: SEGRETERIA - PRESIDENZA	44
FIGURA 50: ALLOGGIO DEL CUSTODE A PIANO TERRA.....	45
FIGURA 51: SOFTWARE UTILIZZATO.....	45
FIGURA 52: ELENCO SOFTWARE CERTIFICATO DAL CTI PER IL DM 26/06/2015	46
FIGURA 53: STRATIGRAFIA DELLA PARETE ESTERNA.....	47
FIGURA 54: STRATIGRAFIA DEL PAVIMENTO SU TERRAPIENO.....	48

FIGURA 55: STRATIGRAFIA DELLA COPERTURA A TERRAZZO	48
FIGURA 56: STRATIGRAFIA DELLE FINESTRE	49
FIGURA 57: CALCOLO DELLA TRASMITTANZA DELLE FINESTRE.....	49
FIGURA 58: ABACO INFISSI	50
FIGURA 59: ABACO INFISSI	50
FIGURA 60: PLANIMETRIA GENERALE CON EDIFICI VICINORI	51
FIGURA 61: VISTA IN 3D DELL'EDIFICIO SCOLASTICO	51
FIGURA 62: RIEPILOGO DELL'ENERGIA PRIMARIA PER L'EDIFICIO ESISTENTE.....	54
FIGURA 63: VERIFICA DEL D.LGS 28/2011	54
FIGURA 64: STRUTTURA AD ALBERO DELLA SCUOLA ESISTENTE	54
FIGURA 65: VERIFICHE ENERGETICHE PER IL 2019/2021	55
FIGURA 66: VERIFICA DEI PARAMETRI PER LA ZONA AULA PER EDIFICIO ESISTENTE	55
FIGURA 67: CARICO TERMICO A GENNAIO PER EDIFICIO ESISTENTE	56
FIGURA 68: CONFRONTO DELLE STRUTTURE PER L'EDIFICIO ESISTENTE.....	56
FIGURA 69: CONFRONTO DELL' $EP_{H,ND}$ PER L'EDIFICIO ESISTENTE.....	57
FIGURA 70: STRATIGRAFIA DELLE NUOVE PARETI DELL'EDIFICIO RISTRUTTURATO	57
FIGURA 71: STRATIGRAFIA DEL NUOVO PAVIMENTO DELL'EDIFICIO RISTRUTTURATO	58
FIGURA 72: STRATIGRAFIA DEL NUOVO SOFFITTO DELL'EDIFICIO RISTRUTTURATO	58
FIGURA 73: STRATIGRAFIA DEI NUOVI SERRAMENTI DELL'EDIFICIO RISTRUTTURATO	59
FIGURA 74: CALCOLO DELLA TRASMITTANZA DEI NUOVI SERRAMENTI DELL'EDIFICIO RISTRUTTURATO	59
FIGURA 75: ALBERO STRUTTURALE DEI DATI DELL'EDIFICIO RISTRUTTURATO	60
FIGURA 76: VERIFICA ENERGETICA GLOBALE PER L'EDIFICIO RIQUALIFICATO	60
FIGURA 77: SINTESI DELLE VERIFICHE GLOBALI DELL'EDIFICIO RIQUALIFICATO.	61
FIGURA 78: VERIFICA DI EP_{TOT}	61
FIGURA 79: VERIFICA DI QR E DELLA P_E	62
FIGURA 80: CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	62
FIGURA 81: CONFRONTO PER QT FRA EDIFICIO REALE ED EDIFICIO DI RIFERIMENTO	63
FIGURA 82: PRESTAZIONI ENERGETICHE DELLA ZONA AULE	64
FIGURA 83: RIEPILOGO DELLE VERIFICHE PER LA ZONA AULE	65
FIGURA 84: CARATTERISTICHE DELLA PdC DELLA ZONA AULE	65
FIGURA 85: APPLICAZIONE DELLA UNI TS 11300/2 ALLA ZONA AULE	66
FIGURA 86: ENERGIE PRIMARIE DAI VARI SERVIZI PER LA ZONA AULE AL PIANO TERRA	66
FIGURA 87: ENERGIE PRIMARIE DAI VARI SERVIZI PER LA ZONA AULE AL PIANO PRIMO.....	67
FIGURA 88: PRESTAZIONI ENERGETICHE DELLA ZONA PRESIDENZA – SEGRETERIE	68
FIGURA 89: IMPOSTAZIONI PER L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE.....	68
FIGURA 90: RIEPILOGO DELLE VERIFICHE PER LA ZONA PRESIDENZA – SEGRETERIE	69
FIGURA 91: CARATTERISTICHE DELLA PdC DELLA ZONA PRESIDENZA – SEGRETERIE.....	69
FIGURA 92: REFRIGERATORE D'ACQUA PER LA ZONA PRESIDENZA – SEGRETERIE	70
FIGURA 93: APPLICAZIONE DELLA UNI TS 11300/2 ALLA ZONA PRESIDENZA – SEGRETERIE.....	70
FIGURA 94: ENERGIE PRIMARIE DAI VARI SERVIZI PER LA ZONA PRESIDENZA – SEGRETERIE	71
FIGURA 95: VERIFICHE ENERGETICHE PER LA ZONA ALLOGGIO CUSTODE CON PdC DA 0,5 kW	72
FIGURA 96: FABBISOGNO DI RISCALDAMENTO DELLA ZONA ALLOGGIO CUSTODE	72
FIGURA 97: VERIFICHE ENERGETICHE PER LA ZONA ALLOGGIO CUSTODE SENZA GENERATORE DI CALORE	73
FIGURA 98: CALCOLO DI ENERGIA PRIMARIA SENZA GENERATORE PER ALLOGGIO CUSTODE	73
FIGURA 99: DATI DEL GENERATORE PER LA ZONA ALLOGGIO CUSTODE	74
FIGURA 100: VERIFICHE ENERGETICHE PER LA ZONA ALLOGGIO CUSTODE	74
FIGURA 101: FLUSSI ENERGETICI PRIMARI PER LA ZONA ALLOGGIO CUSTODE	75
FIGURA 102: PRESTAZIONI ENERGETICHE DELLA ZONA ALLOGGIO CUSTODE.....	75
FIGURA 103: ENERGIE PRIMARIE DAI VARI SERVIZI PER LA ZONA ALLOGGIO CUSTODE	76
FIGURA 104: GENERATORE SPLIT PER LA ZONA ALLOGGIO CUSTODE	76
FIGURA 105; IMPOSTAZIONI DI CENTRALE PER ZONA ALLOGGIO CUSTODE	77
FIGURA 106: INFISSI PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO.....	78
FIGURA 107: CARATTERISTICHE DELLE VETRATE PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO	78
FIGURA 108: GENERATORE A GASOLIO PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO.....	79
FIGURA 109: IMPIANTO SOLARE TERMICO PER RISTRUTTURAZIONE DI 2° LIVELLO	79
FIGURA 110: IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO	80

FIGURA 111: VERIFICA GLOBALE DELL'EDIFICIO RISTRUTTURATO 2° LIVELLO	80
FIGURA 112: VERIFICA DELLA ZONA AULE PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO	81
FIGURA 113: VERIFICA DEI PARAMETRI DELLA ZONA AULE PER INTERVENTO 2° LIVELLO	81
FIGURA 114: VERIFICA DLGS. 28/2011 PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO	82
FIGURA 115: CONFRONTO DELLE TRASMITTANZE FRA EDIFICIO REALE E DI RIFERIMENTO	82
FIGURA 116: VISTA PANORAMICA ESTERNA	84
FIGURA 117: VISTA DELLA COPERTURA A TERRAZZA.....	85
FIGURA 118: STATO DI CONSERVAZIONE ESTERNO	86
FIGURA 119: STATO DELLE MURATURE ESTERNA.....	86
FIGURA 120: INTERNO DELL'AULA 1 A PIANO TERRA	87
FIGURA 121: INTERNO DELL'AULA INFORMATICA AL PIANO PRIMO	88
FIGURA 122: VISTA DI UN LATO DELLA COPERTURA A TERRAZZO.....	88
FIGURA 123: VISTA DEL CORTILE INTERNO DELLA SCUOLA	89
FIGURA 124: INSERIMENTO DELLA SCHIUMA ISOLANTE	90
FIGURA 125: ZONE NON ISOLATE ALL'INTERNO DELL'INTERCAPEDINE	90
FIGURA 126: INTONACO ISOLANTE ESTERNO ALLE PARETI	91
FIGURA 127: PAVIMENTO ESISTENTE DELLA SCUOLA.....	92
FIGURA 128: STRATIGRAFIA DEL PAVIMENTO RIQUALIFICATO	92
FIGURA 129: VISTA DELLA COPERTURA DELLA SCUOLA LIVIO TEMPESTA	93
FIGURA 130: ATTUALE FINITURA DELLA COPERTURA A TERRAZZA	93
FIGURA 131: NUOVA STRATIGRAFIA DELLA COPERTURA A TERRAZZA	93
FIGURA 132: INFISSO ESISTENTE.....	94
FIGURA 133: INCIDENZE DELLE STRUTTURE ESISTENTI	95
FIGURA 134: INCIDENZE DELLE STRUTTURE RIQUALIFICATE.....	95
FIGURA 135: CALCOLO DELLA TRASMITTANZA DEI NUOVI COMPONENTI FINESTRATI	96
FIGURA 136: FATTORI DI RIDUZIONE PER TENDAGGI INTERNI.....	97
FIGURA 137: TRASMITTANZA TERMICA DEL COMPONENTE VETRATO	97
FIGURA 138: PARETI ESTERNE ATTUALI	98
FIGURA 139: PARETI ESTERNE ISOLATE	98
FIGURA 140: PARETI PERIMETRALI ATTUALI	99
FIGURA 141: PARETI PERIMETRALI COIBENTATE.....	99
FIGURA 142: PARETI PERIMETRALI ATTUALI	100
FIGURA 143: PARETI PERIMETRALI COIBENTATE.....	100
FIGURA 144: PARETI PERIMETRALI ATTUALI	101
FIGURA 145: PARETI PERIMETRALI COIBENTATE.....	101
FIGURA 146: PARETI PERIMETRALI ATTUALI	102
FIGURA 147: PARETI PERIMETRALI COIBENTATE.....	102
FIGURA 148: STRATIGRAFIA DEL PAVIMENTO	103
FIGURA 149: PARETI PERIMETRALI COIBENTATE.....	104
FIGURA 150: PARETI PERIMETRALI COIBENTATE.....	105
FIGURA 151: PARTICOLARI INFISSI	106
FIGURA 152: PARTICOLARI INFISSI	107
FIGURA 153: PARTICOLARI ATTACCO FINESTRE	108
FIGURA 154: PARTICOLARI CASSONETTO.....	109
FIGURA 155: LA CENTRALE TERMICA E L'AUTOCLAVE	110
FIGURA 156: CENTRALE TERMICA IN RELAZIONE ALL'EDIFICIO	110
FIGURA 157: PLANIMETRIA DEI LOCALI TECNICI	111
FIGURA 158: GENERATORE TERMICO	111
FIGURA 159: VERIFICHE GLOBALI DELL'EDIFICIO AI SENSI DEL DM 26/06/2015	112
FIGURA 160: VERIFICA PER L'INTERO EDIFICIO DEL D.LGS. 28/2011 E DICHIARAZIONE NZEB	112
FIGURA 161: VERIFICHE ENERGETICHE DELLA CENTRALE PER AULE	113
FIGURA 162: VERIFICHE ENERGETICHE DELLA CENTRALE PER PRESIDENZA – SEGRETERIE	113
FIGURA 163: VERIFICHE ENERGETICHE DELLA CENTRALE PER ALLOGGIO CUSTODE.....	113
FIGURA 164: CANNA FUMARIA	115
FIGURA 165: LA PdC ARIA – ACQUA.....	117
FIGURA 166: ANDAMENTO TEMPERATURE PER GENNAIO E FEBBRAIO.....	119

FIGURA 167: ANDAMENTO TEMPERATURE PER MARZO E DICEMBRE	120
FIGURA 168: SOFFIANTE DELL'UTA ARIA PRIMARIA PRIMO PIANO.....	121
FIGURA 169: SEZIONE DELL'UTA ARIA PRIMARIA PRIMO PIANO	122
FIGURA 170: CARATTERISTICHE DELL'UTA ARIA PRIMARIA DEL PRIMO PIANO	122
FIGURA 171: COSTITUZIONE DELL'UTA ARIA PRIMARIA DEL PRIMO PIANO	123
FIGURA 172: BATTERIA DI RISCALDAMENTO DELL'UTA PER IL PRIMO PIANO.....	123
FIGURA 173: SEZIONE UMIDIFICATORE A VAPORE DELL'UTA PER IL PRIMO PIANO	124
FIGURA 174: ABACO PER LA SELEZIONE RAPIDA DELLE BOCCHETTE	129
FIGURA 175: ABACO DI SELEZIONE DELLE BOCCHETTE	133
FIGURA 176: DIAGRAMMA DI SELEZIONE DEI CIRCOLATORI	134
FIGURA 177: CARATTERISTICHE DEI VASI DI ESPANSIONE CHIUSI.....	135
FIGURA 178: VASI DI ESPANSIONE CHIUSI A MEMBRANA	135
FIGURA 179: CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ACQUA CALDA SANITARIA PER LE DIVERSE ZONE: ENERGIA RICHIESTA E LITRI GIORNO.	137
FIGURA 180: ANDAMENTO DELLA FRAZIONE SOLARE	143
FIGURA 181: PRODUCIBILITÀ DEI COLLETTORI SOLARI TERMICI.....	143
FIGURA 182: CORPI ILLUMINANTI DELL'EDIFICIO. LAMPADE A FLUORESCENZA, A BASSO CONSUMO E A IODURI METALLICI.	150
FIGURA 183: FRONTESPIZIO DEL LISTINO PREZZI DEL COMUNE DI MILANO	159
FIGURA 184: COPERTINA DEL VOLUME 1.2 DEL LISTINO PREZZI DI MILANO.....	160
FIGURA 185: FLUSSO DI CASSA ED ATTUALIZZATO PER INTERVENTO DI 1° LIVELLO.....	168
FIGURA 186: INDICATORI DI REDDITIVITÀ PER INTERVENTO DI 1° LIVELLO.....	169
FIGURA 187: ART. 4 DEL DM 14-01-2016.....	170
FIGURA 188: INDICATORI DI REDDITIVITÀ PER INTERVENTO DI 1° LIVELLO CON INCENTIVI	171
FIGURA 189: FLUSSO DI CASSA ED ATTUALIZZATO PER INTERVENTO DI 1° LIVELLO CON INCENTIVI	172
FIGURA 190: TEMPI DI RITORNO SEMPLICI AL VARIARE DEI BENEFICI.....	173
FIGURA 191: VAN AL VARIARE DEI BENEFICI	173
FIGURA 192: VARIAZIONE DEL BENEFICIO ANNUO AL VARIARE DI ΔEP_H	174
FIGURA 193: FLUSSO DI CASSA ED ATTUALIZZATO PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO.....	176
FIGURA 194: INDICATORI DI REDDITIVITÀ PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO.....	176
FIGURA 195: FLUSSO DI CASSA ED ATTUALIZZATO PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO CON INCENTIVI	178
FIGURA 196: INDICATORI DI REDDITIVITÀ PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO CON INCENTIVI	178
FIGURA 197: ANDAMENTO DEL TEMPO DI RITORNO SEMPLICE AL VARIARE DEL BENEFICIO.....	179
FIGURA 198: ANDAMENTO DEL VAN AL VARIARE DEI BENEFICI.....	179
FIGURA 199: ANDAMENTO DEI BENEFICI ANNUI NECESSARI PER $TRI = 0.035$	182
FIGURA 200: ANDAMENTO DEI BENEFICI ANNUI NECESSARI PER $TRI = 0.04$	183
FIGURA 201: ANDAMENTO DEI BENEFICI ANNUI NECESSARI PER $TRI = 0.05$	183
FIGURA 202: ANDAMENTO DEL RAPPORTO BENEFICI/INVESTIMENTI AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO SEMPLICE	184
FIGURA 203: BENEFICI ECONOMICI SPECIFICI AL VARIARE DI ΔEP_G	184
FIGURA 204: CLASSE ENERGETICA DELL'EDIFICIO ESISTENTE	186
FIGURA 205: CLASSE ENERGETICA DELL'EDIFICIO RISTRUTTURATO NZEB	186
FIGURA 206: VERIFICHE SECONDO DM 26/06/2015 PER RISTRUTTURAZIONE DI 2° LIVELLO PER L'INTERO EDIFICIO	188
FIGURA 207: VERIFICA ENERGETICA PER LA ZONA AULE CON RISTRUTTURAZIONE DI 2° LIVELLO.....	189
FIGURA 208: VERIFICHE ENERGETICHE PER RISTRUTTURAZIONE DI 2° LIVELLO PER L'INTERO EDIFICIO.....	189

Indice delle Tabelle

TABELLA 1: CONSUMI ELETTRICI ANNO 2013	16
TABELLA 2: CONSUMI ELETTRICI ANNO 2014	16
TABELLA 3: CONSUMI ELETTRICI ANNO 2015	17
TABELLA 4: CARICHI TERMICI ESTIVI DELLA PRESIDENZA – SEGRETERIE ESISTENTI	17
TABELLA 5: CONSUMI DI GASOLIO PER IL 2013 E 2014.....	18
TABELLA 6: CONSUMI DI GASOLIO PER IL 2015.....	19
TABELLA 7: CONSUMI ENERGETICI IN kWh	19
TABELLA 8: CONSUMI MEDI MENSILI DI GASOLIO E CONSUMI ENERGETICI EQUIVALENTI.....	19
TABELLA 9: CONFRONTO DELLE TRASMITTANZE PRIMA E DOPO LA RISTRUTTURAZIONE.....	21
TABELLA 10: TEMPERATURA MEDIA ORARIA MENSILE PER CATANIA SECONDO IDGC.....	29
TABELLA 11: INPUT DEI DATI DEL MODELLO R5C1 PER EDIFICIO ESISTENTE.....	30
TABELLA 12: CENTRO DI CONTROLLO DEL MODELLO R5C1	30
TABELLA 13: IRRAGGIAMENTO ORARIO MEDIO MENSILE PER CATANIA SECONDO IDGC	31
TABELLA 14: RISULTATI SIMULAZIONE DINAMICA R5C1 PER SOLO CALORE SENSIBILE	31
TABELLA 15: PROFILO D’USO DEGLI IMPIANTI.....	32
TABELLA 16: RIEPILOGO DEL CONSUMI ENERGETICI STAGIONALI	33
TABELLA 17: CONFRONTO DEI CONSUMI MENSILI SIMULATI R5C1 E FATTURATI ATTUALI	33
TABELLA 18: DATI DI INPUT DEL MODELLO R5C1 PER L’EDIFICIO RISTRUTTURATO	34
TABELLA 19: CONFRONTO DEI CONSUMI MENSILI SIMULATI R5C1 E FATTURATI RISTRUTTURATO.....	34
TABELLA 20: RISULTATI DELLA SIMULAZIONE R5C1 PER EDIFICIO RISTRUTTURATO	35
TABELLA 21: RIEPILOGO DEL CONSUMO ANNUALE PER EDIFICIO RISTRUTTURATO.....	35
TABELLA 22: VERIFICHE ENERGETICHE PER L’EDIFICIO GLOBALI RISTRUTTURATO	35
TABELLA 23: CONSUMI ANNUI CALCOLATI PER L’EDIFICIO REALE.....	36
TABELLA 24: CONSUMI ANNUI CALCOLATI PER L’EDIFICIO REALE CON R5C1	36
TABELLA 25: RIEPILOGO DATI GEOMETRICI DEL PIANO TERRA.....	52
TABELLA 26: RIEPILOGO DATI GEOMETRICI DEL PIANO PRIMO	53
TABELLA 27: RIEPILOGO DATI GEOMETRICI DELLA COPERTURA	53
TABELLA 28: FATTORI DI ENERGIA PRIMARIA DEL DM 26/06/2015	114
TABELLA 29: BILANCIO ENERGETICO PER L’INTERO EDIFICIO.....	114
TABELLA 30: SERBATOIO DI GASOLIO NON INTERRATO	114
TABELLA 31: RIEPILOGO DEI CARICHI TERMICI DI RISCALDAMENTO.....	116
TABELLA 32: DATA SHEET PER LA PdC.....	116
TABELLA 33: DATI ELETTRICI DELLA PdC	116
TABELLA 34: DIMENSIONI DELLA PdC.....	117
TABELLA 35: DATI GENERALI DELLA POMPA DI CALORE	118
TABELLA 36: DATI PER L’EDIFICIO.....	118
TABELLA 37: SELEZIONE DEL CLIMA	118
TABELLA 38: COP E POTENZE DELLA PdC	118
TABELLA 39: BILANCIO ENERGETICO COL METODO BIN.....	119
TABELLA 40: RIEPILOGO CARICHI TERMICI PER LE UTA DI ARIA PRIMARIA	121
TABELLA 41: DATI PER LA VENTOLA DELL’UTA DEL PRIMO PIANO	124
TABELLA 42: DATI DEL SILENZIATORE DELL’UTA DEL PRIMO PIANO	125
TABELLA 43: DATI PER POTENZA ELETTRICA ASSORBITA DELL’UTA DEL PRIMO PIANO	125
TABELLA 44: DATI CARATTERISTICI PER I TERMOCONVETTORI BALTUR SERIE C.....	126
TABELLA 45: FATTORI DI RESA ALLE VARIE VELOCITÀ DEI TERMOCONVETTORI	126
TABELLA 46: RIEPILOGO CARICHI TERMICI PER LA ZONA AULE.....	127
TABELLA 47: RIEPILOGO CARICHI TERMICI PER ZONA PRESIDENZA- SEGRETERIE.....	127
TABELLA 48: RIEPILOGO CARICHI TERMICI PER ZONA ALLOGGIO CUSTODE	127
TABELLA 49: SELEZIONE DEI FAN COIL PER AULE A PIANO TERRA.....	128
TABELLA 50: SELEZIONE DEI FAN COIL PER AULE A PIANO PRIMO.....	128
TABELLA 51: VERIFICA RETE IDRONICA PIANO TERRA	130
TABELLA 52: VERIFICA RETE IDRONICA PIANO PRIMO.....	131
TABELLA 53: PROGETTO DELLE RETI AEREAULICHE DEL PIANO TERRA	132

TABELLA 54: PROGETTO DELLE RETI AEREAULICHE DEL PIANO PRIMO	132
TABELLA 55: DIMENSIONI DELLE BOCCHETTE NELLE AULE.....	133
TABELLA 56: ESEMPIO DI CALCOLO DEL FABBISOGNO CON EXCEL DI ACQUA CALDA SANITARIA PER LA ZONA UFFICI.....	136
TABELLA 57: CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ACQUA CALDA SANITARIA- ENERGIA RICHIESTA E LITRI GIORNO PER LE DIVERSE ZONE.....	138
TABELLA 58: PARAMETRI DI CALCOLO DEL SISTEMA SOLARE.....	139
TABELLA 59: DATI DI CALCOLO IN FUNZIONE DEL FABBISOGNO ANNUO E DEFINIZIONE DELLA COPERTURA DEL SERVIZIO ACS.	140
TABELLA 60: DATI GENERALI PER I COLLETTORI SOLARI PIANI	142
TABELLA 61: DATI SUL FABBISOGNO ENERGETICO.....	142
TABELLA 62: VERIFICA ENERGETICA PER I COLLETTORI SOLARI TERMICI.....	144
TABELLA 63: CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA PER UTILIZZAZIONE DEGLI AUSILIARI E CLIMATIZZAZIONE LOCALI	145
TABELLA 64: CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA PER IL SERVIZIO DI ILLUMINAZIONE E TRASPORTO.	146
TABELLA 65: FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA: RIPARTIZIONE TRA ILLUMINAZIONE INTERNA ED ESTERNA.	152
TABELLA 66: DEFINIZIONE DEL PATRIMONIO ELETTRICO DELL'EDIFICIO DOVUTO AI CORPI ILLUMINANTI. SPECIFICHE DELLA CARATTERIZZAZIONE IN ZONE DI UTILIZZAZIONE.	153
TABELLA 67: FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA DELLA STRUTTURA. SUDDIVISIONE AMBIENTE PER AMBIENTE.	154
TABELLA 68: FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA: ANALISI DEI COSTI: ENERGIA ELETTRICA UTILIZZATA, SOSTITUZIONE USURA LAMPADE, MANUTENZIONE.....	155
TABELLA 69: STRATIGRAFIA DELLE PARETI ESTERNE.....	161
TABELLA 70: COMPUTO DELLE OPERE DI DEMOLIZIONE	162
TABELLA 71: COMPUTO DELLE OPERE DI RISTRUTTURAZIONE	162
TABELLA 72: COMPUTO DELLE OPERE DI RIQUALIFICAZIONE IMPIANTI DI RISCALDAMENTO ED ARIA PRIMARIA	163
TABELLA 73: COMPUTO DELLE OPERE DI RIQUALIFICAZIONE IMPIANTI SOLARE TERMICO, FV E ILLUMINAZIONE	163
TABELLA 74: COSTI AMMINISTRATIVI – IMPREVISTI - IVA.....	164
TABELLA 75: RIEPILOGO DEI COSTI PER CAPITOLI E SOTTO CAPITOLI.....	164
TABELLA 76: COSTI DI DEMOLIZIONE PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO.....	164
TABELLA 77: OPERE DI RISTRUTTURAZIONE INVOLUCRO PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO.....	165
TABELLA 78: OPERE DI RISTRUTTURAZIONE IMPIANTI PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO	165
TABELLA 79: OPERE PER FER PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO	166
TABELLA 80: COSTI AMMINISTRATIVI PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO.....	166
TABELLA 81: RIEPILOGO DEI COSTI PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO	166
TABELLA 82: LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE DI INVOLUCRO	167
TABELLA 83: LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE DEGLI IMPIANTI, FER E ILLUMINAZIONE	167
TABELLA 84: COSTI AMMINISTRATIVI ED IMPREVISTI	167
TABELLA 85: VALUTAZIONE TECNICO ECONOMICA PER INTERVENTO DI 1° LIVELLO	168
TABELLA 86: FLUSSI DI CASSA CON TRI IMPOSTO AL 13% PER INTERVENTO DI 1° LIVELLO	169
TABELLA 87: INDICI DI REDDITIVITÀ CON TRI IMPOSTO AL 13% PER INTERVENTO DI 1° LIVELLO.....	169
TABELLA 88: INCENTIVI PER TRASFORMAZIONE NZEB DI EDIFICI PUBBLICI	170
TABELLA 89: INCENTIVI DM 14-01-2016 PER INTERVENTO DI 1° LIVELLO	170
TABELLA 90: DURATA DEGLI INCENTIVI	171
TABELLA 91: VALUTAZIONE TECNICO ECONOMICA PER INTERVENTO DI 1° LIVELLO CON INCENTIVI DM 14-01-2016	171
TABELLA 92: ANALISI ECONOMICA AL VARIARE DEI BENEFICI	172
TABELLA 93: TABELLA RIEPILOGATIVA DEI COSTI PER RISTRUTTURAZIONE DI 2° LIVELLO.....	175
TABELLA 94: VALUTAZIONE TECNICO ECONOMICA PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO	175
TABELLA 95: ANALISI COSTI BENEFICI CON TRI=13% IMPOSTO PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO	176
TABELLA 96: INDICI DI REDDITIVITÀ CON TRI=13% IMPOSTO PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO	177
TABELLA 97: INCENTIVI DM 14-01-2016 PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO	177
TABELLA 98: VALUTAZIONE TECNICO ECONOMICA PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO CON INCENTIVI	177
TABELLA 99: ANALISI ECONOMICA AL VARIARE DEI BENEFICI.....	178
TABELLA 100: ANALISI DI SENSITIVITÀ PER TRI=0.035 E PBT= 9 ANNI.....	181
TABELLA 101: ANALISI DI SENSITIVITÀ PER TRI=0.04 E PBT= 8 ANNI.....	182
TABELLA 102: ANALISI DI SENSITIVITÀ PER TRI=0.05 E PBT= 7 ANNI.....	182
TABELLA 103: COSTI DELLE OPERE DI RISTRUTTURAZIONE DELL'INVOLUCRO.....	187
TABELLA 104: COSTI DELLE OPERE DI RISTRUTTURAZIONE DEGLI IMPIANTI.....	187
TABELLA 105: RIEPILOGO DEI COSTI PER INTERVENTO DI 2° LIVELLO.....	189

Sommario

La L. 90/2013 e i successivi regolamenti di esecuzione, DM 26/06/2015, hanno fissato i criteri per la classificazione degli edifici **nZEB**. La direttiva europea 31/2010/CE, ripresa in Italia dalla L. 90/2013, indica per il 31/12/2018 il termine perché tutti gli edifici pubblici nuovi e ristrutturati siano nZEB.

Il D.Lgs. 102/2014, che reca norme attuative della direttiva 2012/27/CE sull'efficienza energetica, stabilisce che il 3% della superficie utile del patrimonio edilizio della Pubblica Amministrazione, nel periodo 2014-2010, dovrà essere riqualificato in classe nZEB.

In quest'ambito si colloca la ricerca di ENEA con il PAR 2015, parte A: **“Riqualificazione energetica degli edifici pubblici esistenti: direzione nZEB”**.

Il programma prevede l'individuazione di alcune scuole, in varie zone climatiche italiane, con caratteristiche di modelli di tipologia diffusa sul territorio nazionale e suscettibili d'interventi di riqualificazione importanti. Per queste scuole viene eseguita una diagnosi energetica (DE) ex ante e sono successivamente identificate le tecnologie più appropriate per la loro riqualificazione energetica (RE) in senso nZEB per l'involucro, gli impianti di climatizzazione, di controllo e d'illuminazione artificiale, gli impianti alimentati da fonti rinnovabili insieme alla analisi economica dei costi.

La presente relazione è stata predisposta dal *Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica ed Informatica, DIEEI*, dell'Università di Catania, responsabile il prof. Ing. Giuliano Cammarata, per l'intervento di ristrutturazione importante della Scuola Elementare e Materna **Livio Tempesta**, sita in Via Gramignani 97 bis, Catania (zona B).

Detta scuola, costruita nel 1968, rispecchia perfettamente i criteri di selezioni indicati da ENEA. Essa è stata costruita prima dell'entrata in vigore del L. 373/76 e pertanto con criteri costruttivi del tutto slegati alle indicazioni di risparmio energetico presenti dal 1976 ad oggi.

La scuola L. Tempesta ha una situazione topologia favorevole per gli interventi di riqualificazione energetica e, in particolare, per l'installazione di *Fonti Energetiche Rinnovabili (FER)* poiché ha una copertura a terrazza ampia e libera, non è inserita in centro storico e quindi priva di vincoli derivanti dalla Sovrintendenza ai BB.CC.AA di Catania.

Essa presente, inoltre, una tipologia impiantistica tipica degli anni 'sessanta e quindi suscettibile di un rifacimento totale con impianti di nuova generazione, ad alta efficienza energetica. Fra l'altro gli impianti esistenti, anteriori all'emissione del DM 12/75 sulle Scuole, non forniscono alcuna ventilazione dell'aria e quindi il requisito dei ricambi fisiologici di 2.5 Vol/ora per le scuole materne ed elementari non è assolutamente rispettato.

La scelta della scuola è stata supportata dal Comune di Catania che ha gentilmente messo a disposizione i disegni e i dati progettuali in suo possesso. Ha inoltre prodotto la documentazione sui consumi energetici al fine del redigere una completa analisi energetica.

Secondo il programma indicato da ENEA per il PAR 2015, Parte A, si sono svolte le seguenti operazioni:

- Analisi Energetica (AE) mediante il software SEAS 3.0 (*Software Energetico per Audit Semplificati*);
- Simulazione dinamica mediante software TFM (*Transfer Function Method*);
- Simulazione dinamica mediante modello R5C1 (Contratto ENEA – DII del 2014);
- Verifica energetica ai sensi del decreto sui *Requisiti Minimi degli Edifici*, DM 26/06/2015;
- Progetto di un nuovo impianto di climatizzazione per la scuola L. tempesta;
- Analisi Economica (AE) per l'intervento di riqualificazione (sia dell'involucro che degli impianti).

L'Analisi Energetica (AE) effettuata con il software **SEAS** e con il modello dinamico R5C1 (Norma UNI EN 13790:2008) ha portato a sottostimare i consumi energetici di riscaldamento.

Questa discrepanza si riduce con il confronto dei consumi energetici effettuati con il modello dinamico **R5C1** previsto dalla Norma Europea UNI EN 13790:2008.

I dati sui consumi fatturati appaiono disaggregati e significativamente discordanti fra le tre annualità considerate.

Inoltre i consumi elettrici non consentono di avere informazioni dirette sui consumi per la climatizzazione degli uffici con sistemi split autonomi.

La verifica energetica è stata effettuata utilizzando il software *TFM-STIMA*, versione 10.00.01 del 04/07/2016, della *Watts Cazzaniga*, aggiornato alle nuove UNI TS 11300/5 e 6 e alla nuova norma UNI 10349 sui dati climatici.

Queste nuove norme sono entrate in vigore il 29/06/2016 e quindi è stato necessario tenerne conto con l'utilizzo di un software che ne tenesse adeguatamente conto.

Considerati gli elevati costi di intervento per la ristrutturazione dell'edificio, e le loro implicazioni sulle valutazioni costi/benefici, si sono effettuati due studi paralleli:

- Ristrutturazione Importante di 1° Livello;
- Ristrutturazione Importante di 2° Livello.

La fase di verifica energetica per entrambe le tipologie di ristrutturazione importante di 1° e 2° livello, quale quelle analizzate per la scuola Livio Tempesta di Catania, sono state *positive* e si è potuto ottenere una qualificazione **nZEB** ed una classificazione in categoria **A4**, per la ristrutturazione di 1° livello, ed **A3**, per la ristrutturazione di 2° livello.

Tuttavia gli interventi necessari, imposti dalla verifica del DM 26/06/2015, per entrambe le tipologie di intervento, richiedono un costo complessivo sensibilmente elevato e tale da non giustificare alcuna convenienza economica per l'intervento di 1° livello sia senza che con incentivi ai sensi del DM 14-01-2016.

I tempi di ritorno per interventi di 1° livello senza l'utilizzo di alcun incentivo economico, infatti, sono superiori ai 30 anni.

La ristrutturazione importante di secondo livello, pur avendo un costo complessivo quasi la metà di quello per la ristrutturazione di 1° livello, comporta una spesa totale ancora inaccettabile e con tempi di ritorno attualizzati superiori ai 25 anni.

Se si ipotizzano di utilizzare gli incentivi economici del *DM 14-01-2016 (Nuovo Conto Termico)* per la trasformazione di edifici in nZEB si hanno risultati ancora negativi per l'intervento di 1° livello ed accettabili (tempo di ritorno semplice di 10 anni e attualizzato di 18 anni) per l'intervento di 2° livello. Tuttavia va tenuto conto che l'intervento di 2° livello appare come un ripiego tattico per verificare la convenienza economica. Con quest'intervento gli impianti esistenti non vengono migliorati e si è costretti a ricorrere in modo più incisivo alle FER per verificare il D.Lgs. 28/2011.

I risultati ottenuti in questo studio, pur senza l'auspicata convenienza economica, indicano la non fattibilità della trasformazione di scuole esistenti prima del 1978 (anno di entrata in vigore della L. 373/76) in zone climatiche A e B in edifici nZEB poiché i risparmi economici conseguibili con la riduzione della spesa energetica sono troppo esigui rapportati ai costi di intervento di 1° livello.

L'intervento di 2° livello con incentivi economici ai sensi del DM 14-01-2016 appare economicamente appena sufficiente.

E' stato infine svolto uno studio parametrico sulla fattibilità tecnico – economica degli interventi di riqualificazione nZEB pervenendo alla conclusione che per avere un tempo di ritorno di 8 anni occorre avere benefici economici annuali variabili fra il 12,50 e 13,50% dei costi di ristrutturazione.

1 Introduzione

L'iter progettuale per lo studio di riqualificazione **nZEB** della Scuola Elementare e Materna Livio Tempesta di Catania ha richiesto, come indicato nel programma dell'ENEA, diverse fasi di studio, dall'analisi energetica, alla verifica energetica, alla progettazione impiantistica e la verifica economica.

Ciascuna di queste fasi è a sua volta ottenuta da numerose altre fasi intermedie che hanno richiesto l'acquisizione dei seguenti dati:

- Tavole progettuali della scuola;
- Rilievi dimensionali e tecnici per aggiornare le tavole grafiche;
- Rilievo dei componenti di impianto esistenti;
- Acquisizione delle bollette energetiche (elettricità e gas) per almeno tre anni,

Considerato il periodo costruttivo della Scuola L. tempesta (1968) e i vari lavori effettuati all'interno della scuola (ridistribuzione delle aule e dei servizi) il rilievo dimensionale di tutto l'edificio ha richiesto numerosi giorni di lavoro di una squadra di tecnici.

Il lavoro svolto ha consentito di ottenere disegni aggiornati dell'edificio e tutti i dati relativi all'illuminazione esistente e ai componenti di impianti installati (caldaia, termoconvettori, ...).

La fase di Analisi Energetica (AE) è stata svolta mediante il software ENEA- DESTEC denominato *SEAS (Software Energetico per Audit Semplificati)*, reso disponibile da ENEA ed aggiornato dal dipartimento DESTEC di Pisa. Questo software utilizza la normativa tecnica di riferimento (*UNI CEI EN 16247 parte 1,2,3 e UNI CEI/TR 11428*) ed ha consentito di ottenere risultati di simulazione analitica certamente affidabili (in relazione al sofisticato modello di simulazione adottato) ma che tuttavia è risultato discordante con i dati dei consumi energetici fatturati.

E' stato utilizzato anche un modello di simulazione dinamica derivato dalla *UNI EN 13790:2008* e denominato **R5C1** predisposto dal DIEEI di Catania per conto dell'ENEA (PAR 2013 e 2014). Questo modello ha consentito di ottenere risultati dei consumi energetici più in sintonia con quelli fatturati.

Gli sviluppi dell'Analisi Energetica (AE) ed i risultati ottenuti sono presentati estesamente nel successivi capitoli.

La fase di Verifica Energetica (VE) è risultata probabilmente la più complessa fra quelle indicate poiché l'applicazione del DM 26/06/2015 sui *Requisiti Minimi degli Edifici* pone numerosi problemi tecnici e presenta diverse incongruenze procedurali che obbligano a fare scelte progettuali onerose tanto da far rientrare l'edificio ristrutturato in categoria A4, la massima raggiungibile. Questo genere di problematiche è già noto alla comunità scientifica, al MiSE e al CTI.

Della fase di verifica energetica si parlerà ampiamente nel prosieguo.

La fase di progettazione impiantistica è stata la più semplice e diretta in quanto dipendente solamente dai criteri progettuali e dalla tipologia di impianti selezionati.

Segue, infine, la fase di valutazione tecnico-economica.

I risultati sulla verifica energetica della ristrutturazione importante di 1° livello secondo il DM 26/06/2015 sono risultati positivi ma gli interventi richiesti sia sull'involucro che sugli impianti sono risultati eccessivamente costosi e con tempi di ritorno superiori ai 30 anni.

L'ipotesi più riduttiva di una ristrutturazione importante di 2° livello ha portato a minori interventi, sia sull'involucro che sugli impianti, ma ancora con costi eccessivamente elevati e tempi di ritorno, senza incentivi economici, superiori attualizzati ai 20 anni.

Inoltre quest'ultima ristrutturazione consente di verificare il D.Lgs. 28/2011 incrementando le superfici di raccolta dei collettori solari termici e fotovoltaici.

Il clima favorevole di Catania (zona B) e le condizioni di verifica energetica imposte dal DM 26/06/2015 non consentono di avere condizioni tecnico – economiche vantaggiose e convenienti.

Solamente con una ristrutturazione importante di 2° livello (che ha un costo pari a circa il 60% di quella di 1° livello) e con gli incentivi economici previsti dal DM 14-06-2016 si riesce ad avere una convenienza economica (tempo di ritorno semplice di 10 anni ed attualizzato di 18 anni).

Tuttavia l'intervento sugli impianti esistenti è quasi nullo ed si deve ricorrere ad un maggiore utilizzo di FER per verificare il D.Lgs. 28/2011. Nel caso della Scuola Livio Tempesta questo è stato possibile sia per la disponibilità di un ampio terrazzo che per la mancanza di vincoli della Sovrintendenza BB.AA.PP.

Le condizioni climatiche favorevoli di Catania (zona B) rende possibile economicamente effettuare solo interventi di riqualificazione ridotti e tali da essere paragonabili con i risparmi energetici conseguibili.

A conclusione della relazione si è effettuato uno studio parametrico al fine di individuare la percentuale di benefici economici annuali per avere un tempo di ritorno semplice fra i 5 e 9 anni. Questa varia dal 12.5 al 13.5% del costo specifico di investimento. In genere questa percentuale di benefici economici richiede un risparmio energetico, ΔEP_g , superiore ai 380 kWh/(m².anno) non raggiungibile nelle zone climatiche A e B.

2 La Scuola Livio Tempesta di Catania

2.1 Topologia

La Scuola Elementare e Materna (*Istituto Comprensivo*) “**Livio Tempesta**” è in Via Gramignani 97 bis a Catania, vedi mappa.

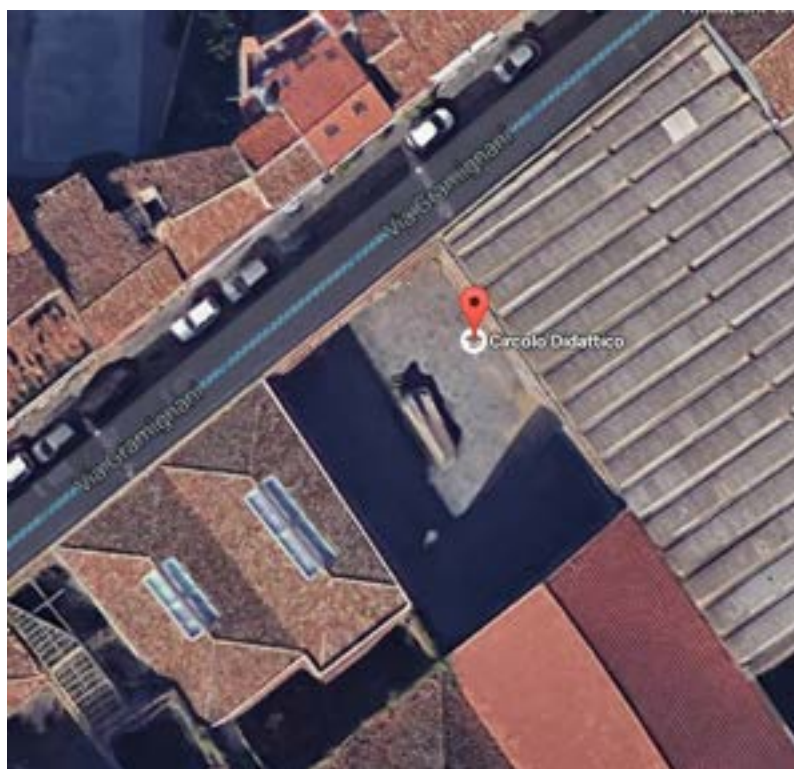


Figura 1: Scuola L. Tempesta – Mappa



Figura 2: Targa della scuola L. Tempesta

2.2 Dati Costruttivi

La scuola è stata costruita nel 1968 con i criteri costruttivi dell'epoca e quindi senza alcun vincolo di risparmio energetico. Non è, infatti, presente alcun isolante alle pareti, al pavimento e al soffitto. Non ci sono vetri camera ma vecchie lastre singole da 5 mm.



Figura 3: Ingresso della Scuola L. Tempesta



Figura 4: Vista laterale della scuola L. Tempesta

Fa parte del complesso scolastico anche l'alloggio del custode, al piano terra.

Le aule sono distribuite al piano terra e al primo piano dove si ha anche l'ala dedicata alla Presidenza e alle segreterie.

La costruzione è intelaiata con telai in calcestruzzo armato (all'epoca non vigevano ancora le norme sismiche entrate in vigore dopo il 1070 a Catania).

La scuola L. tempesta rappresenta il caso tipico di un edificio pubblico costruito senza alcuna regola energetica, come la stragrande maggioranza degli edifici pubblici in Italia.



Figura 5: Cortile interno della scuola L. Tempesta



Figura 6: Altra vista del cortile interno della scuola L. Tempesta



Figura 7: Vista laterale del cortile interno con la centrale termica e serbatoi acqua

Lo stato complessivo dell'edificio non è buono avendosi deterioramenti visibili nelle murature, nei servizi e negli impianti.



Figura 8: Degrado all'interno della scuola L. Tempesta

2.3 Planimetrie e Sezioni

La Scuola Livio Tempesta è sviluppata su due piani secondo le planimetrie sotto riportate.

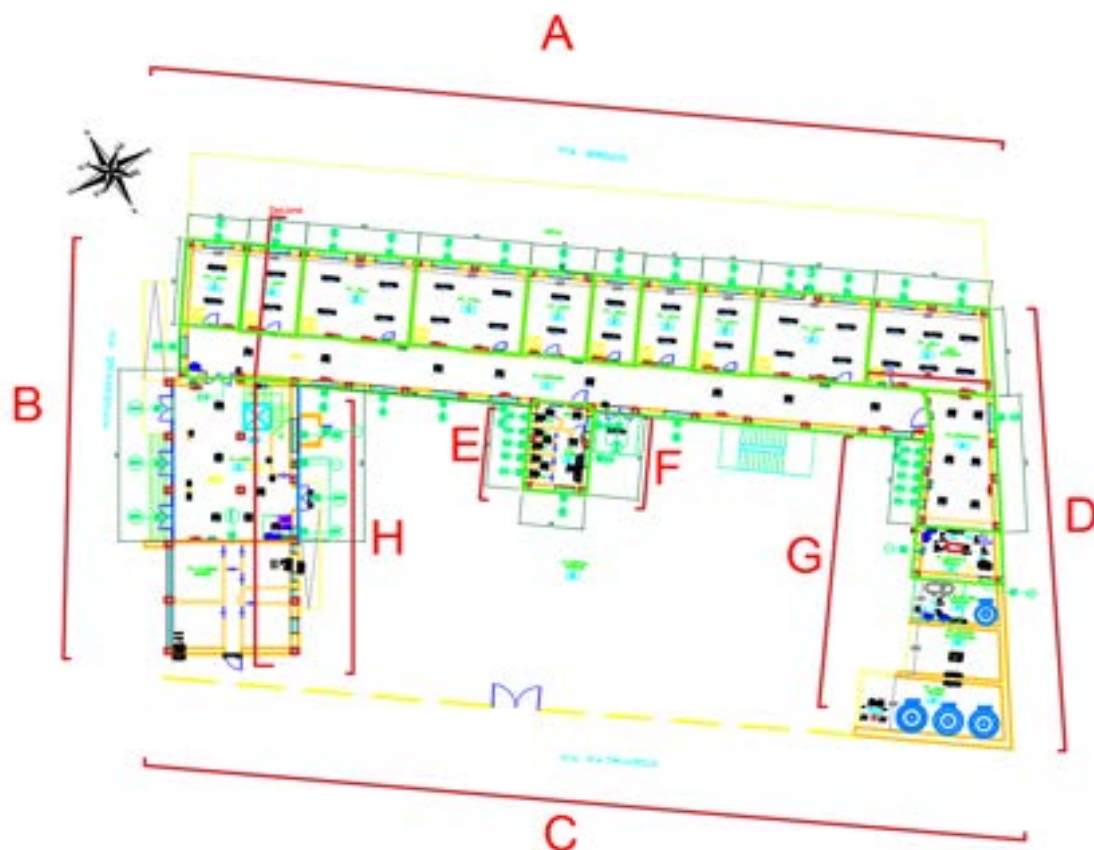


Figura 9: Planimetria del piano terra



Figura 10: Planimetria del Primo Piano



Figura 11: Planimetria della copertura

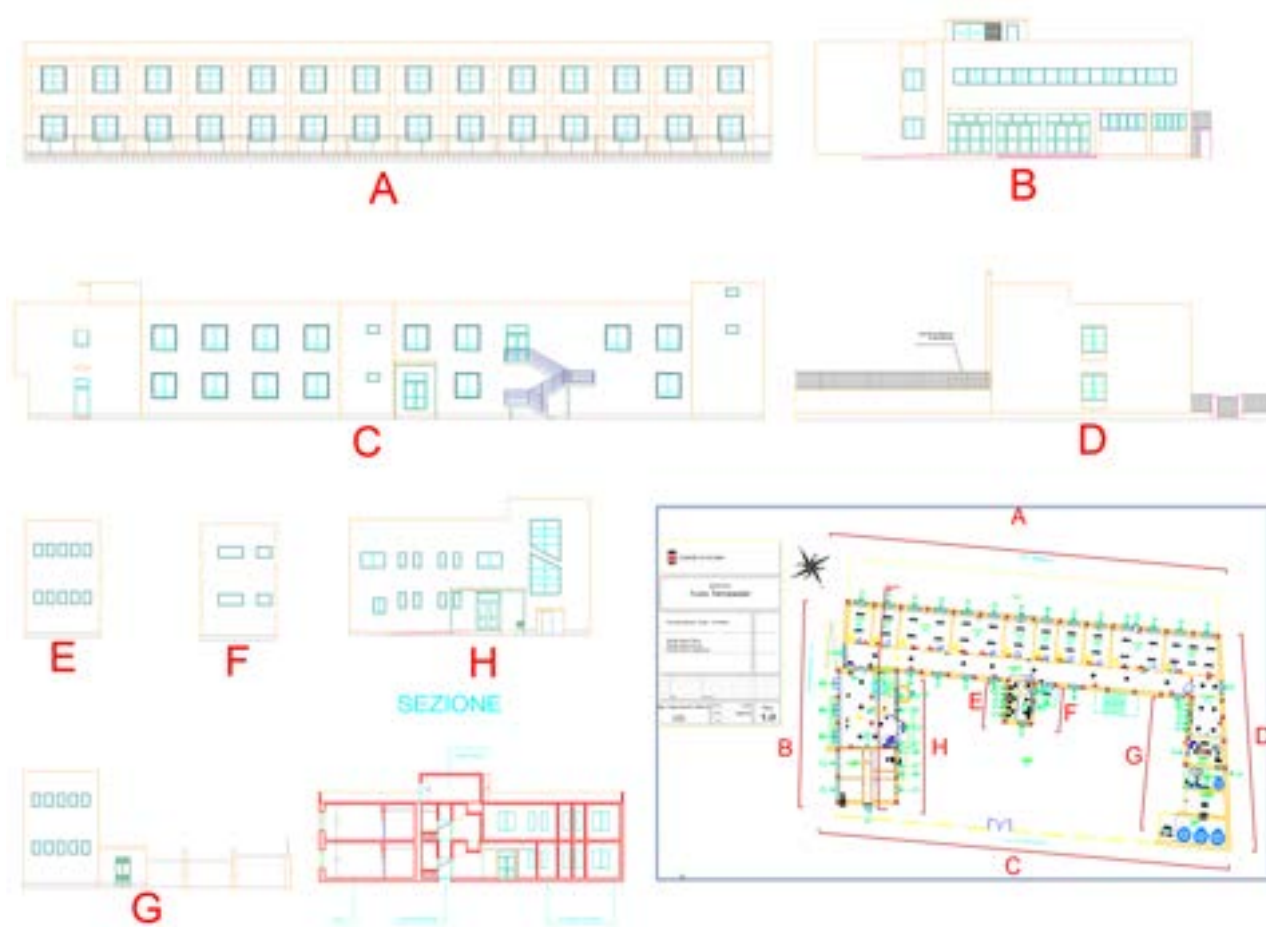


Figura 12: Prospetti – planimetrie e sezioni



Figura 13: Sezione della scuola L. Tempesta

2.4 Gli Impianti esistenti

Il sistema di riscaldamento asservito al fabbricato adibito ad uso scolastico è costituito da un impianto di tipo centralizzato a vaso chiuso. La zona dedicata a Presidenza e segreterie ha impianti autonomi di tipo monosplit con funzionamento sia estivo che invernale.

Il generatore di calore principale per il riscaldamento dell'edificio è in acciaio, a basamento, pressurizzato, accoppiato ad un bruciatore alimentato a gasolio. Questo sistema copre quasi la totalità degli ambienti della struttura.

La centrale termica è stata realizzata in un locale tecnico posizionato al piano terra in aderenza ad una zona periferica dell'edificio posta nell'ala sud est.

2.4.1 Componenti di Impianto

I componenti dell'impianto di riscaldamento possono essere così descritti:

- Generatore di calore marca Baltur modello BAR 180 con potenza al focolare pari a $P_f=180,3$ kW con una potenza utile pari a $P_u=163$ kW. Il bruciatore bistadio installato è dell'omonima marca **BALTUR** ed ha il codice BTL20P. Esso opera in un campo di lavoro compreso tra $P=118,6 - 260,6$ kW. La potenza elettrica assorbita dal componente ausiliario al sistema di generazione è di $P=0,46$ kW.



Figura 14: Caldaia e dati di Targa

- L'impianto per la Presidenza e la segreteria è costituito da n° 5 unità monosplit con funzionamento anche a pompa di calore. Di seguito si riportano le viste dei componenti del sistema sopra descritto.



Figura 15: Sistemi monosplit per la Presidenza - Segreteria

- Ad integrazione del sistema di riscaldamento vengono utilizzati in alcuni ambienti n° 2 sistemi di termoconvettori a resistenze elettriche marca Vortice, modello Caldore R con potenza elettrica assorbita $P_e=2$ kW.



Figura 16: Termoconvettori elettrici

- Si ha un gruppo di pompe marca WILO, modello IL 40/220 con potenza elettrica $P_e=1500$ W per la circolazione del fluido vettore del circuito delle aule scolastiche.



Figura 17: Gruppo pompe

- Il sistema di regolazione dell'impianto è gestito da una centralina elettronica marca TREND, modello IQ3 EXCITE completato da un sistema di sonde per la regolazione della fiamma del bruciatore in funzione delle temperature rilevate dalle sonde master e sub master.



Figura 18: Sistema di regolazione

- Un sistema di telegestione attiva il funzionamento dell'impianto stabilendo le ore di funzionamento dedicate al servizio di riscaldamento definito in base al contratto di fornitura con il gestore e alla destinazione d'uso. In media le ore di riscaldamento sono comprese tra 6 e le 8 ore nei giorni feriali.
- Le sonde utilizzate sono ubicate in parte all'interno della centrale termica, in parte all'interno del fabbricato e al suo esterno. Questi componenti misurano la differenza di temperatura tra l'ambiente interno e l'esterno regolando la gestione del servizio. Le sonde marca TREND rilevano la temperatura in uscita dei gas esausti nel condotto fumi definendo un parametro di resa del rendimento di generazione. Il modello è T/FGS. Di seguito si riportano i particolari.



Figura 19: Sonde ambiente

- Le sonde modello TB/TC misurano la temperatura rilevata nelle tubazioni, in prossimità della condotta di mandata.



Figura 20: Sonde nelle tubazioni

- La sonda climatica esterna è posta in una zona d'ombra all'esterno del fabbricato.



Figura 21: Sonda Master esterna

- Il termostato di zona è posto al piano terra in prossimità della sezione finale del corridoio.



Figura 22: Termostato di Zona

- Il termostato ambiente, posto in ogni locale e per ogni corpo scaldante, gestisce la regolazione localizzata.



Figura 23: Termostato ambiente

- La distribuzione è del tipo ad anello per piano con tubazioni in acciaio e terminazioni in tubo multistrato in PE coibentato secondo la normativa vigente.



Figura 24: Coibentazione della tubazioni

- I terminali sono del tipo a termoconvettori, marca BALTUR modello C100 a due ranghi, con potenza termica per il riscaldamento $P_h = 3,47$ kW e potenza elettrica assorbita dalla ventola pari a $P_e = 45$ W



Figura 25: Termoconvettori

- Il serbatoio del gasolio è all'esterno dell'edificio e limitrofo alla centrale termica.



Figura 26: Serbatoio del gasolio

- La centrale idrica è situata all'esterno dell'edificio ed è costituita da un gruppo elettropompe marca PEDROLLO modello CPM 158X con potenza elettrica assorbita pari a $P_e = 0,75$ kW



Figura 27: Pressostato

- Il serbatoio in polietilene è posto all'esterno con capacità pari a 2000 L. Inoltre è presente un altro locale per le vasche situato all'esterno dell'edificio con n° 3 serbatoi da 7500 litri.

- Il gruppo di pompaggio con relativo quadro di controllo accoppiato alla suddetta centrale idrica è marca CAPRARI modello 5.5H400T110 con potenza elettrica $P_e=4$ kW. Di seguito i dettagli dei componenti.



Figura 28: Serbatoi esterni



Figura 29: Sistema di controllo e pompe per l'acqua

- All'interno della centrale termica è presente un puffer di accumulo dell'acqua calda marca SICC con capacità di 300 litri con scambiatore conico fisso. Il sistema è dotato da una pompa di circolazione forzata per il serpentino del boiler una per il circuito di ricircolo entrambe marca WILO, modello TOP S 30/4 con potenza elettrica $P_e=0,18$ kW. Tuttavia il sistema di produzione di acqua calda sanitaria con annesso boiler non sono funzionanti. È presente la predisposizione dell'impianto e del circuito fino alle utenze ma non è attivo data la mancanza dei rubinetti per le utenze.



Figura 30: Sistema di accumulo dell'acqua calda

3 Diagnosi Energetica

La Diagnosi Energetica (DA) ha lo scopo di fornire una panoramica dei consumi energetici e contestualmente verificare la presenza e la fattibilità tecnico- economica degli interventi di ristrutturazione importante al fine di ridurre i consumi energetici. Attraverso la DA si possono raggiungere i seguenti obiettivi:

- Conoscere l'entità, i costi e gli utilizzi dell'energia;
- Valutare la performance energetica del sistema edificio – impianto mediante *benchmarking* con i dati relativi a strutture ad analoghe destinazioni d'uso;
- Definire una *baseline* rispetto alla quale valutare il progressivo miglioramento dell'efficienza energetica;
- Analizzare lo "stato di fatto" ed individuare le principali aree di inefficienza mediante valutazioni tecnico – prestazionali dell'assetto impiantistico e/o strutturali esistenti e sulla modalità di gestione e manutenzione delle stesse;
- Proporre una serie integrata di interventi atti a migliorare la prestazione energetica globale del sistema edificio - impianto;
- Quantificare i potenziali risparmi perseguibili sotto il profilo energetico ed economico;
- Definire, mediante un'analisi costi – benefici, e in relazione alle necessità del sistema, le priorità di intervento e la pianificazione dell'implementazione delle soluzioni di razionalizzazione proposte.

3.1 Metodologia della Diagnosi Energetica

La procedura di audit energetico prevede una prima verifica della situazione *as is* in base alla documentazione energetica fornita dal Comune di Catania per la Scuola Livio Tempesta e verificata durante i sopralluoghi tecnici in loco. I sopralluoghi tecnici sono stati effettuati nelle seguenti date:

- 23/04/2016
- 30/04/2016
- 28/05/2016
- 11/06/2016

Durante i sopralluoghi si è proceduto ad una verifica delle tavole grafiche fornite dal Comune di Catania constatando numerose incongruenze. Le tavole grafiche sono quindi state aggiornate ad oggi. Queste tavole sono allegate alla presente relazione. Sono stati acquisiti tutti i dati disponibili per i consumi energetici direttamente dal Comune di Catania che gestisce la scuola.

3.2 Dati architettonici della Scuola Livio Tempesta

La scuola Livio Tempesta è sita in Via Gramignani 97b, a Catania ed è stata costruita nel 1968 e quindi risulta anteriore a qualsiasi legge sul risparmio energetico degli edifici.

Essa si sviluppa su due piani così articolati:

- Piano Terra: 9 aule didattiche
- Piano Terra: Alloggio del Custode
- Piano Primo 9 Aule didattiche + un'Aula Informatica
- Piano Primo; Presidenza e Segreterie

Ciascun piano, escluso l'alloggio del Custode, ha una superficie in pianta di 633 m².

L'alloggio del custode ha una superficie di 80.64 m².

La superficie disperdente totale è di 3380 m².

Il volume totale è di 6437 m³.

La copertura è a terrazzo e completamente libera.

Le indicazioni strutturali e fotografiche e termofisiche sono indicate in dettaglio nei capitoli dal 2 al 5.

3.3 Consumi energetici rilevati

Sono stati rilevati tutti i consumi energetici per tre annualità consecutive, dal 2013 al 2015.

3.3.1 Consumi Elettrici

I contratti di fornitura sono stati fatti con due diverse società e con differenti tariffazioni:

- ENEL dal gennaio ad agosto 2013
- EDISON da settembre fino a dicembre 2013
- ENEL ENERGIA dal gennaio al giugno 2014
- GALA da Luglio 2014 fino a tutto il 2015

Si hanno le seguenti tabelle riassuntive:

ANNO 2013 CONTRATTO CON ENEL ENERGIA FINO AD AGOSTO DA SETTEMBRE CON EDISON KW 27.5					
	Consumo (kWh)	(kVARh)	Potenza impiegata di picco (kW)	Importo (€)	Costo en. Elettrica (€/kWh)
Gennaio	4.868	2.926	20	1.590,09	0,33
Febbraio	5.161	2.629	22	1.660,86	0,32
Marzo	4.295	2.971	17	1.395,74	0,32
Aprile	2.962	2.258	9	982,91	0,33
Maggio	2.927	3.037	7	952,34	0,33
Giugno	2.692	2.597	10	893,29	0,33
Luglio	2.558	2.621	10	892,1	0,35
Agosto	2.503	2.655	10	870,45	0,35
Settembre	2.821	-	-	639,68	0,23
Ottobre	3.235	3.994	10	761,77	0,27
Novembre	4.092	3.994	17	895,59	0,28
Dicembre	4.675	6.910	24	1.102,02	0,27
TOTALE	42.789			12.637	

Tabella 1: Consumi elettrici anno 2013

ANNO 2014 CONTRATTO CON ENEL ENERGIA FINO A LUGLIO CON 27,5 kW DOPO DA LUGLIO CON GALA					
	Consumo (kWh)	(kVARh)	Potenza impiegata di picco (kW)	Importo (€)	Costo en. Elettrica (€/kWh)
Gennaio	5.628	3.564	23	1.275,02	0,23
Febbraio	4.428	3.312	19	1.031,12	0,23
Marzo	4.568	-	10,2	1.555,00	0,34
Aprile	745	-	17	307,45	0,41
Maggio	6.056	3.770	14	2.135,37	0,35
Giugno	-	-	-	-	-
Luglio	5.728	6.664	9+10	1716,04	0,30
Agosto	3.566	-	20	832,27	0,48
Settembre	2.601	-	13	635,82	0,32
Ottobre	3.223	3.813	14	782,53	0,20
Novembre	2.945	3.941	14	717,93	0,27
Dicembre	4.169	3.812	14	945,86	0,17
TOTALE	43.657			11.934	

Tabella 2: Consumi elettrici anno 2014

ANNO 2015 CONTRATTO CON GALA IMPIANTO DA 27,5 kW					
	Consumo (kWh)	(kVARh)	Potenza impiegata di picco (kW)	Importo (€)	Costo en. Elettrica (€/kWh)
Gennaio	5.706	3.701	30	1.264,42	0,22
Febbraio	3.250	0	25	728,54	0,22
Marzo	5.382	855	33	1.179,35	0,22
Aprile	3.110	2.097	21	703,87	0,23
Maggio	3.250	-	25	702,45	0,22
Giugno	3.250	-	25	696,2	0,21
Luglio	2.394	1.886	9	516,1	0,22
Agosto	1.783	1.789	10	376,26	0,21
Settembre	3.097	-	20	596	0,19
Ottobre	-	-	-	-	-
Novembre	5.950	2.767	20	1181,57	0,20
Dicembre	3.787	2.241	20	745,07	0,20
TOTALE	40.959			8.690	

Tabella 3: Consumi elettrici anno 2015

I consumi elettrici appaiono elevati con un valore medio di 42468 kWh/anno. Il consumo, riferita alla superficie calpestabile della scuola (escluso alloggio del custode) pari a 1266 m², risulta pari a 35.55 kWh/(m².anno).

L'energia elettrica avrebbe dovuto essere consumata solo per illuminazione e servizi di segreteria. In realtà una parte è stata utilizzata per alimentare i sistemi monosplit della PRESIDENZA – SEGRETERIA e per le stufe elettriche volanti.

Il consumo elettrico, pertanto, non è disaggregabile.

Un calcolo del carico termico estivo di questa zona effettuato per l'edificio esistente con il metodo TFM porta ad avere i risultati seguenti.

0201 PRESIDENZA E SEGRETERIA		621	17	19363	495			
		92.6	22682	900	1924			
01 SEGRETERIA DIREZ	25	86	16	4440	58	4567		
21	50	11.9	4872	127	247	4872		
02 VANO SCALA 20	25	142	9	3039	58	3068		
	50	19.7	3535	29	409	3535		
03 SEGRETERIA 1 22	25	46	17	2381	58	2444		
	50	6.4	2636	63	134	2636		
04 DISIMPEGNO 23	25	18	19	445	58	461		
	50	2.5	571	16	52	571		
05 DIREZIONE 24	25	86	10	2481	58	2523		
	50	12.0	2829	42	249	2829		
06 SEGRETERIA 2 25	25	63	17	2467	58	2552		
	50	8.8	2792	85	182	2792		
07 SEGRETERIA 3 27	25	62	17	2629	58	2713		
	50	8.6	2950	84	179	2950		
08 SEGRETERIA 4 28	25	69	16	2627	58	2730		
	50	9.7	2989	103	200	2989		
09 CORRIDOIO	25	19	18	96	17	123		
	50	3.3	208	27	68	208		
10 BAGNI 26	25	30	11	1022	189	1079		
	50	9.9	1473	57	205	1473		

Tabella 4: Carichi termici estivi della PRESIDENZA – SEGRETERIE esistenti

Per la Direzione si ha il seguente andamento orario:

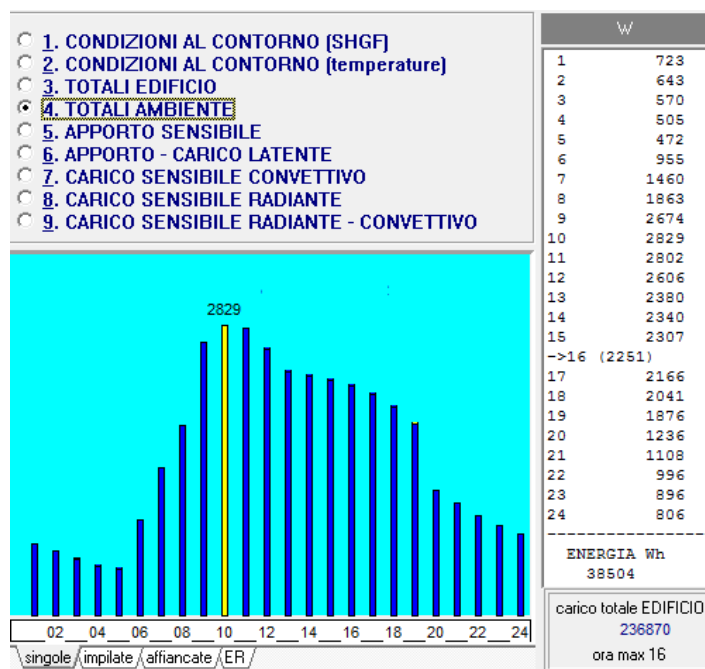


Figura 31: Andamento del Carico Termico Estivo orario per la Direzione

Supponendo un funzionamento medio di 8 ore al giorno con un carico medio pari alla metà del massimo, cioè $22682/2 = 11191$ W, per tre mesi si ha un consumo di circa 11191 kWh, cioè circa il 25% del consumo elettrico dichiarato.

Ad ulteriore conferma si osserva che analizzando le tabelle dei consumi nei mesi di giugno luglio e agosto si ha un consumo medio di circa 3000 kWh che sono prevalentemente dovuti al condizionamento della Presidenza. A questi si aggiungono i consumi tipici di ufficio (computer, fotocopiatrici, illuminazione, ...).

3.3.2 Consumi di Gasolio

I consumi di gasolio risultano i seguenti.

CONSUMO GASOLIO		CONSUMO GASOLIO	
Quantità (l)	Costo combustibile (€/l)	Quantità (l)	Costo combustibile (€/l)
1.560	1887,60	886	1072,06
1.436	1737,56	588	711,48
655	792,55	1.971	2384,91
0	0,00	0	0,00
0	0,00	0	0,00
0	0,00	0	0,00
0	0,00	0	0,00
0	0,00	0	0,00
0	0,00	0	0,00
0	0,00	0	0,00
0	0,00	0	0,00
0	0,00	282	341,22
123	148,83	536	648,56
3.774	4.567	4.263	5.158

Tabella 5: Consumi di gasolio per il 2013 e 2014

CONSUMO GASOLIO	
Quantità (l)	Costo combustibile (€/l)
841	1017,61
944	1142,24
1.207	1460,47
0	0,00
0	0,00
0	0,00
0	0,00
0	0,00
0	0,00
0	0,00
0	0,00
855	1034,55
3.847	4.655

Tabella 6: Consumi di gasolio per il 2015

In base a questi dati è possibile predisporre i consumi energetici equivalenti in kWh, assumendo un fattore di conversione di 10 kWh/L.

Anno	Consumi Gasolio Litri	Energia in kWh
2013	4567	45670
2014	5158	51580
2015	3847	38470

Tabella 7: Consumi energetici in kWh

I consumi di gasolio indicati nelle precedenti tabelle sono piuttosto disomogenei nei vari anni. I consumi dei mesi di gennaio e febbraio del 2013 sono quasi doppi rispetto agli analoghi mesi del 2014 e 2015.

Assumendo questi ultimi anni come maggiormente indicativi e con riferimento ad un consumo mensile, si ha il consumo medio mensile dato nella seguente tabella.

CONSUMO GASOLIO	
Quantità (l)	Consumi energetici kWh
864	8635,00
766	7660,00
1.589	15890,00
0	0,00
0	0,00
0	0,00
0	0,00
0	0,00
0	0,00
0	0,00
141	1410,00
696	6955,00
4.055	40.550

Tabella 8: Consumi medi mensili di gasolio e consumi energetici equivalenti

3.4 Consumi energetici simulati

L'audit energetico negli edifici è normato dalla UNI EN 16247/2:2014. In questo caso il riferimento ad una scuola pubblica modifica l'iter normato per le operazioni preliminari e finali.

La gestione energetica della scuola Livio Tempesta è fatta dal Comune di Catania tramite una società affidataria che cura il funzionamento degli impianti (accensione e spegnimento) e la loro manutenzione.

Tutti i dati di consumo sono stati forniti dal Comune di Catania, tramite l'Ufficio Tecnico, al quale si è presentata una richiesta ufficiale di collaborazione.

Purtroppo i dati forniti non sono disaggregati per centro di controllo né per le fasce orarie dei consumi elettrici. Questo comporta l'impossibilità di calcolare gli indicatori, sia globali che di dettaglio, se non come valori medi globali.

3.5 Osservazione sugli impianti meccanici esistenti

Gli impianti esistenti sono tipici degli anni di costruzione della scuola Livio tempesta. Si tratta di un impianto di riscaldamento centralizzato con caldaia a gasolio e terminali a termoconvettori. L'impianto ha un sistema di regolazione sia in centrale (con sonda master e sub master) che nei singoli ambienti.

Si osserva tuttavia che l'impianto esistente non prevede alcun ricambio d'aria in tutti gli ambienti della scuola in quanto all'epoca della costruzione, 1968, non era ancora stato pubblicato il Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975 che reca *"Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica"*.

Il paragrafo 5.3.14 *Purezza dell'aria* così recita:

5.3.12. *Purezza dell'aria.*

Dovrà essere assicurata l'introduzione delle seguenti portate d'aria esterna, mediante opportuni sistemi:

i) Ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo.

Per scuole materne ed elementari coefficienti di ricambio 2,5.

Per scuole medie coefficiente di ricambio 3,5.

Per scuole secondarie di 2° grado coefficiente di ricambio 5.

ii) Altri ambienti di passaggio, uffici.

Coefficiente di ricambio 1,5.

iii) Servizi igienici, palestre, refettori.

Coefficiente di ricambio 2,5.

Pertanto i prescritti 2.5 ricambi orari previsti per le scuole materne ed elementari non sono stati previsti.

Di fatto questi impianti non più legittimi con le attuali normative. Per questo motivo si prevede di modificarli con impianti di termoventilazione che garantiscono il ricambio fisiologico e la qualità dell'aria.

La mancanza di una ventilazione meccanica controllata porta spesso a ventilare con l'apertura di porte e/o finestre in modo del tutto incontrollato.

Gli effettivi ricambi orari, in questo caso, non sono più prevedibili e possono falsare, anche in modo sensibile, i calcoli di riferimento.



D.I.E.E.J – Viale a. Doria 6 – 95125 Catania

Prof. Ing. Giuliano Cammarata

Catania 08/04/2016

All'Ing. L. Guarnera

Energy Manager Comune di Catania

Oggetto: Richiesta di collaborazione per ricerca PAR 2015 - ENEA

Gentile Ing. Guarnera

nell'ambito della ricerca sulla riqualificazione energetica degli edifici pubblici che l'ENEA vuole articolare su tre annualità iniziando con le scuole nel primo anno, Le chiedo una collaborazione al fine di individuare una scuola media tipo sulla quale effettuare la ricerca in oggetto.

Sembra che la scelta possa ricadere sulla Scuola "Livio Tempesta" di Via Gramignani 97 per la quale occorrono dati relativi ai consumi energetici nonché eventuali disegni dimensionali.

La ringrazio anticipatamente per l'attenzione.

Cordiali saluti

Prof. Ing. Giuliano Cammarata



Figura 32: Lettera di collaborazione presentata all'Energy Manager del Comune di Catania

3.6 Interventi sull'isolamento dell'involucro edilizio

La Norma 16247/2 è stata applicata circa i suggerimenti relativi alle coibentazioni dei componenti di involucro.

Nei successivi capitoli è data ampia documentazione sugli interventi di ristrutturazione previsti. Si riporta la seguente tabella comparativa sulle trasmittanze termiche.

Componente di Involucro	U attuale (W/(m ² .K))	U ristrutturato (W/(m ² .K))
Parete Esterna	1,09	0,125
Pavimento	0,737	0,277
Soffitto	0,597	0,305
Infissi	5,294	1,398

Tabella 9: Confronto delle trasmittanze prima e dopo la ristrutturazione

3.7 Utilizzo del Software SEAS

Al fine della Diagnosi Energetica l'ENEA indica il software SEAS, sviluppato da ENEA e DESTEC dell'Università di Pisa, nell'ultima versione disponibile, vedi figura seguente. Si riportano nel prosieguo alcune videate relative all'input dei dati richiesto dal software stesso.

Si osserva che il software appare estremamente dettagliato, prevedendo ogni dettaglio descrittivo sia dell'involucro che dell'impianto. Tuttavia i dati energetici disponibili non sono altrettanto ben dettagliati e disaggregati. Pertanto si ha il rischio concreto di avere sopravvalutazioni o sottovalutazioni dei consumi energetici.



Figura 33: Informazioni sul software SEAS

Figura 34: SEAS – Input dati generali

SEAS (Software Energetico per Audit Semplificati) - Scuolarev160723

File Edit Help

Anagrafica Contesto geografico

Provincia: CT
Comune: Catania
Ubicazione dell'edificio: Centro città
Tipologia di edificio: Edificio residenziale multifamiliare o altra destinazione d'uso

Altezza della zona soggetta ad audit rispetto al piano campagna: 0,34 [m]
Provincia di riferimento per la temperatura: CT
Prima provincia di riferimento per l'irraggiamento: CT
Seconda provincia di riferimento per l'irraggiamento: CT
Altezza sul livello del mare della località: 7 [m s.l.m.]
Superfici circostanti: Asfalto invecchiato

Gradi giorno: 833
Zona climatica: B
Latitudine della località: 37,51 [°]
Latitudine della prima provincia di riferimento per l'irraggiamento: 37,5 [°]
Latitudine della seconda provincia di riferimento per l'irraggiamento: 37,5 [°]
Altezza sul livello del mare della località di riferimento per la temperatura: 7 [m s.l.m.]
Velocità del vento corretta: 4,4 [m/s]
Coefficiente di esposizione al vento (e): 0,04

Mese	Temperatura esterna [°C]	Escursione termica giornaliera [°C]	Irraggiamento diretto su piano orizzontale [MJ/m²]	Irraggiamento diffuso su piano orizzontale [MJ/m²]	Irraggiamento globale [MJ/m²]
Gennaio	11,9	7,3	5,03	3,27	
Febbraio	10,4	7,9	7,52	4,18	

Figura 35: SEAS – Contesto Geografico

SEAS (Software Energetico per Audit Semplificati) - Scuolarev160723

File Edit Help

Definizione zona termica Profilo presenze Profilo accensione riscaldamento Profilo chiusure oscuranti Profilo apertura finestre

Scuola Livo Tempesta
Profili di utilizzo
Dispersioni per trasmissioni
Ventilazioni e apporti interni
Risultati involucro

Destinazione d'uso: []
La zona è servita da un impianto di ventilazione meccanica o da un impianto misto aria primaria-acqua? No [] Misurazioni dell'auditor []
Volume netto della zona: 5158,87 [m³] Misurazioni dell'auditor []
Superficie calpestabile dell'area riscaldata: 1375,7 [m²] Misurazioni dell'auditor []
Numero di occupanti di progetto: 364 Misurazioni dell'auditor []

Figura 36: SEAS – Descrizione della zona termica

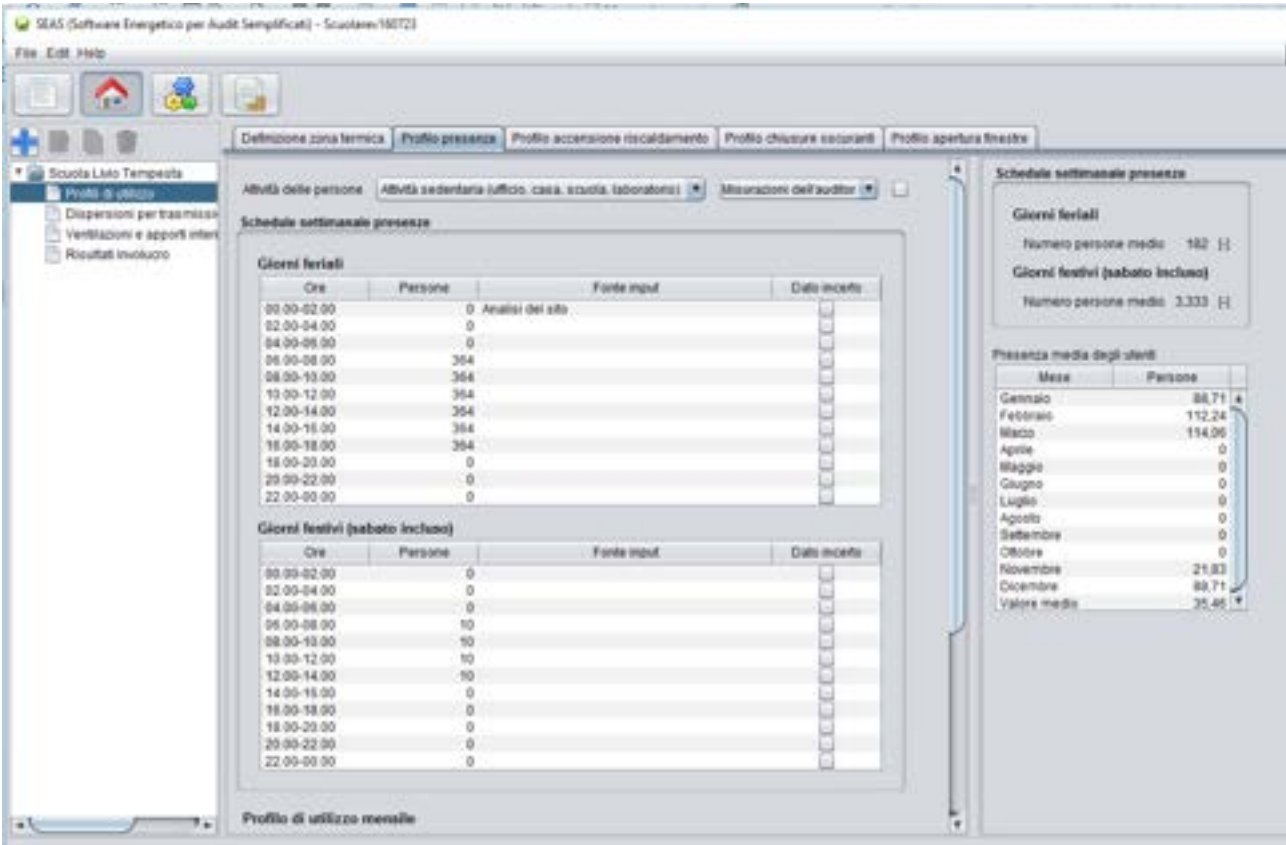


Figura 37: SEAS – Profilo Utenze

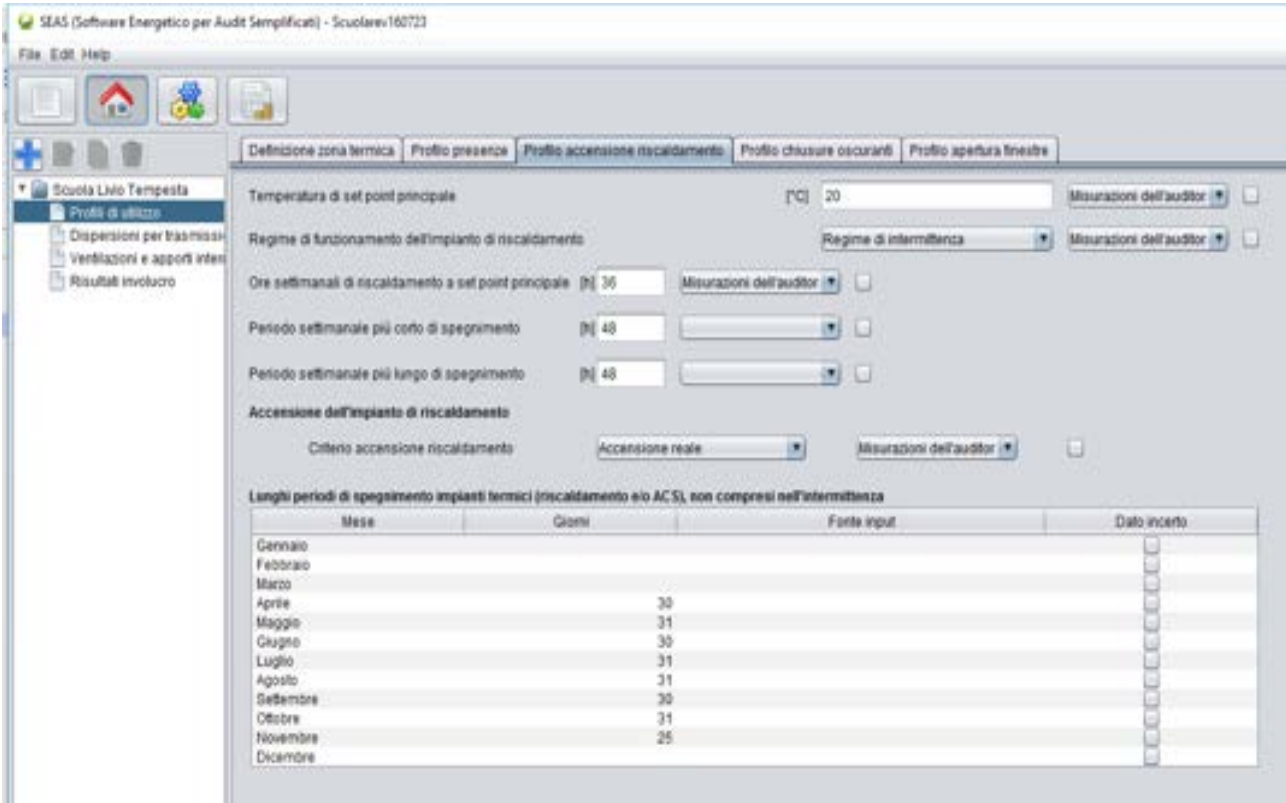


Figura 38: Profilo accensione riscaldamento

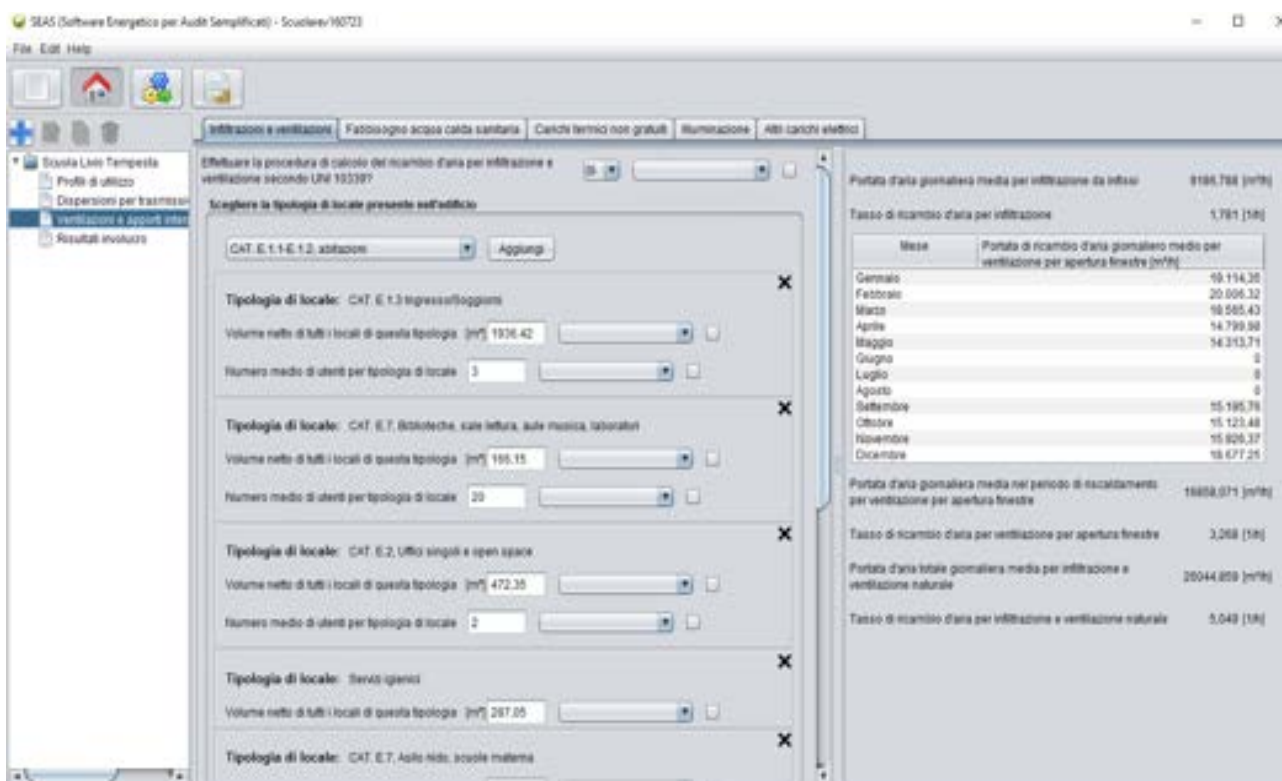


Figura 39: SEAS – Infiltrazioni e Ventilazioni

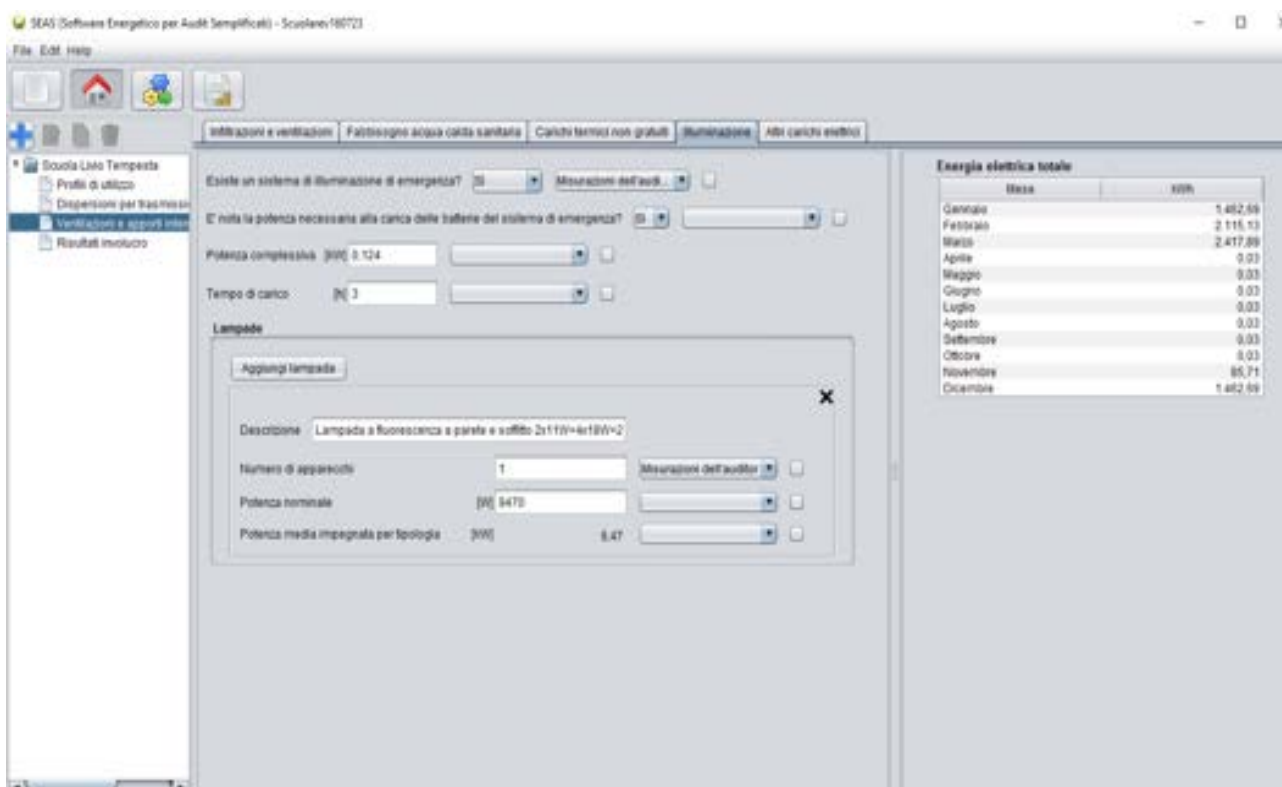


Figura 40: SEAS – Illuminazione

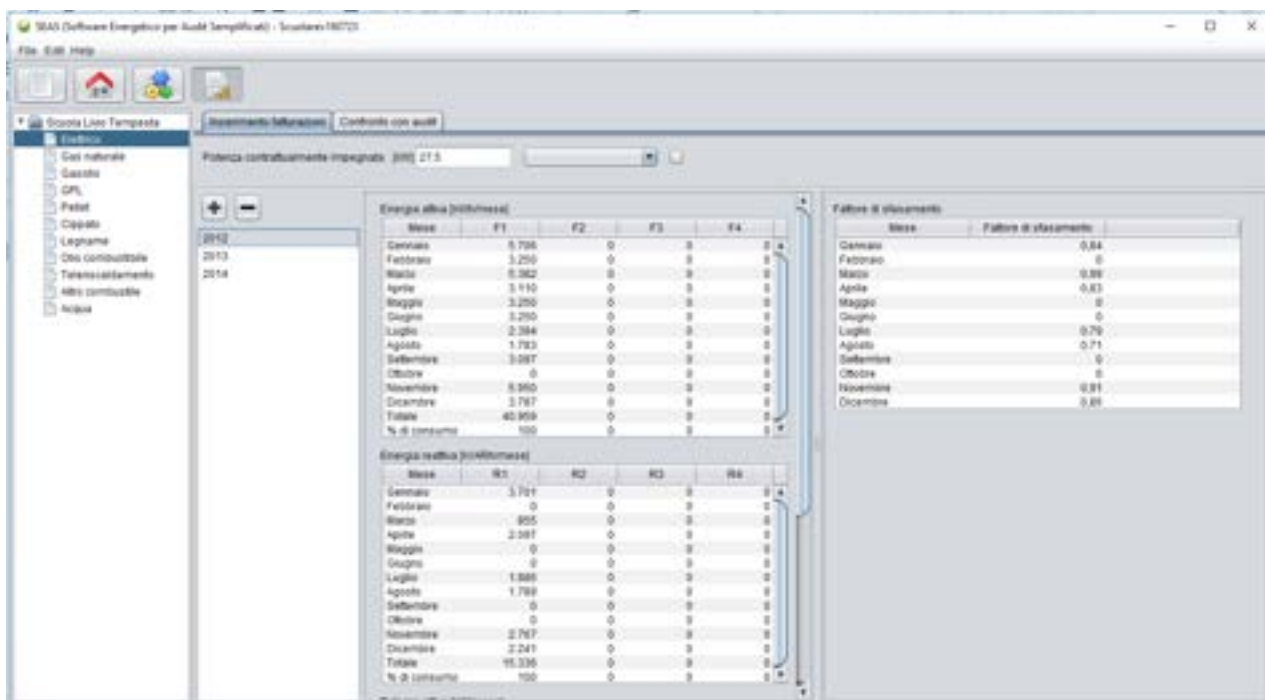


Figura 41: SEAS – Esempio di fatturazioni Energetiche

3.7.1.1 Consumi energetici calcolati e fatturati

A conclusione dell'input dei dati e sulla base dei dati energetici disponibili si hanno i risultati delle dispersioni energetiche di involucro riportate in Figura 42. Il programma SEAS consente anche di effettuare un confronto fra il consumo reale fatturato e quello previsto dall'audit, come riportato in Figura 43. Si osserva che si ha una sottostima dei consumi di audit rispetto a quelli fatturati.

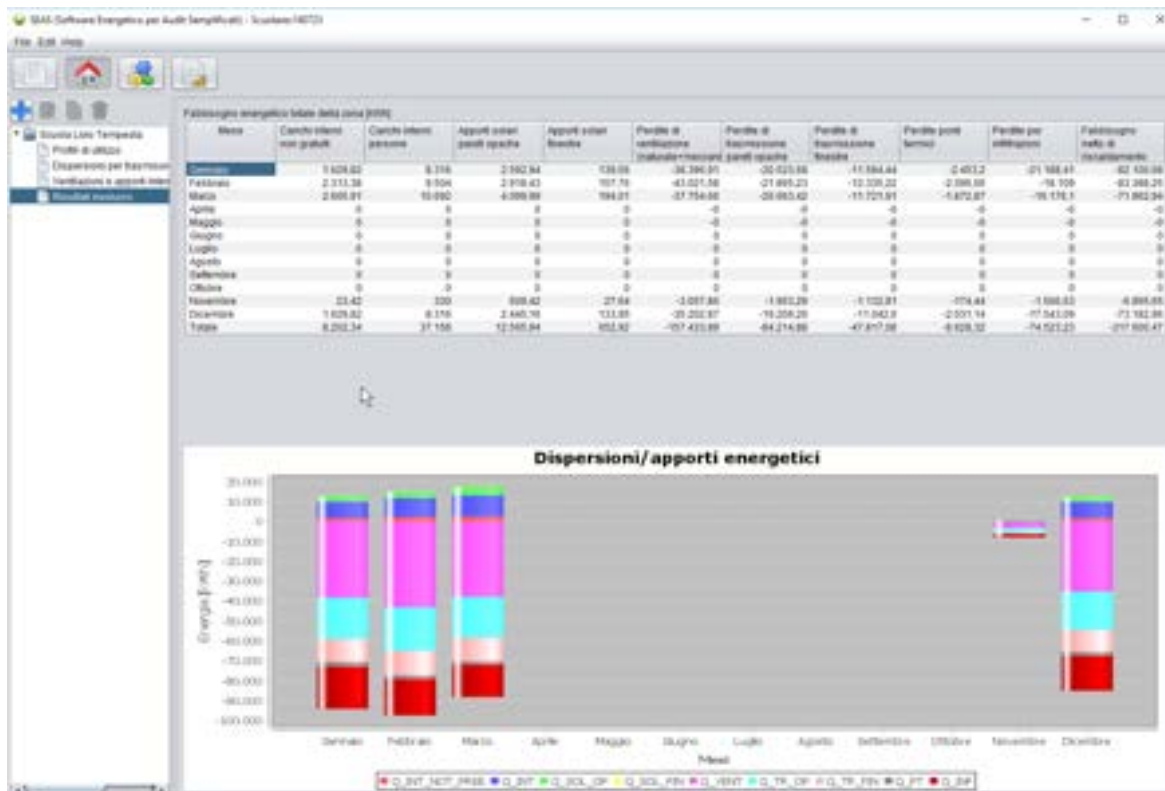


Figura 42: SEAS – Risultati involucro

Mese	Consumi da fatturazioni [kWh]	Consumi da audit [kWh]	Scarto percentuale [%]
Gennaio	5.400,67	3.479,16	-35,58
Febbraio	4.279,67	4.113,23	-3,89
Marzo	4.748,33	4.413,08	-7,06
Aprile	2.272,33	0,03	-100
Maggio	4.077,67	0,03	-100
Giugno	1.980,67	0,03	-100
Luglio	3.560	0,03	-100
Agosto	2.617,33	0,03	-100
Settembre	2.839,67	0,03	-100
Ottobre	2.152,67	0,03	-100
Novembre	4.329	374,47	-91,35
Dicembre	4.210,33	3.396,88	-19,32
Totale	42.468,33	15.777,03	-62,85

Figura 43: Confronto dell'Audit energetico per i consumi di gasolio

Le motivazioni di questa differenza possono essere molteplici. Ad esempio:

- Non è possibile prevedere un numero di ricambi orari effettivo poiché questo, in mancanza di un sistema di ventilazione meccanica controllata, viene gestito autonomamente dal personale della scuola aprendo e chiudendo le porte e/o le finestre;
- Non è possibile correlare i consumi elettrici all'impianto di riscaldamento. Si è osservato, infatti, che la zona indicata come PRESIDENZA - SEGRETERIE ha un impianto a split singoli per ciascuna stanza che viene utilizzato per il raffrescamento estivo e per il riscaldamento a pompa di calore nei mesi invernali in modo da essere indipendenti dall'attivazione del riscaldamento delle aule. I consumi di questi split è stato stimato in circa il 25% dei consumi elettrici fatturati;
- I consumi elettrici non sono ripartiti del fascia e pertanto sono stati tutti considerati in fascia F1;
- Ci sono differenze notevoli nei consumi di gasolio dichiarati per l'anno 2013 rispetto agli anni 2014 e 2015. Non se ne conoscono i motivi, probabilmente dovuti ai residui di gasolio a fine stagione. Tuttavia si ha un'eccessiva indeterminazione nei consumi fatturati.

Quanto detto conferma la necessità di considerare con attenzione i metodi analitici di previsione dei consumi energetici. I modelli sono costruiti con precisione in ogni dettaglio ma i consumi, almeno fin quando non sarà normata la modalità di rendicontazione, sono indicati quasi sempre con imprecisione e grossolanità.

In definitiva perché un modello di previsione analitico funzioni deve esserci una **correlazione di causalità certa** e definita fra modello ed edificio reale. Se alcuni (spesso anche molti) dati sono imprecisi e grossolani non è pensabile di avere previsioni analitiche corrette ed affidabili ma solo orientative.

3.7.2 Consumi calcolati con Analisi Dinamica con il metodo R5C1

Al fine di avere un ulteriore modello analitico di confronto si è utilizzato il modello R5C1 presentato ad ENEA con il PAR2013 e 2014 e qui brevemente descritto.

3.7.2.1 Il modello dinamico R5C1

I modelli dinamici per la valutazione dei consumi energetici degli edifici sono sviluppati tenendo conto della variabilità sia delle condizioni climatiche esterne che dei carichi interni. In genere il calcolo dei carichi termici estivi è fatto con metodi dinamici che tengono conto delle capacità termiche e dei transitori termici degli edifici. La Norma europea UNI ISO EN 13790 propone un modello dinamico elettro-termico

semplificato composto da 5 conduttanze termiche ed una capacità termica, denominato R5C1, riportato in figura seguente.

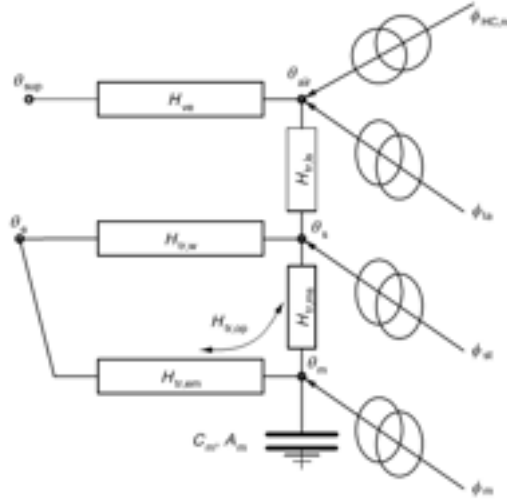


Figura 44: Il modello R5C1

I nodi rappresentano le temperature di ventilazione, θ_{sup} , esterna, θ_e , della massa, θ_m , della superficie, θ_s , e dell'aria interna, θ_{air} . Le conduttanze termiche sono: la conduttanza di ventilazione, H_{ve} , la conduttanza di trasmissione per le pareti vetrate, $H_{tr,w}$, la conduttanza di trasmissione per le pareti opache verso la massa delle pareti, $H_{tr,em}$, la conduttanza di trasmissione per le pareti opache verso la superficie delle pareti, $H_{tr,ms}$, la conduttanza di trasmissione radiativa fra la superficie delle pareti e l'aria interna. I flussi termici sono: flusso termico verso la massa delle pareti, Φ_m , il flusso termico verso la superficie delle pareti, Φ_{st} , il flusso termico interno all'edificio, Φ_{is} , ed il flusso termico scambiato, $\Phi_{HC,nd}$.

La Norma UNI ISO EN 13790 definisce in modo univoco le conduttanze termiche e propone una modalità di soluzione riferita alle condizioni medie mensili giornaliere e alle condizioni medio orarie giornaliere mensili.

La soluzione diretta porta a calcolare, fissate le temperature e le conduttanze termiche, il flusso netto scambiato, $\Phi_{HC,nd}$, al variare delle condizioni climatiche. Tale soluzione comporta la soluzione di un'equazione differenziale relativo al bilancio termico al nodo θ_m :

$$C \frac{dT_m}{dt} + \left(H_{tr,em} + H_{tr,ms} - H_{tr,ms} \frac{H_{tr,ms}}{H_{tr,w} + H_{tr,ms} + H_{si}} \right) T_m = \Phi_m + H_{tr,em} T_e + H_{tr,ms} \frac{\Phi_{si} + H_{tr,w} T_e + H_{si} T_{air}}{H_{tr,w} + H_{tr,ms} + H_{si}}$$

Per il flusso netto scambiato si ha:

$$\Phi_{HC,nd} = H_{ve} (T_{air} - T_{sup}) + H_{si} (T_{air} - T_{si}) - \Phi_{air}$$

La soluzione recursiva, basata sul metodo di Heun, è;

$$T_m(t_{n+1}) = \left(1 - \lambda \frac{T}{2} \right) T_m(t_n) + \frac{T}{2} (-\lambda T_m(t_n) + g(t_n)) + \frac{T}{2} g(t_{n+1})$$

ove si pongono:

$$\lambda = \frac{H_{tr,em} + H_{tr,ms} - H_{tr,ms} \frac{H_{tr,ms}}{H_{tr,w} + H_{tr,ms} + H_{si}}}{C}$$

$$g = \frac{\Phi_m + H_{tr,em} T_e + H_{tr,ms} \frac{\Phi_{si} + H_{tr,w} T_e + H_{si} T_{air}}{H_{tr,w} + H_{tr,ms} + H_{si}}}{C}$$

Il calcolo così predisposto risulta sufficiente rapido e può essere implementato su foglio di calcolo Excel.

Il metodo dinamico differisce in modo sostanziale dai metodi statiti che basano i calcoli sul valore della temperatura media giornaliera mensile. Il metodo orario richiede una maggiore definizione dei dati climatici ed attinometrici. Inoltre il modello R5C1 può anche gestire il calore latente e quindi anche per l'umidità relativa dell'aria esterna si richiedono dati dettagliati. I dati metereologici utilizzati per le simulazioni dinamiche sono quelli forniti dalla **IGDC** per Catania. In particolare per l'andamento orario medio giornaliero mensile si ha la seguente tabella.

Time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	7,90	8,50	9,20	11,10	14,80	18,50	21,30	22,70	20,40	15,70	12,60	9,30
1:01- 2:00	7,60	8,10	8,60	10,50	14,30	18,20	20,70	22,00	19,80	15,10	12,30	9,00
2:01- 3:00	7,30	7,70	7,90	10,00	13,90	17,80	20,00	21,40	19,30	14,60	12,00	8,70
3:01- 4:00	7,10	7,40	7,30	9,50	13,50	17,50	19,40	20,80	18,80	14,10	11,90	8,50
4:01- 5:00	7,00	7,10	7,00	9,50	13,70	18,00	19,80	20,70	18,60	13,70	11,80	8,30
5:01- 6:00	6,90	6,80	6,90	9,80	14,20	18,90	20,80	20,80	18,70	13,40	11,70	8,00
6:01- 7:00	7,00	6,50	6,80	10,30	15,00	20,20	22,20	21,20	19,10	13,20	11,70	7,70
7:01- 8:00	7,70	7,50	8,40	11,90	16,50	21,60	23,90	23,00	20,70	14,90	12,80	8,70
8:01- 9:00	8,90	9,10	10,70	14,30	18,50	23,40	26,10	25,70	23,10	17,70	14,40	10,40
9:01-10:00	10,40	11,30	13,90	17,30	21,10	25,40	28,60	29,10	26,30	21,50	16,70	12,60
10:01-11:00	11,60	12,60	15,40	18,40	21,90	26,10	29,60	30,10	27,40	22,90	18,00	14,10
11:01-12:00	12,70	13,80	16,40	18,90	22,00	26,20	29,90	30,20	27,90	23,60	19,20	15,40
12:01-13:00	13,90	14,80	17,00	18,80	21,50	25,80	29,60	29,50	27,70	23,70	20,30	16,60
13:01-14:00	14,30	15,00	17,20	18,70	21,40	25,60	29,50	29,50	27,70	23,70	20,40	16,90
14:01-15:00	14,20	14,70	17,00	18,40	21,20	25,40	29,20	29,30	27,40	23,20	19,90	16,60
15:01-16:00	13,80	14,00	16,50	17,90	21,00	25,10	28,80	29,00	26,90	22,40	18,90	15,90
16:01-17:00	13,00	13,20	15,80	17,10	20,50	24,60	28,20	28,50	26,20	21,50	18,00	15,00
17:01-18:00	11,90	12,20	14,80	16,10	19,80	23,90	27,50	27,80	25,40	20,40	16,70	13,80
18:01-19:00	10,30	11,00	13,50	14,90	18,90	23,10	26,60	26,90	24,40	19,10	15,20	12,30
19:01-20:00	9,60	10,40	12,70	14,20	18,10	22,20	25,70	26,20	23,60	18,30	14,40	11,50
20:01-21:00	9,10	10,00	12,10	13,50	17,30	21,30	24,60	25,30	23,00	17,80	14,00	11,00
21:01-22:00	8,80	9,70	11,60	13,10	16,50	20,20	23,40	24,50	22,40	17,40	13,70	10,70
22:01-23:00	8,30	9,30	10,90	12,50	15,80	19,50	22,50	23,80	21,70	16,80	13,30	10,20
23:01-24:00	7,90	8,90	10,10	11,80	15,30	19,00	21,90	23,20	21,10	16,20	12,80	9,70

Tabella 10: Temperatura media oraria mensile per Catania secondo IGDC

Questi dati differiscono da quelli della nuova UNI 10339:2016 e sono riferiti ad un data base internazionale utilizzato dal EnergyPlus®.

3.7.2.2 Simulazione Dinamica R5C1 per l'edificio esistente

L'input dei dati del modello R5C1 è dati nella seguente tabella. I valori delle superfici opache e vetrate, nonché i valori delle trasmittanze sono quelli utilizzati anche per la verifica energetica (vedi capitolo successivo).

Parete	U	b.tr	S	a o g	Fsh	Asol.est
Nord	1,09	1	0,00	0,5	1	
Fin. Nord	5,294	1	0,00	0,5	0,9	0,000
Sud	1,09	1	0,00	0,5	1	
Fin. Sud	5,294	1	0,00	0,5	0,9	0,000
Est	1,09	1	0,00	0,5	1	
Fin. Est	5,294	1	0,00	0,5	0,9	0,000
Ovest	1,114	1	0,00	0,5	1	
Fin. Ovest	5,294	1	0,00	0,5	0,9	0,000
Nord Est	1,09	1	448,88	0,5	1	
Fin. NE	5,294	1	74,48	0,5	0,9	3,586
Nord Ovest	1,09	1	239,76	0,5	1	
Fin. NW	5,294	1	12,85	0,5	0,9	0,619
Sud Est	1,09	1	301,84	0,5	1	
Fin. SE	5,294	1	10,64	0,5	0,9	0,512
Sud Ovest	1,09	1	508,56	0,5	1	
Fin. SW	5,294	1	50,06	0,5	0,9	2,410
Pavimento	0,737	0	633,00	0		
Soffitto	0,597	0	633,00	0,6		
Pareti Int.	1,554	0	600,00	0		

Tabella 11: Input dei dati del modello R5C1 per edificio esistente

Il centro di controllo del modello è riportato nella seguente tabella.

H.altezza	8			Giorni	31				
n.ricambi/h	2,5			ft.ms	1				
		G1=Hve	3713,60	Ht.ms	12672,66		Per bilancio Sensibile	CTRL b	
		G2=Hw	1048,69	Ht,em	3218,04		Per bilancio Totale	CTRL t	
Htot	2417,62	G3=ht,em	3218,04	ft.is	1		Per impianti accesi	CTRL a	1
Hw	1048,69	G4=Ht,ms	12672,66	Ht.is	11609,39		Per Impianti spenti	CTRL s	0
Hpar	1633,95	G5=Ht,is	11609,39						
Htr.op	2566,35	C	134.601.600						
Sw	148,03	T	3600	VMC	0	T mandata	17	Um. Aria. Vent. Est.	70
Af	557,04	Am	1392,60	Port. Variab	1	n.ric.var	1	Um. Aria. Vent. Inv.	40
At	3365,04	At	3365,04	Attenuazione	0	Temp. Atten	16	C. Lat.S.Int (W/m²)	2,8
Ask	77,14	Ask	77,14	Coef. Sorg. Int	40	[W/m²]			
Hve	3713,60			I-sky,nom	36	[W/m²]	U.R. Ar. VMC	90	%
Am	1392,6			Temp. Aria Int	20	°C	U.R. Aria Int.	50	%
				Pressione Totale	1	Bar	Coeff. Infil. fl.	0	m

Tabella 12: Centro di controllo del modello R5C1

I dati per affollamento (sorgenti interne per affollamento di 20 bambini con attività 0.8 Met) e dei contributi solari sono calcolati utilizzando i dati meteorologici della IDGC.

Irraggiamento medio giornaliero mensile a Catania												
Time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1:01- 2:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2:01- 3:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3:01- 4:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4:01- 5:00	-	-	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-
5:01- 6:00	-	-	-	9,00	37,00	52,00	34,00	13,00	1,00	-	-	-
6:01- 7:00	-	1,00	21,00	80,00	131,00	153,00	130,00	92,00	50,00	18,00	2,00	-
7:01- 8:00	18,00	41,00	105,00	193,00	266,00	297,00	275,00	221,00	157,00	97,00	51,00	20,00
8:01- 9:00	87,00	126,00	216,00	335,00	433,00	471,00	459,00	391,00	301,00	205,00	135,00	85,00
9:01-10:00	164,00	222,00	338,00	484,00	604,00	649,00	653,00	573,00	456,00	322,00	222,00	154,00
10:01-11:00	231,00	311,00	445,00	608,00	740,00	793,00	815,00	727,00	584,00	416,00	292,00	211,00
11:01-12:00	273,00	367,00	509,00	674,00	807,00	867,00	904,00	811,00	648,00	457,00	323,00	240,00
12:01-13:00	274,00	373,00	510,00	662,00	787,00	852,00	895,00	802,00	627,00	432,00	304,00	234,00
13:01-14:00	237,00	326,00	448,00	577,00	685,00	752,00	791,00	701,00	529,00	349,00	244,00	194,00
14:01-15:00	174,00	245,00	343,00	444,00	529,00	593,00	621,00	539,00	385,00	237,00	162,00	134,00
15:01-16:00	102,00	153,00	225,00	298,00	359,00	415,00	428,00	359,00	235,00	128,00	81,00	69,00
16:01-17:00	33,00	70,00	119,00	168,00	208,00	252,00	252,00	200,00	112,00	45,00	16,00	12,00
17:01-18:00	-	10,00	36,00	69,00	95,00	126,00	119,00	84,00	30,00	3,00	-	-
18:01-19:00	-	-	-	8,00	23,00	42,00	36,00	16,00	1,00	-	-	-
19:01-20:00	-	-	-	-	-	2,00	1,00	-	-	-	-	-
20:01-21:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21:01-22:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22:01-23:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:01-24:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 13: Irraggiamento orario medio mensile per Catania secondo IDGC

I risultati della simulazione dinamica per Catania, per solo calore sensibile, sono riportati di seguito.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	
Ora	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
1	103,80	98,08	91,41	73,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,53	59,03	90,46	
2	95,58	90,72	85,43	68,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,94	54,00	83,19	
3	89,63	85,58	82,09	65,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,13	50,52	77,98	
4	85,00	81,72	80,06	63,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,21	47,35	73,91	
5	81,23	79,15	78,01	60,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,55	45,04	71,04	
6	78,45	77,58	75,94	56,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,95	43,38	69,55	
7	75,53	76,79	74,25	51,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,03	41,76	68,82	
8	70,26	70,41	64,83	42,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,29	35,14	62,67	
9	62,49	60,91	51,73	27,99	0,00	0,00	-10,60	-9,05	0,00	4,79	25,82	52,92	
10	53,23	48,34	34,02	10,81	0,00	-6,22	-25,70	-27,66	-8,90	0,00	13,03	40,54	
11	45,19	39,40	23,26	1,71	0,00	-13,12	-34,24	-36,25	-17,74	0,00	4,29	30,89	
12	37,67	31,03	15,01	0,00	0,00	-16,73	-39,12	-40,28	-23,42	0,00	0,00	22,17	
13	29,99	23,94	9,30	0,00	0,00	-16,89	-40,08	-39,45	-24,94	0,00	0,00	14,15	
14	25,70	20,32	5,40	0,00	0,00	-18,03	-42,02	-41,53	-27,14	0,00	0,00	10,10	
15	24,10	19,52	3,91	0,00	0,00	-18,70	-42,53	-42,24	-27,37	0,00	0,00	9,31	
16	24,60	21,40	4,69	0,00	0,00	-18,15	-41,66	-41,62	-25,79	0,00	0,00	11,17	
17	27,78	24,73	7,33	0,00	0,00	-15,98	-39,00	-39,28	-22,44	0,00	0,00	14,91	
18	32,97	29,88	12,33	1,06	0,00	-12,34	-35,18	-35,35	-17,87	0,00	0,29	20,37	
19	40,59	36,09	19,45	8,21	0,00	-8,27	-30,36	-29,92	-12,07	0,00	7,81	27,60	
20	44,79	39,82	24,18	13,26	0,00	-0,70	-23,02	-24,64	-7,29	0,00	12,68	32,25	
21	48,16	42,70	28,12	17,91	0,00	0,00	-16,32	-19,22	-3,36	0,00	15,83	35,67	
22	50,61	45,06	31,59	21,19	0,00	0,00	-9,13	-14,16	0,00	0,00	18,40	38,16	
23	53,84	47,78	35,91	25,21	0,00	0,00	-3,17	-9,54	0,00	0,00	21,28	41,42	
24	56,63	50,47	40,73	29,65	0,00	0,00	0,00	-5,39	0,00	1,91	24,55	44,68	
	1337,83	1241,43	979,00	639,45	0,00	-145,13	-432,14	-455,58	-218,33	221,33	520,21	1043,93	
	324,54	294,34	203,55	82,51	0,00	-136,16	-350,13	-352,70	-195,60	24,08	78,29	233,44	kWh/giorno
	10060,70	8241,60	6310,19	0,00	0,00	-4084,79	-10854,17	-10933,75	-5868,03	0,00	0,00	7236,67	kWh/mese

Tabella 14: Risultati simulazione dinamica R5C1 per solo calore sensibile

Nella Tabella 15 sono visibili i profili d'uso dell'impianto e i consumi energetici mensili. In rosso si hanno i mesi invernali e in blue i mesi estivi (da non considerare perché l'impianto è di solo riscaldamento). Non si è considerato il doppio turno dalle 8:00 alle 18:00. Non si hanno indicazioni sui profili d'uso reali.

Il riepilogo complessivo stagionale è dato in Tabella 16. Esso risulta pari a 31850 kWh

In Tabella 17 si ha il confronto fra i consumi mensili simulati con il metodo R5C1 e quelli fatturati. Si osservi che oltre ai consumi di gasolio per il riscaldamento si devono aggiungere anche i consumi di energia elettrica per riscaldamento della PRESIDENZA – SEGRETERIE che ha un impianto a split singoli reversibili a pompa di calore.

Stimando questi in circa 2500 kWh/mese si hanno circa 7500 kWh che portano il consumo totale per riscaldamento a oltre 50000 kWh, in linea con quanto previsto dal modello R5C1.

Restano sempre valide le osservazioni fatte per il modello SEAS sulla congruenza dei dati di consumo e sulla loro non facile disaggregazione.

Il confronto mensile indicato in Tabella 17 va considerato con molta attenzione. I consumi **fatturati** si riferiscono ai carichi di gasolio medi negli anni 2013-2015.

Queste fatture non sono affatto correlate ai consumi reali. Molto dipende dalla quantità di gasolio residua, dalle modalità di carico, dalla volontà di effettuare il pieno in modo corretto.

Inoltre si ha una grande variabilità dei consumi mensili in anni diversi e questo non è pensabile che sia dovuta ai carichi termici determinati da condizioni climatiche sfavorevoli. Nel periodo considerato non si sono avute annualità anomale.

Una correlazione corretta dovrebbe avere i consumi reali di gasolio misurati con un misuratore di portata di combustibile a monte del bruciatore.

Imp. Acce	Imp. Acce
Inverno	Estate
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
0	1
0	1
0	1
0	1
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0

Tabella 15: Profilo d'uso degli impianti

QH	31849,15	kWh/anno
EPci.inv	28,59	kWh/(m ³ .anno)
Eta	0,677	
EPci	42,23	kWh/(m ² .anno)

Tabella 16: Riepilogo dei consumi energetici stagionali

Mese	Consumi R5C1	Consumi medi fatturati	Scarto
	kWh/mese	kWh/mese	%
Gennaio	10060,70	8635	14,17
Febbraio	8241,60	7660	7,06
Marzo	6310,19	15890	-151,82
Aprile		0	
Maggio		0	
Giugno		0	
Luglio		0	
Agosto		0	
Settembre		0	
Ottobre		0	
Novembre	2348,73	1410	39,97
Dicembre	7236,67	6955	3,89
Totale	34197,88	40550,00	-18,57

Tabella 17: Confronto dei consumi mensili simulati R5C1 e fatturati attuali

Un'ultima considerazione va fatta sul periodo di funzionamento degli impianti. Le fatturazioni di gasolio indicano un utilizzo dal mese di **novembre** al fine marzo.

In realtà per le zone B, quale è Catania, il periodo convenzionale di riscaldamento va dal **1/12** al **31/03** per un totale di 180 giorni. Pertanto l'accensione a novembre può essere giustificata solamente in considerazione della **presenza di bambini piccoli alla scuola materna**.

La Tabella 14 è stata modificata per tenere conto anche del mese di novembre ed avere così un raffronto completo in Tabella 17.

3.7.2.3 Simulazione Dinamica R5C1 per l'edificio ristrutturato

Al fine di valutare i benefici della ristrutturazione importante di primo livello studiata per la scuola Livio Tempesta di Catania si è effettuata la simulazione dinamica R5C1 anche per l'edificio ristrutturato.

Nella tabelle seguente si hanno i dati di input per il modello R5C1.

Parete	U	b.tr	S	a o g	Fsh	Asol.est
Nord	0,125	1	0,00	0,5	1	
Fin. Nord	1,398	1	0,00	0,5	0,9	0,000
Sud	0,125	1	0,00	0,5	1	
Fin. Sud	1,398	1	0,00	0,5	0,9	0,000
Est	0,125	1	0,00	0,5	1	
Fin. Est	1,398	1	0,00	0,5	0,9	0,000
Ovest	0,125	1	0,00	0,5	1	
Fin. Ovest	1,398	1	0,00	0,5	0,9	0,000
Nord Est	0,125	1	374,40	0,5	1	
Fin. NE	1,398	1	74,48	0,5	0,9	3,586
Nord Ovest	0,125	1	226,91	0,5	1	
Fin. NW	1,398	1	12,85	0,5	0,9	0,619
Sud Est	0,125	1	291,20	0,5	1	
Fin. SE	1,398	1	10,64	0,5	0,9	0,512
Sud Ovest	0,125	1	458,50	0,5	1	
Fin. SW	1,398	1	50,06	0,5	0,9	2,410
Pavimento	0,277	0	633,00	0		
Soffitto	0,305	0	633,00	0,6		
Pareti Int.	1,4	0	600,00	0		

Tabella 18: Dati di Input del modello R5C1 per l'edificio ristrutturato

Mese	Consumi R5C1	Consumi medi fatturati	Scarto
	kWh/mese	kWh/mese	%
Gennaio	7052,10	8635	-22,45
Febbraio	5683,58	7660	-34,77
Marzo	4157,84	15890	-282,17
Aprile		0	
Maggio		0	
Giugno		0	
Luglio		0	
Agosto		0	
Settembre		0	
Ottobre		0	
Novembre	1463,14	1410	3,63
Dicembre	4854,28	6955	-43,28
Totale	23210,93	40550,00	-74,70

Tabella 19: Confronto dei consumi mensili simulati R5C1 e fatturati ristrutturato

I risultati di calcolo sono sintetizzati nella seguente tabella.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	
Ora	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
1	93,52	88,34	82,31	65,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,23	52,97	81,44	
2	84,75	80,36	75,53	60,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,06	47,52	73,66	
3	77,73	74,06	70,76	56,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,37	43,25	67,46	
4	71,79	68,81	67,01	52,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,36	39,23	62,20	
5	66,68	64,70	63,29	48,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,56	35,98	58,01	
6	62,53	61,53	59,72	44,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,85	33,37	55,06	
7	58,45	59,14	56,68	39,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,99	30,91	52,85	
8	52,72	52,45	47,70	30,03	0,00	0,00	-0,95	0,00	0,00	11,19	24,61	46,44	
9	45,34	43,71	36,30	18,27	0,00	0,00	-11,62	-11,29	0,00	0,00	16,52	37,58	
10	37,15	32,98	21,74	4,46	0,00	-7,70	-23,30	-25,79	-11,17	0,00	6,01	27,06	
11	30,30	25,64	13,39	0,00	0,00	-12,84	-29,36	-31,69	-17,56	0,00	0,00	19,21	
12	24,10	18,97	7,19	0,00	0,00	-15,33	-32,50	-33,97	-21,40	0,00	0,00	12,31	
13	17,91	13,43	2,99	0,00	0,00	-15,23	-32,70	-32,64	-22,09	0,00	0,00	6,10	
14	14,53	10,66	0,07	0,00	0,00	-16,31	-34,15	-34,19	-23,70	0,00	0,00	3,10	
15	13,23	10,01	0,00	0,00	0,00	-17,22	-34,70	-34,85	-23,95	0,00	0,00	2,59	
16	13,49	11,33	0,00	0,00	0,00	-17,26	-34,32	-34,59	-22,89	0,00	0,00	4,02	
17	15,78	13,63	1,15	0,00	0,00	-16,05	-32,63	-33,05	-20,53	0,00	0,00	6,78	
18	19,55	17,30	4,72	0,00	0,00	-13,72	-30,08	-30,29	-17,27	0,00	0,00	10,76	
19	25,12	21,69	9,92	1,62	0,00	-11,14	-26,82	-26,38	-13,07	0,00	1,84	15,99	
20	27,73	23,99	13,01	4,97	0,00	-5,46	-21,32	-22,56	-9,79	0,00	4,99	18,97	
21	29,72	25,63	15,47	8,01	0,00	-1,41	-16,55	-18,72	-7,21	0,00	6,79	20,98	
22	31,03	26,94	17,61	9,98	0,00	0,00	-11,42	-15,20	-4,61	0,00	8,22	22,31	
23	33,07	28,62	20,50	12,65	0,00	0,00	-7,32	-12,02	-1,63	0,00	10,00	24,37	
24	34,79	30,33	23,80	15,69	0,00	0,00	-4,31	-9,21	0,00	0,00	12,15	26,47	
	981,01	904,27	710,86	473,07	0,00	-149,67	-384,07	-406,44	-216,86	164,62	374,36	755,71	
	222,05	197,85	129,38	52,77	0,00	-67,40	-163,64	-169,58	-95,92	11,19	47,13	151,79	kWh/giorno
	6883,51	5539,67	4010,84	0,00	0,00	-2022,15	-5072,71	-5257,00	-2877,66	0,00	1413,94	4705,58	kWh/mese

Tabella 20: Risultati della simulazione R5C1 per edificio ristrutturato

I risultati dei consumi energetici previsti, per solo calore sensibile e con gli stessi profili d'uso (8-14), sono riportati nella Tabella 20. Da essi si evince un consumo annuale dato dalle seguente tabella.

QH	21139,60	kWh/anno
EPci,inv	20,87	kWh/(m ² .anno)
Eta	0,677	
EPci	30,83	kWh/(m ² .anno)

Tabella 21: Riepilogo del consumo annuale per edificio ristrutturato

Il confronto fra i consumi prima e dopo la ristrutturazione porta ad una riduzione dei consumi per riscaldamento pari a $31850 - 21140 = 10710$ kWh corrispondenti a circa 1070 L di gasolio.

La riduzione simulata fra edificio attuale ed edificio ristrutturato è 33.62 %.

Si tenga presente che questi risultati si riferiscono al solo bilancio del calore sensibile e per il solo servizio di riscaldamento centralizzato.

Il confronto con le verifiche energetiche per l'edificio ristrutturato porta ai risultati seguenti.

FABBRICATO				FABBISOGNO ENERGIA				EFFICIENZA IMPIANTI			
	Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica
H'T	0.537	0.630	SI	EPH,nd	22.99	24.60	SI	nH	0.677	0.577	SI
Asol,est/ Asup,utile	0.015	0.040	SI	EPC,nd	25.28	30.75	SI	nC	15.913	10.591	SI
				EPgl,tot	56.52	71.99	SI	nW	0.868	0.666	SI

Tabella 22: Verifiche energetiche per l'edificio globali ristrutturato

Se si confronta l' $EP_{H,nd}=22.99 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$ con quello calcolato con il metodo dinamico *R5C1* pari a $20.87 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$ si ha un'eccellente corrispondenza, anche in considerazione del fatto che la verifica secondo il DM 26/06/2015 è statica mentre quella con il metodo *R5C1* è dinamica.

3.8 Considerazioni sui consumi reali in relazione ai consumi simulati

Oltre alle considerazioni sopra effettuate sulle discrepanza fra consumi energetici reali e simulati è possibile fare un'ulteriore considerazione.

Facendo un normale calcolo di verifica energetica (DM 26/06/2015) per l'edificio esistente si hanno i seguenti risultati.

FABBRICATO				FABBISOGNO ENERGIA				EFFICIENZA IMPIANTI			
	Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica
H'T	1.564	0.630	NO	EPH,nd	68.19	17.25	NO	nH	0.781	0.633	SI
Aso,est/ Asup,utile	0.134	0.040	NO	EPC,nd	60.70	80.41	SI	nC	-	-	-
				EPgl,tot	141.33	64.24	NO	nW	0.000	0.000	SI

Figura 45: Verifica energetica dell'edificio esistente

Per il solo riscaldamento (la scuola ha solo questo servizio per le AULE) si hanno i seguenti bilanci.

EPH,nd [kWh]/(m ² ·anno)	ηH	Superficie (m ²)	EPH [kWh/anno]	L/anno Gasolio
68,19	0,781	1360	118743	11874

Tabella 23: Consumi annui calcolati per l'edificio reale

I consumi medi annui indicati nella Tabella 8 sono di 4055 L/anno che confrontati con i 11874 L/anno sopra calcolati rappresentano solo il 34.15% dei consumi teorici.

Questa differenza è dovuta ad una serie di concause:

- Il modello di calcolo indicato dalla UNI TS 11300:2014 è di tipo statico e presuppone che gli impianti siano sempre accesi e i calcoli sono riferiti ai valori medi giornalieri mensili delle temperature esterne;
- Non si tiene conto del reale profilo d'uso degli impianti di riscaldamento per una scuola. Nel caso di scuola a turno unico si ha un orario che va dalle 8:00 alle 14:00. In più gli apporti gratuiti solari a Catania sono piuttosto elevati e tali da far spegnere, in molte giornate d'inverno, gli impianti di riscaldamento dalle 9:00 fino alle 18:00. Ne segue che gli impianti della Livio Tempesta lavorano di fatto per tempi ridotti, al mattino, e i consumi si riducono in modo proporzionale;
- La scuola Livio Tempesta non ha un impianto di ventilazione meccanica tale da garantire i prescritti 2,5 Vol/ora di ricambio fisiologico. Questo comporta una ridotta ventilazione, affidata solo all'apertura delle porte e, di rado, delle finestre, e quindi si ha un'ulteriore riduzione dei carichi termici reali e conseguentemente dei consumi reali.

Il confronto con il modello dinamico *R5C1*, vedi Tabella 16, porta alla seguente tabella.

EPH [kWh]/(m ² ·anno)	S (m ²)	EPH [kWh/anno]	L/anno Gasolio
28,97	1360	39399	3940

Tabella 24: Consumi annui calcolati per l'edificio reale con *R5C1*

Con il profilo d'uso di Tabella 15 il modello dinamico *R5C1* simula meglio i consumi energetici, con uno scarto del 2.8 %.

Questa riduzione dei consumi reali porta ad avere un costo per il gasolio ridotto ad $\frac{1}{3}$ di quello teorico e questo ha un effetto importante sulla valutazione economica dell'intervento poiché si riducono parimenti i benefici prodotti.

4 Verifica Energetica dell'Edificio

4.1 La problematica

La L. 90/2013 e i suoi regolamenti attuativi DM 26/06/2015 hanno dato piena applicazione alla Direttiva Europea 2010/31/CE (EPBD recast).

Fra le numerose innovazioni apportate rispetto alla vecchia 2002/91/CE (EPBD), vi è l'introduzione degli **edifici a quasi zero energia**, nZEB (*near Zero Energy Buiding*).

L'esigenza di ridurre i consumi energetici nel terziario, fra cui anche gli edifici, ha portato all'idea di avere edifici non più a bassi indici di prestazione energetica ma che avessero alte prestazioni energetiche, definite dal DL 63/2013 come *Edifici a Quasi Zero Energia* (EQZE), cioè di edifici che, nell'arco temporale dell'anno, abbiano un bilancio energetico fra energia primaria fornita ed energia gratuita prodotta molto ridotto, al limite nullo o anche debolmente positivo. Si richiede, quindi, che l'energia prodotta mediante FER sia quasi pari a quella utilizzata e, se prodotta in eccesso in alcuni periodi dell'anno, può essere esportata all'esterno. Si osservi che, se anche è possibile avere un edificio capace di rispettare tutte le verifiche energetiche per il solo effetto di un involucro molto efficiente, l'applicazione del *D.Lgs. 28/2011* sulle FER rende obbligatorio installare sistemi che utilizzino FER con una percentuale (detta *Quota Rinnovabile, QR*) del 50% dal 1/01/2017.

In definitiva occorre far convivere sinergicamente l'edificio e gli impianti, compresi quelli che utilizzano fonti di energia rinnovabili (FER).

4.2 Edifici nZEB

Partendo da questa osservazione ecco prendere corpo l'idea di un edificio che presenti globalmente nell'anno una richiesta di energia primaria molto bassa, tanto da potere essere definito a Quasi Zero Energia.

Anche l'ASHRAE¹ ha sviluppato studi sul tema dei *Zero Energy Building, ZEB*, e in genere si accetta la definizione di ZEB come *"un edificio residenziale o terziario con una richiesta di energia globale annuale molto esigua (edifici passivi) e tale da potere essere soddisfatta dalla produzione di energia da fonti rinnovabili in situ"*.

Questa definizione sottende un bilancio *continuo* fra la domanda energetica e la produzione locale con fonti rinnovabili.

Un tale edificio risulta più complesso da progettare dovendo contare solamente sulla proprie disponibilità energetica e tenendo conto di eventuali sfasamenti fra produzioni energetiche (ad esempio solari) ed utilizzo. In pratica uno ZEB può essere distaccato dalle reti energetiche esterne rimando del tutto autosufficiente.

Meno stringente e certamente più facili da progettare possono essere gli edifici *NZEB (Net Zero Energy Building)*, che, a differenza degli ZEB, presentano *"nell'arco di un anno solare una somma algebrica dei flussi energetici in ingresso e in uscita dalla rete pari a zero"*. Cioè deve essere verificato il bilancio di energia primaria:

$$E_p = \sum (E_{del,i} \cdot f_{p,del,i}) - \sum (E_{exp,i} \cdot f_{p,exp,i}) = 0$$

¹ American Society of Heating Refrigerating Air Engineering

ove E_{del} è l'energia inviata (*delivered*) all'edificio ed E_{exp} è l'energia esportata (*exported*) dall'edificio verso la rete esterna, mentre $f_{P,del,i}$ ed $f_{P,exp,i}$ sono i fattori di energia primaria totali per le rispettive quote di energia inviata ed esportata.

In definitiva non occorre che istante per istante ci sia un equilibrio fra flussi energetici ma mediamente nell'arco di un anno questi flussi energetici debbono pareggiarsi.

In questo caso giocano un ruolo fondamentale gli accumuli energetici e l'interconnessione in rete degli edifici. Così, ad esempio, il problema dello sfasamento fra la produzione di energia solare fotovoltaica (durante il giorno) e il momento di utilizzo (durante la sera o anche di notte) viene risolto riversando nella rete elettrica esterna l'energia prodotta in eccesso e prelevandola quando l'energia prodotta è in difetto rispetto alle esigenze dell'edificio.

Si suol dire che l'edificio è *grid connected* e la rete (*grid*) funge da accumulo energetico. La stessa osservazione può farsi per l'energia eolica autoprodotta.

Un discorso più ampio può essere fatto anche fra bilanci stagionali che possono essere positivi (cioè si produce più energia di quanta richiesta) in estate e negativa in inverno. Il bilancio complessivo viene effettuato nel medio periodo pari ad un anno solare.

Un concetto meno vincolante del *Net Zero Energy Buildings* è quello di *Near Net Zero Energy Buildings*, *NNZEB*: si tratta di edifici ad altissima prestazione energetica e tali da richiedere un fabbisogno energetico *molto basso* a sua volta quasi del tutto bilanciato da fonti energetiche rinnovabili in loco o nelle vicinanze.

In pratica si vuole limitare il bilancio di energia primaria secondo la relazione:

$$E_p = \sum (E_{del,i} \cdot f_{P,del,i}) - \sum (E_{exp,i} \cdot f_{P,exp,i}) \leq E_{p,lim}$$

con $E_{p,lim}$ valore che deve essere predisposto dalle norme nazionali.

Si osservi che il *NNZEB* prevede che l'edificio scambi energia solamente con la rete esterna, cioè che sia alimentato con energia elettrica e che il suo generatore termico sia, di conseguenza, una pompa di calore (per l'inverno) ed un refrigeratore (per l'estate). Una tale definizione risulta più stringente rispetto alla *nZEB* (*near Zero Energy Building*) che non prevede il collegamento unicamente con la rete elettrica.

Tuttavia si prevede che in un prossimo futuro le nuove direttive europee sposteranno la richiesta di prestazione energetica da *nZEB* a *NNZEB*.

4.2.1 Osservazioni sulla definizione di nZEB

La direttiva 2010/31/CE definisce *nZEB* come "un edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'Allegato I. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto **in misura molto significativa da FER**, compresa l'energia *fa FER* prodotta in loco o nelle vicinanze".

Si vedrà più avanti come il DM 26/06/2016 devia da questa definizione attribuendo la qualifica di *nZEB* ad "un edificio che rispetta i requisiti minimi per l'anno 2019/2021 e contemporaneamente rispetti il D.Lgs. 28/2011", cioè abbia $QR \geq 50\%$ e $P_e = S_{u}/50$.

In definitiva per il DM 26/06/2015, così come oggi è in vigore, l'edificio *nZEB* coincide con l'**edificio di riferimento** per l'anno 2019/2021, quindi con vincoli solamente sulle trasmittanze dei componenti di involucro ma non delle relative superfici. Quest'incongruenza è solo parzialmente rimediata con la verifica di H'_T e del rapporto $S_{solare,estiva}/S_{utile}$. Verificati questi limiti è possibile accrescere le dispersioni, ad esempio incrementando la superficie vetrata dell'edificio reale, senza modifica della Classe Energetica.

In definitiva l'attuale normativa non impone un valore limite assoluto per gli *nZEB*, (come avviene, ad esempio, per *CasaClima*® che impone che sia $EP \leq 10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{-anno})$), ma indica un modo funzionale legato al comportamento dell'edificio di riferimento.

A causa di alcune definizioni derivanti dalla nuove UNI TS 11300/1 e /2 del 2014 e dello stesso articolato del DM 26/06/2015 sui Requisiti Minimi degli Edifici (RME) la verifica energetica per gli edifici *nZEB* può essere attuata in più modi, fra loro molto diversi e spesso incongruenti. L'attuale normativa, ad esempio, favorisce molto le caldaie a biomassa e definisce, giusto il D.Lgs. 28/2011, l'energia utile per le pompe di calore mediante la relazione:

$$E_{RES} = Q_{usable} \cdot \left(1 - \frac{1}{SPF}\right)$$

ove:

- Q_{usable} è l'energia effettivamente utilizzata, kWh;
- SPF è il *Seasonal Performance Factor*, di fatto coincidente (vedi Circolare UE del 1/3/2013) con lo *SCOP (Seasonal Coefficient of Performance)*.

Perché si possa considerare E_{RES} come energia utile Il D.Lgs. 28/2011 impone che, ai fini del calcolo della Quota Rinnovabile, deve essere rispettata la relazione:

$$SPF > \frac{1.15}{\eta} \quad (\text{valore minimo } SPF = 2.501)$$

con η rendimento medio di produzione di energia elettrica europeo, attualmente pari a 0,46. Per PdC a gas $\eta = 1$. In conclusione se la pompa di calore non rispetta il limite $SPF \geq 2.501$ allora la sua quota rinnovabile si annulla. Ciò pone notevoli problemi (dei quali si parlerà diffusamente nel prosieguo anche in relazione alla scuola in esame) per edifici posti al Sud ed aventi elevati irraggiamenti solari.

Infatti l'energia di riscaldamento di involucro è data dalla UNI TS 11300/1:2014:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} (Q_{int} + Q_{sol,w})$$

Da questa si evince che il contributo (gratuito) dell'energia solare attraverso le finestre viene sottratto all'energia per dispersioni (pareti e ventilazione). Inoltre l'irraggiamento solare sulle pareti opache viene sottratto all'energia trasmessa, sempre secondo le nuove UNI TS 11300:2014, giusta la relazione:

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} (t_i - t_e) \tau + \left(\sum_k F_{r,k} \Phi_{r,k} \right) \tau - Q_{sol,op}$$

ove si ha il simbolismo:

- $H_{tr,adj}$ coefficiente di trasmissione termica della zona corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno – esterno. In questo modo si tiene conto della temperatura dell'ambiente limitrofo che non coincide con quella dell'ambiente esterno, W/K;
- t_i temperatura di set point interna della zona considerata, °C;
- t_e temperatura esterna media mensile, °C;
- $F_{r,k}$ fattore di forma fra il componente edilizio k.mo e la volta celeste;
- $F_{r,k}$ flusso della radiazione infrarossa verso la volta celeste del componente k.mo, MJ;
- $Q_{sol,op}$ apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente sui componenti opachi, in MJ.

Per le zone climatiche A e B (tipiche della Sicilia e di Catania, zona B, in particolare, l'energia solare è così elevata che l'energia di riscaldamento di involucro si riduce moltissimo, tanto da avere un comportamento tipico da edificio passivo.

Di fatto nelle belle giornate a Catania, come in tutte le fasce costiere della Sicilia, l'irraggiamento produce un apporto gratuito sufficiente a far spegnere gli impianti nelle ore diurne. Tuttavia nelle giornate nuvolose, per effetto della riduzione della radiazione solare esterna, è necessario accendere gli impianti di riscaldamento.

Del resto è noto che la facciata a Sud del Grattacielo Pirelli, a Milano, d'inverno deve essere raffrescata nelle belle giornate proprio per effetto dell'irraggiamento solare e dell'elevata superficie vetrata. Ma quando non ci sono belle giornate occorre riscaldare, e come!

Quanto detto porta a dover superare le incongruenze delle norme vigenti indicando al software per la verifica energetica di utilizzare pompe di calore di bassa potenza tale da fornire una quantità di energia comparabile con $Q_{H,nd}$ altrimenti la sua quota rinnovabile si annulla. Un tale *work around* costituisce un falso impiantistico perché la pompa di calore *effettivamente installata* deve essere scelta in base ai classici parametri impiantistici, quale, in primo luogo, il *carico di picco* dell'edificio.

Quanto detto è solo una parte delle difficoltà incontrate per l'incongruenza delle norme vigenti. Fra l'altro è possibile verificare energeticamente l'edificio anche con caldaia a condensazione ad alta efficienza ma in questo caso la Quota Rinnovabile (QR) non soddisferebbe più il requisito del 50% imposto dal D.lgs. 28/2011 per il 2017 e per gli edifici nZEB.

4.3 Tipologia di intervento per ristrutturazione importante di 1° livello

4.3.1 Scuola esistente

La Scuola Livio Tempesta ha una tipologia impiantistica tipica degli anni precedenti alle varie leggi sul risparmio energetico, a partire dalla L. 373/76.

Per l'epoca in cui la scuola è stata progettata e costruita non si avevano norme di alcun genere. Non esistevano le destinazioni d'uso e la classificazione degli edifici così come introdotta dalla L. 373/76.

Pertanto l'impianto di riscaldamento è unico per tutta la scuola, compreso l'alloggio del custode. Inoltre per la sola ala destinata alla Presidenza –Segreteria si hanno anche split per il riscaldamento e il raffrescamento autonomo di questi locali, specialmente nel periodo estivo. Ci sono anche un paio di stufe elettriche.

Esiste un boiler da 2000 L per l'ACS ma non si ha la rete di distribuzione e nei bagni manca del tutto il rubinetto per l'ACS.

L'impianto è ad anelli e di recente sono stati rinnovati i corpi scaldanti (ora del tipo a termoconvettori) e la caldaia (del tipo a gasolio).

La tipologia costruttiva dell'involucro è quella tipica del catanese nel periodo ante L. 373/76, cioè con pareti con camera d'aria da 28 cm² e doppio strato di mattoni forati da 8 cm di spessore.

Le finestre hanno telai metallici con vetri semplici da 6 mm.

Nessun isolante è presente nei pavimenti e nei soffitti a terrazzo.

4.3.2 Intervento di Riqualificazione Proposto

Per potere avere la qualifica di nZEB, come richiesto nel programma ENEA, occorre prevedere interventi estesi sia all'edificio che agli impianti. In particolare si propongono i seguenti interventi.

4.3.2.1 Involucro

- Inserimento di isolamento termico (schiume ureiche o poliuretano sferoidale) alle pareti in intercapedine. Quest'intervento consente di avere 28 cm di isolante termico all'interno delle pareti. Oltre all'elevato valore dell'isolamento, l'utilizzo dell'isolante all'interno dell'attuale intercapedine consente di potere applicare la deroga 1.4.3.2 dell'Allegato I del DM 26/06/2016 che comporta una *maggiorazione della trasmittanza limite del 30%*. Poiché l'isolamento insufflato nell'intercapedine non elimina i ponti termici dovuti alle travi e ai pilastri, si pensa di aggiungere uno strato di 4 cm di intonaco isolante esterno a cappotto. E' inoltre necessario ripristinare l'intonaco interno per effetto dei lavori di inserimento della schiuma isolante;
- Sostituzione degli infissi attuali con infissi in alluminio con taglio termico e con vetri camera 4-6-4 (o similare) a bassa emissività (0.05) e *krypton* all'interno per avere bassa trasmittanza. Le finestre debbono avere tende bianche all'interno per la necessaria riduzione della radiazione solare;

² Normalmente l'intercapedine è di 19 cm. In questo caso è stata portata a 28 cm probabilmente per motivi strutturali.

- Isolamento del soffitto con lastra di poliuretano da 7 cm;
- Isolamento del pavimento con lastra di polistirene da 8 cm.

Impostazioni generali del progetto

Figura 46: Impostazione della deroga 1.4.3.2

4.3.2.2 Impianti

La zonizzazione, indicata dalla UNI TS 11300:2014, consente non solo la diversificazione dei servizi ma di avere più centrali termiche che possono rispondere in modo congruente alle esigenze di esercizio degli impianti. Così l'utilizzo delle aule è slegato da quello della PRESIDENZA – SEGRETERIE e da quello dell'ALLOGGIO CUSTODE.

Le accensioni e gli spegnimenti degli impianti possono essere determinate dai profili d'uso dei rispettivi impianti e degli utenti.

Allo scopo di limitare i costi e in considerazione del fatto che le zone PRESIDENZA – SEGRETERIE ed ALLOGGIO CUSTODE hanno impianti autonomi funzionanti si pensa di intervenire solamente sulla zona AULE, anche per le motivazioni indicate nel prosieguo.

4.3.3 Tipologia di intervento

In base a quanto detto l'intervento di riqualificazione è del tipo **importante di primo livello** interessando oltre il 50% delle superfici disperdenti e il rifacimento dell'impianto. Questa scelta condiziona tutta la verifica energetica poiché comporta la verifica di otto parametri previsti dal DM 26/06/2015.

Verifica delle caratteristiche dell'involucro:

- Verifica di H'_T per la trasmittanza media dell'involucro:
- Verifica del rapporto $A_{sol,est}/A_{utile}$ per gli apporti solari estivi attraverso le finestre:

Verifica dell'energia primaria di involucro:

- Verifica di $EP_{H,nd}$ per il riscaldamento;
- Verifica di $EP_{C,nd}$ per il condizionamento;
- Verifica di $EP_{gl,nd}$ per i fabbisogni globali.

Verifica delle efficienze degli impianti:

- Verifica di η_H per l'impianto di riscaldamento;
- Verifica di η_C per l'impianto di condizionamento;

- Verifica di η_w per l'impianto di acqua calda sanitaria (ACS).

4.4 Le zone termiche della Scuola Livio Tempesta

Si prevede la suddivisione dell'edificio in **tre zone** sia per diversificare la destinazione d'uso che per la tipologia di impianto. In particolare si ha:

- **Zona Aule:** categoria E.4 Edifici scolastici e comprende le aule del piano terra e del primo piano. L'impianto comprende i servizi di riscaldamento, ventilazione, ACS, Illuminazione. Questa zona è evidenziata in azzurro più i corridoi nelle due figure seguenti;



Figura 47: Aule a piano terra



Figura 48: Aule a primo piano

- **Zona Presidenza –Segreterie:** categoria E.4 Edifici scolastici comprende le stanze dedicate alla Presidenza e alle segreterie poste al primo piano. L'impianto comprende i servizi di riscaldamento, raffrescamento, Ventilazione, ACS, Illuminazione;



Figura 49: Segreteria - Presidenza

- **Zona Alloggio Custode:** categoria E.1 e comprende le stanze, poste a piano terra, destinate al custode della scuola. L'impianto ha i servizi di riscaldamento, raffrescamento, ACS, Ventilazione.



Figura 50: Alloggio del Custode a piano terra

4.5 Software Utilizzato

Il software utilizzato per la verifica energetica è **STIMA-TFM** versione 10.0.05 della Watts - Idronica Line, come indicato nella figura seguente.

Per alcuni calcoli si è anche utilizzato il software **TERMOLOG®** della LogicalSoft nella versione 7.

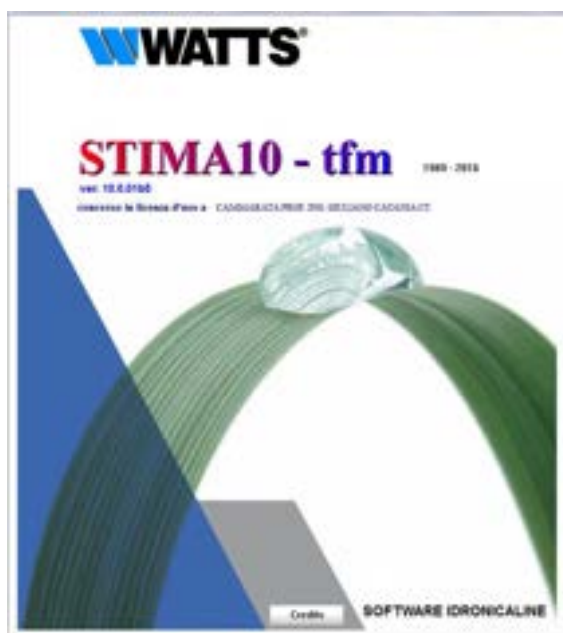


Figura 51: Software utilizzato

Questo software è certificato dal CTI al N.80, ai sensi del DM 26/06/2005, art. 7, come illustrato dalla seguente tabella predisposta dal CTI.

REGISTRO DELLO STRUMENTO NAZIONALE Elenco degli applicativi informatici (valido dal 29 giugno 2016)							
Produttore	Denominazione	Metodo semplificato	Protocollo	Versione protocollata	Certificato	Versione certificata	Note
Blumatica S.r.l.	Blumatica Energy	No	n. 69 (29/06/2016)	6.2.0.0	-	-	-
Logical Soft S.r.l.	Termolog Ep0K	No	n. 70 (29/06/2016)	7 rel. 2016.11	-	-	-
Namirial S.p.A.	Namirial Termo	No	n. 71 (29/06/2016)	4.0.0.300	-	-	-
Acca Software S.p.A.	TerMus	No	n. 72 (29/06/2016)	40.00	-	-	-
Analist Group S.r.l.	TermiPlan	No	n. 73 (29/06/2016)	2017 - 6.0	-	-	-
Itasoft Group S.r.l.	Termiko One	No	n. 74 (29/06/2016)	2.0	-	-	-
Cype Ingenieros S.A.	Cypetherm C.E.	No	n. 75 (29/06/2016)	2017.a	-	-	-
Geo Network S.r.l.	Euclide Certificazione Energetica	No	n. 76 (29/06/2016)	8.01	-	-	-
Mc4 Software Italia S.r.l.	Mc4 Suite	No	n. 77 (29/06/2016)	2017 rel.1.0	-	-	-
Topoprogram & Service di Giuseppe Mangione & C. sas	Energetika 2000	No	n. 78 (29/06/2016)	14.00	-	-	-
Edilclima S.r.l.	EC 700 calcolo prestazioni energetiche degli edifici	No	n. 79 (01/07/2016)	7.0.0	-	-	-
Watts Industries Italia S.r.l.	Stima10/TFM	No	n. 80 (01/07/2016)	10.0	-	-	-
Mc4 Software Italia S.r.l.	www.ape-online.it	No	n. 81 (01/07/2016)	3.0	-	-	-
Aermec S.p.A.	Masterclima MC 11300	No	n. 82 (05/07/2016)	3.00	-	-	-
ENEA e ITC-CHR	DOCET	Si	n. 83 (14/07/2016)	3.16.06.47	-	-	-
ing. S. Daniele Alberti e ing. Antonio Mazzon	Lex10 Professional	No	n. 84 (19/07/2016)	8.00.0010	-	-	-
Tep s.r.l.	Leto	No	n. 85 (19/07/2016)	4.0.0.4	-	-	-

Figura 52: Elenco software certificato dal CTI per il DM 26/06/2015

4.6 Verifica Energetica dell'Edificio Esistente

L'edificio esistente, come rappresentato nel capitolo 2, ha i seguenti componenti di involucro.

4.6.1 Pareti Esterne

Le pareti esterne sono costituite da due muratori in mattoni forati da 8 cm, separati da un'intercapedine di 28-30 cm e intonacate all'interno e all'esterno con malta e gesso con spessore da 2 cm.

La trasmittanza calcolata è pari a $U = 0.92 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ e trasmittanza corretta pari a $U = 1.090 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Essa ha uno spessore $s=0.48 \text{ m}$.

Nella figura seguente si ha la tabella di calcolo della trasmittanza termica e della verifica igrometrica Glaser. Si osserva che questa tipologia costruttiva è tipica del catanese anche se lo spessore dell'intercapedine è stato portato a 28-30 cm perché destinata ad una scuola pubblica.

Di norma lo spessore totale tipico delle pareti esterne nel catanese è di 30-32 cm.

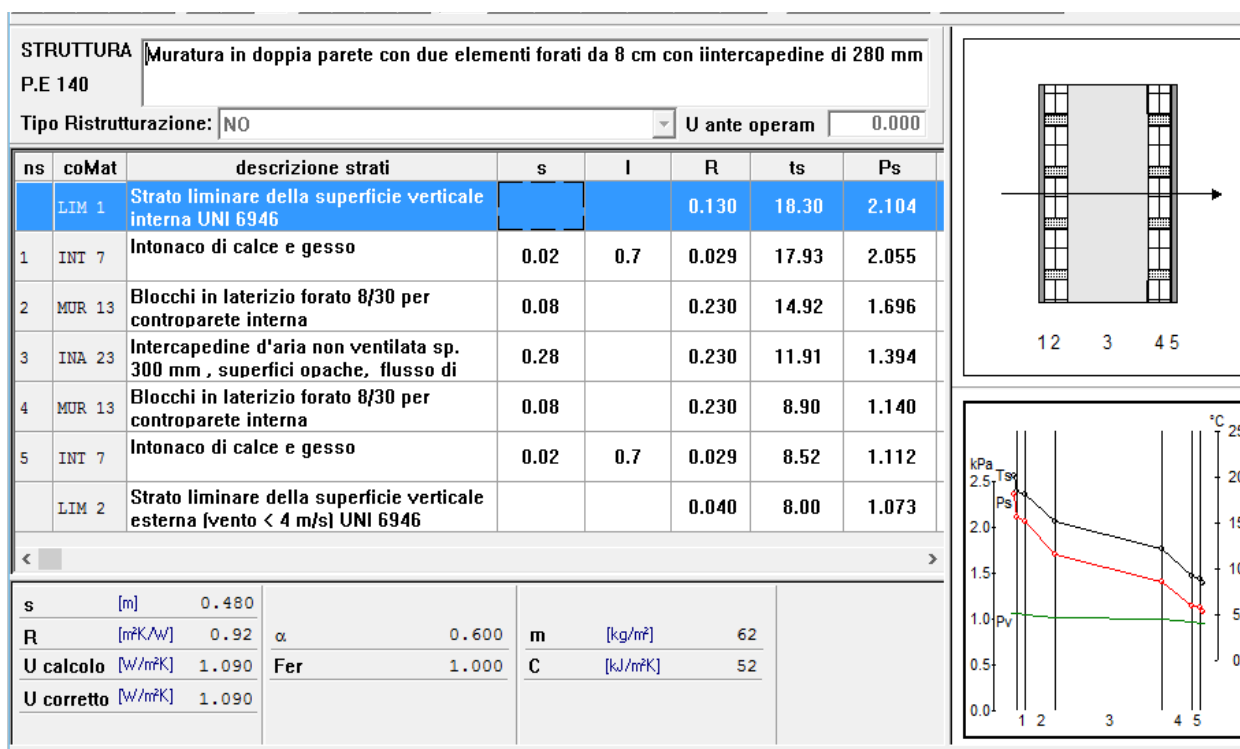


Figura 53: Stratigrafia della parete esterna

4.6.2 Pavimento

Il pavimento è poggato su terrapieno ed ha la stratigrafia indicata nella figura seguente.

Nessun tipo di isolante è stato inserito, com'era tipico per le costruzioni antecedenti all'applicazione della L. 373/76.

La trasmittanza calcolata è $U = 1.001 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ mentre la trasmittanza corretta vale $U = 0.737 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

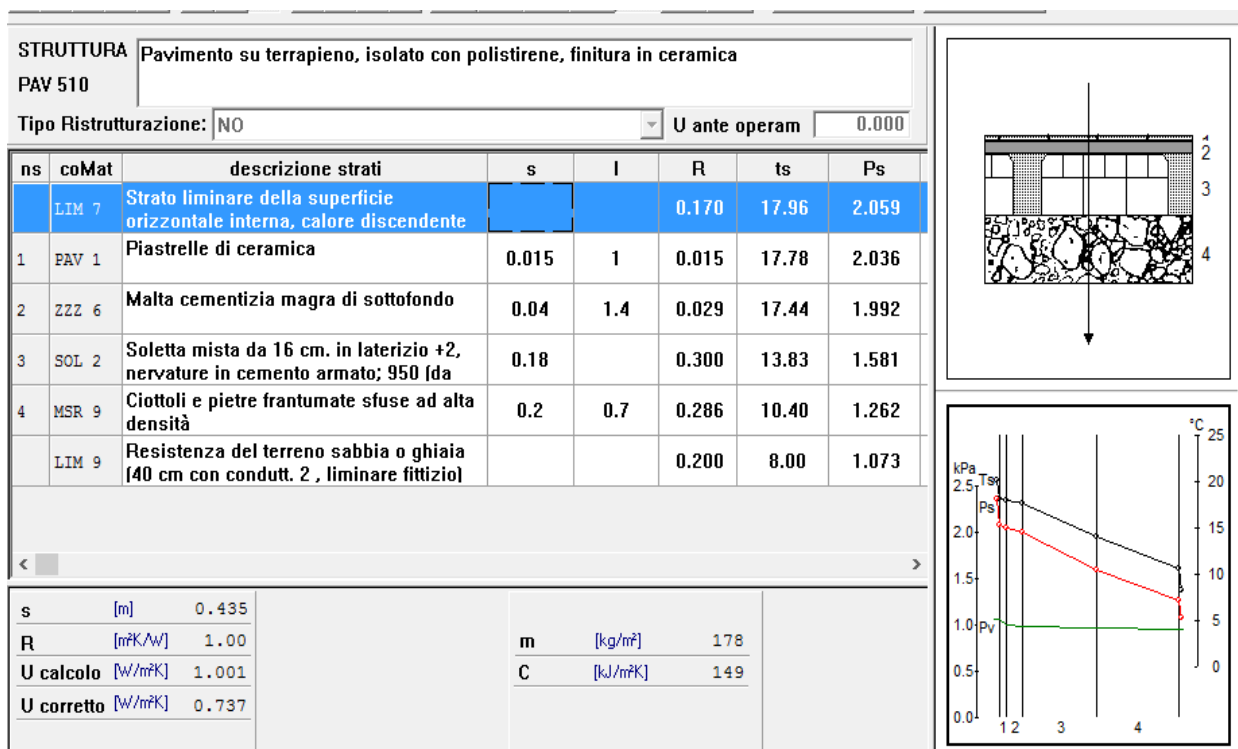


Figura 54: Stratigrafia del pavimento su terrapieno

4.6.3 Soffitto

Il soffitto è a terrazzo con la stratigrafia riportata in figura seguente.

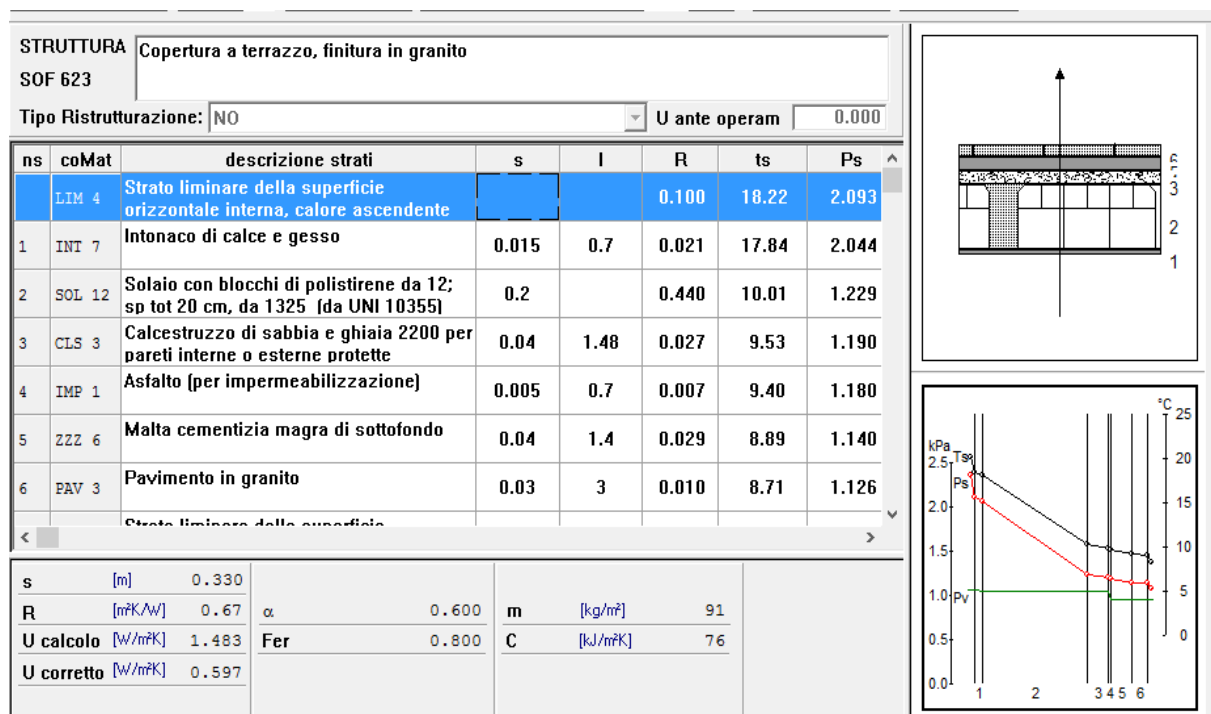


Figura 55: Stratigrafia della copertura a terrazzo

La trasmittanza calcolata è $U = 1.483 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ mentre la trasmittanza corretta vale $U = 0.597 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

4.6.4 Serramenti

I serramenti sono di varia dimensione. La tipologia è con telai metallici senza taglio termico e vetri semplici da 6 mm.

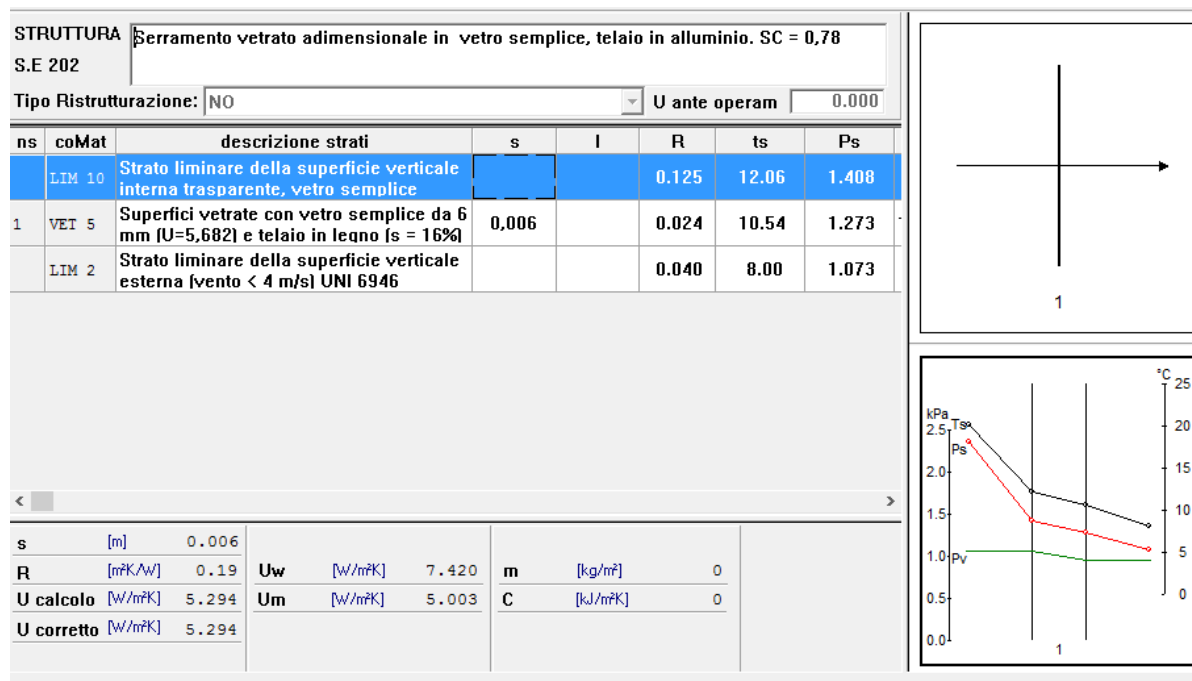


Figura 56: Stratigrafia delle finestre

Il calcolo della trasmittanza, ai sensi della UNI 10077/1 è data nella seguente figura.

TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI EDILIZI FINESTRATI UNI10077-1

L1= larghezza lorda serramento [m]

L2= altezza lorda serramento [m]

Af= area del telaio [m²] Ag= Area vetro:

Ft= coefficiente di riduzione dovuto all'area del telaio

g= trasmittanza solare dell'elemento

Fc= coeff. riduzione dovuto a tendaggi interni e/o esterni (schermatura mobile liberamente montabile e smontabile)

Fcp= coeff. riduzione dovuto a tendaggi interni e/o esterni (schermatura mobile permanente)

Emissività termica del componente trasparente

La trasmittanza termica Uw è

Ug = trasmittanza termica del componente trasparente

Telaio:

d = parametro geometrico funzione del tipo di configurazione

Uf = trasmittanza termica del telaio

Lg= lunghezza perimetrale della superficie vetrata

Trasmittanza lineare dovuta al distanziatore

Uw= trasmittanza termica della superficie finestrata

Tipo di tapparella

DR = resistenza termica aggiuntiva (tapparelle abbassate)

Uws= trasmittanza termica (chiusura chiusa) $1/((1/Uw)+DR)$

Uw,corr = trasmittanza termica corretta (finestra+chiusura)

Premere il pulsante kp=Uw per impostare il valore della trasmittanza di picco kp con la trasmittanza del componente finestrato Uw

Figura 57: Calcolo della trasmittanza delle finestre

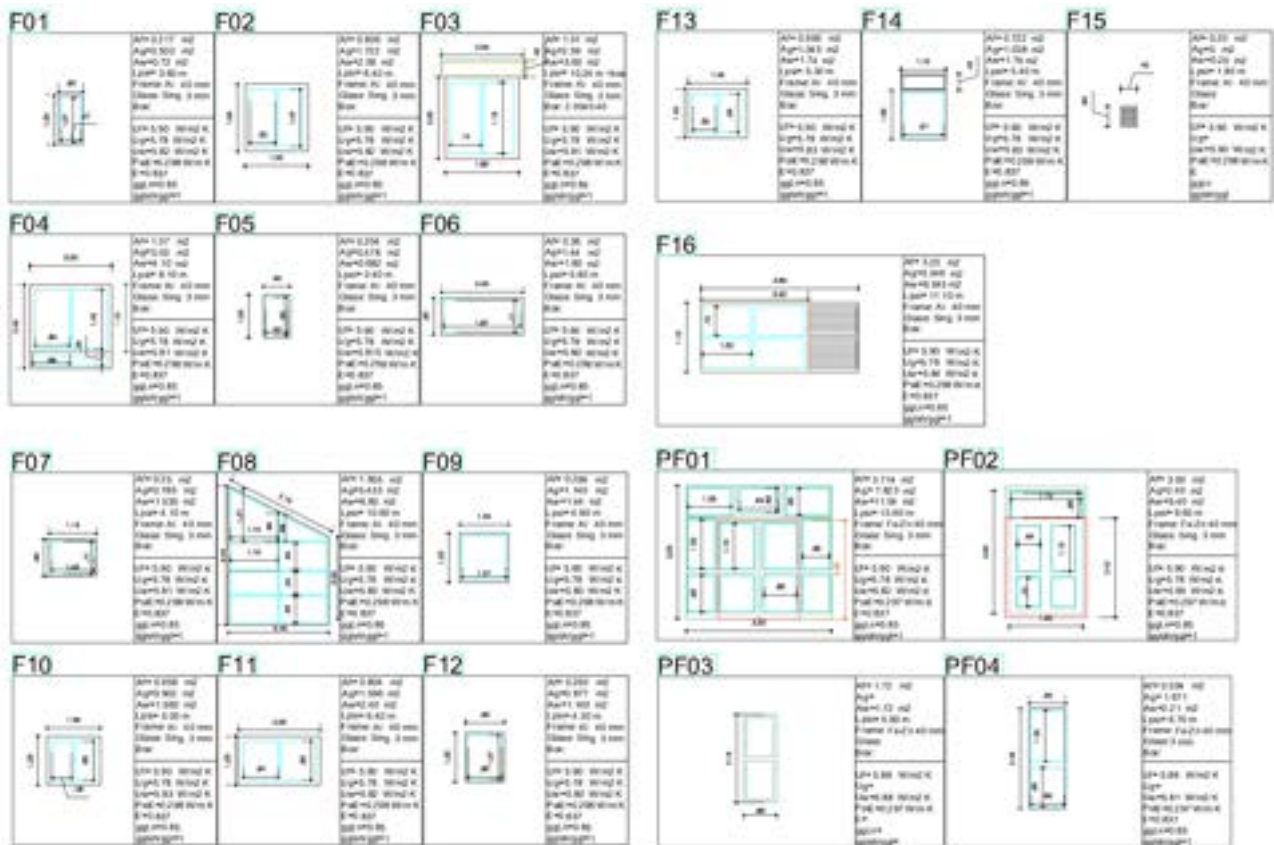


Figura 58: Abaco infissi

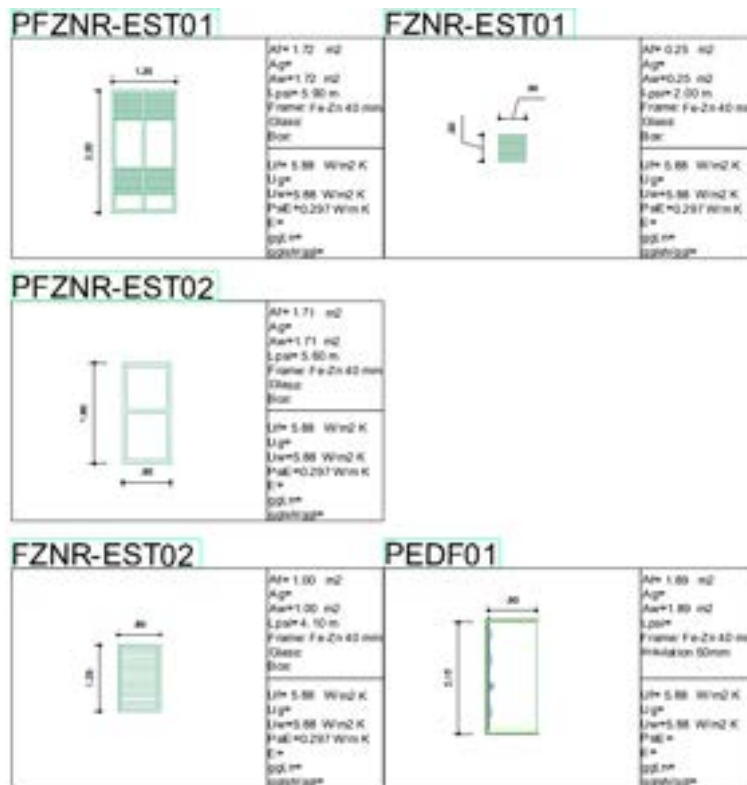


Figura 59: Abaco infissi

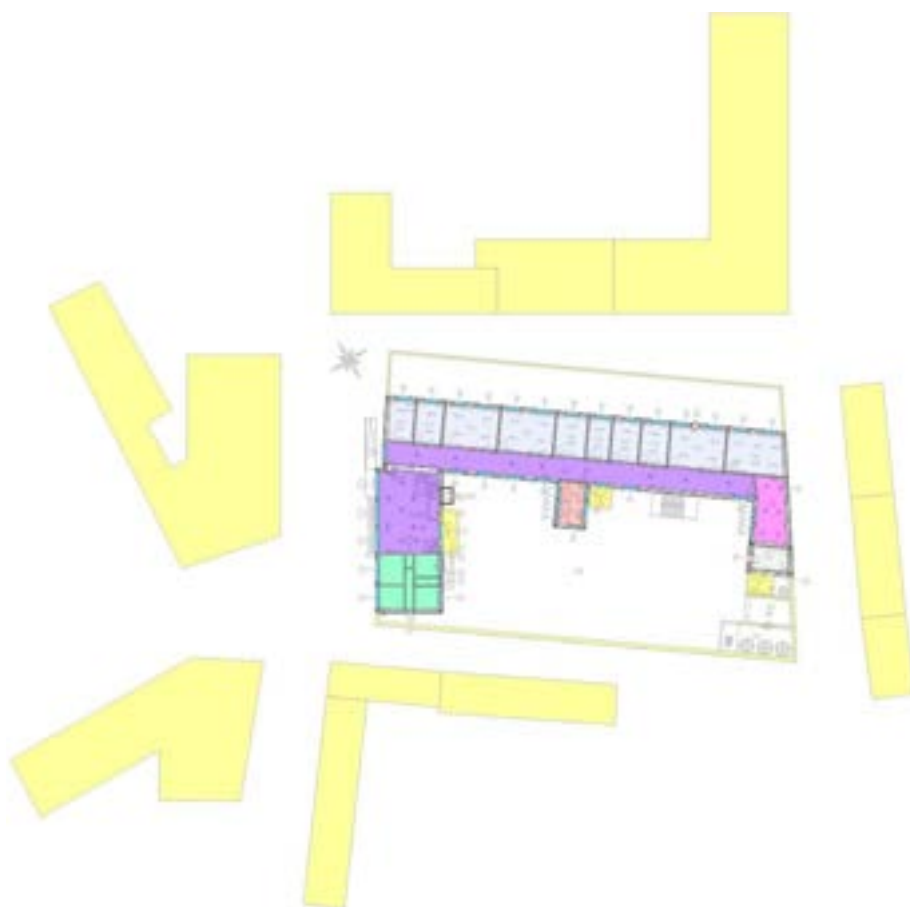


Figura 60: Planimetria generale con edifici vicini

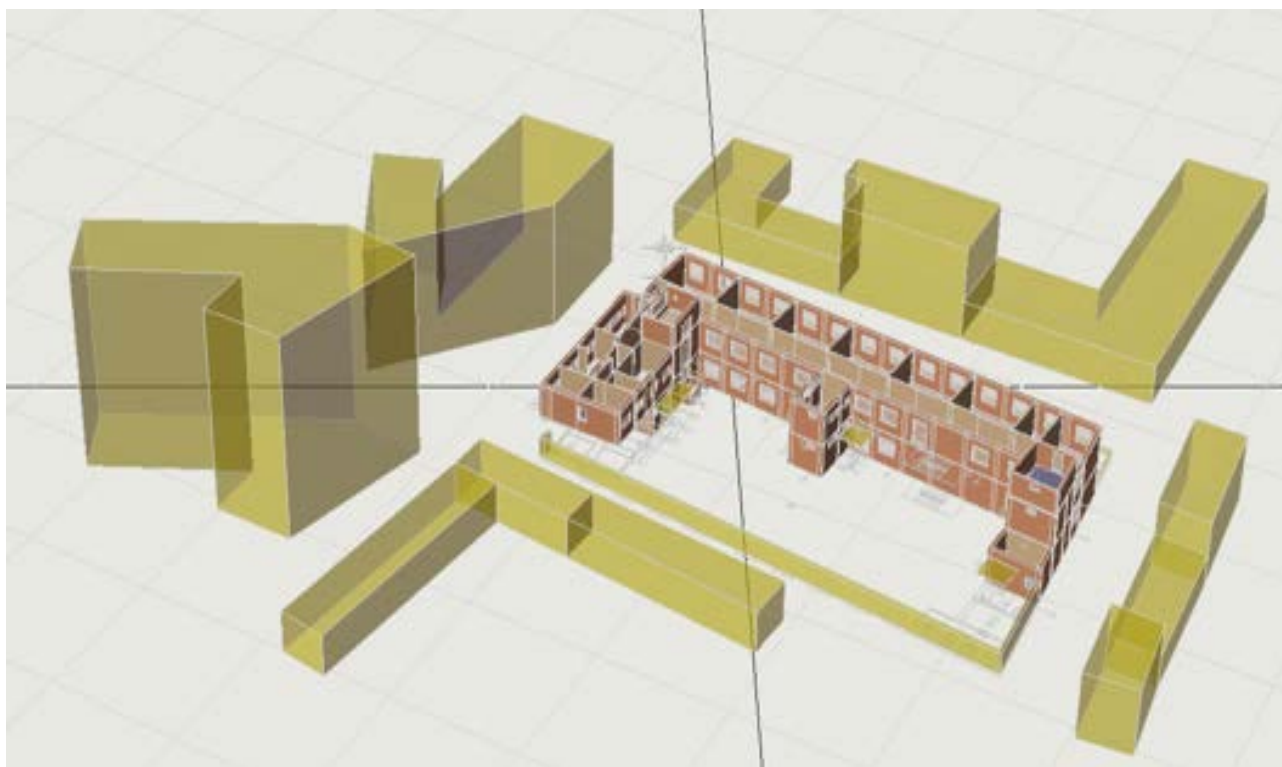
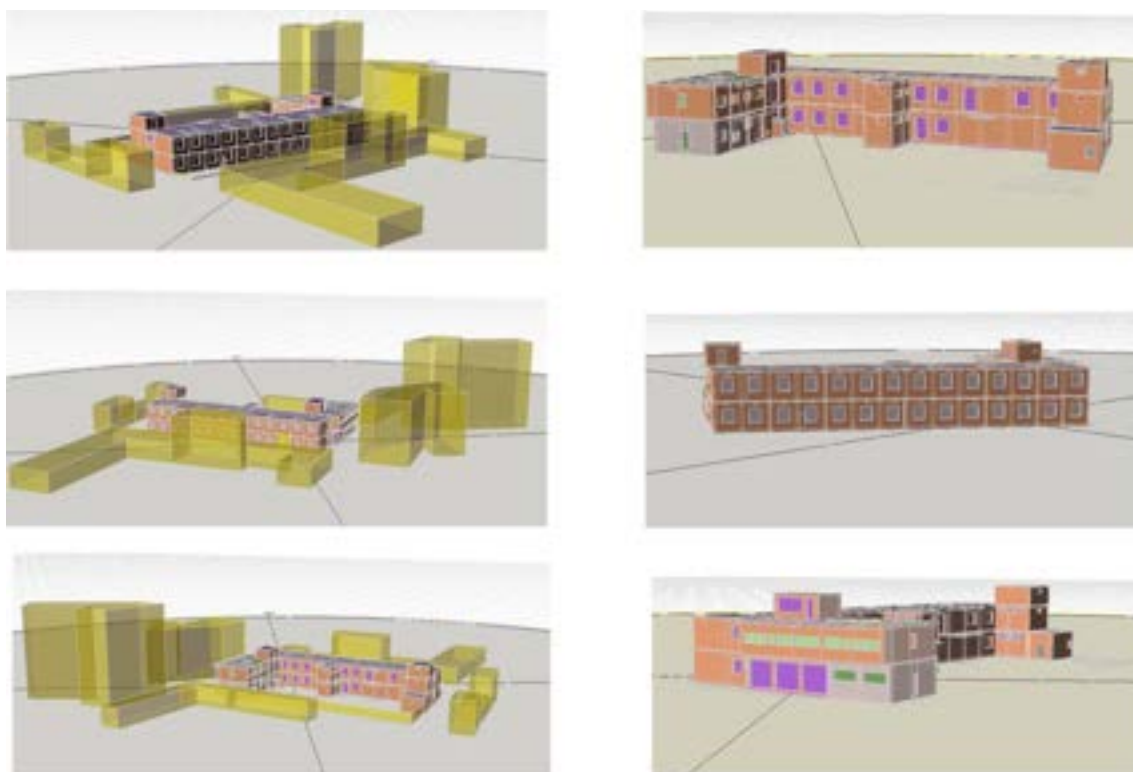


Figura 61: Vista in 3D dell'edificio scolastico



Figura

61: Vista in 3D dei prospetti dell'edificio scolastico con e senza edifici limitrofi

4.6.5 Riepilogo delle superfici disperdenti

Dai dati rilevati in campo e dai disegni architettonici forniti dal Comune di Catania (e rivisitati nel corso dei sopralluoghi effettuati) si hanno le seguenti tabelle riepilogative, escluso l'alloggio custode.

Piano terra								194,18		
	Esposizione	Lunghezza	Altezza	Area lorda	N°	AREA TOT	AREA TOT	INTERCAPEDINE	AREA NETTA IS	VOLUME ISOLANTE
Parete 48 cm	NE	57,53	4,22	242,7766	1	242,7766	139,69	0,28	124,13	34,76
Finestre F03	NE	2	2,05	4,1	15	61,5				
Cassonetti	NE	2	0,4	0,8	14	11,2				
Pilastrì	NE	0,48	4,22	2,0256	15	30,384				
	Esposizione	Lunghezza	Altezza	Area lorda	N°	AREA TOT	AREA TOT	INTERCAPEDINE	AREA NETTA IS	VOLUME ISOLANTE
Parete 48 cm	SE	42,52	4,22	179,43	1,00	179,43	180,91	0,28	160,76	45,01
Pilastrì	SE	0,48	4,22	2,0256	11	22,28				
Finestra F04	SE	2	2,05	4,1	1	4,10				
Finestra F07	SE	1,15	0,9	1,035	1	1,04				
Finestra F06	SE	2	0,9	1,8	1	1,80				
Finestra F08	SE	1	6,8	6,8	1	6,80				
Finestra FZNREST01	SE	0,5	0,5	0,25	1	0,25				
Portafinestra PF02	SE	1,8	3	5,4	1	5,40				
Finestra F01	SE	0,6	1,2	0,72	4	2,88				
Finestra F17	SE	1,15	1,3	1,495	1	1,50				
	Esposizione	Lunghezza	Altezza	Area lorda	N°	AREA TOT	AREA TOT	INTERCAPEDINE	AREA NETTA IS	VOLUME ISOLANTE
Parete 48 cm	SW	58,73	4,22	247,84	1,00	247,84	253,10	0,28	224,92	62,98
Pilastrì	SW	0,48	4,22	2,0256	14	28,36				
Finestra F04	SW	2	2,05	4,1	6	24,60				
Finestra PF02	SW	1,8	3	5,4	1	5,40				
Finestra F05or	SW	1,05	0,65	0,6825	1	0,68				
Portafinestra PF05	SW	1,2	2,45	2,94	1	2,94				
	Esposizione	Lunghezza	Altezza	Area lorda	N°	AREA TOT	AREA TOT	INTERCAPEDINE	AREA NETTA IS	VOLUME ISOLANTE
Parete 48 cm	NW	43,13	4,22	182,01	1,00	182,01	206,71	0,28	183,69	51,43
Pilastrì	NW	0,48	4,22	2,0256	12	24,31				
Finestra F04	NW	3,2	1,2	3,84	2	7,68				
Portafinestra PF01	NW	3,55	3	10,65	3	31,95				
Finestra F02	NW	1,55	1,65	2,5575	1	2,56				
Finestra F05	NW	0,65	1,05	0,6825	10	6,83				

Tabella 25: Riepilogo dati geometrici del piano terra

Piano primo								147,89		
	Esposizione	Lunghezza	Altezza	Area lorda	N°	AREA TOT	AREA TOT	INTERCAPEDINE	AREA NETTA IS	VOLUME ISOLANTE
Parete 48 cm	NE	56,5	4,12	232,78	1	232,78	133,80	0,28	121,78	34,10
Finestre F03	NE	2	2,05	4,1	14	57,4				
Cassonetti	NE	2	0,4	0,8	14	11,2				
Pilastrì	NE	0,48	4,22	2,0256	15	30,384				
	Esposizione	Lunghezza	Altezza	Area lorda	N°	AREA TOT	AREA TOT	INTERCAPEDINE	AREA NETTA IS	VOLUME ISOLANTE
Parete 48 cm	SE	42,34	4,12	174,4408	1	174,44	145,83	0,28	132,74	37,17
Pilastrì	SE	0,48	4,12	1,9776	12	23,73				
Finestra F04	SE	3,2	1,2	3,84	1	3,84				
Finestra F07	SE	1,15	0,9	1,035	1	1,04				
Finestra F06	SE	2	0,9	1,8	1	1,80				
Finestra F08	SE	1	6,8	6,8	1	6,80				
Finestra F11	SE	2	1,2	2,4	2	4,80				
Finestra F01	SE	0,6	1,2	0,72	4	2,88				
	Esposizione	Lunghezza	Altezza	Area lorda	N°	AREA TOT	AREA TOT	INTERCAPEDINE	AREA NETTA IS	VOLUME ISOLANTE
Parete 48 cm	SW	60,52	4,12	249,3424	1	249,34	184,83	0,28	168,23	47,10
Pilastrì	SW	0,48	4,12	1,9776	13	25,71				
Finestra F04	SW	3,2	1,2	3,84	8	30,72				
Portafinestra PF02	SW	1,8	3	5,4	1	5,40				
Finestra F05or	SW	1,05	0,65	0,6825	1	0,68				
Finestra F05	SW	0,65	1,05	0,6825	1	0,68				
Finestra F14	SW	1,1	1,2	1,32	1	1,32				
	Esposizione	Lunghezza	Altezza	Area lorda	N°	AREA TOT	AREA TOT	INTERCAPEDINE	AREA NETTA IS	VOLUME ISOLANTE
Parete 48 cm	NW	21,89	4,12	90,1868	1	90,19	66,96	0,28	60,95	17,07
Pilastrì	NW	0,48	4,12	1,9776	7	13,84				
Finestra F02	NW	1,55	1,65	2,5575	1	2,56				
Finestra F05	NW	0,65	1,05	0,6825	10	6,83				
Parete 40 cm	NW	21,89	4,12	90,1868	1	90,19	68,41	0,2	62,26	12,45
Finestra F09	NW	1,2	1,2	1,44	8	11,52				
Finestra F10	NW	1,3	1,2	1,56	4	6,24				
Finestra F12	NW	0,95	1,2	1,14	2	2,28				
Finestra F13	NW	1,45	1,2	1,74	1	1,74				

Tabella 26: Riepilogo dati geometrici del piano primo

Piano Copertura								6,04		
	Esposizione	Lunghezza	Altezza	Area lorda	N°	AREA TOT	AREA TOT	INTERCAPEDINE	AREA NETTA IS	VOLUME ISOLANTE
VANO SCALA										
Parete 25cm cass	SE	4,72	3,04	14,35	1	14,35	14,15	0,05	13,22	0,66
Finestra F15	SE	0,4	0,5	0,20	1	0,20				
Parete 48 cm	SW	6,76	3,04	20,55	1	20,55	20,55	0,28	19,20	5,38
Tramezzo da 12 cm	SW	4,12	3,04	12,52	1	12,52				
Tramezzo da 12 cm	NW	6,76	3,04	20,55	1	20,55	10,95	ISOLANTE EPS		
Portafinestra PF02	NW	0,9	2,45	2,21	1	2,21				
Finestra F12	NW	5,1	1,45	7,40	1	7,40				
								36,24		
VANO TECNICO										
Tramezzo da 12 cm	NW	6,76	3,04	20,55	1	20,55	17,79	ISOLANTE EPS		
Portafinestra PFZNR	NW	1,2	2,3	2,76	1	2,76		INTERCAPEDINE	AREA NETTA IS	VOLUME ISOLANTE
Parete 25cm cass	SE	6,46	3,04	19,64	1	19,64	19,64	0,05	18,35	0,92
Parete 25cm cass	SE	5,92	3,04	18,00	1	18,00	17,31	1,05	16,18	16,98
Finestra F05	SE	0,65	1,05	0,6825	1	0,68				
Parete 25cm cass	NW	6,15	3,04	18,70	1	18,70	18,70	1,05	17,47	18,34

Tabella 27: Riepilogo dati geometrici della copertura

4.6.6 Input dei Dati e Verifiche Energetiche

L'input dei dati è stato dato supponendo le zone di figura seguente. La Figura 64 riporta la struttura ad albero dell'edificio esistente.

I calcoli energetici secondo il DM 26/06/2015 forniscono i seguenti risultati:

	130.7 kWh/m ²		UM	H	W	C	V	L	T	GLOBALI
		EP _{rinovabile}	kWh	256	0	0	0	14304	0	14561
		EP _{non rinnovabile}	kWh	118812	0	0	0	59388	0	178200
		EP _{totale}	kWh	119069	0	0	0	73693	0	192761
		QR	%	0.2	0.0	0.0	0.0	19.4	0.0	7.6

Figura 62: Riepilogo dell'Energia Primaria per l'edificio esistente

Le Energie Primarie calcolate per il 2019/2021 sono riportate in Figura 65. Si evince che l'edificio esistente è in **classe E** ed ha un indice di prestazione energetica globale, $EP_g = 123 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$. In Figura 65 si può osservare come gli indici di fabbricato, H'_T e $S_{\text{solare,estiva}}/A_{\text{utile}}$ non verificano.

Gli altri indici prestazionali non verificano, ad eccezione di η_H e η_W .

Allo stesso modo non verifica il D.Lgs, 28/2011, come indicato in Figura 63.

$$EP_{\text{tot}} \leq EP_{\text{tot,lim}} \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{\frac{\% \text{effettiva}}{\% \text{obbligo}} + \frac{P_{\text{effettiva}}}{P_{\text{obbligo}}}}{4} \right]$$

$$130.7 \leq 57.1 \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{\frac{7.6}{50.0} + \frac{0.00}{11.00}}{4} \right]$$

$$130.7 \leq 30.7 \quad \text{Verifica requisito NEGATIVA}$$

Figura 63: Verifica del D.Lgs 28/2011



Figura 64: Struttura ad albero della scuola esistente



Figura 65: Verifiche energetiche per il 2019/2021

Per la zona AULE si ha una verifica energetica riportata nella seguente figura.



Figura 66: Verifica dei parametri per la zona AULA per edificio esistente

Dai dati di Figura 66 si deduce che $EP_{H,nd-AULE} = 66.32 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$ e che questo comporterebbe un consumo di gasolio equivalente di 88563 kWh/anno corrispondente a 8856.3 L/anno di gasolio. Seppure questo sia il fabbisogno di involucro certamente appare strano che il consumo medio reale di gasolio sia di 4055 L/anno, cioè meno del 50% di quello calcolato. La differenza può essere giustificata dal fatto che durante le ore di lezioni (si suppone un turno dalla 8:00 alle 14:00) a Catania si hanno apporti gratuiti tali da ridurre i tempi di accensione degli impianti.

Un calcolo dinamico effettuato con il metodo TFM per il mese di gennaio a Catania fornisce l'andamento di Figura 67 dove è ben visibile come il carico termico globale nelle ore dalle 10:00 alle 14:00 sia molto ridotto rispetto al carico massimo teorico (carico di picco).

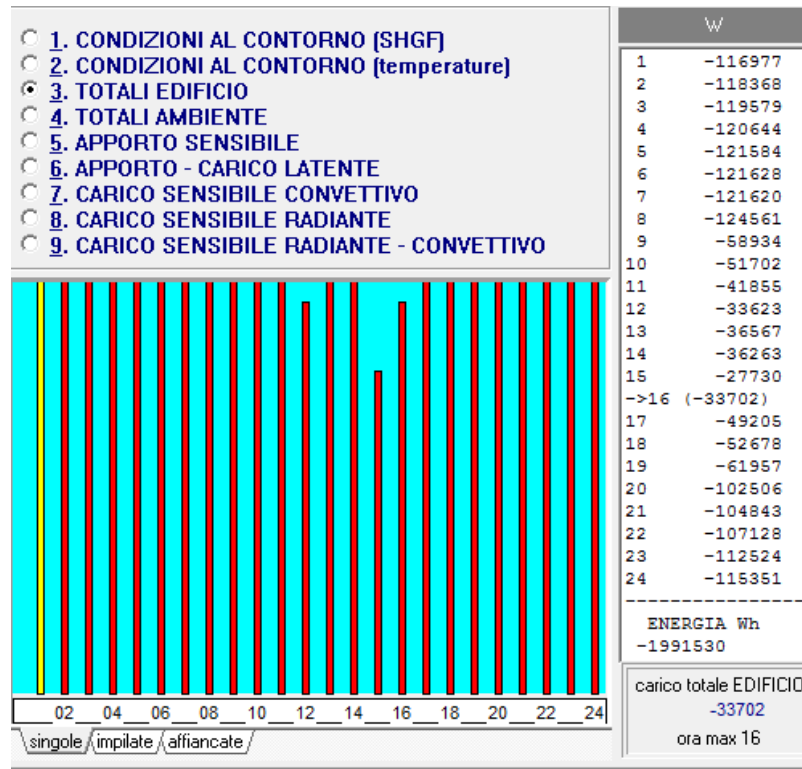


Figura 67: Carico termico a Gennaio per edificio esistente

Il confronto delle strutture rispetto all'edificio di riferimento è riportato nella figura seguente,

	Codice	Area	U	U15	U21	btrx	Htr	[incidenza %]	Htr15	dif%	Htr21
☐	Zona: TUTTE	3379.6	1.566	0.671	0.633	1.18	3916.13	100.00	1678.34	+ 133.3	1586.27
☐	Strutture	3379.6	1.448	0.671	0.633	0.74	3518.71	89.85	1678.34	+ 109.7	1586.27
⊕	140	1276.4	1.090	0.450	0.430	1.00	1391.24	35.53	574.36	+ 142.2	548.84
⊕	510	820.5	0.737	0.460	0.440	0.02	13.99	0.36	8.73	+ 60.2	8.35
⊕	623	900.1	0.597	0.380	0.350	0.98	526.01	13.43	334.81	+ 57.1	308.38
⊕	202	288.5	7.420	3.200	3.000	1.00	1443.44	36.86	735.60	+ 96.2	697.05
⊕	110	36.2	3.757	0.450	0.430	1.00	136.12	3.48	16.30	+ 734.9	15.58
⊕	200	3.2	2.937	3.200	3.000	1.00	7.93	0.20	8.54	- 7.1	8.08
⊕	506	54.8	1.361	0.460	0.440	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
☐	Ponti	1493.6	0.266	0.000	0.000	1.00	397.42	10.15	0.00	+INF	0.00
⊕	705	426.2	0.300	0.000	0.000	1.00	127.87	3.27	0.00	+INF	0.00
⊕	701	462.0	0.400	0.000	0.000	1.00	184.80	4.72	0.00	+INF	0.00
⊕	707	605.3	0.140	0.000	0.000	1.00	84.75	2.16	0.00	+INF	0.00

Figura 68: Confronto delle strutture per l'edificio esistente

Il confronto dell' $EP_{H,nd}$ è dato nelle figura successiva.

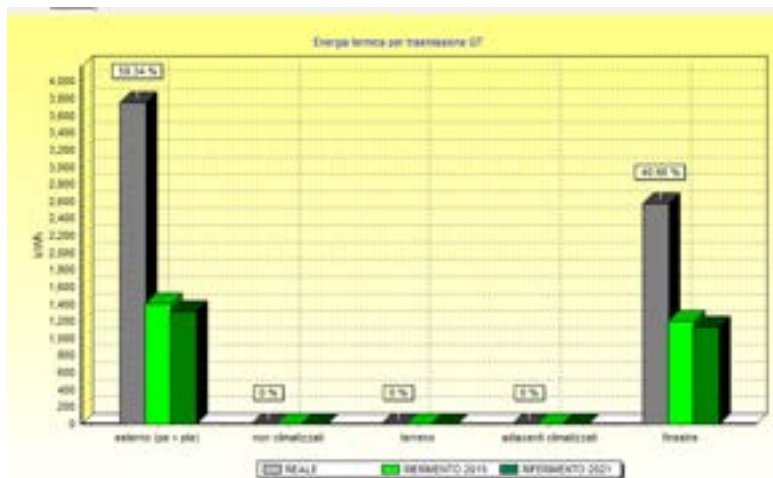


Figura 69: Confronto dell' $EP_{H,nd}$ per l'edificio esistente

4.7 Verifica Energetica dell'Edificio Ristrutturato di 1° Livello

La ristrutturazione importante di primo livello comporta la modifica dei componenti di involucro come illustrato nel prosieguo.

4.7.1 Nuove Pareti Esterne

Le pareti avranno l'inserimento dell'isolante (schiuma ureica o poliuretano iniettabile) secondo la stratigrafia della figura seguente.

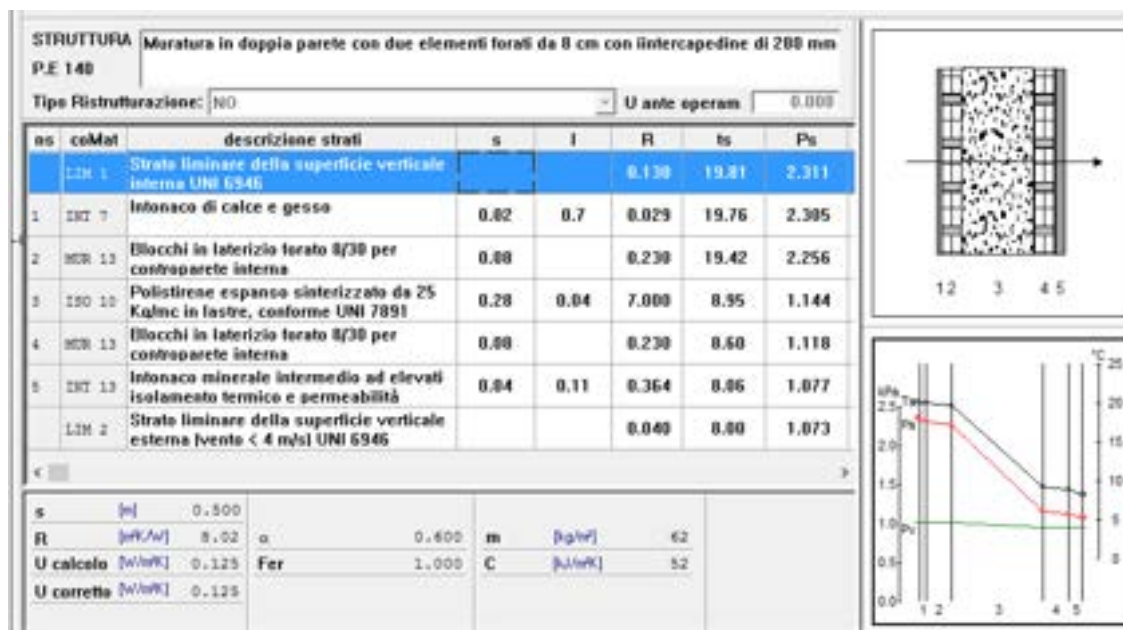


Figura 70: Stratigrafia delle nuove pareti dell'edificio ristrutturato

La trasmittanza calcolata è pari a $U = 0.125 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ e trasmittanza corretta pari a $U = 0.125 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Si osserva come il valore della trasmittanza è inferiore a quella dell'edificio di riferimento. Lo spessore rimane $s=0.48 \text{ m}$.

4.7.2 Nuovo Pavimento

Il pavimento la stratigrafia indicato nella figura seguente.

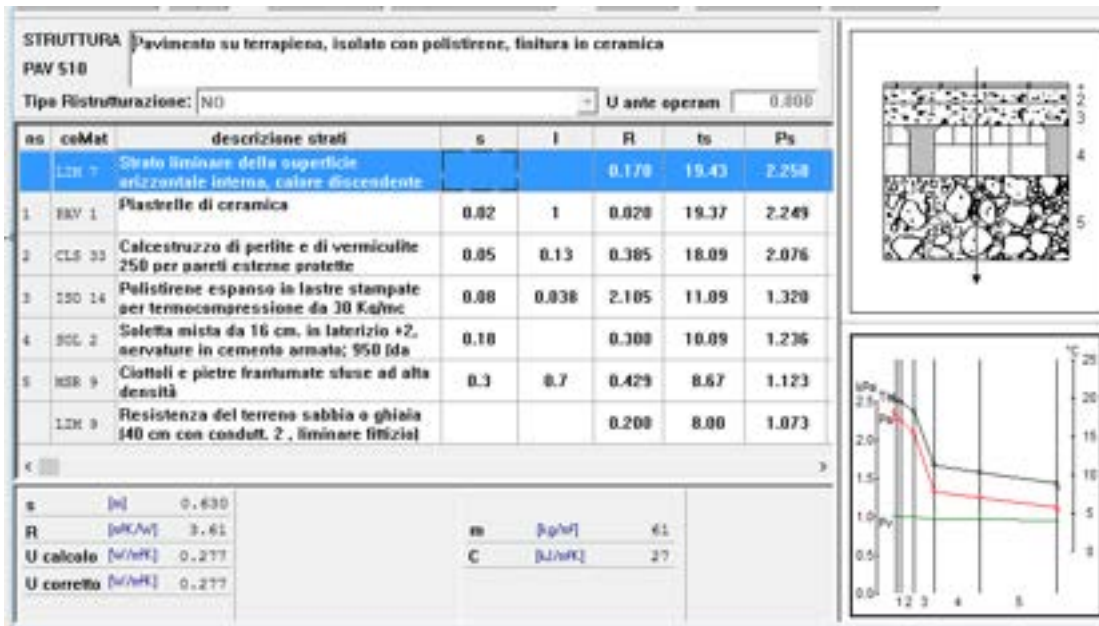


Figura 71: Stratigrafia del nuovo pavimento dell'edificio ristrutturato

Dopo svellimento della pavimentazione esistente si provvede ad inserire una lastra di polistirene espanso, a celle chiuse, con spessore di 5 cm, a cui segue uno strato di 5 cm di calcestruzzo di vermiculite. La trasmittanza calcolata è pari a $U = 0.277 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ e trasmittanza corretta pari a $U = 0.277 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Si osserva come il valore della trasmittanza è inferiore a quella dell'edificio di riferimento. L'aumento dello spessore, per un totale di 10 cm, è compatibile con l'altezza di 4 m del piano terra.

4.7.3 Nuovo Soffitto

Il soffitto avrà la stratigrafia riportata nella seguente figura.

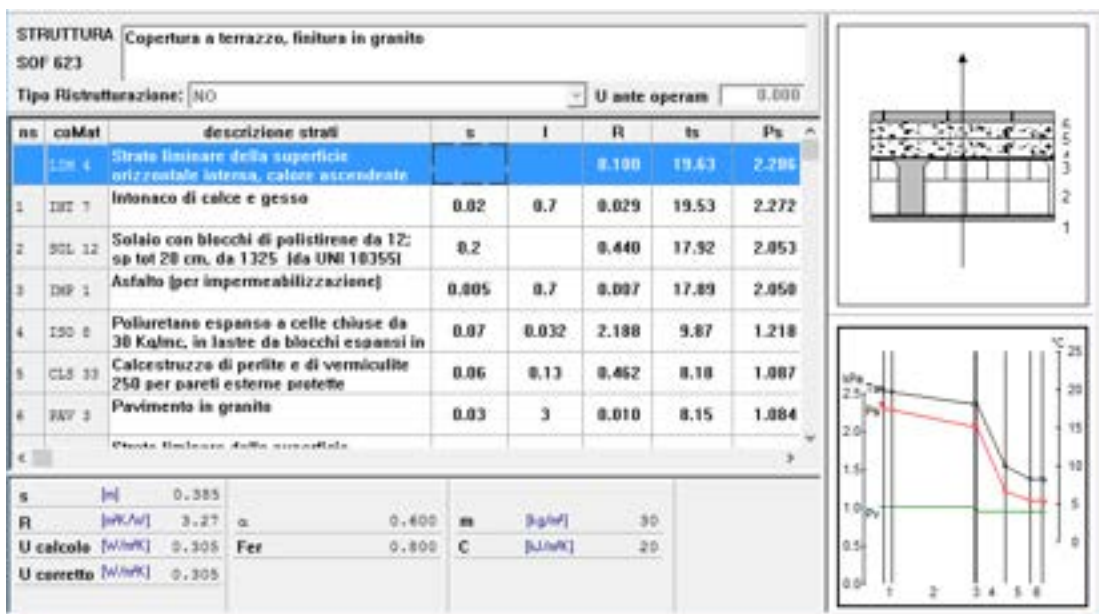


Figura 72: Stratigrafia del nuovo soffitto dell'edificio ristrutturato

La trasmittanza calcolata è pari a $U = 0.305 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ e trasmittanza corretta pari a $U = 0.305 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.
Si osserva come il valore della trasmittanza è inferiore a quella dell'edificio di riferimento.

4.7.4 Nuovi Serramenti

I serramenti saranno totalmente sostituiti con altri aventi telai in alluminio con taglio termico e vetro camera 4-6-4- basso emissivi ($\epsilon=0.05$) e gas Krypton all'interno.

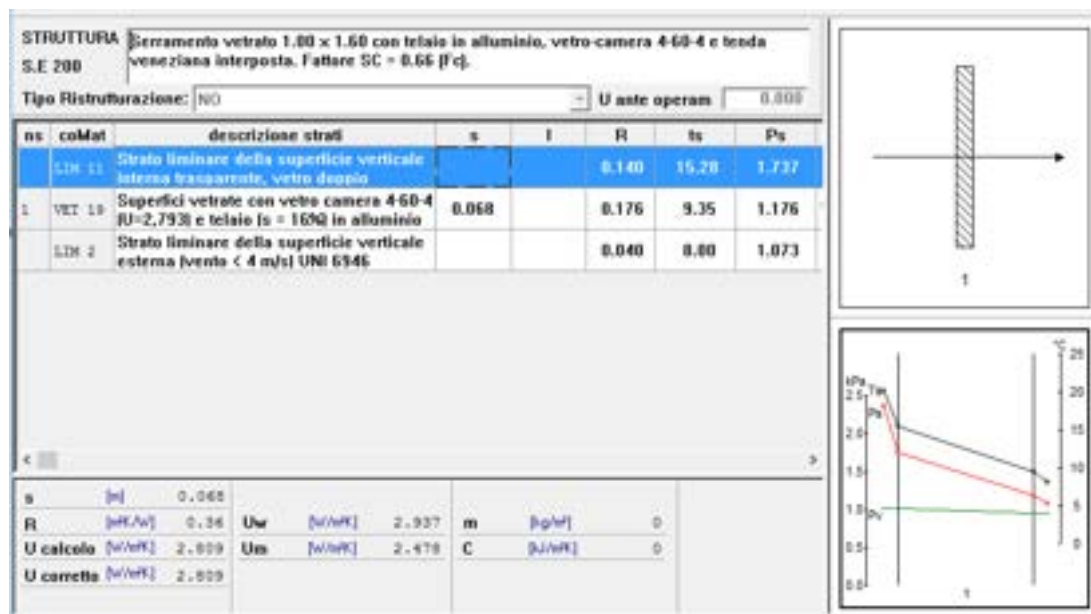


Figura 73: Stratigrafia dei nuovi serramenti dell'edificio ristrutturato

TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI EDILIZI FINESTRATI UNI10077-1

L1= larghezza lorda serramento [m]

L2= altezza lorda serramento [m]

Af= area del telaio [m²] Ag= Area vetro:

Ft= coefficiente di riduzione dovuto all'area del telaio

g= trasmittanza solare dell'elemento

Fc= coeff. riduzione dovuto a tendaggi interni e/o esterni (schermatura mobile liberamente montabile e smontabile)

Fcp= coeff. riduzione dovuto a tendaggi interni e/o esterni (schermatura mobile permanente)

Emissività termica del componente trasparente

La trasmittanza termica Uw è

Ug = trasmittanza termica del componente trasparente

Telaio:

d = parametro geometrico funzione del tipo di configurazione

Uf = trasmittanza termica del telaio

Lg= lunghezza perimetrale della superficie vetrata

Trasmittanza lineare dovuta al distanziatore

Uw= trasmittanza termica della superficie finestrata

Tipo di tapparella

DR = resistenza termica aggiuntiva (tapparelle abbassate)

Uws= trasmittanza termica (chiusura chiusa)

Uw,corr = trasmittanza termica corretta (finestra+chiusura)

Premere il pulsante kp=Uw per impostare il valore della trasmittanza di picco kp con la trasmittanza del componente finestrato Uw

Descrizione dello strato vetrato:
Superfici vetrate con vetro camera 4-6-4 (U=3,247) e telaio (s = 16%) in alluminio con taglio termico da 10mm

Figura 74: Calcolo della trasmittanza dei nuovi serramenti dell'edificio ristrutturato

4.7.5 Input dei dati e Verifiche Energetiche

L'edificio ristrutturato avrà impianti separata per zona, come sopra indicato, e pertanto l'input dei dati ha il seguente albero strutturale.

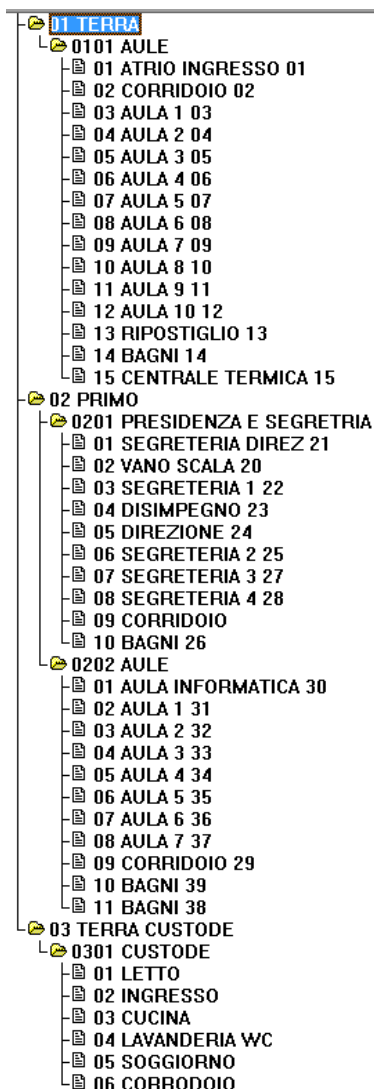


Figura 75: Albero strutturale dei dati dell'edificio ristrutturato

4.7.5.1 Verifica dell'intero Edificio

Le zone termiche sono tre con tre centrali ciascuna con differenti servizi. La verifica energetica globale è sintetizzata nella seguente figura.

 20.5 kWh/m²		UM	H	W	C	V	L	T	GLOBALI
	EP _{rinnovabile}	kWh	27358	9920	48	0	11359	0	48682
	EP _{non rinnovabile}	kWh	14915	543	2220	0	9971	0	27649
	EP _{totale}	kWh	42270	10463	2268	0	21330	0	76331
	QR	%	64.7	94.8	2.1	0.0	53.3	0.0	63.8

Figura 76: Verifica energetica globale per l'edificio riqualificato

Le verifiche richieste dal DM 26/06/2015 sono sintetizzate nella seguente figura.



Figura 77: Sintesi delle verifiche globali dell'edificio riqualificato.

L'edificio riqualificato è in **Classe A4**, ha un indice di efficienza energetica globale pari a EP_g= 20.5 kWh/(m²·anno).

Si osserva che la verifica di H_T e di A_{solare,estivo}/A_{utile} sono state molto penalizzanti ed hanno richiesto l'elevato spessore di isolante dei componenti di involucro opachi e l'utilizzo di vetrate basso emissivi (ε=0.05) con Krypton all'interno.

L'edificio rispetta tutti gli 8 vincoli del decreto sui requisiti minimi per ristrutturazione importante di 1° livello e verifica il D.Lgs. 28/2011 in tutti i vincoli. Pertanto esso ricade nella categoria degli edifici **nZEB**.

La QR risulta pari a 63.8 % e quindi superiore al limite del 50% fissato dal D.Lgs. 28/2011 per il 2019/2021.

I dati riassuntivi per la verifica del D.Lgs. 28/2011 sono riportati nelle seguenti figure.

$$EP_{tot} \leq EP_{tot,lim} \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{\frac{E_{effettiva}}{E_{obbligo}} + \frac{P_{effettiva}}{P_{obbligo}}}{4} \right]$$

$$19.5 \leq 27.6 \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{\frac{61.8}{50.0} + \frac{15.00}{14.74}}{4} \right]$$

$$19.5 \leq 29.4 \quad \text{Verifica requisito POSITIVA}$$

Figura 78: Verifica di EP_{tot}

- %obbligo = [%] Note(*): Note Obbligo copertura:
è il valore della percentuale della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento che deve essere coperta, ai sensi del comma 1, tramite fonti rinnovabili;
- %effettiva = [%]
è il valore della percentuale effettivamente raggiunta dall'intervento;
- Pobbligo = [kW] Note(*): Note Potenza obbligo:
è il valore della potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati ai sensi del comma 3;
- Peffettiva = [kW]
è il valore della potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili effettivamente installata sull'edificio.

Figura 79: Verifica di QR e della P_e

Si prevede di utilizzare un impianto fotovoltaico avente le seguenti caratteristiche:

- Superficie di captazione: 100 m²;
- Tipologia di celle FV: Silicio monocristallino;
- Giacitura: Orizzontale, conforme al D.Lgs. 28/2011.

☒ Esiste impianto solare Fotovoltaico

Tipo di modulo fotovoltaico

☒ Silicio monocristallino

☐ Silicio multicristallino

☐ Film sottile di silicio amorfo

☐ Altri strati di film sottile

☐ Film sottile Copper-Indium-Gallium-Diselenide

☐ Film sottile Cadmium-Telloride

Ventilazione

☐ Non considerato

☒ Moduli non ventilati

☐ Moduli moderatamente ventilati

☐ Moduli molto ventilati o con ventilazione forzata

Inclinazione/Orientamento

Angolo azimutale [*] ☐ (Input angoli)

Angolo inclinazione [*]

Fattore potenza di picco [kW/m²] (Input) ☐

Superficie captante [m²]

Fattori di soleggiamento:

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Fs	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Potenza elettrica degli ausiliari [kW]

Ulteriori dati per relazione tecnica:

6.d.1 Connessione impianto

6.d.3 Tipo installazione

6.d.4 Tipo di supporto

Figura 80: Caratteristiche dell'impianto fotovoltaico

Quest'impianto sarà posto nell'ampia terrazza della scuola ed alimenterà direttamente gli impianti di climatizzazione quali pompe di calore e pompe di circolazione.

Per il riscaldamento dell'ACS si utilizzano collettori solari piani con una superficie pari a 25 m² ed aventi le seguenti caratteristiche.

Metodo di calcolo **Metodo B**

Collettore solare Accumulo Fattori soleggiamento Dati per Relazione

Tipo utilizzo: utilizzo acs
 Tipologia impianto: Campo solare collegato all'accumulo
 Tipo collettore: Collettori a tubi sottovuoto con assorbitore piano

PROPRIETA' COLLETTORE ☐ VALORI NOTI

η_0 Efficienza: 0.90
 a_1 Coeff. di perdita globale I° ordine [W/m²K]: 1.800
 a_2 Coeff. di perdita globale II° ordine [W/m²K²]: 0.008
 IAM Coefficiente: 0.970

Inclinazione/orientamento: 30° Sud
 Angolo azimutale [°]: 0
 Angolo inclinazione [°]: 0 ☐ (Input angoli)

A_{ST} Superficie captante [m²]: 25.0
 $U_{loop,p}$ Coeff. globale di perdita nelle tubazioni [W/K] (Valore noto) ☐ 17.500
 η_{loop} Efficienza del circuito [%]: 80.0
 Potenza ausiliari [kW] (Valore noto) ☐ 0.175

Il confronto per l'energia trasmessa per l'edificio reale e l'edificio di riferimento è dato nella figura seguente.

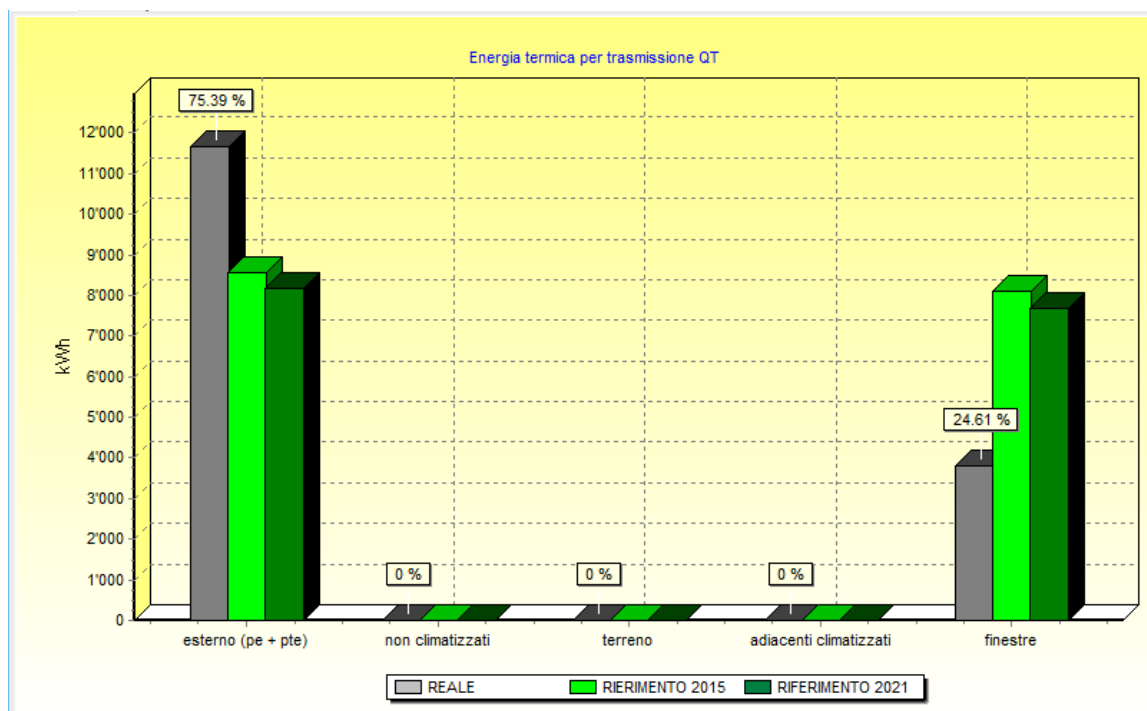


Figura 81: Confronto per QT fra edificio reale ed edificio di riferimento

4.7.5.2 Verifica della Zona Termica AULE

La suddivisione in zone termiche indipendenti richiede anche che ciascuna zona (ossia ciascun generatore) rispetti le verifiche globali sopra indicate per l'intero edificio.

Per la prima zona termica, categoria E.7, si ha la situazione di figura seguente. Essa si classifica di Classe A4, ha un indice di prestazione energetica globale $EP_{g1} = 20.2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$.

Oltre all'elevata classe energetica, A4, risulta verificato anche il D.Lgs. 28/2011, come visibile nel riquadro in basso dedicato al D.Lgs. 28/2011 della Figura 83.

Quanto detto consente di attribuire la qualifica nZEB anche a questa zona termica.

Il generatore termico per il riscaldamento è una Pompa di Calore da 45 kW aventi caratteristiche (vedi UNI TS 11300/4) riportate in Figura 84.

I carichi di picco per la zona AULE sono pari a $34558 + 30456 = 65.01 \text{ W}$. Si è scelta una pompa di calore di minore potenza, 45 kW, per evitare il problema segnalato della riduzione della quota di energia rinnovabile per effetto delle radiazioni solari.

Gli impianti previsti sono del tipo ad aria primaria (con ventilazione assicurata dall'UTA dell'aria primaria) e ventilconvettori. L'utilizzo della PdC consente di ottenere energia rinnovabile come indicato nel riepilogo di Figura 82. La QR per il servizio di riscaldamento risulta pari al 64.4%

La verifica impiantistica ai sensi della UNI TS 11300/2 è riportata in Figura 85 ove sono anche riportate le efficienze degli accumuli termici e i flussi energetici per i singoli componenti di impianto presenti per la zona AULE. Le efficienze e il calcolo delle energie primaria della zona AULE è riportato in Figura 86.

Non è stato considerato il servizio di raffrescamento perché nel periodo estivo le aule risultano non utilizzate. Del resto anche l'impianto esistente prevedeva solo il riscaldamento.

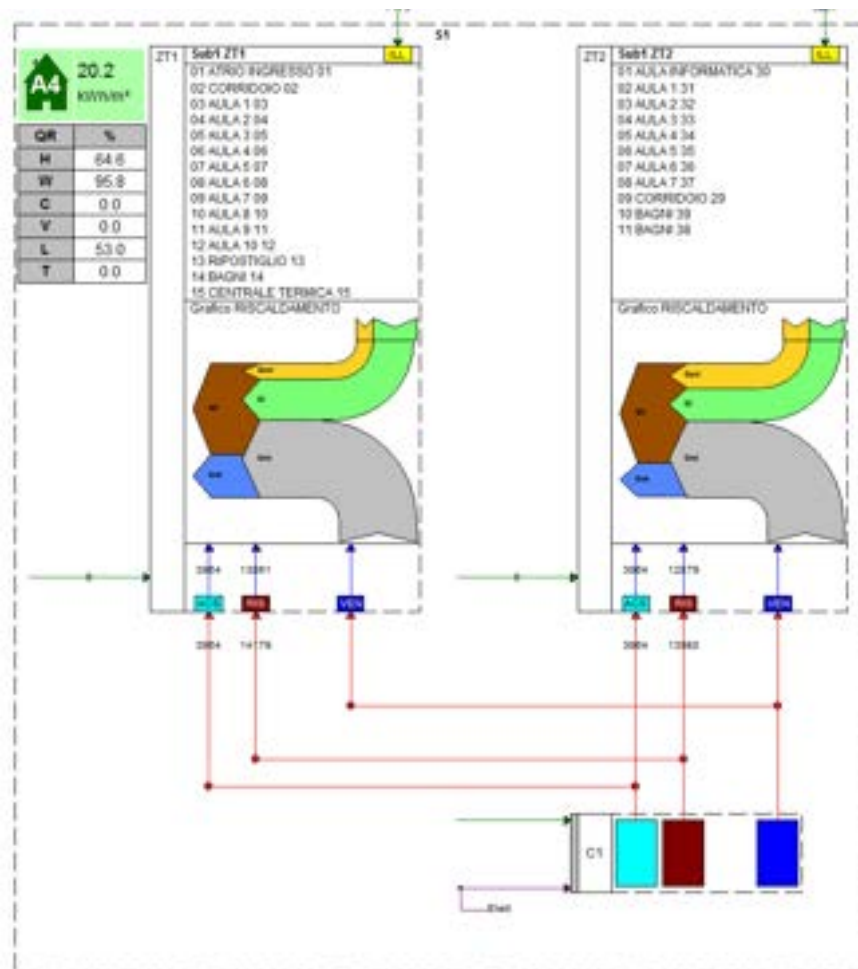


Figura 82: Prestazioni energetiche della zona AULE



Figura 83: Riepilogo delle verifiche per la zona AULE



Figura 84: Caratteristiche della PdC della zona AULE

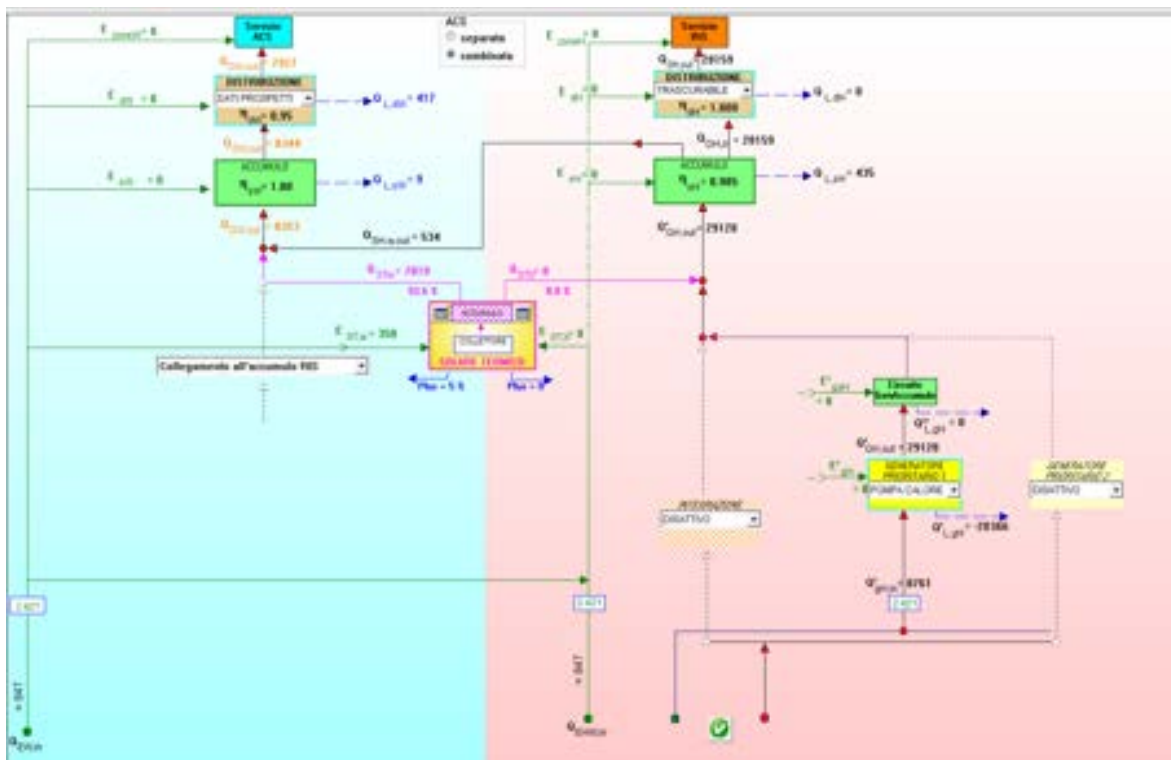


Figura 85: Applicazione della UNI TS 11300/2 alla Zona AULE

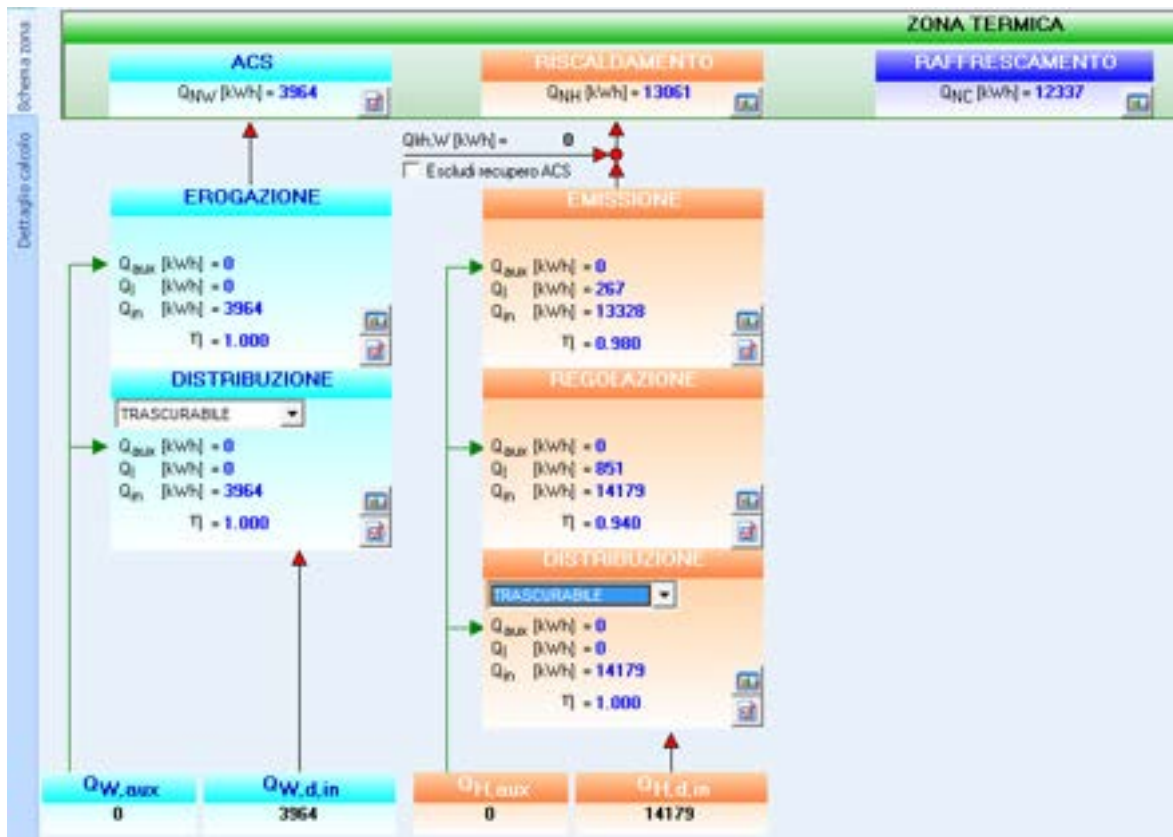


Figura 86: Energie primarie dai vari servizi per la zona AULE al piano Terra

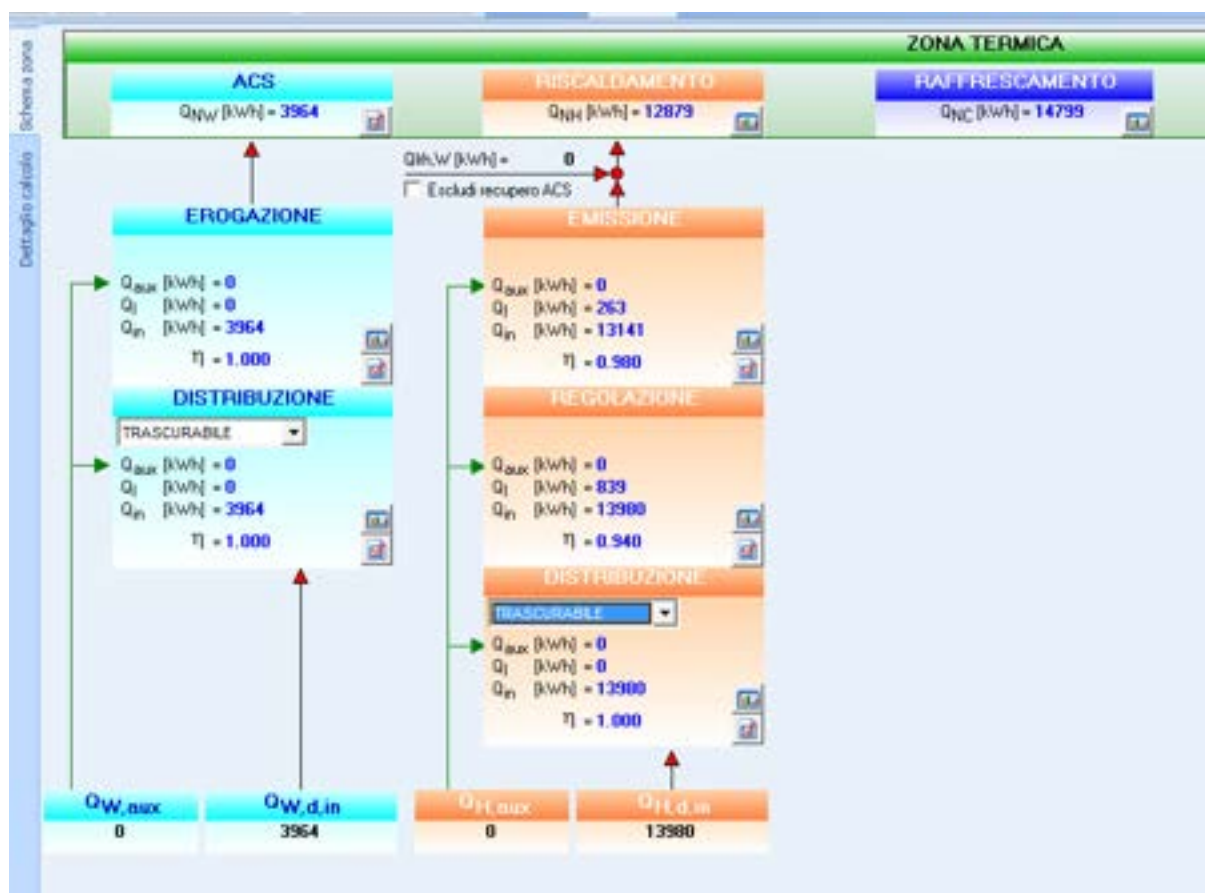


Figura 87: Energie primarie dai vari servizi per la zona AULE al piano Primo

4.7.5.3 Verifica della Zona Termica PRESIDENZA-SEGRETERIE

La zona termica PRESIDENZA – SEGRETERIA, categoria E4, ha una centrale termica separata che fornisce anche il servizio di condizionamento.

La situazione energetica è rappresentata in Figura 88. In essa sono anche rappresentati i contributi per la QR per ciascuno dei servizi della centrale termica. L'utilizzo di un importante impianto FV contribuisce notevolmente ad alimentare con FER gli impianti di riscaldamento (a PdC), ACS e Illuminazione.

Le impostazioni per l'impianto di illuminazioni sono riportate in Figura 89- Si sono selezionate lampade a LED con sensori di presenza.

La verifica energetica richiesta dal DM 26/06/2015 è riportata nella figura seguente.

L'indice di prestazione energetica globale risulta $EP_{g2} = 28.7 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$, più elevato della zona AULE e di quello medio globale dell'edificio.

Si ha, infatti, anche l'effetto del servizio di condizionamento da prendere in considerazione.

La zona è in Classe A4. La verifica del D.Lgs 28/2011 è positiva e pertanto si rispettano le condizioni per la qualificazione **nZEB**.

I flussi di energia primaria sono riportati in Figura 94.

Il generatore termico principale è costituito da una PdC da 5 kW con caratteristiche riportate in Figura 91.

Il carico di picco della zona è pari a 7671 W.

Per il servizio di condizionamento si ha un refrigeratore da 13 kW con le caratteristiche indicate in Figura 92.

Il carico totale estivo della zona, calcolato con il metodo TFM, è pari a 13187 W. Il metodo TFM tiene conto correttamente degli apporti solari e dei profili d'uso interni degli ambienti.

In Figura 93 si ha l'applicazione per il calcolo dell'energia primaria secondo la UNI TS 11300/2.

Si possono osservare le efficienze dei sistemi di accumulo e i flussi di energia primaria fra i vari componenti di impianto.

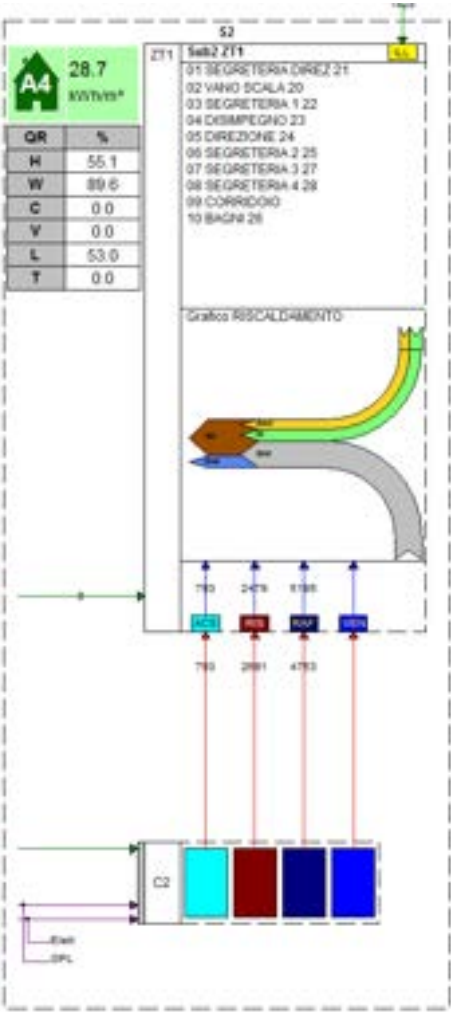


Figura 88: Prestazioni energetiche della zona PRESIDENZA – SEGRETERIE

Impostazioni globali illuminazione

☐ Il sistema di accensione è centralizzato

☒ Esiste sistema di controllo automatico per l'utilizzo parziale della potenza di illuminamento

Tipologia sistema di presenza

☐ Senza sensori di presenza - Accensione/spegnimento manuale

☐ Con sensori di presenza - Accensione/spegnimento automatico senza variatore di luce

☐ Senza sensori di presenza - Accensione/spegnimento manuale + sistema automatico di spegnimento con cronometro

☐ Con sensori di presenza - Accensione/spegnimento manuale con variatore di luce

☒ Con sensori di presenza - Accensione/spegnimento automatico con variatore di luce

☐ Con sensori di presenza - Accensione/spegnimento manuale senza variatore di luce

☒ Sono presenti dispositivi di controllo della luce naturale

Tipo di ambiente: Aula e uffici scolastici

☐ Potenza elettrica installata nota

Potenza elettrica installata [W] 0.0

Tipo di lampade: A led

Livello di illuminazione richiesto E [lux] 200.0

☐ Fattore di trasmissione luminosa noto

Fattore di trasmissione luminosa T_{DG5} 0.820

Con vetrata a doppia pelle ☐ $T_{DG5} = 1$

Sala riunioni ☐

Figura 89: Impostazioni per l'impianto di illuminazione



Figura 90: Riepilogo delle verifiche per la zona PRESIDENZA – SEGRETERIE

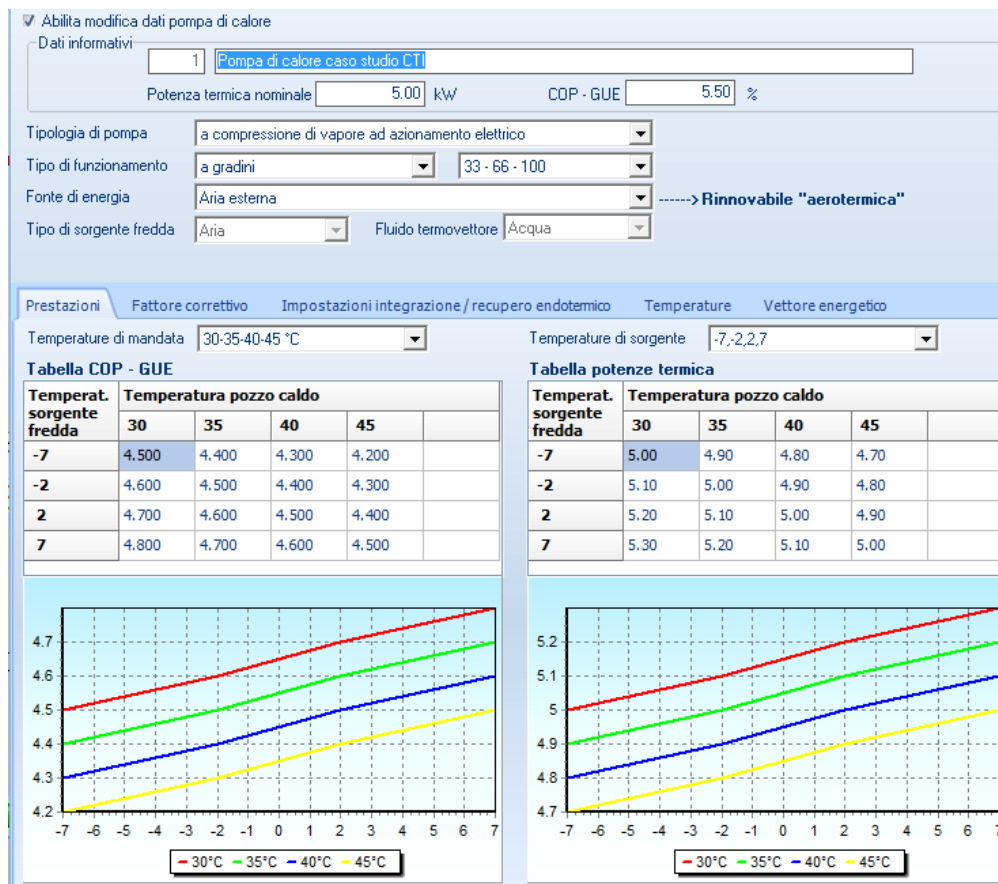


Figura 91: Caratteristiche della PdC della zona PRESIDENZA – SEGRETERIE



Figura 92: Refrigeratore d’acqua per la zona PRESIDENZA – SEGRETERIE

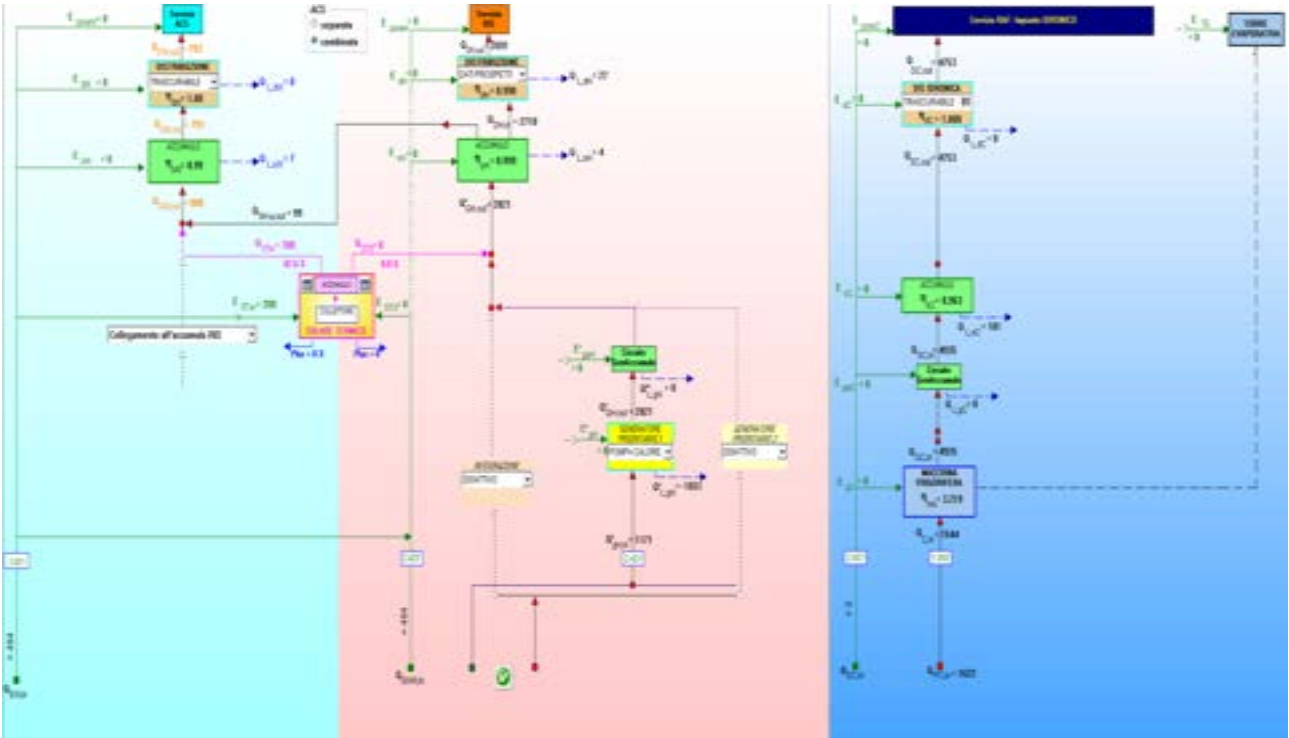


Figura 93: Applicazione della UNI TS 11300/2 alla Zona PRESIDENZA – SEGRETERIE

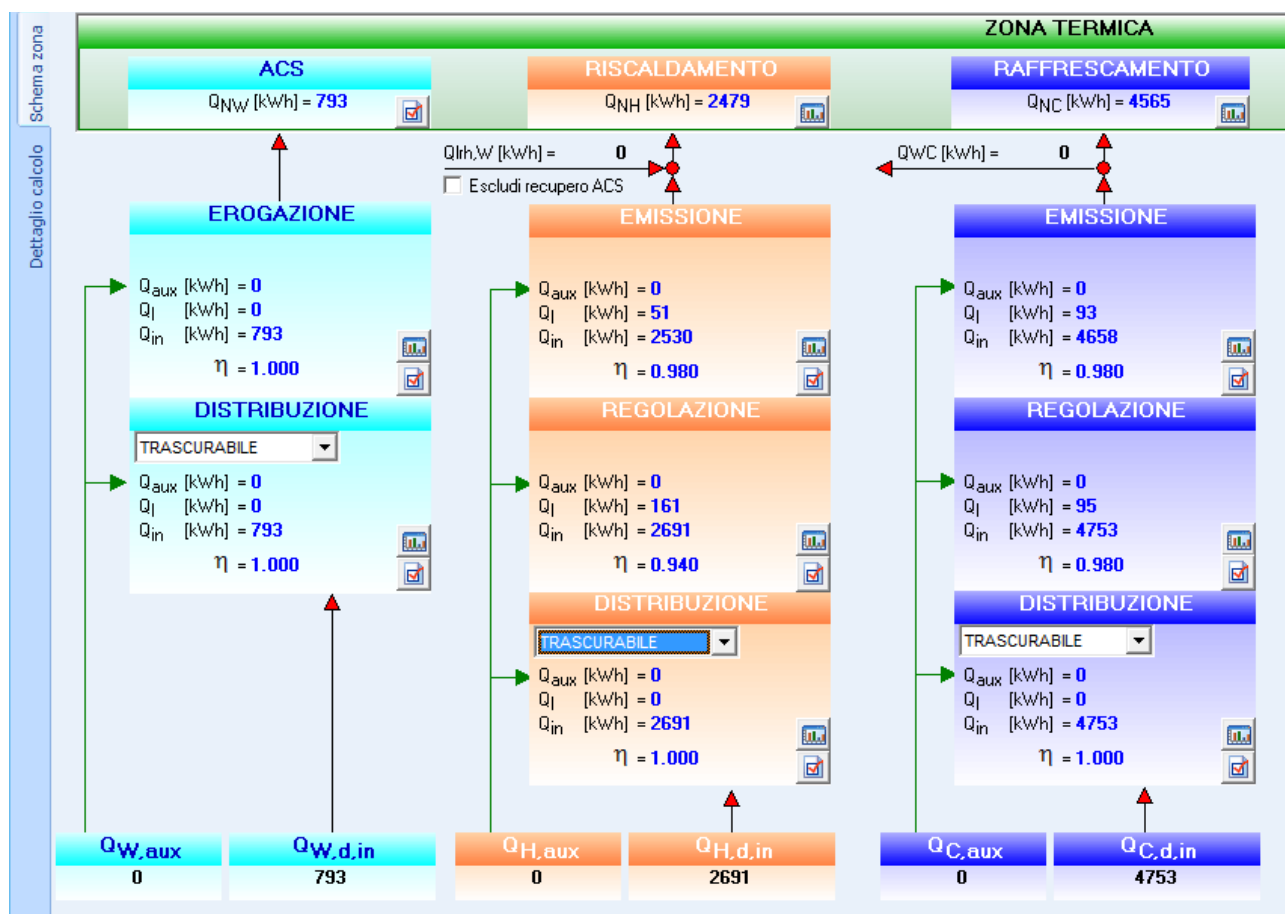


Figura 94: Energie primarie dai vari servizi per la zona PRESIDENZA – SEGRETERIE

4.7.5.4 Verifica della Zona Termica ALLOGGIO CUSTODE

La zona termica ALLOGGIO CUSTODE ha categoria E.1 ed una centrale termica separata dalle precedenti per consentire una gestione energetica indipendente.

La verifica energetica di questa zona ha presentato diverse difficoltà dovute essenzialmente alle incongruenze, già citate, del complesso di norme UNI TS 11300:2014 e del DM 26/06/2015.

Accade, infatti che se si seleziona un PdC, anche piccola da 0,5 kW rispetto al carico termico di picco di 1885 W, si ha la situazione di figura seguente nella quale si osserva che $\eta_H=0.24$ e risulta inferiore al limite di 0.560. La PdC fornisce pochissima energia utile e quindi la sua efficienza media stagionale risulta bassa.

In Figura 96 si ha il fabbisogno di riscaldamento per la zona ALLOGGIO CUSTODE. Si può osservare come gli apporti esterni siano notevoli in rapporto ai fabbisogni energetici. Ciò comporta che la pompa di calore deve fornire, mese per mese, una quantità di energia molto bassa che rende il rapporto:

$$SCOP = \frac{E_{ceduta_ambiente}}{E_{Assorbita}}$$

molto basso e quindi inferiore al limite di 2.501 fissato dal D.Lgs. 28/2011.

$$SPF > \frac{1.15}{\eta} \quad (\text{valore minimo } SPF = 2.501)$$

Ne consegue che tanto minore è il fabbisogno energetico della zona (per effetto degli apporti gratuiti) tanto minore è lo SCOP della PdC fino ad annullarne l'apporto.



Figura 95: Verifiche energetiche per la zona ALLOGGIO CUSTODE con PdC da 0,5 kW

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
giorni	gg	31	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	88
ore	h	744	624	0	0	0	0	0	0	0	0	0	744	2112
Apporti interni (compreso da U)	kWh	236	213	167	0	0	0	0	0	0	0	0	236	851
Qso,w	kWh	95	107	99	0	0	0	0	0	0	0	0	94	394
TOTALE GUADAGNI	kWh	330	320	266	0	0	0	0	0	0	0	0	329	1245
Trasmissioni (3)	kWh	376	311	195	0	0	0	0	0	0	0	0	344	1226
Ventilazione	kWh	171,6	142,1	90,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	156,7	561
TOTALE DISPERSIONI	kWh	547,5	453,2	285,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	500,5	1787
GammaH (apporti/dispersioni)	-	0,603	0,706	0,931	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,658	
Fattore utilizzazione apporti	-	0,936	0,903	0,819	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,919	
Fabbisogno energia termica utile	kWh	238,5	164,0	67,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	197,7	668

Figura 96: Fabbisogno di riscaldamento della zona ALLOGGIO CUSTODE

Se togliamo del tutto il generatore si ha la figura seguente che porta ad una verifica globale dei parametri indicati dal DM 26/06/2015.



Figura 97: Verifiche energetiche per la zona ALLOGGIO CUSTODE senza generatore di calore

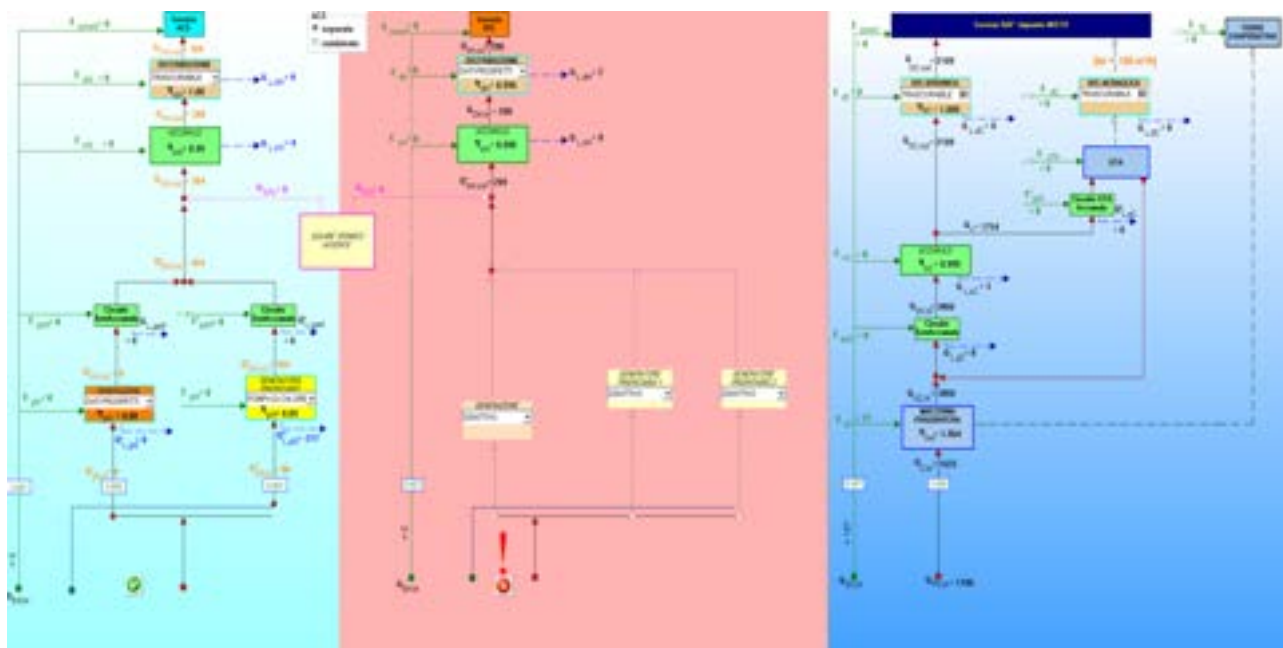


Figura 98: Calcolo di energia primaria senza generatore per ALLOGGIO CUSTODE

In definitiva la zona termica ALLOGGIO CUSTODE è energeticamente quasi autosufficiente (comportamento passivo) grazie all'energia solare gratuita.

Come conseguenza degli effetti perversi della UNI TS 11399/1 e del DM 26/06/2015 l'unica scelta che rimane è dotare l'ALLOGGIO CUSTODE di un generatore termico convenzionale, cioè una caldaia alimentata a gas da 1.5 kW avente le caratteristiche di figura seguente

Generatore Vettore energetico

Potenza termica nominale utile: P_{tn} 1.00 [kW] Potenza nominale minima: $P_{tn,min}$ 1.00 [kW]

Tipo di generatore (Prospetti 23 e 24):

50 Generatore di calore a gas a condensazione (4 metri)

F1: rapporto fra la potenza del generatore installato e la potenza di progetto richiesta
Per generatori modulari, F1 si determina con riferimento alla potenza minima regolata (calcolato successivamente)

F2: installazione all'esterno

F3: camino di altezza maggiore di 10 m

F4: temperatura media di caldaia maggiore di 65°C in condizioni di progetto

F5: generatore monostadio

F6: camino di altezza maggiore di 10 m in assenza di chiusura dell'aria contenente all'esterno

40.00 F7: temperatura di ritorno in caldaia nel mese più freddo

DeltaT Fumi - Acqua ritorno a Pn

<12°C 12-24°C >24°C

Valori dichiarati

Potenza elettrica degli ausiliari e pompe circolatori $W_{aux,Pn}$ [W] 45

Potenza elettrica degli ausiliari e carico intermedio $W_{aux,Pn}$ [W] 15

Potenza elettrica degli ausiliari e carico tutto $W_{aux,Pn}$ [W] 15

Dati per relazione tecnica

Rendimento termico utile al massimo carico η_{100} 1.000 ... a carico parziale η_{50} 1.020

Tipo di caldaia (DPR 500): Caldaia a gas a condensazione

Figura 99: Dati del generatore per la zona ALLOGGIO CUSTODE

Le verifiche energetiche sono ora positive, come si osserva nella figura seguente,

REQUISITI MINIMI 2019/2021 TIPOLOGIA DI INTERVENTO Ristrutturazione importante di primo livello

FABBRICATO				FABBRISOGNO ENERGIA				EFFICIENZA IMPIANTI			
	Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica
HFI	0.562	0.630	SI	EPH _{tot}	13.83	15.19	SI	eff	0.658	0.633	SI
AsoLest/ Asso,utile	0.016	0.030	SI	EPC _{tot}	33.90	44.88	SI	ac	2.800	2.381	SI
				EPg _{tot}	23.71	36.22	SI	em	0.869	0.583	SI

DETTAGLIO VERIFICHE STRUTTURE

Verifica VALORI LIMITE ELEMENTI EDILIZI - Allegato B 1.1 (Tabelle 1..5) NON RICHIESTO

Verifica VALORI LIMITE DIVISORI - paragrafo 3.3.5 ASSENTE

Verifica IGROMETRICA superficiale (SI) interstiziale (SI)

Verifica LIMITAZIONE FABBRISOGNO ESTIVO (M_{ext} - YTE) - paragrafo 4.5 SI

$I_{a,s}$ [W/m²] 320

Verifiche pareti verticali opache (M_{ext} > 230 kg/m²) o (YTE < 0.10 W/m²K) SI

Verifiche pareti opache orizzontali e inclinate (YTE < 0.10 W/m²K) SI

Verifica FATTORE TRASMISSIONE SOLARE g_{gl=th} - paragrafo 5.2.d NON RICHIESTO

Verifica RIFLETTENZA SOLARE - Prescrizione 2.3.3 (a cura dell'utente)

... utilizzo di:

a) materiali di elevata riflettanza solare per le coperture (cool roof), assumendo per questi ultimi un valore di riflettanza solare non inferiore a:

- 0.65 nel caso di coperture piane
- 0.30 nel caso di coperture a falde

DECRETO 28 (valori globali edificio)

	Reale	Limite minimo	Verifica
Copertura ACS	94.81	50.00	SI
Copertura ACS+RIS+RAI	68.11	50.00	SI
Potenza elettrica	15.00	14.74	SI

APE: PRESTAZIONE ENERGETICA

A4 A3 A2 A1 B C D E F G

CLASSE ENERGETICA A4

$EP_{g,l,ren}$ 15.5 kWh/m²/anno

EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO

INVERNO ESTATE

REFERIMENTI

Se nuovi A2 30.17 kWh/m²/anno

Se esistenti (-) kWh/m²/anno

Figura 100: Verifiche energetiche per la zona ALLOGGIO CUSTODE

L'indice di prestazione globale è $EP_{g3} = 19.3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$ e la classe energetica è A4. Nella figura seguente si ha la situazione dei flussi di energia primaria giusto UNI TS11300/2.

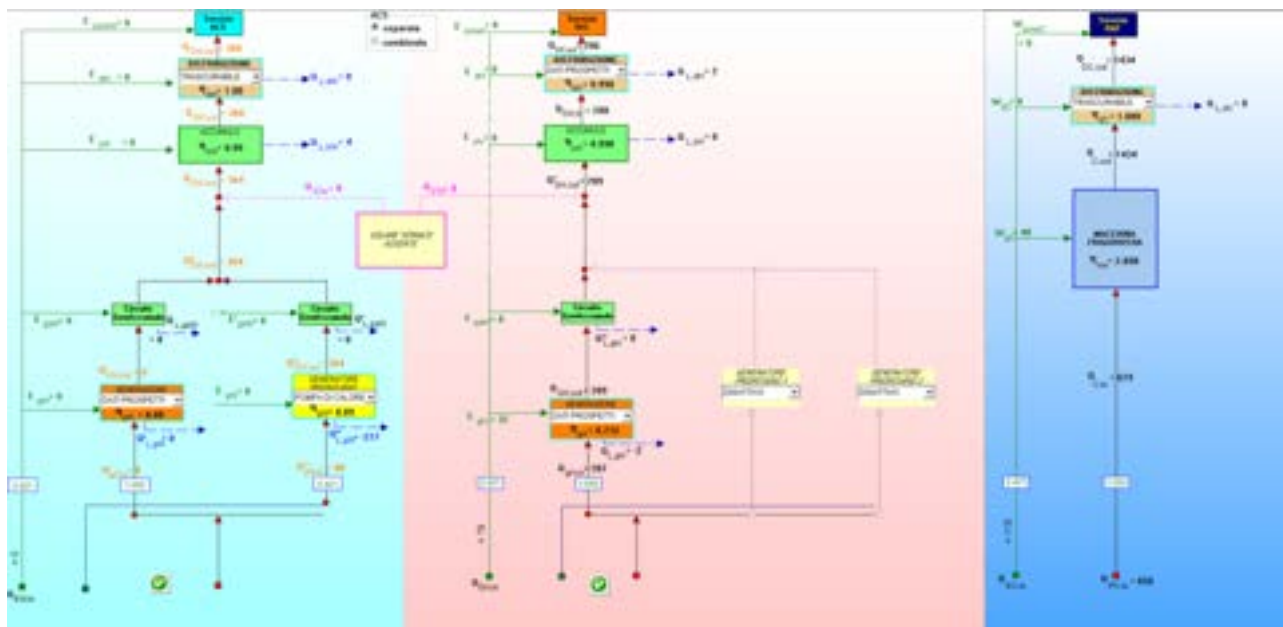


Figura 101: Flussi energetici primari per la zona ALLOGGIO CUSTODE

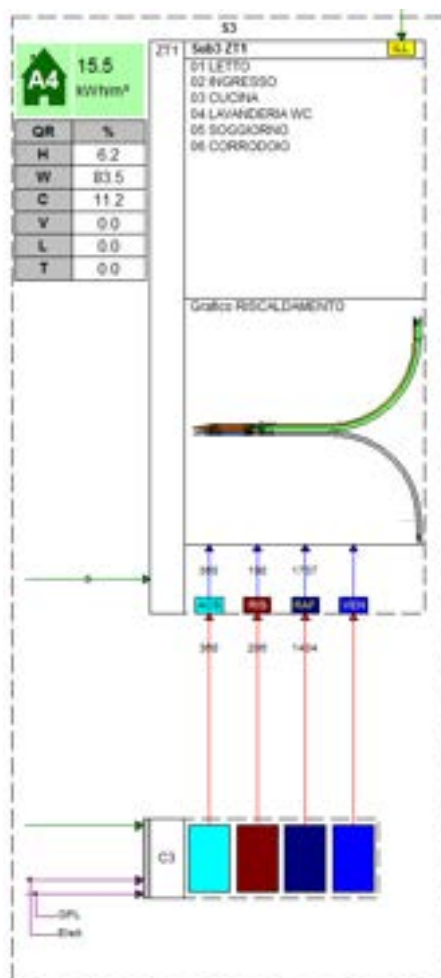


Figura 102: Prestazioni energetiche della zona ALLOGGIO CUSTODE

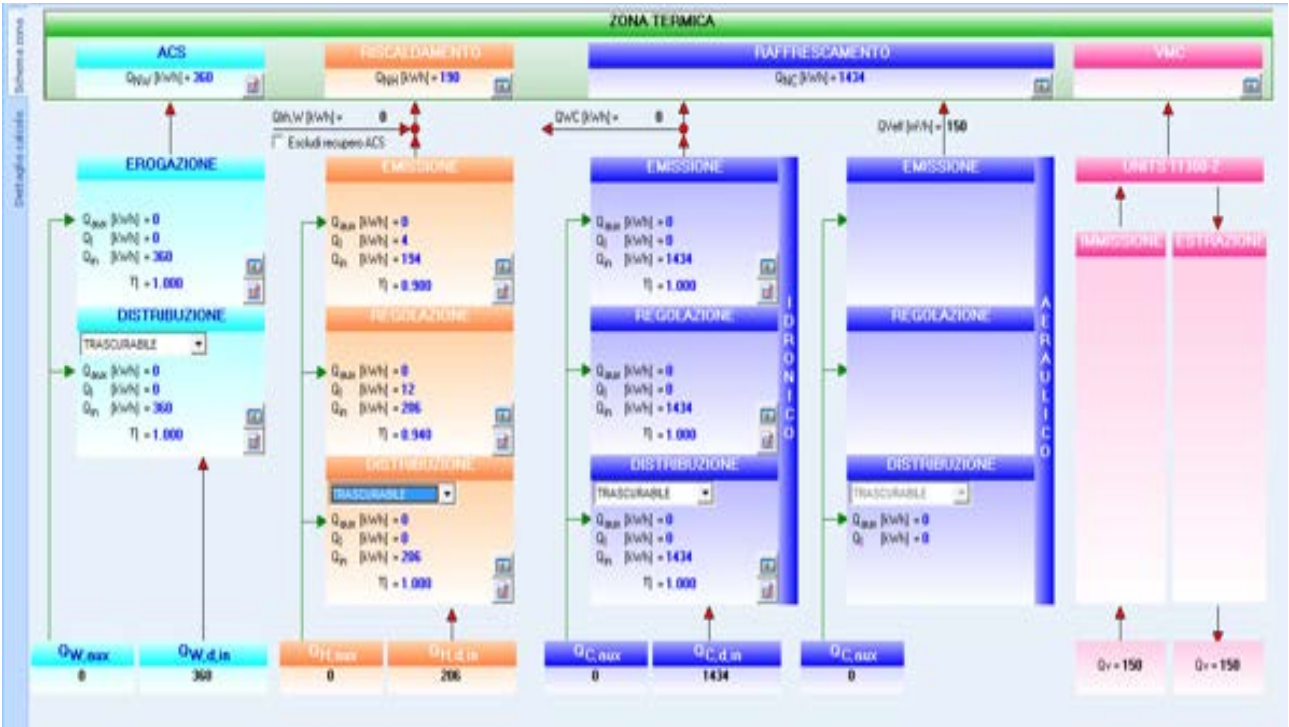


Figura 103: Energie primarie dai vari servizi per la zona ALLOGGIO CUSTODE

Carico termico estivo calcolato con il metodo TFM è pari 3458 W. Si è selezionato un refrigeratore multisplit con potenza frigorifera di 2.5 kW le cui caratteristiche sono rappresentate nelle figure seguenti.



Figura 104: Generatore split per la zona ALLOGGIO CUSTODE

Impostazioni di centrale

Impianto di raffrescamento

Tipo di schema di centrale

☒ Split

☐ UTA standard o Impianto idronico

Tipologia di impianto presente in centrale

☐ Impianto aeraulico

☐ Impianto idronico

☒ Impianto misto

Per impianti a Fan Coil

☐ quattro tubi

☒ due tubi

☐ Teleraffrescamento

Impianto di ventilazione

NATURALE

MECCANICA O IBRIDA

MECCANICA ATTRAVERSO CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

Caratteristiche dell'impianto di ventilazione:

☐ Nessun impianto

☐ Estrazione centralizzata a singolo condotto

☐ Immissione centralizzata a singolo condotto

☐ Immissione ed estrazione bilanciata a doppio condotto

☐ Aria primaria in impianto "aria/acqua" - sola immissione

☒ Aria primaria in impianto "aria/acqua" - immissione ed estrazione

☐ Ventilazione attraverso l'impianto di climatizzazione a "tutta aria"

Figura 105; Impostazioni di Centrale per zona ALLOGGIO CUSTODE

Appare chiaro che il suddetto impianto split può benissimo soddisfare, in modo reversibile a pompa di calore, anche ai fabbisogni invernali, *checc * ne dicano le UNI TS 11300/1 e il D.Lgs. 28/2011 con le loro incongruenze.

4.8 Verifica Energetica dell'Edificio Ristrutturato di 2° Livello

Un'altra ipotesi che si desidera presentare   di una ristrutturazione importante di 2° livello. Questa dovrebbe ridurre i costi dell'intervento e pu  essere interessante di quanto e se   ancora conveniente. A questo scopo vale quanto riportato nel capitolo 5.2.

4.8.1 Nuove Pareti Esterne

Vale quanto detto per la ristrutturazione importante di 1° livello, cio  si ha l'inserimento di schiuma isolante per uno spessore di 28 cm nell'intercapedine e l'applicazione di 4 cm di intonaco esterno isolante per ridurre i ponti termici.

4.8.2 Pavimenti

Restano invariati rispetto alla situazione attuale.

4.8.3 Soffitti

Restano invariati rispetto alla situazione attuale

4.8.4 Nuovi serramenti

Considerate le ridotte verifiche richieste dal DM 26/06/2015 è possibile pensare di sostituire gli infissi ma con vetrate isolanti 4-6-4 (o similare) con aria all'interno ed emissività $\varepsilon=0.20$. La trasmittanza e le caratteristiche delle vetrate sono riportate nelle figure seguenti

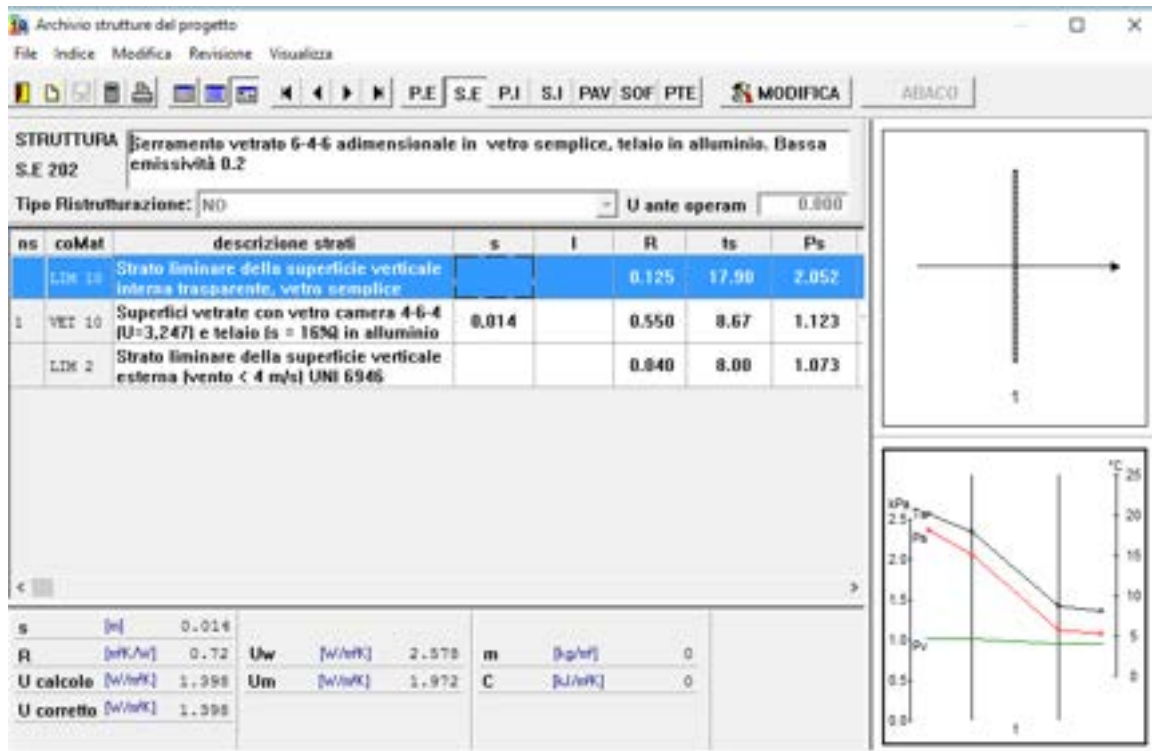


Figura 106: Infissi per intervento di 2° livello

TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI EDILIZI FINESTRATI UNI10077-1	
L1= larghezza lorda serramento [m]	1.00
L2= altezza lorda serramento [m]	2.00
Af= area del telaio [m²]	0.32
Ag= Area vetro:	1.68
Ft= coefficiente di riduzione dovuto all'area del telaio	0.840
g= trasmittanza solare dell'elemento	0.670
Fc= coeff. riduzione dovuto a tendaggi interni e/o esterni (schermatura mobile liberamente montabile e smontabile)	1.00
Fcp= coeff. riduzione dovuto a tendaggi interni e/o esterni (schermatura mobile permanente)	0.25
Emissività termica del componente trasparente	0.200
La trasmittanza termica Uw è	CALCOLATA SECONDO UNI 10077-1
Ug = trasmittanza termica del componente trasparente	2.700
Telaio:	Telaio metallico
d = parametro geometrico funzione del tipo di configurazione	18.00
Uf = trasmittanza termica del telaio	1.500
Lg= lunghezza perimetrale della superficie vetrata	7.00
Trasmittanza lineare dovuta al distanziatore	0.020
Uw= trasmittanza termica della superficie finestrata	2.578
Tipo di tapparella	
DR = resistenza termica aggiuntiva (tapparelle abbassate)	0.25
Uws= trasmittanza termica (chiusura chiusa)	1/[(1/Uw)+DR] 1.568
Uw,corr = trasmittanza termica corretta (finestra+chiusura)	1.972
Premere il pulsante kp=Uw per impostare il valore della trasmittanza di picco kp con la trasmittanza del componente finestrato Uw	kp = Uw

Figura 107: Caratteristiche delle vetrate per intervento di 2° livello

4.8.5 Input e verifiche energetiche

L'input dei dati geometrici e termofisici procede in modo del tutto analogo a quanto indicato per la ristrutturazione importante di 1° livello.

Se ipotizza di intervenire sull'intero edificio ma di riqualificare solo gli impianto della zona AULE lasciando inalterato l'attuale generatore a gasolio, inserendo l'impianto ad aria primaria per assicurare la ventilazione richiesta dal DM 12/75 per le scuole.

Generatore Vettore energetico

Potenza termica nominale utile: P_n 90 kW Potenza nominale minima: $P_{n,min}$ 80.00 kW

Tipo di generatore (Pisopetti 23 e 24)
23d Generatori di calore a gas a condensazione (4 stelle)

F1: rapporto tra la potenza del generatore installato e la potenza di progetto richiesta. Per generatori modulari, F1 si determina con riferimento alla potenza minima registrata (calcolato successivamente)

F2: installazione all'esterno

F3: canne di altezza maggiore di 10 m

F4: temperatura media di caldaia maggiore di 105°C in condizioni di progetto

F5: generatore monostadio

F6: canne di altezza maggiore di 10 m in assenza di chiusura dell'aria comburente all'esterno

40.00 F7: temperatura di ritorno in caldaia nel mese più freddo

DeltaT Fumi - Acqua ritorno a P_n
☐ <12 °C ☒ 12-24 °C ☐ >24 °C

Valori dichiarati

Potenza elettrica degli ausiliari a pieno carico: $W_{aux,Pn}$ (W) 330

Potenza elettrica degli ausiliari a carico intermedio: $W_{aux,P_{int}}$ (W) 130

Potenza elettrica degli ausiliari a carico nullo: W_{aux,P_0} (W) 15

Dati per relazione tecnica

Rendimento termico utile al massimo carico: η_{100} 0.950 ...a carico parziale: η_{50} 0.840

Tipo di caldaia (DPR 560) Caldaia standard

Figura 108: Generatore a gasolio per intervento di 2° livello

Si inserisce un impianto solare termico di 35 m²

Metodo di calcolo Metodo B

Collettore solare Accumulo Fattori collegamento Dati per relazione

Tipo utilizzo: utilizzo a/c

Tecnologia impianto: Campo solare collegato all'accumulo

Tipo collettore: Collettori a tubi sottovuoto con serbatoio piano

PROPRIETA' COLLETTORE VALORI NOTI

η_0 Efficienza 0.58

a_1 Coeff. di perdita globale I° ordine (W/m²K) 1.800

a_2 Coeff. di perdita globale II° ordine (W/m²K²) 0.038

IAM Coefficiente 0.375

Inclinazione/orientamento: 30° Sud

Angolo azimutale (°) 0

Angolo inclinazione (°) 0 (input angoli)

A_{GT} Superficie captante (m²) 35.0

$U_{loop,p}$ Coeff. globale di perdita nelle tubazioni (W/K) (Valore noto) 22.500

η_{loop} Efficienza del circuito (%) 80.0

Potenza ausiliari (kW) (Valore noto) 0.225

Figura 109: Impianto solare termico per ristrutturazione di 2° livello

Si inserisce un impianto fotovoltaico da 120 m².

Solare fotovoltaico

☒ Esiste impianto solare Fotovoltaico

Tipo di modulo fotovoltaico

- ☒ Silicio monocristallino
- ☐ Silicio multicristallino
- ☐ Film sottile di silicio amorfo
- ☐ Altri strati di film sottile
- ☐ Film sottile Copper-Indium-Gallium-Diselenide
- ☐ Film sottile Cadmium-Telloride

Ventilazione

- ☐ Non considerato
- ☒ Moduli non ventilati
- ☐ Moduli moderatamente ventilati
- ☐ Moduli molto ventilati o con ventilazione forzata

Inclinazione/Orientamento: Orizzontale

Angolo azimutale [*]: 0

Angolo inclinazione [*]: 0

Fattore potenza di picco [kW/m²]: (Input) 0.150

Superficie captante [m²]: 120.0

Fattori di soleggiamento:

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Fs	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Potenza elettrica degli ausiliari [kW]: 0.100

Ulteriori dati per relazione tecnica:

6.d.1 Connessione impianto: stand alone

6.d.3 Tipo installazione: Totalmente integrato

6.d.4 Tipo di supporto: supporto metallico

Figura 110: Impianto fotovoltaico per intervento di 2° livello

La verifica globale dell'edificio è la seguente.

	UM	H	W	C	V	L	T	GLOBALI
EP _{rinnovabile}	kWh	3743	9640	81	0	12560	0	26023
EP _{non rinnovabile}	kWh	36936	708	2804	0	6059	0	46507
EP _{totale}	kWh	40679	10348	2885	0	18619	0	72531
QR	%	9.2	93.2	2.8	0.0	67.5	0.0	35.9

Figura 111: Verifica globale dell'edificio ristrutturato 2° livello

Dalla Figura 111 si vede che si ha EP_g = 34.2 kWh/(m².anno) (contro i 20.5 kWh/(m².anno) per la ristrutturazione di 1° livello) e la QR è pari al 35.9%. La Classe energetica è la **A3** mentre era A4 per l'intervento di 1° livello.

Quest'ultimo risultato era atteso considerato che il generatore termico è a gasolio. L'incremento delle superfici di raccolta dei collettori solari termici (da 25 a 35 m²) e dei pannelli fotovoltaici (da 100 a 120 m²) non consentono di arrivare a QR=50%.

Tuttavia applicando la formula di correzione dell'EP_g indicata dal D.Lgs. 258/2011 si perviene egualmente alla verifica del decreto, come indicato in Figura 114.

In Figura 113 si fa la verifica dei parametri di involucro ed energetici richiesti dal DM 26/06/2015 per la ristrutturazione importante di 2° livello. Adesso non è più richiesta la verifica di A_{solare.estiva}/A_{utile} (anche se positiva comunque con le nuove vetrate) ma si osserva che la verifica di H'_T ha comunque richiesto un valore della trasmittanza delle vetrate ridotta.

In Figura 115 si ha un confronto fra trasmittanze (H'_T) dell'edificio reale e dell'edificio di riferimento.

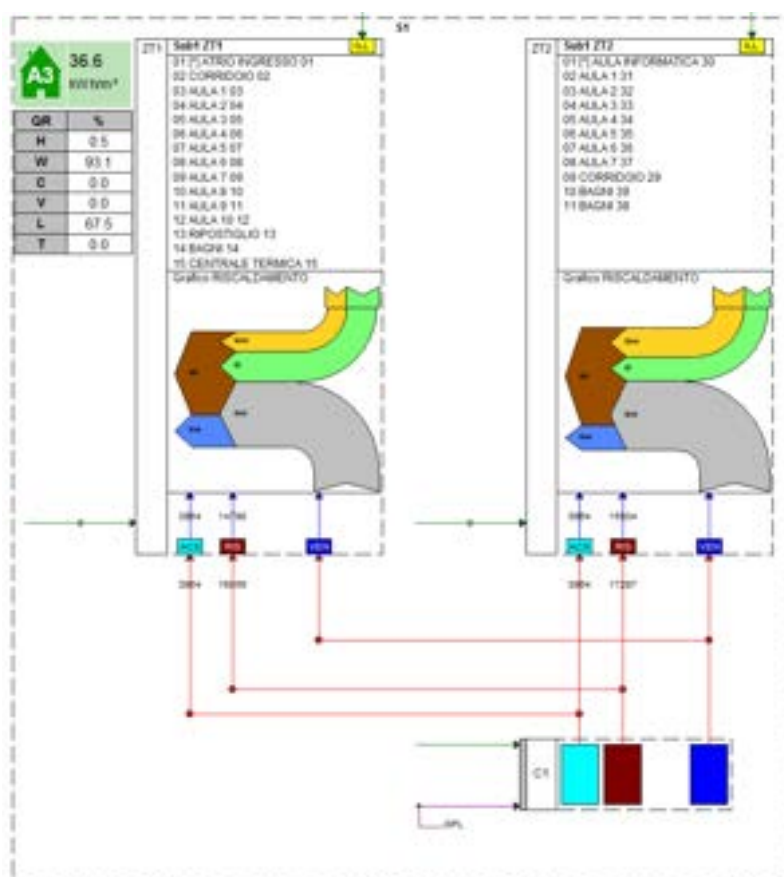


Figura 112: Verifica della zona AUE per intervento di 2° livello



Figura 113: Verifica dei parametri della zona AUE per intervento 2° livello

8. Nei casi di cui al comma 7, è fatto obbligo di ottenere un indice di prestazione energetica complessiva dell'edificio (EP_{tot}) che risulti inferiore rispetto al pertinente indice di prestazione energetica complessiva reso obbligatorio ai sensi del decreto legislativo n. 192 del 2005 e successivi provvedimenti attuativi ($EP_{tot,lim}$) nel rispetto della seguente formula:

$$EP_{tot} \leq EP_{tot,lim} \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{\frac{\%effettiva}{\%obbligo} + \frac{P_{effettiva}}{P_{obbligo}}}{4} \right]$$

$$36.6 \leq 39.8 \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{\frac{31.8}{50.0} + \frac{18.00}{14.74}}{4} \right]$$

$$36.6 \leq 38.4 \quad \text{Verifica requisito POSITIVA}$$

☐ Requisito da rispettare

NOTA:
i seguenti valori

EP_{tot} ;
 $EP_{tot,lim}$;
% effettiva;

sono riferiti a tutti i servizi



Dove:

- %obbligo = [%] Note(*): Note Obbligo copertura:
è il valore della percentuale della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento che deve essere coperta, ai sensi del comma 1, tramite fonti rinnovabili;
- %effettiva = [%]
è il valore della percentuale effettivamente raggiunta dall'intervento;
- Pobbligo = [kW] Note(*): Note Potenza obbligo:
è il valore della potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati ai sensi del comma 3;
- Peffettiva = [kW]
è il valore della potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili effettivamente installata sull'edificio.

☒ Stampa nella pagina Quota rinnovabile

Figura 114: Verifica Dlgs. 28/2011 per intervento di 2° livello

	Codice	Area	U	U15	U21	Itmx	Htr	[incidenza %]	Htr15	dR%	Htr21
Sub: 1	2724.8	0.814	0.674	0.636	1.15	1343.75		81.91	1271.42	+ 5.7	1203.92
Zona: 1	1471.2	0.911	0.665	0.632	0.88	611.67		37.10	542.80	+ 12.7	517.13
Strutture	1471.2	0.796	0.665	0.632	0.50	443.57		26.91	542.80	- 18.3	517.13
Ponti	563.2	0.298	0.000	0.000	1.00	168.10		30.20	0.00	+20F	0.00
Zona: 2	1253.6	0.701	0.684	0.642	1.46	732.08		44.41	728.62	+ 0.5	686.79
Strutture	1253.6	0.558	0.684	0.642	0.96	552.21		33.90	728.62	- 24.2	686.79
Ponti	631.5	0.285	0.000	0.000	1.00	179.88		30.91	0.00	+20F	0.00
Sub: 2	410.7	0.675	0.689	0.647	1.55	252.73		15.33	249.30	+ 1.4	234.99
Zona: 1	410.7	0.675	0.689	0.647	1.55	252.73		15.33	249.30	+ 1.4	234.99
Strutture	410.7	0.521	0.689	0.647	1.00	189.50		11.50	249.30	- 24.0	234.99
Ponti	227.2	0.278	0.000	0.000	1.00	63.23		3.84	0.00	+20F	0.00
Sub: 3	137.4	0.860	0.683	0.648	1.20	52.06		3.16	55.55	- 6.3	52.93
Zona: 1	137.4	0.860	0.683	0.648	1.20	52.06		3.16	55.55	- 6.3	52.93
Strutture	137.4	0.696	0.683	0.648	0.70	30.53		1.85	55.55	- 45.0	52.93
Ponti	71.7	0.315	0.000	0.000	0.95	21.53		1.31	0.00	+20F	0.00
GALEALE	3273.0	0.799	0.676	0.638	1.20	1648.55		106.96	1576.28	+ 4.6	1491.84

Figura 115: Confronto delle trasmittanze fra edificio reale e di riferimento

4.9 Conclusioni per le Verifiche Energetiche

Le verifiche energetiche per ristrutturazione importante di 1° livello sono positive sia per l'intero edificio che per le tre zone nelle quali si è suddivisa la scuola.

Inoltre per tutti i casi si hanno le condizioni di verifica del D.Lgs. 28/2011 per il 2019/2021 e quindi si ha anche la qualifica nZEB.

L'edificio passa globalmente dalla Classe energetica **F** con $EP_g=132.5 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{anno}$) alla Classe **A4** con $EP_g=20.5 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{anno}$) con un risparmio di $112 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{anno}$).

Si osserva che l'assurdità di avere le 8 verifiche imposte dal DM 26/06/2015 costringe ad avere involucri molto coibentati e vetrate ad elevate prestazioni.

Di fatto le condizioni di verifica del decreto sui requisiti minimi sono talmente stringenti da avere la qualifica di edificio nZEB già da adesso.

Non si riesce a verificare energeticamente l'edificio se non portandolo in Classe A4. L'effetto del forte isolamento di involucro è anche quello di una forte riduzione dei fabbisogni energetici (sia di involucro che primari) tanto da potere facilmente essere soddisfatti dalle FER.

Nel caso della Scuola Livio Tempesta ci si è trovati nella condizione di massimo sforzo essendo l'edificio, costruito nel 1968, privo di qualunque isolamento e di attenzione al risparmio energetico.

La possibilità di potere utilizzare la generosa intercapedine di 28 cm all'interno delle pareti esterne per l'inserimento di isolante termico ha dato un forte aiuto all'esito positivo dell'intervento di riqualificazione.

Tutti i calcoli dettagliati di quanto sopra sinteticamente esposto, sia per edificio esistente che riqualificato, sono allegati alla presente relazione.

Al fine di effettuare un confronto dei costi, come si vedrà nel prosieguo, e di rendere eventualmente possibile l'intervento di ristrutturazione della Scuola Livio Tempesta di Catania, si è ipotizzato di effettuare un intervento di ristrutturazione importante di 2° livello riducendo gli interventi sull'involucro e mantenendo gli attuali impianti termici.

Tuttavia si rende comunque necessario inserire un impianto ad aria primaria per assicurare i ricambi orari fisiologici, attualmente negati.

La verifica nZEB per ristrutturazione di 2° livello risulta parimenti positiva anche se con un incremento delle superfici di raccolta dei collettori solari termici e fotovoltaici al fine di verificare il D.Lgs.28/2011.

5 Lavori di Ristrutturazione Importante

5.1 Ristrutturazione Importante di 1° Livello

La riqualificazione energetica della Scuola Livio Tempesta di Catania richiede tre interventi sinergici:

1. Interventi sull'involucro edilizio con l'isolamento delle pareti, del soffitto e del pavimento e con la sostituzione degli infissi esistenti con nuovi infissi con telai in alluminio a taglio termico e vetro camera 4-6-4 con caratteristiche basso emissive ($\epsilon=0.05$);
2. Interventi sugli impianti con scelta di nuove tipologie impiantistiche ad alta efficienza energetica, come meglio specificato nel prosieguo;
3. Utilizzo di Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) secondo quanto specificato dal D.Lgs. 28/2011 in modo da rispettare sia la Quota Rinnovabile (QR) che la potenza elettrica autoprodotta. L'energia da FER, valutata secondo la UNI TS 11300/4, contribuisce significativamente a ridurre i consumi di energia primaria non rinnovabile.

La ristrutturazione richiesta non mira solo alla riduzione dei consumi energetici dell'edificio ma, giusto programma ENEA PAR 2015, a rendere l'edificio a quasi zero energia (nZEB), anche ai fini dell'applicazione del D.Lgs. 102/2014.

Si presenteranno nel dettaglio le tre tipologie di intervento.

5.1.1 Interventi sull'involucro

La Scuola Livio Tempesta nasce in un contesto urbano che, all'epoca della sua costruzione, poteva considerarsi di periferia.



Figura 116: Vista panoramica esterna

La tipologia costruttiva è tipica dell'area catanese con pareti ad intercapedine e copertura a terrazza. L'architettura non appare di particolare pregio: è semplice con uno stile razionale che poco lascia all'immaginazione.

Lo stato di conservazione attuale non è buono mostrando scrostamenti di intonaco vistosi nelle pareti esterne. Pur tuttavia le condizioni interne delle aule sono buone. La copertura a terrazza appare in buone condizioni. La superficie è libera da occupazioni e da superfetazioni.



Figura 117: Vista della copertura a terrazza



Figura 118: Stato di conservazione esterno



Figura 119: Stato delle murature esterna



Figura 120: Interno dell'aula 1 a piano terra



Figura 121: Interno dell'aula informatica al piano primo



Figura 122: Vista di un lato della copertura a terrazzo



Figura 123: Vista del cortile interno della scuola

Gli interventi sull'involucro per una ristrutturazione importante di primo livello debbono interessare oltre il 50% della superficie disperdente, oltre al rifacimento degli impianti. Si prevedono i seguenti interventi di involucro.

5.1.1.1 Interventi sulle pareti esterne.

L'intervento sulle pareti esistenti consiste nelle seguenti fasi:

- Utilizzo di schiume ureiche da polimerizzare in situ. Si pensa di utilizzare la schiuma ISOFOR® avente le seguenti caratteristiche:
 - Conducibilità termica Lambda ($\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$)
 - E' altamente traspirante ($\mu = 8,87$) consentendo così la respirazione al muro, che attraverso la diffusione di vapore garantisce lo smaltimento della condensa eventualmente formatasi all'interno delle pareti e ne impedisce la comparsa sulla superficie interna. ISOFOR è più traspirante del sughero ($\mu = 15$) noto materiale ad elevata traspirabilità.
 - Classe di reazione al fuoco F ed è autoestinguente.
 - La schiuma isolante penetra in ogni anfratto presente nell'intercapedine (la fuoriuscita da scatole elettriche non murate perfettamente, o dai lati degli avvolgibili, ne costituiscono una prova tangibile). Questa tecnica di isolamento termico delle pareti, rispetto ad altre, lavorando con un prodotto in forma di espanso inserito a pressione assicura il completo riempimento delle pareti, anche in presenza di tubazioni o altri corpi nel vuoto della parete.
 - La schiuma viene iniettata inizialmente in forma liquido-schiumosa, quindi solidifica assumendo una forma ben definita che si mantiene integra in caso di interventi esterni.

L'intervento è quindi operativamente semplice essendo sufficiente praticare fori di immissione della schiuma con passi di 80-100 cm. Questa soluzione consente il minimo intervento murario alle pareti.

- Rifacimento dell'intonaco interno con malta e gesso;
- Rifacimento dell'intonaco esterno del tipo resistente agli agenti atmosferici.



Figura 124: Inserimento della schiuma isolante

Si è preferito utilizzare la schiuma ISOFOR® in quanto viene inserita nell'intercapedine a pressione e questo consente di riempirla totalmente, senza lasciare zone vuote. Come si vede dall'immagine seguente, l'intercapedine della parete si interrompe in corrispondenza dei ponti termici, per cui quelle zone rimangono *libere* di trasportare il calore dalle zone calde a quelle fredde.

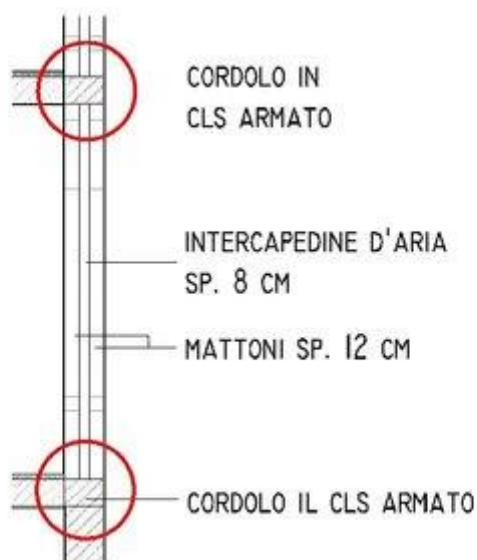
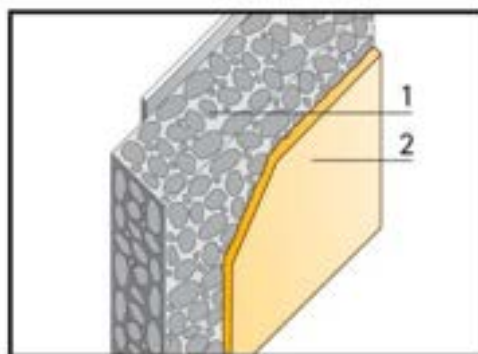


Figura 125: Zone non isolate all'interno dell'intercapedine

Questo significa che i ponti termici dovuti alle travi e ai pilastri possono non essere eliminati. Oltre agli elementi strutturali, esistono tubi, canne fumarie, cavedi all'interno delle strutture esterne, tutti elementi che vanno considerati e che possono complicare o inficiare il risultato dell'operazione di isolamento.

La tecnica dell'insufflaggio a pressione della schiuma ureica garantisce il riempimento totale dell'intercapedine evitando bolle interne o zone non isolate.

Per compensare la eventuale presenza di ponti termici irrisolti si prevede di porre all'esterno delle pareti un intonaco isolante a base vetrosa che ricopre a cappotto tutto l'edificio.



Intonaco su vecchie murature

- 1 Muratura.
- 2 Termointonaco Laterlite.

Figura 126: Intonaco isolante esterno alle pareti

Il basso valore di conducibilità termica certificato ($\lambda = 0,086 \text{ W/mK}$), contribuisce all'isolamento termico della parete migliorando i valori di trasmittanza termica U imposti dalla legge.

La *Laterlite*® in opera pesa solo 400 Kg/m^3 , è un prodotto incombustibile (Euroclasse A1), adatto sia in esterni che in interni.

Si osservi che gli eventuali ponti termici che potrebbero restare non eliminati avrebbero un peso assai modesto perché Catania appartiene alla zona climatica B con 930 GG e quindi l'incidenza dei ponti termici è del tutto marginale rispetto alle zone climatiche più fredde.

5.1.1.2 Interventi sul pavimento

La verifica energetica ai sensi del DM 26/06/2015, in particolare la verifica di H'_T , richiede l'inserimento di isolante sia nel pavimento che nel soffitto.

Pertanto occorre svellere l'attuale pavimento di piastre ceramiche fino a raggiungere la soletta mista. Qui occorre stendere dei pannelli di poliuretano estruso espanso a celle chiuse con uno spessore di 8 cm.



Figura 127: Pavimento esistente della scuola

Successivamente occorre posare uno strato di calcestruzzo di vermiculite con uno spessore di 5 cm e su di esso stendere le piastrelle.

La stratigrafia è indicata nella seguente figura.

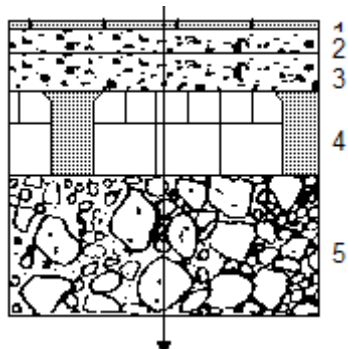


Figura 128: Stratigrafia del pavimento riqualificato

5.1.1.3 Intervento sul soffitto

La necessità di verificare H'_T porta ad intervenire anche sul soffitto a terrazza. La scuola Livio Tempesta ha un'estesa copertura a terrazza, come si può osservare nella successiva foto.



Figura 129: Vista della copertura della Scuola Livio Tempesta

Il pavimento non sembra calpestabile ed è rifinito in calcestruzzo. Si può allora effettuare l'intervento di isolamento operando al di sopra dell'attuale pavimento.



Figura 130: Attuale finitura della copertura a terrazza

Si pensa di posizionare uno strato di poliuretano estruso espanso a celle chiuse con spessore di 7 cm a cui segue uno strato di polistirene con spessore di 2 cm.

Al di sopra si ha uno strato di calcestruzzo di perlite e di vermiculite da 6 cm e quindi un pavimento in piastrelle. La nuova stratigrafia è quella indicata nella figura seguente.

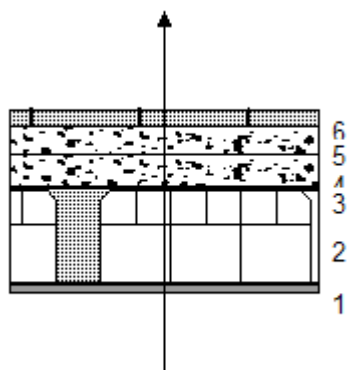


Figura 131: Nuova stratigrafia della copertura a terrazza

La nuova copertura deve essere in grado di ospitare gli impianti fotovoltaici e i collettori solari piani per l'ACS.

5.1.1.4 Interventi sugli infissi

Gli attuali infissi sono con intelaiatura metallica e vetri semplici da 6 mm, come indicato nella seguente figura.

L'intervento di riqualificazione degli infissi è molto importante al fine sia di verificare H'_T e il rapporto $A_{\text{solare.estiva}}/A_{\text{utile}}$ ma anche per ridurre le dispersioni rispetto all'edificio di riferimento.

A questo scopo si osservi l'incidenza delle strutture esistenti sui disperdimenti dato in Figura 133 e la si confronti con quella delle strutture riqualificate di Figura 134.



Figura 132: Infisso esistente

Potenza totale di picco [W]	122331
Potenza ventilazione [W]	49077
Potenza trasmissione [W]	73254
S [m ²]	3379.65
V [m ³]	6437.20
S/V [m ⁻¹]	0.525
Cd [W/m ² K]	0.759
Cd limite [W/m ² K]	0.000
Cd illegale !	
Il Cd di progetto è Inferiore del ^{**} rispetto al Cd limite	

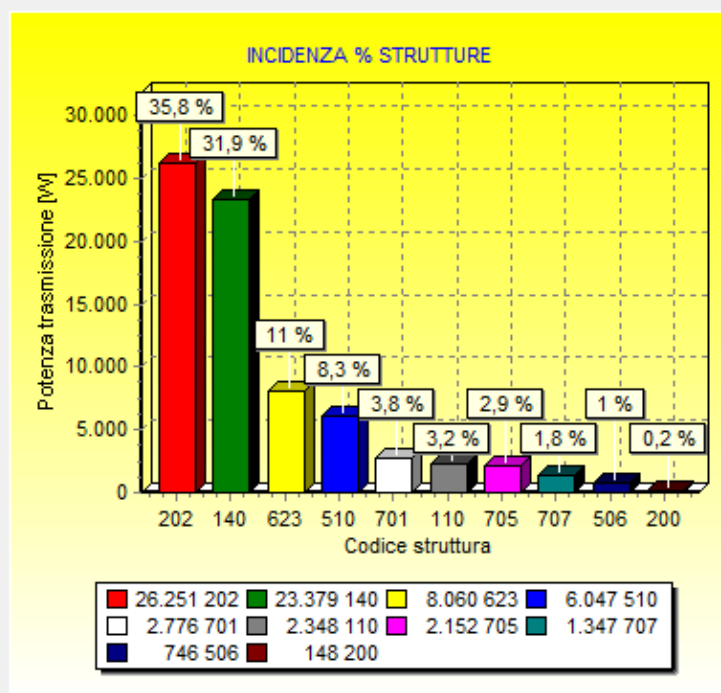


Figura 133: Incidenze delle strutture esistenti

Potenza totale di picco [W]	74569
Potenza ventilazione [W]	49077
Potenza trasmissione [W]	25492
S [m ²]	3272.98
V [m ³]	6437.20
S/V [m ⁻¹]	0.508
Cd [W/m ² K]	0.264
Cd limite [W/m ² K]	0.000
Cd illegale !	
Il Cd di progetto è Inferiore del ^{**} rispetto al Cd limite	

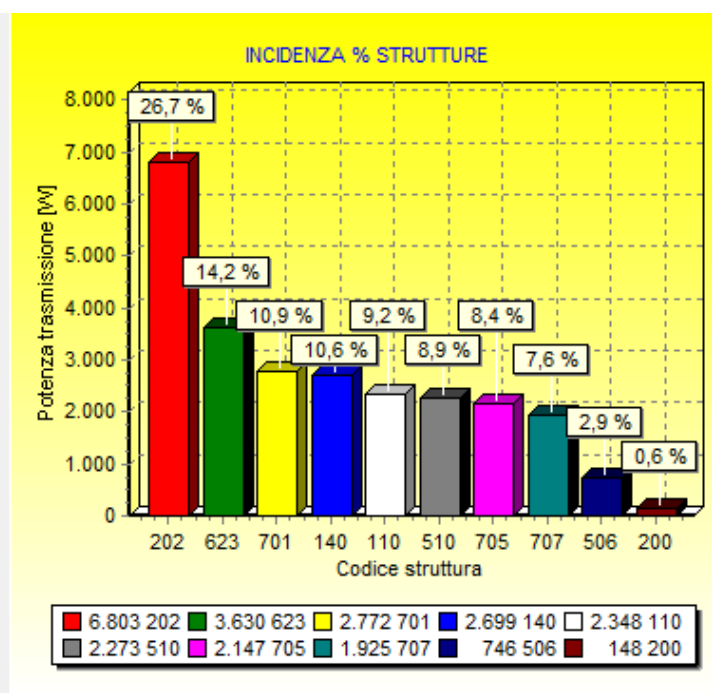


Figura 134: Incidenze delle strutture riqualificate

Appare evidente che gli infissi (codice di struttura 202) incidono per il 35.8 % nell'edificio esistente e per il 26.7% nell'edificio ristrutturato.

Analogamente le pareti incidono per il 31.9% nell'edificio esistente e per il 14.2% nell'edificio ristrutturato. Tuttavia le percentuali sopra indicate si riferiscono a potenze trasmesse diverse:

- Potenza di trasmissione di 73254 W per l'edificio esistente;
- Potenza di trasmissione di 25492 W per l'edificio ristrutturato.

Pertanto si ha complessivamente (per tutti i componenti di involucro) un riduzione di ben 47762 W pari al 65.2% della potenza iniziale.

Pertanto l'intervento sugli infissi deve essere pensato su un doppio fronte:

- Per ridurre H'_T e il rapporto $A_{\text{solare.estiva}}/A_{\text{utile}}$;
- Per ridurre i disperdimenti per trasmissione rispetto all'edificio di riferimento.

La verifica di H'_T e del rapporto $A_{\text{solare.estiva}}/A_{\text{utile}}$ è risultata piuttosto impegnativa ed ha imposto la scelta di nuovi infissi particolarmente performanti. In particolare si sostituiscono tutti gli attuali infissi con la nuova tipologia composta da:

- Telaio in alluminio con taglio termico;
- Vetro camera 6-4-6 mm (o similare) con Krypton e di tipo basso emissivo ($\varepsilon=0.05$).

In Figura 135 si ha il calcolo della trasmittanza termica del nuovo tipo di componente vetrato, giusta la Norma UNI 10077/1.

Si osservi che il fattore di riduzione dovuto al tendaggio interno, vedi Figura 136, è pari a 0.25 per veneziane bianche. Inoltre la trasmittanza solare è supposta pari a $g=0.40$. Nella realtà è possibile trovare commercialmente vetri con $g=0.5-0.65$. Il valore 0.4 è $g_{\text{gl+sh}}$ che tiene conto anche del fattore di shading esterno.

La trasmittanza termica del componente vetrato è $U_g=1.2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, vedi Figura 137, corrispondente al riempimento con gas Krypton.

Si osservi che l'utilizzo di veneziane bianche interne è necessario ai fini della verifica di $A_{\text{solare.estiva}}/A_{\text{utile}}$, con effetti fra loro contrastanti per l'inverno (riduzione degli apporti gratuiti) e l'estate (riduzione dell'irraggiamento solare).

I nuovi telai in alluminio con taglio termico contribuiscono notevolmente alla riduzione della trasmittanza termica dell'infisso.

TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI EDILIZI FINESTRATI UNI10077-1	
L1= larghezza lorda serramento [m]	1.00
L2= altezza lorda serramento [m]	2.00
Af= area del telaio [m²]	0.32
Ag= Area vetro:	1.68
Ft= coefficiente di riduzione dovuto all'area del telaio	0.840
g= trasmittanza solare dell'elemento	0.400
Fc= coeff. riduzione dovuto a tendaggi interni e/o esterni (schermatura mobile liberamente montabile e smontabile)	1.00
Fcp= coeff. riduzione dovuto a tendaggi interni e/o esterni (schermatura mobile permanente)	0.25
Emissività termica del componente trasparente	0.050
La trasmittanza termica U_w è	CALCOLATA SECONDO UNI 10077-1
U_g = trasmittanza termica del componente trasparente	1.200
Telaio:	Telaio metallico
d = parametro geometrico funzione del tipo di configurazione	18.00
U_f = trasmittanza termica del telaio	1.500
L_g = lunghezza perimetrale della superficie vetrata	7.00
Trasmittanza lineare dovuta al distanziatore	0.020
U_w = trasmittanza termica della superficie finestrata	1.318
Tipo di tapparella	
DR = resistenza termica aggiuntiva (tapparelle abbassate)	0.25
U_{ws} = trasmittanza termica (chiusura chiusa)	$1/[(1/U_w)+DR]$ 0.991
$U_{w,corr}$ = trasmittanza termica corretta (finestra+chiusura)	1.122
Premere il pulsante $k_p=U_w$ per impostare il valore della trasmittanza di picco k_p con la trasmittanza del componente finestrato U_w	$k_p = U_w$
Descrizione dello strato vetrato: Superfici vetrate con vetro camera 4-6-4 ($U=3,247$) e telaio ($s = 16\%$) in alluminio con taglio termico da 10mm	

Figura 135: Calcolo della trasmittanza dei nuovi componenti finestrati

Fattori riduzione tenda UNITS 11300-1

Prospetto 14

Posizione

Tipo di Tenda	Assorbimento	Trasmissione	Fc
Veneziane bianche	0,1	0,05	0,25
Veneziane bianche	0,1	0,1	0,30
Veneziane bianche	0,1	0,3	0,45
Tende bianche	0,1	0,5	0,65
Tende bianche	0,1	0,7	0,80
Tende bianche	0,1	0,9	0,95
Tessuti colorati	0,3	0,1	0,42
Tessuti colorati	0,3	0,3	0,57
Tessuti colorati	0,3	0,5	0,77
Tessuti rivestiti di alluminio	0,2	0,05	0,20

Figura 136: Fattori di riduzione per tendaggi interni

Trasmittanza Ug di vetrate doppie e triple (UNI 10077-1 C.2)

Tipo

Vetro

Tipo di gas nell'intercapedine (concentrazione >=90%)

Dimensioni [mm]	Aria	Argon	Krypton	SF6	Xenon
4-6-4	2.50	2.10	1.50	2.00	1.20
4-9-4	2.10	1.70	1.30	2.10	1.10
4-12-4	1.70	1.30	1.10	2.10	1.20
4-15-4	1.40	1.20	1.20	2.20	1.20
4-20-4	1.50	1.20	1.20	2.20	1.20

Conforme al prospetto C.1 UNITS 11300-1

Figura 137: Trasmittanza termica del componente vetrato

5.1.2 Schede sinottiche per la ristrutturazione dell'involucro

Si riportano le schede tecniche di intervento dei nodi di involucro secondo quanto dianzi specificato

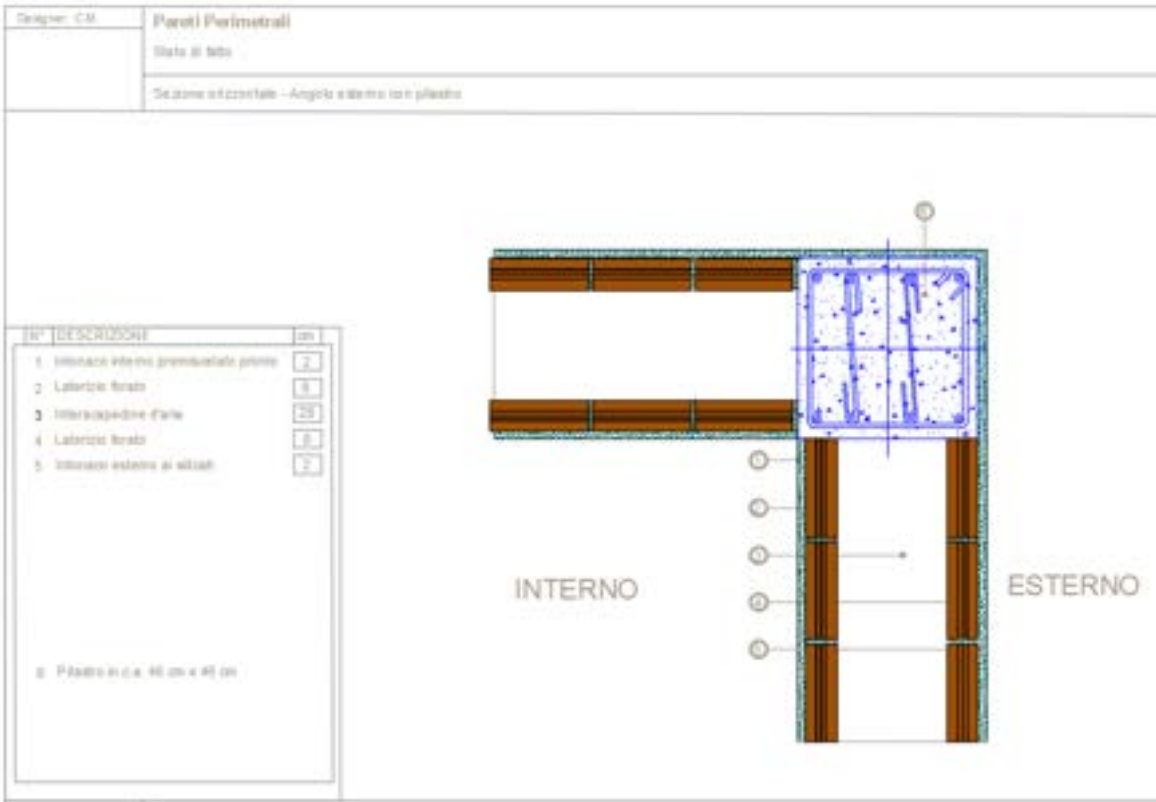


Figura 138: Pareti esterne attuali

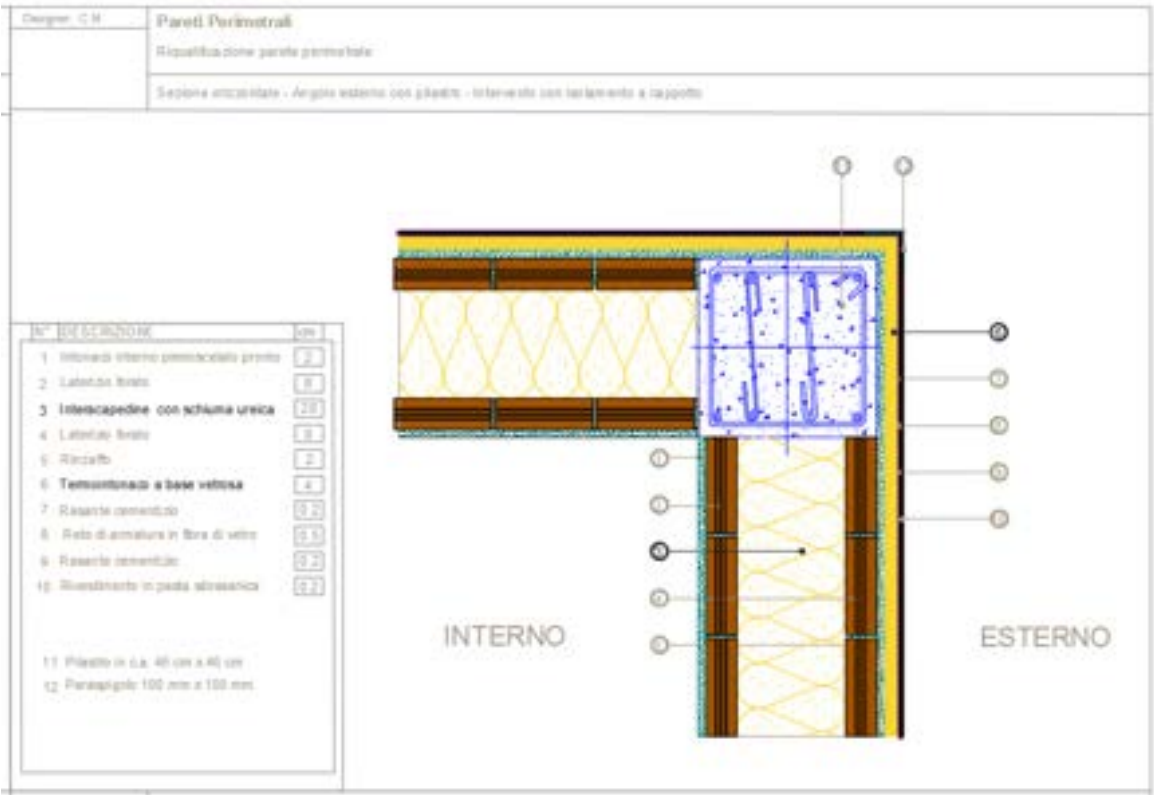


Figura 139: Pareti esterne isolate

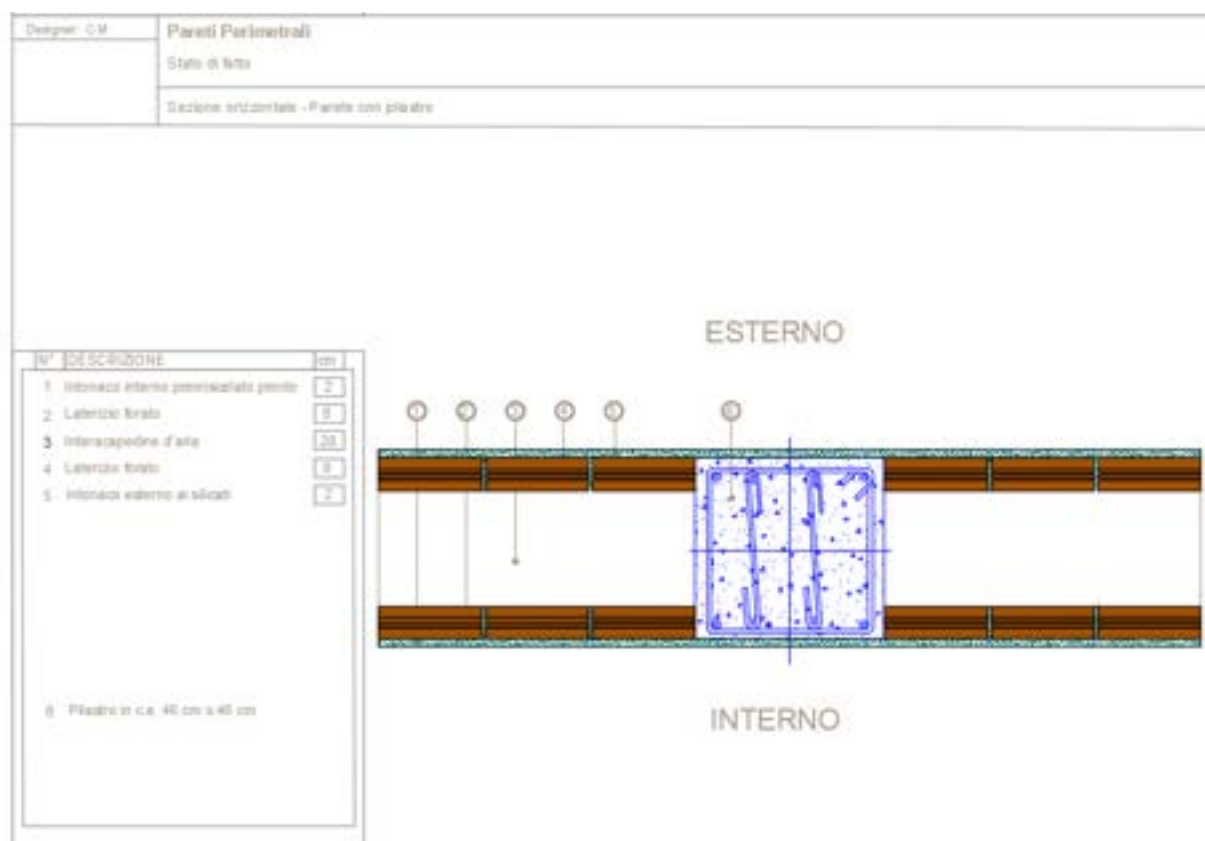


Figura 140: Pareti perimetrali attuali



Figura 141: Pareti perimetrali coibentate

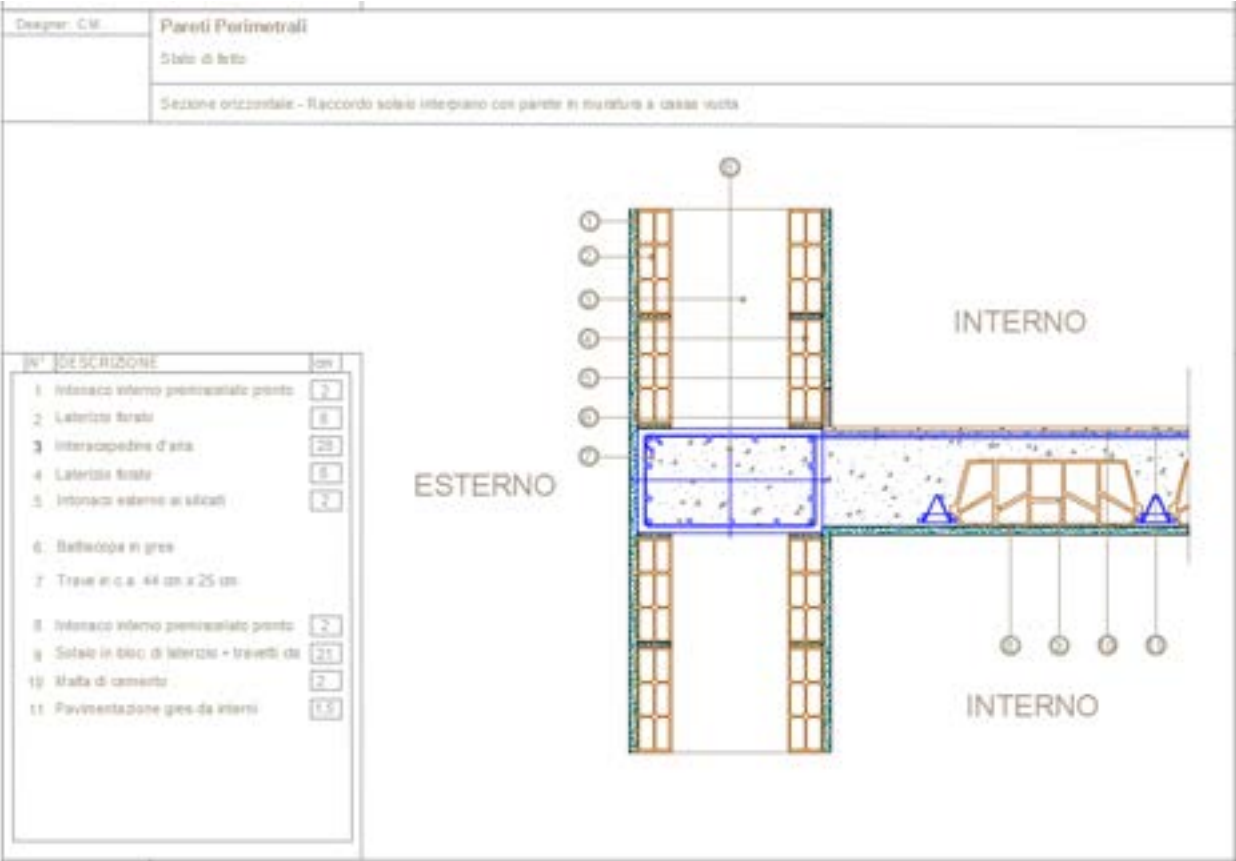


Figura 142: Pareti perimetrali attuali

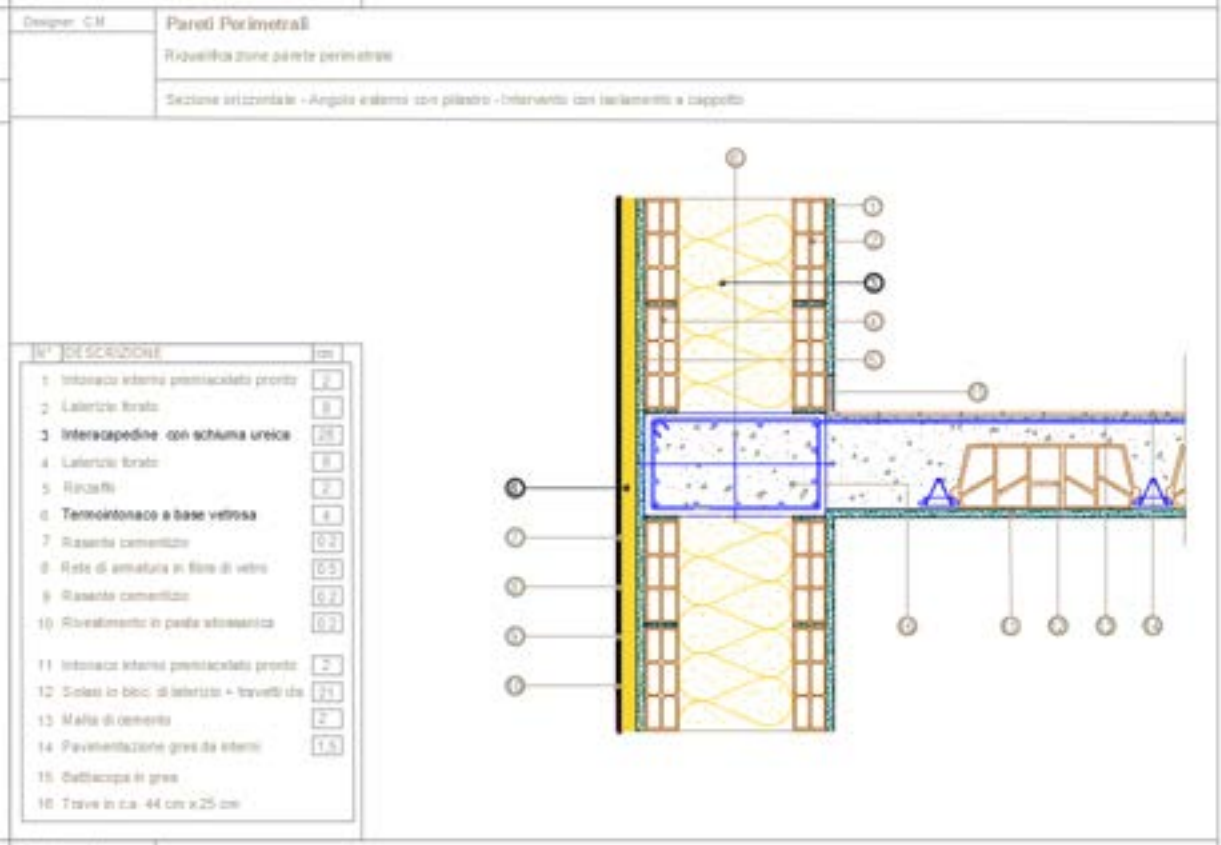


Figura 143: Pareti perimetrali coibentate

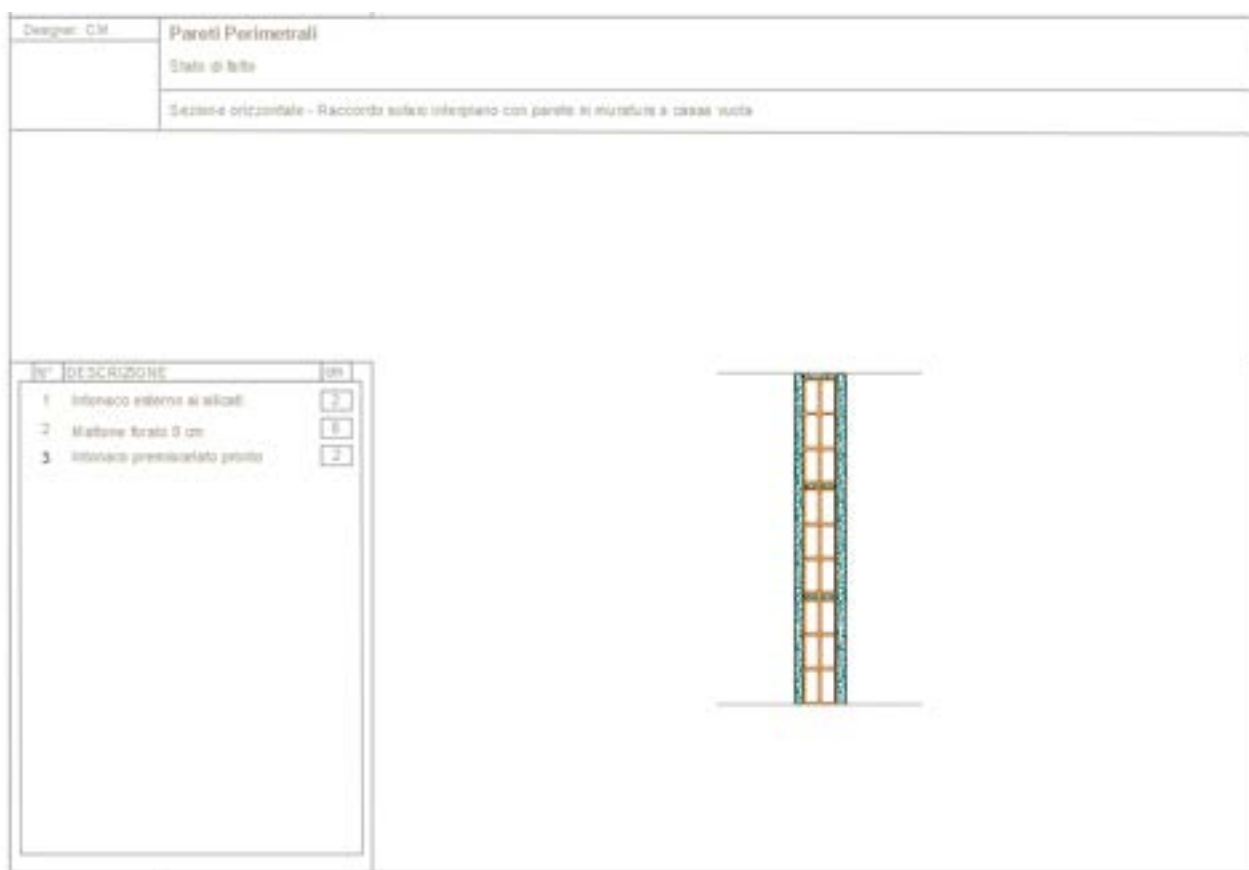


Figura 144: Pareti perimetrali attuali

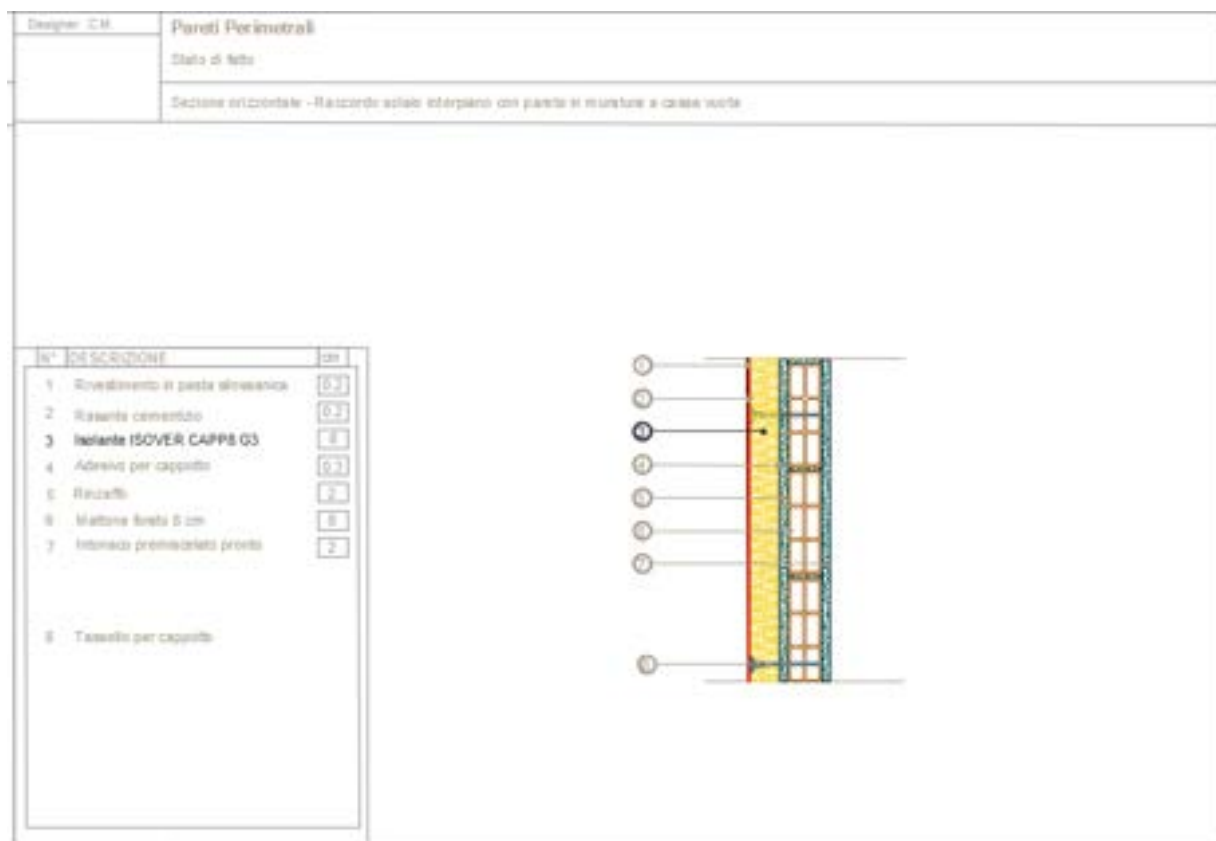


Figura 145: Pareti perimetrali coibentate

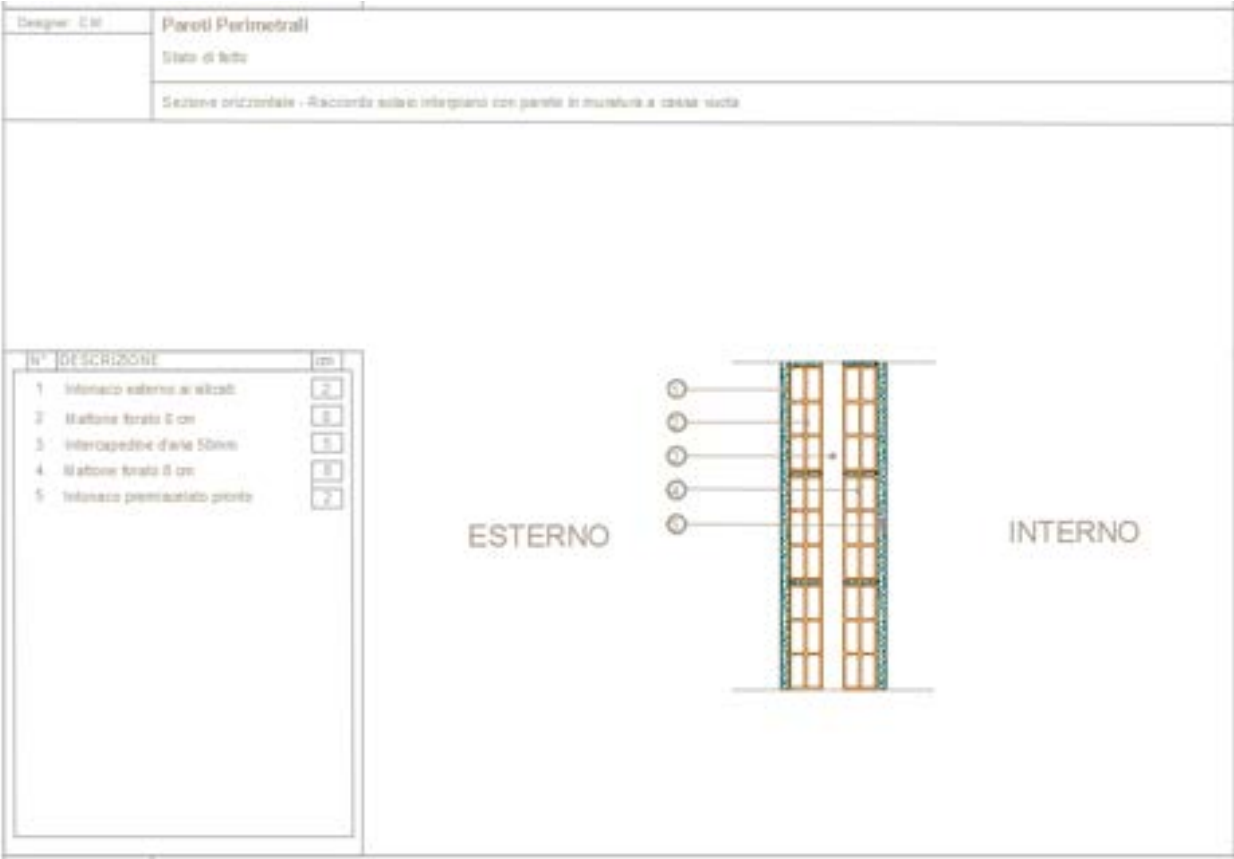


Figura 146: Pareti perimetrali attuali

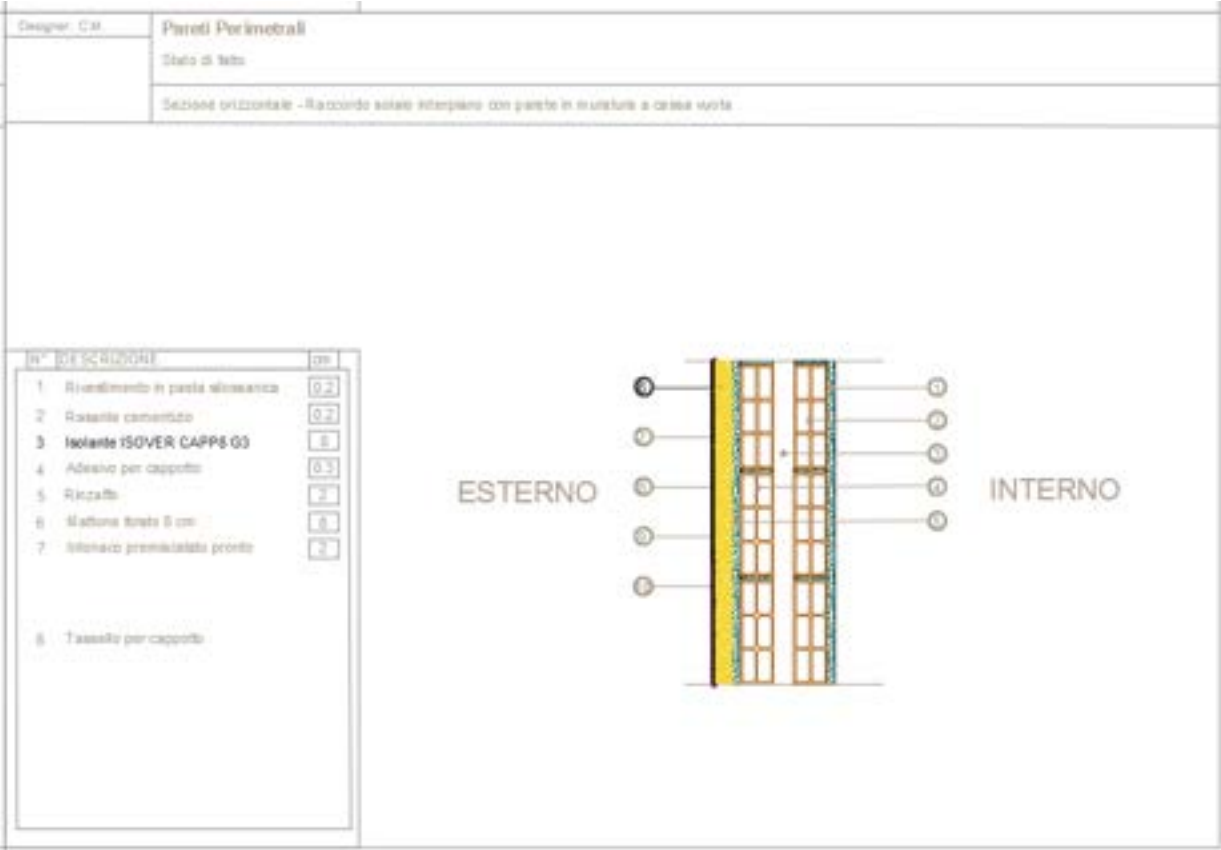


Figura 147: Pareti perimetrali coibentate

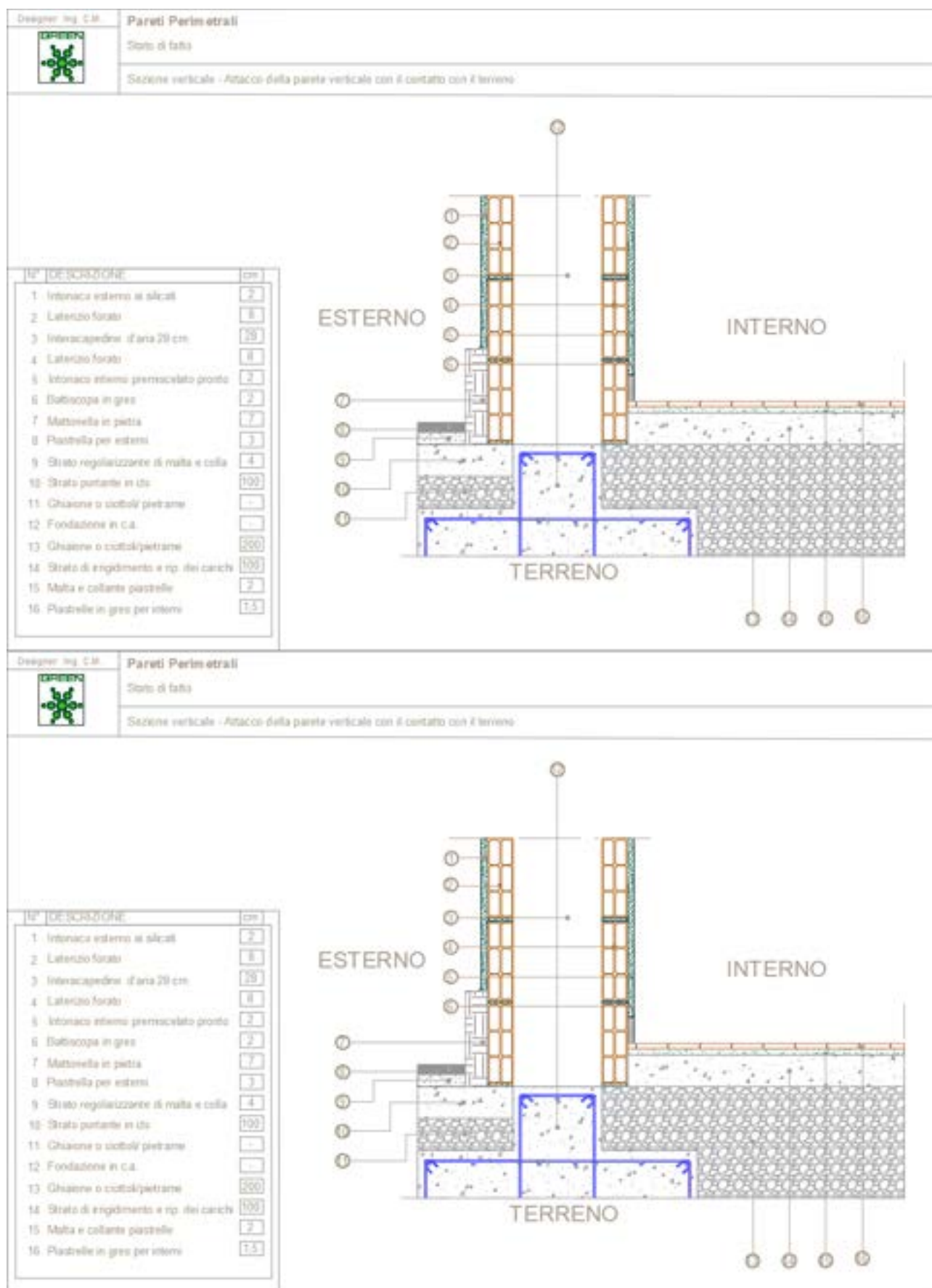


Figura 148: Stratigrafia del pavimento

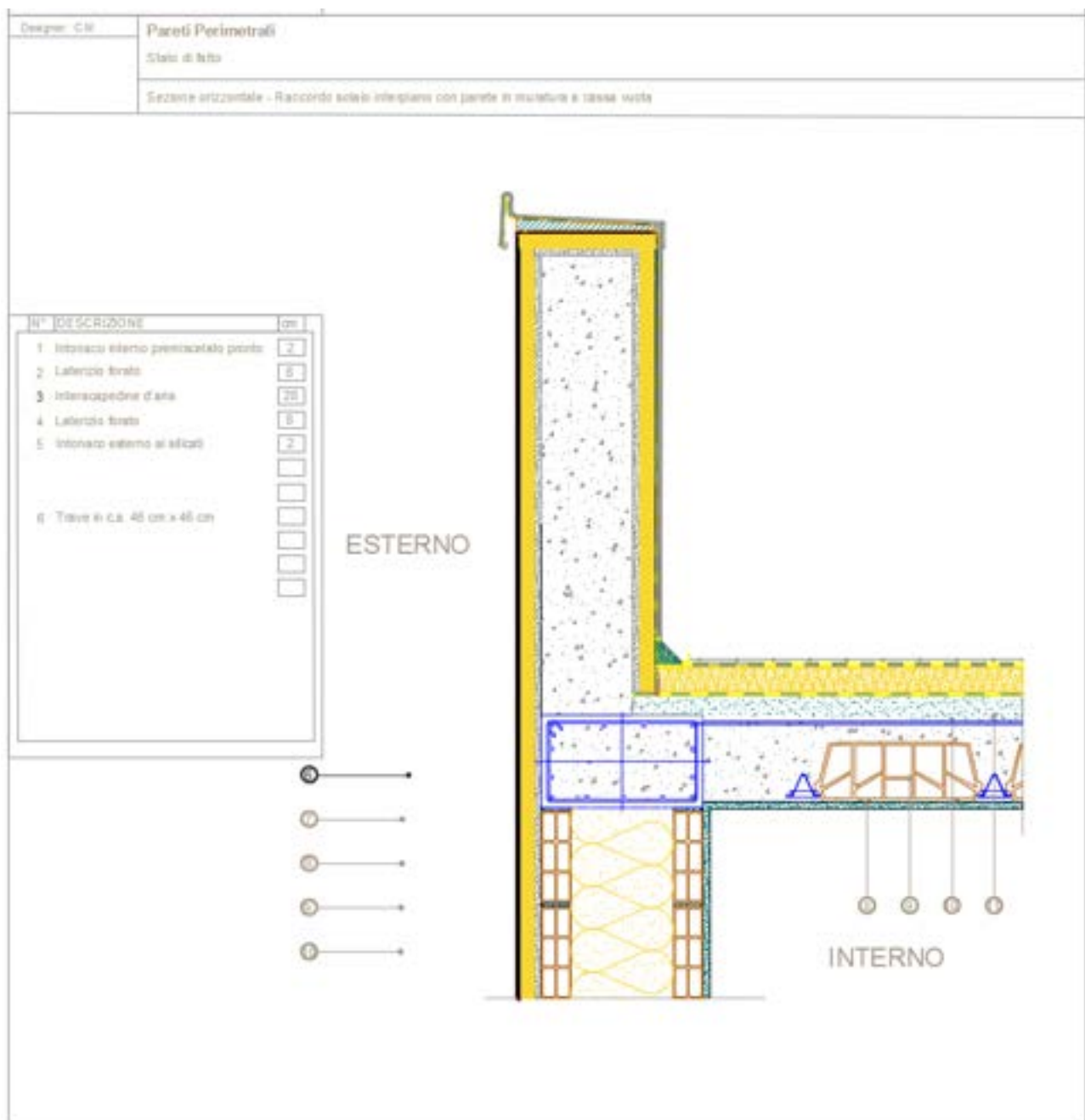


Figura 149: Pareti perimetrali coibentate

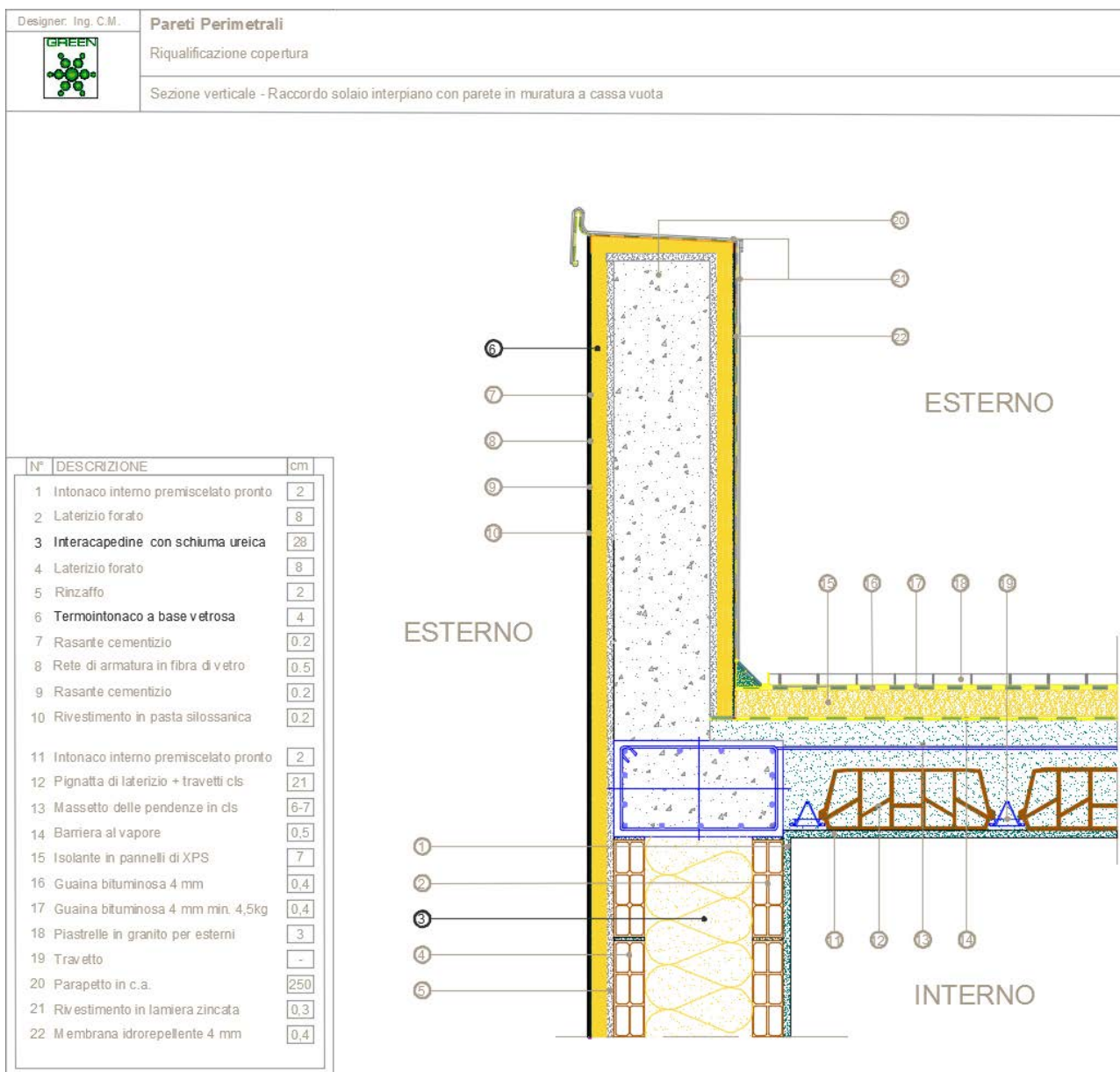


Figura 150: Pareti perimetrali coibentate

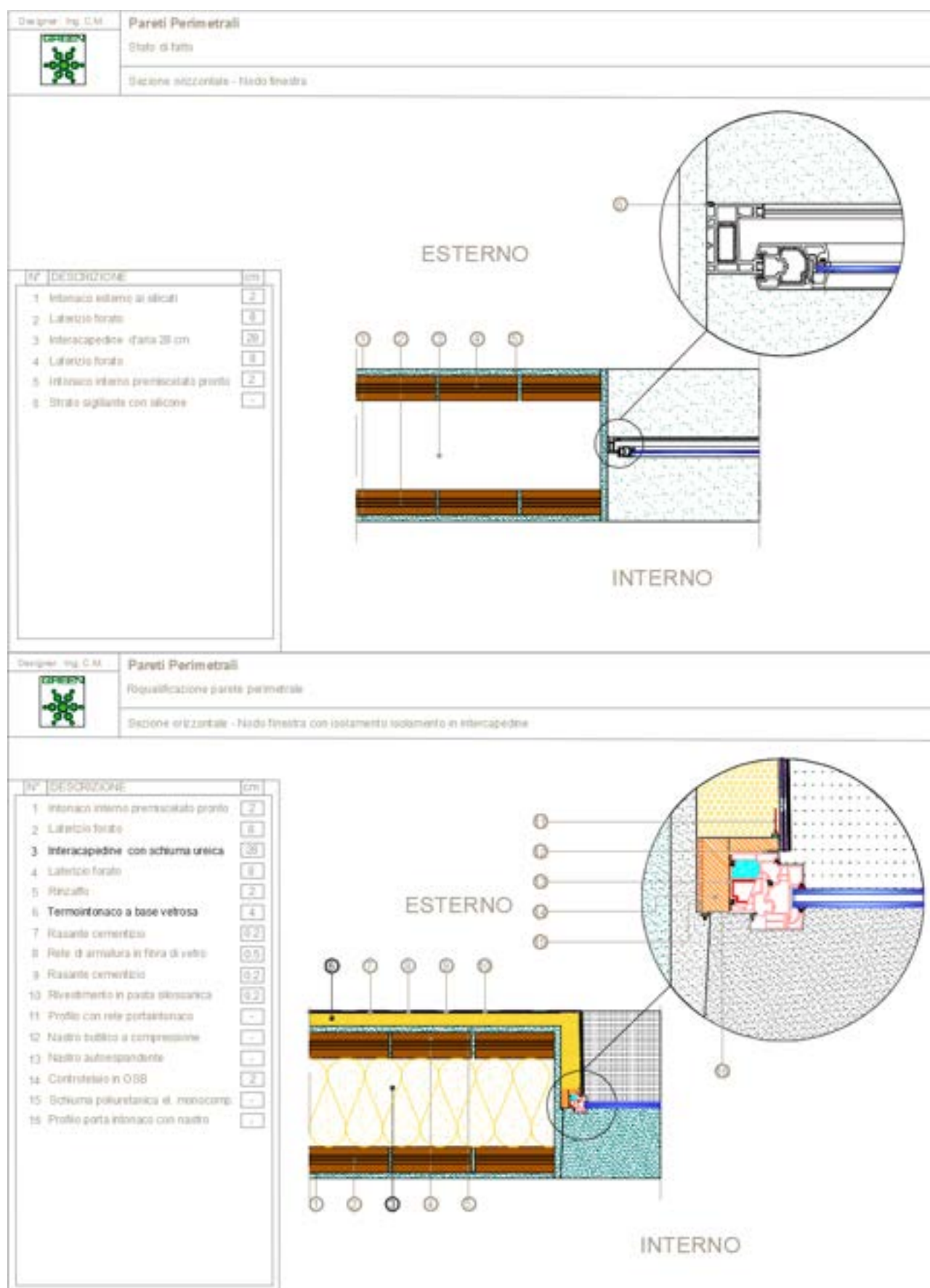


Figura 151: Particolari Infissi

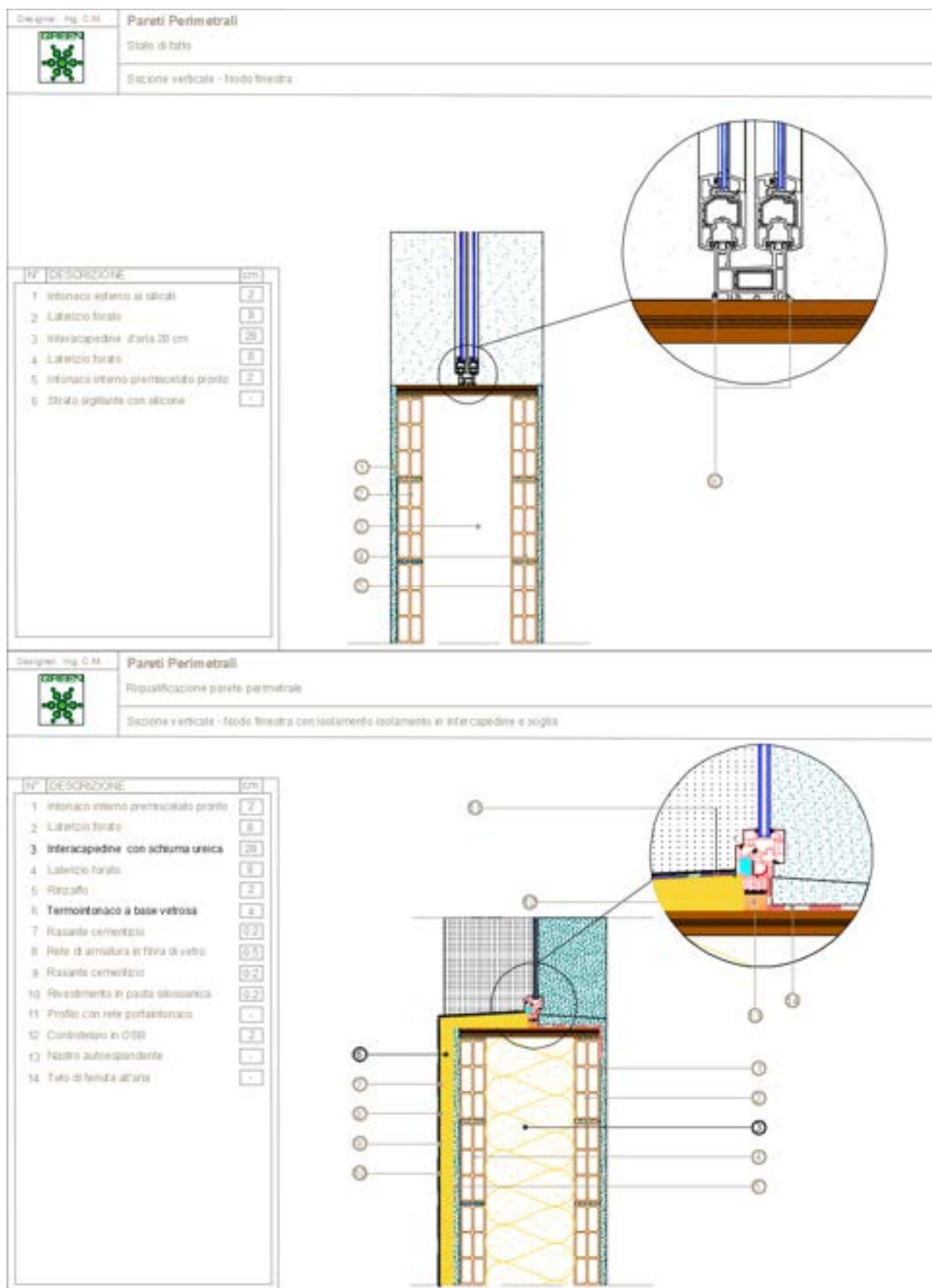


Figura 152: Particolari Infissi

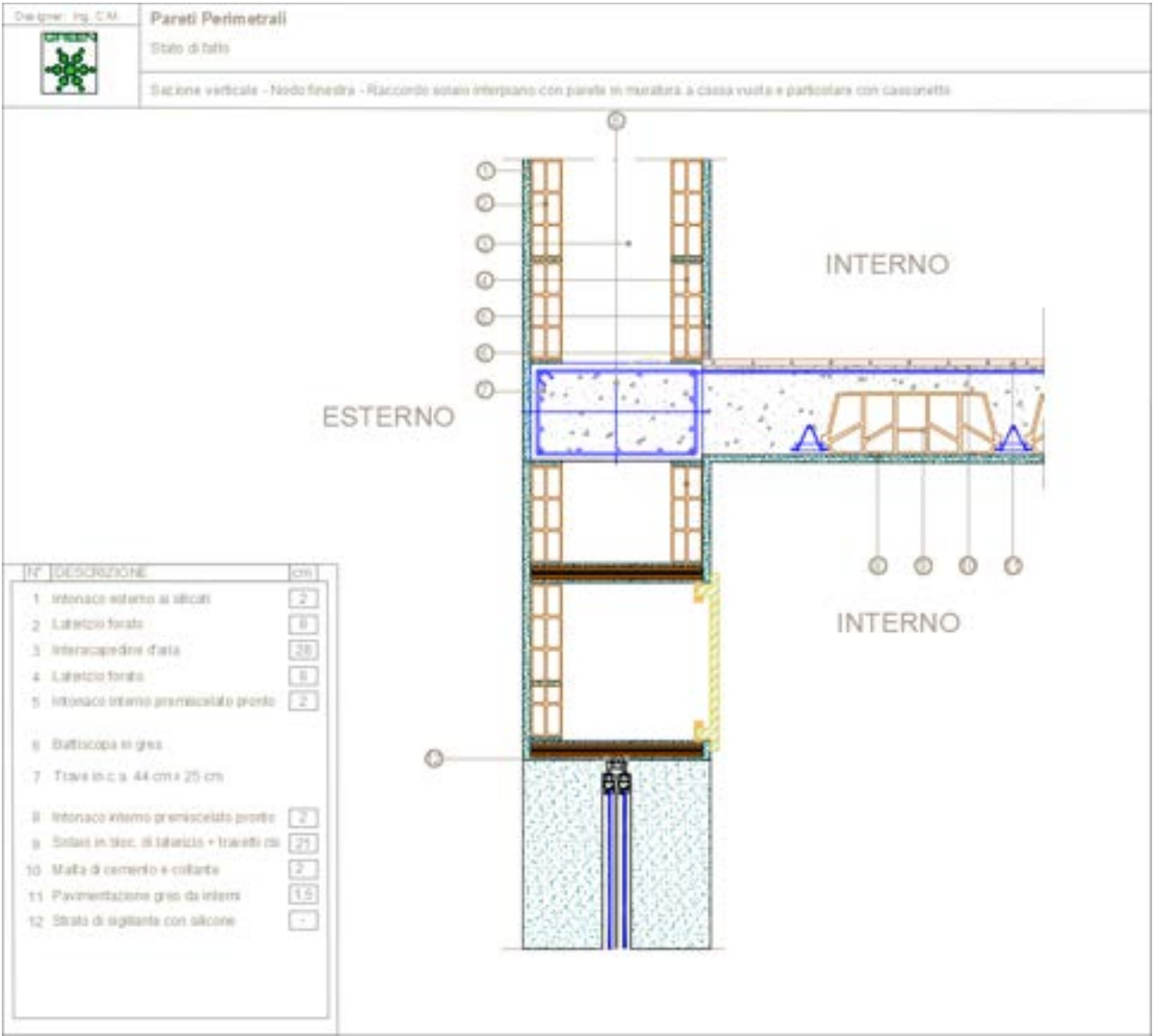


Figura 153: Particolari attacco finestre

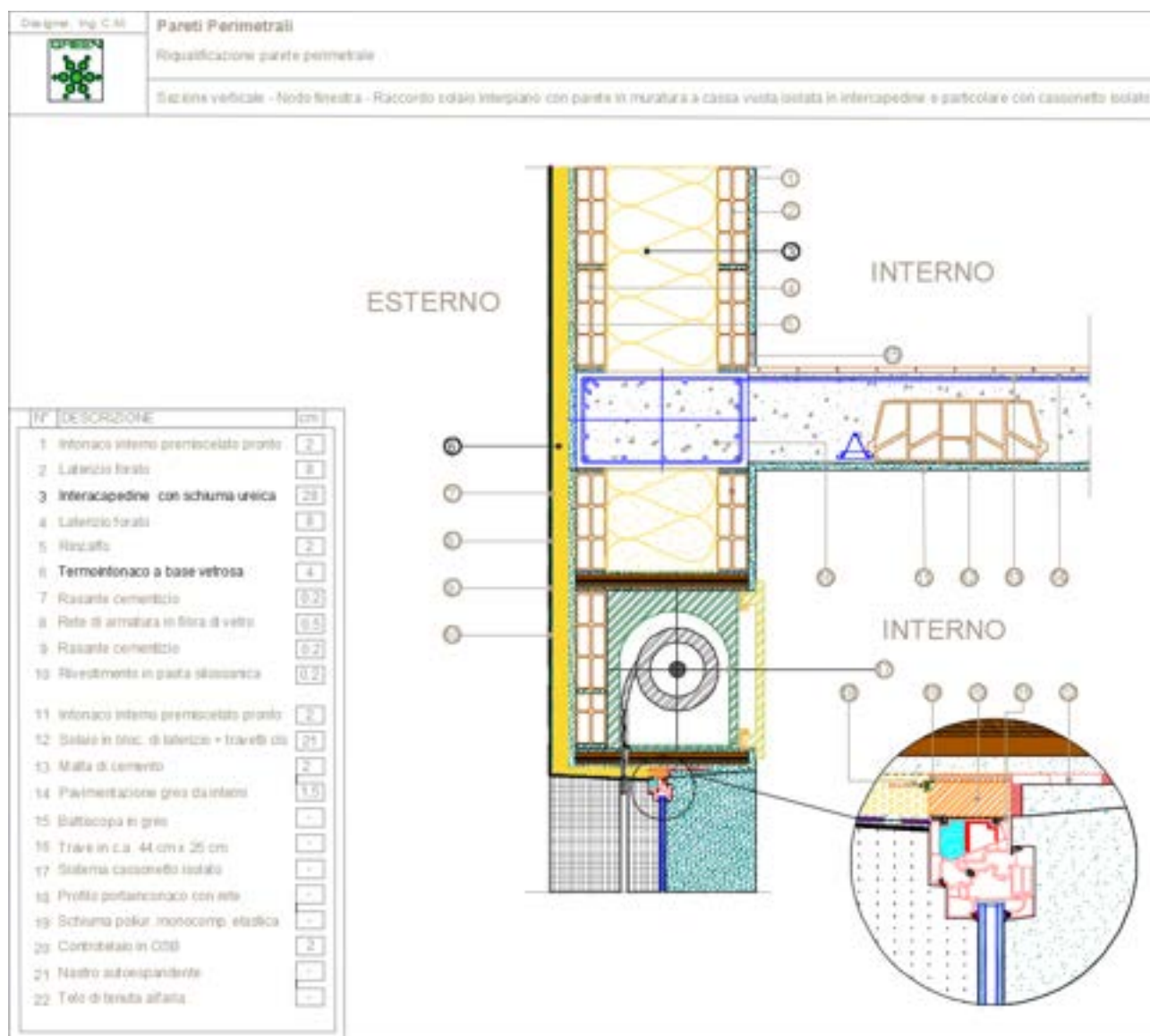


Figura 154: Particolari cassonetto

5.1.3 Interventi sugli impianti

5.1.3.1 Caratteristiche degli impianti esistenti

La centrale termica attuale è posta in un locale autonomo al piano terra, confinante con il box per l'autoclave.

La centrale termica ha una regolare porta di accesso a cielo aperto ed è conforme alle norme tecniche del VV.FF. Il generatore termico attuale è una caldaia a gasolio con potenza al focolare di $P_f = 180.3$ kW e potenza utile $P_u = 163$ kW, efficienza $\eta = 90.04\%$, della BALTUR.



Figura 155: La centrale termica e l'autoclave



Figura 156: Centrale termica in relazione all'edificio

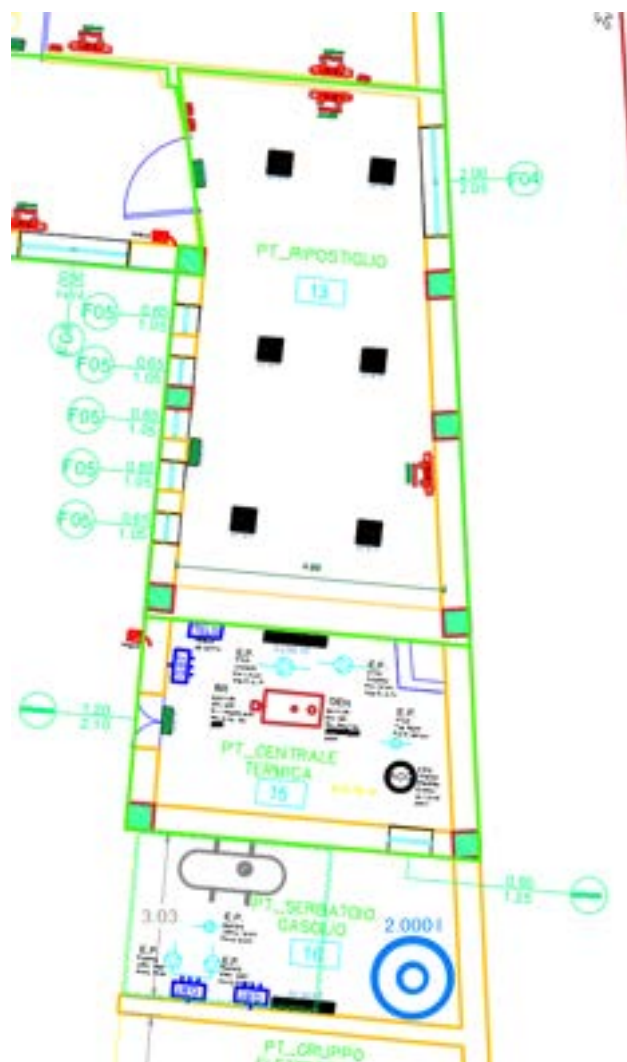


Figura 157: Planimetria dei locali tecnici



Figura 158: Generatore termico

L'impianto di solo riscaldamento utilizza una rete idronica con distribuzione ad anello, per ciascun piano. L'impianto esistente è verosimilmente stato aggiornato in tempi recenti e non risale alla costruzione dell'immobile.

Sono presenti le sonde master e sub master per la regolazione di centrale, già indicate nel paragrafo 2.4. La centralina di regolazione esistente è della TREND modello IQ EXCITE.

E' anche presente la regolazione di ambiente con sonda ambiente per ciascun termoconvettore.

5.1.3.2 Le necessità di Riqualificazione degli impianti

La riqualificazione degli impianti si rende necessaria per soddisfare le richieste del DM 26/06/2015 sui requisiti minimi. In particolare per soddisfare le efficienze η_H , η_W , η_C ove esistente, ed η_g dell'impianto reale rispetto ai valori limiti dell'impianto di riferimento, come indicato nella figura seguente valida per l'intero edificio.

		REQUISITI MINIMI	2019/2021	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Ristrutturazione importante di primo livello						
FABBRICATO				FABBISOGNO ENERGIA				EFFICIENZA IMPIANTI			
	Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica
H'T	0.537	0.630	SI	EPH,nd	22.99	24.60	SI	nH	0.677	0.577	SI
Asol,est/ Asup,utile	0.015	0.040	SI	EPC,nd	25.28	30.75	SI	nC	15.913	10.591	SI
				EPgl,tot	56.52	71.99	SI	nW	0.868	0.666	SI

Figura 159: Verifiche globali dell'edificio ai sensi del DM 26/06/2015

Inoltre per ottenere il requisito richiesto dall'ENEA di edificio **nZEB** occorre soddisfare anche i requisiti posti nel 2019/2021 dal D.Lgs. 28/2011, come illustrato in figura seguente. In particolare occorre utilizzare FER (nel caso specifico collettori solari piani e pannelli fotovoltaici) e ridurre l'energia primaria non rinnovabile utilizzando pompe di calore.

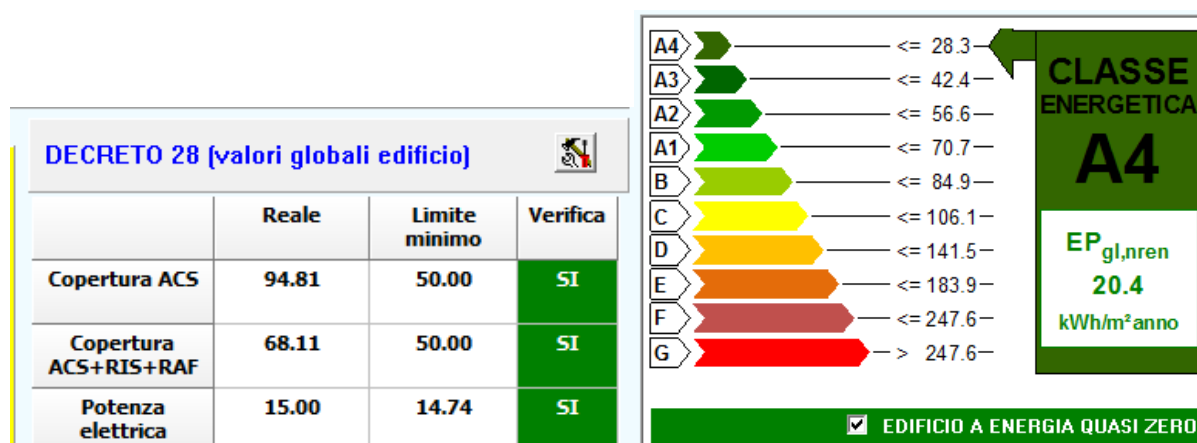


Figura 160: Verifica per l'intero edificio del D.Lgs. 28/2011 e dichiarazione nZEB

Si è pertanto rivisto tutto l'impianto e si propongono le seguenti azioni.

5.1.3.3 Suddivisione su tre centrali termiche

Suddivisione degli impianti su tre centrali termiche corrispondenti alle tre zone termiche nelle quali si è suddiviso l'edificio. Questa scelta consente di differenziare i profili d'uso degli impianti nel seguente modo:

- Zona AULE: profilo d'uso tipico dell'utilizzo di aule scolastiche con orario 8-14 o 8-18 se a doppio turno;
- Zona PRESIDENZA – SEGRETRIE: profilo d'uso tipico per uffici con possibilità di utilizzo pomeridiano e del tutto indipendente dall'utilizzo delle AULE;
- Zona ALLOGGIO CUSTODE: profilo d'uso tipico per uso residenziale.

Inoltre le centrali termiche differenziate possono avere servizi diversi e in particolare:

- Zona AULE: C, W, V;
- Zona PRESIDENZA – SEGRETRIE: H, C, W, V;
- Zona ALLOGGIO CUSTODE: H, C, W

Le verifiche termiche richieste dal DM 26/06/2015 sono state effettuate secondo queste indicazioni. Si veda il capitolo 4.7. Di seguito si riportano le verifiche DM 26/06/2015 per le tre centrali termiche.

		REQUISITI MINIMI	2019/2021	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Ristrutturazione importante di primo livello						
FABBRICATO				FABBISOGNO ENERGIA			EFFICIENZA IMPIANTI				
	Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica
H'T	0.549	0.630	SI	EPH,nd	23.02	24.38	SI	nH	0.675	0.577	SI
Asol,est/ Asup,utile	0.014	0.040	SI	EPC,nd	24.08	28.95	SI	nC	-	-	-
				EPgl,tot	58.54	69.76	SI	nW	0.883	0.668	SI

Figura 161: Verifiche energetiche della centrale per AULE

		REQUISITI MINIMI	2019/2021	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Ristrutturazione importante di primo livello						
FABBRICATO				FABBISOGNO ENERGIA			EFFICIENZA IMPIANTI				
	Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica
H'T	0.477	0.630	SI	EPH,nd	25.85	28.97	SI	nH	0.700	0.574	SI
Asol,est/ Asup,utile	0.023	0.040	SI	EPC,nd	30.66	38.50	SI	nC	2.907	1.929	SI
				EPgl,tot	52.95	91.65	SI	nW	0.739	0.700	SI

Figura 162: Verifiche energetiche della centrale per PRESIDENZA – SEGRETERIE

		REQUISITI MINIMI	2019/2021	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Ristrutturazione importante di primo livello						
FABBRICATO				FABBISOGNO ENERGIA				EFFICIENZA IMPIANTI			
	Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica		Reale	Limite	Verifica
H'T	0.562	0.630	SI	EPH,nd	13.03	15.19	SI	nH	0.658	0.633	SI
Asol,est/ Asup,utile	0.016	0.030	SI	EPC,nd	33.90	44.88	SI	nC	2.800	2.381	SI
				EPgl,tot	23.71	56.22	SI	nW	0.869	0.583	SI

Figura 163: Verifiche energetiche della centrale per ALLOGGIO CUSTODE

Al fine di ridurre il costo dell'intervento si prevedono le seguenti azioni:

- Zona AULE: Rifacimento della Centrale termica e degli impianti
- Zona PRESIDENZA – SEGRETERIE: Mantenimento degli attuali impianti;
- Zona ALLOGGIO CUSTODE: Mantenimento degli attuali impianti

Gli interventi per le due zone che mantengono gli impianti attuali saranno limitati solo alla verifica della regolazione in modo da adeguare le potenze fornite alle nuove esigenze delle zone termiche.

5.1.3.4 Riduzione dell'Energia non rinnovabile ed utilizzo di FER

Le caldaie tradizionali a gasolio hanno fattori di energia primaria sfavorevoli, vedi Tabella 28. Si ha $f_{p,nren}=1.07$ e quindi le caldaie a gasolio sono penalizzate fortemente non potendosi avere energia non rinnovabile. Questo comporta la necessità di incrementare le FER oltre le possibilità offerte dal sito.

Si è pertanto pensato di utilizzare le pompe di calore che, giusto D.Lgs. 28/2011, possono fornire energia rinnovabili pari all'aliquota prelevata dall'ambiente esterno.

Di fatto si sono indicate due pompe di calore così suddivise:

- Zona AULE: PdC da 45 kW con COP = 4.50;
- Zona PRESIDENZA – SEGRETERIE: PdC da 5 kW con COP 5.5.

Per la Zona ALLOGGIO CUSTODE si è dovuto selezionare una caldaia a gas per le idiosincrasie delle norme vigenti (UNI TS 11300/1 e 2 e D.Lgs. 28/2011).

Per le FER si sono ipotizzati:

- Collettori solari termici per ACS: 25 m²;
- Pannelli fotovoltaici in silicio monocristallino: 100 m².

Questi collettori saranno posti nell'ampia terrazza pienamente disponibile e non ostruita da edifici vicini.

In conseguenza di queste scelte i bilanci energetici globali per l'edificio sono sintetizzati in Tabella 29.

Vettore energetico	$f_{p,ren}$	$f_{p,ren}$	$f_{p,tot}$
Gas naturale ⁽¹⁾	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e Olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide ⁽²⁾	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose ⁽²⁾	0,40	0,60	1,00
Energia elettrica da rete ⁽³⁾	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento ⁽⁴⁾	1,5	0	1,5
Rifiuti solidi urbani	0,2	0,2	0,4
Teleraffrescamento ⁽⁴⁾	0,5	0	0,5
Energia termica da collettori solari ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, Mini-eolico e mini-idraulico ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – free cooling ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – pompa di calore ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00

⁽¹⁾ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.
⁽²⁾ Come definite dall'allegato X del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
⁽³⁾ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.
⁽⁴⁾ Fattore assunto in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza, conformemente al quanto previsto al paragrafo 3.2.
⁽⁵⁾ Valori convenzionali funzionali al sistema di calcolo.

Tabella 28: Fattori di energia primaria del DM 26/06/2015

	UM	H	W	C	V	L	T	GLOBALI
EPrinnovabile	kWh	27356	9920	57	0	11359	0	48692
EPnon rinnovabile	kWh	14915	543	2025	0	9971	0	27453
EPtotale	kWh	42270	10463	2082	0	21330	0	76145
QR	%	64.7	94.8	2.8	0.0	53.3	0.0	63.9

Tabella 29: Bilancio energetico per l'intero edificio



Tabella 30: Serbatoio di gasolio non interrato

L'aliquota di energia rinnovabile risulta elevata per il servizio di riscaldamento e per ACS. Per il condizionamento si ha QR=2.8 anche in considerazione del fatto che sole le centrali per PRESIDENZA - SEGRETERIE e per ALLOGGIO CUSTODE hanno il condizionamento e quindi la loro incidenza sulle verifiche energetiche globali è piccola.

L'utilizzo delle PdC consente, inoltre, di eliminare il serbatoio di gasolio potenzialmente pericoloso, vedi figura seguente, e la canna fumaria.



Figura 164: Canna fumaria

5.1.3.5 Nuovi componenti di impianto

Le necessità di riqualificazione impiantistica sono dettate, come detto in precedenza. Sia dalla riduzione dei carichi termici per effetto degli interventi sull'involucro edilizio sia per la necessità di utilizzare pompe di calore per ottenere una parte di energia rinnovabile sia per la necessità di adeguamento al DM 12/75 sulle scuole e in particolare per adeguare la portata di ventilazione a 2.5 Vol/h.

Ne consegue che occorre ristrutturare in toto gli impianti, dalla centrale termica alle rete di distribuzione (sia idroniche che, ora, anche aerauliche) sia per i terminali negli ambienti.

L'impianto che si propone per le AULE è di tipo misto, ad aria primaria e fan coil. L'aria primaria dovrà provvedere principalmente alle ventilazione delle aule e, al tempo stesso, ad una umidificazione dell'aria fisiologica in modo da evitare gli effetti di essiccamento dovuti all'impianto di riscaldamento.

Gli impianti per PRESIDENZA – SEGRETERIA e per l'ALLOGGIO CUSTODE restano invariati.

Si vedranno nel prosieguo i singoli componenti di impianto.

5.1.3.6 Pompa di Calore per la Zona AULE

La potenza totale (aria primaria e fan coil) richiesta è data nella seguente tabella e risulta pari a **95 kW**. Si seleziona una PdC tipo AERMEC NRK-HA modello 0500 le cui caratteristiche di targa sono date nelle seguenti tabelle caratteristiche.

	POTENZA FAN COIL			POTENZA ARIA PRIMARIA	
	Piano Terra	Primo Piano		Piano Terra	Primo Piano
	Q _{FC Rich} (W)	Q _{FC Rich} (W)		Q _{vent.} (W)	Q _{vent.} (W)
	1255	2348		879	1635
	1123	2293		838	1635
	2165	2280		1627	1627
	2165	2293		1627	1635
	1260	2280		960	1627
	1020	2265		748	1627
	1148	1183		854	691
	1148	1653		854	1049
	2198	4030		1668	6020
	2323	1950		1733	895
	4138	1935		3295	895
	3510			6671	
	1473			838	
	1978			1554	
Totale	26900	24508	Totale	24145	19337
Totale Impianto AULE			94889	W	

Tabella 31: Riepilogo dei carichi termici di riscaldamento

NRK - HE			0200	0280	0300	0330	0350	0500	0550	0600	0650	0700
17°C / 7°C	Potenza frigorifera	(1) kW	35,5	50,3	59,3	66,0	74,2	87,2	99,6	114,3	130,5	145,0
	Potenza assorbita	(1) kW	11,7	17,5	19,6	22,4	27,7	32,5	38,1	45,8	49,5	58,1
	EER	(1)	3,03	2,88	3,03	2,95	2,68	2,68	2,61	2,49	2,64	2,50
	ESFER	(1)	3,61	3,52	3,62	3,54	3,47	3,54	3,51	3,42	3,49	3,40
	Classe Eurovent a freddo	(1)	B	C	B	B	D	D	D	E	D	E
	Portata d'acqua	(1) l/h	6128	8666	10231	11374	12796	15028	17167	19705	22503	25022
40°C / 45°C	Perdite di carico	(1) kPa	18	17	23	19	22	25	30	27	32	41
	Potenza termica	(2) kW	42,31	59,82	69,56	78,40	88,1	104,1	119,3	136,9	156,0	175,0
	Potenza assorbita	(2) kW	12,12	17,13	19,98	22,53	25,5	30,3	34,8	39,9	45,6	51,7
	COP	(2)	3,49	3,49	3,48	3,48	3,45	3,44	3,43	3,43	3,42	3,38
	Classe Eurovent a caldo	(2)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Portata d'acqua	(2) l/h	7120	10357	12034	13571	15239	18013	20606	23684	26993	30260
	Perdite di carico	(2) kPa	25	23	32	27	31	35	44	39	46	59
	Prestazioni in condizioni climatiche medie (Average)											
	Pdesignh	(3)	44	62	70	/	/	/	/	/	/	/
	SCOP	(3)	3,08	3,03	3,00	/	/	/	/	/	/	/
	ηs	(3)	120	118	117	/	/	/	/	/	/	/
	Classe Efficienza Energetica	(5)	A+	A+	A+	/	/	/	/	/	/	/
	Pdesignh	(4)	42	58	67	80	89	106	121	137	157	178
	SCOP	(4)	3,88	3,75	3,70	3,03	2,88	2,90	3,03	3,03	2,93	2,90
	ηs	(4)	152	147	145	118	112	113	118	118	114	113
	Classe Efficienza Energetica	(5)	A++	A+	A+	/	/	/	/	/	/	/

Tabella 32: Data Sheet per la PdC

		0200	0280	0300	0330	0350	0500	0550	0600	0650	0700
Dati elettrici											
Corrente assorbita totale a freddo	HA (6) A	/	/	/	/	55	61	66	72	86	107
Corrente assorbita totale a caldo	HA (6) A	/	/	/	/	54	59	64	70	85	106
Corrente assorbita totale a freddo	HE (6) A	28	38	42	49	60	67	73	80	95	119
Corrente assorbita totale a caldo	HE (6) A	24	34	38	44	54	59	64	70	85	106
Corrente massima (FLA)	HE (6) A	40	49	61	74	75	85	94	114	144	147
Corrente di spunto (LRA)	HE (6) A	124	146	175	215	216	226	191	228	285	288
Compressori Scroll											
Compressori / Circuito	n°	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	3/2	4/2	4/2	4/2	4/2
Gas refrigerante	Tipo	R410A									
Scambiatore lato impianto											
Scambiatore	Tipo/ m²	Piastre/1									
Attacchi idraulici (In/Out)	Ø	2"½	2"½	2"½	2"½	2"½	2"½	2"½	2"½	2"½	3"
Ventilatori assiali											
Ventilatori	HA Tipo/ m³	/	/	/	/	std/2	std/2	std/2	std/2	std/3	std/3
Portata d'aria a freddo	HA m³/h	/	/	/	/	37000	37000	36500	36500	58000	48000
Ventilatori	HE Tipo/ m³	Inverter/4	Inverter/6	Inverter/8	Inverter/8	std/2	std/2	std/2	std/2	std/3	std/3
Portata d'aria a freddo	HE m³/h	20000	26000	26000	26000	20200	21100	21400	22400	31900	34600
Dati sonori											
Livello di potenza sonora	HA dB(A)	/	/	/	/	50	50	50	51	53	53
Livello di pressione sonora	HA dB(A)	/	/	/	/	82	82	82	83	85	85
Livello di potenza sonora	HE dB(A)	42	42	43	43	42	42	42	43	45	45
Livello di pressione sonora	HE dB(A)	74	74	75	75	74	74	74	75	77	77

Tabella 33: Dati elettrici della PdC

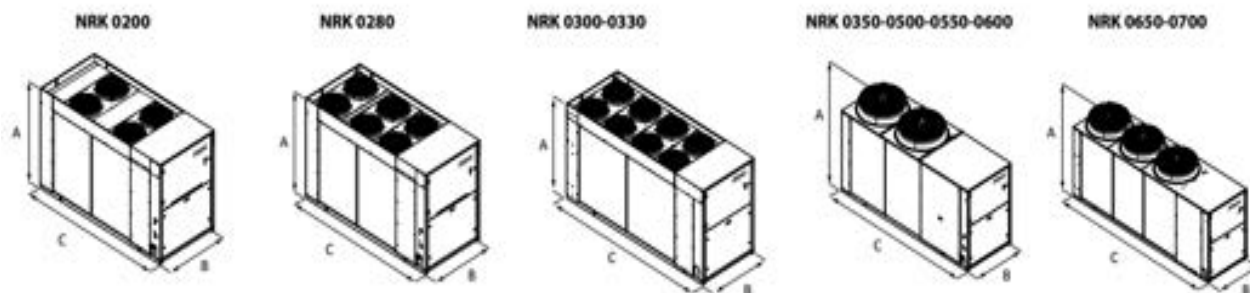


Figura 165: La PdC Aria – acqua

Lo SCOOP, pari a 2.9, è calcolato per le condizioni climatiche AVERAGE mentre Catania ricade nella zona climatica WARMER per cui il valore da prendere in considerazione è mediamente del 37% più elevato e pari a 3.99.

La temperatura di mandata dell'acqua è di 45 °C con $\Delta T=5$ °C.

La potenza elettrica assorbita è pari a 34.8 kW.



NRK		Vers.		0200	0280	0300	0330	0350	0500	0550	0600	0650	0700
Altezza	(mm)	A	tutte	1606	1606	1606	1606	1875	1875	1875	1875	1875	1875
Larghezza	(mm)	B	tutte	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Profondità	(mm)	C	tutte	2700	2700	3250	3250	3330	3330	3330	3330	4330	4330
Peso a vuoto	(kg)			804	876	960	967	1118	1264	1325	1367	1562	1597

Tabella 34: Dimensioni della PdC

5.1.3.7 Verifica con il Metodo BIN

Per la pompa di calore indicata è stato applicato il metodo BIB, ai sensi della UNI TS 11300:4:2016, per verificarne la copertura. A tale scopo si è predisposto un foglio elettronico con i dati statistici di Catania- I risultati, per il solo riscaldamento, sono riportati nelle seguenti tabelle.

Tipo di impianto	
Selezionare tipo di pompa di calore	A compressione di vapore ▼ Solo azionamento elettrico
Selezionare tipo di sorgente fredda	Aria ▼
Scegliere tipo di servizio da fornire	Riscaldamento ▼

Tabella 35: Dati generali della pompa di calore

Fabbisogni riscaldamento da default	SELEZIONATO	
Grado di isolamento edificio	Edificio Passivo ▼	20 [kWh/mq anno]
Superficie utile [mq]	1260	Calcola fabbisogno

Tabella 36: Dati per l'edificio

SELEZIONATO	Sorgente fredda (aria esterna)
Selezionare città	Catania ▼

Tabella 37: Selezione del clima

Dati prestazionali								
	-7 °C	2 °C	7 °C	12 °C				
COP	2,6	3	3,2	3,67				
	-7 °C	2 °C	7 °C	12 °C				
Potenza termica [kW]	45	48	50	52				

Tabella 38: COP e Potenze della PdC

RISCALDAMENTO										SELEZIONATO			
Fabbisogno energia termica richiesta per riscaldamento													
Mese	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	totale anno
[kWh/mese]	6.456,20	5.831,40	6.456,20	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	6.456,20	25.200,00
Energia termica prodotta per riscaldamento													
Mese	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	totale anno
[kWh/mese]	6.456,20	5.831,40	6.456,20	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	6.456,20	25.200,00
Energia richiesta per riscaldamento (consumo)													
Mese	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	totale anno
[kWh/mese]	2.883,15	2.633,99	2.874,18	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	2.886,26	11.277,57
COPERTURA FABBISOGNO TOTALE	100%	100%	100%	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	100%	
COPERTURA FABBISOGNO	NON NECESSITA' INTEGRAZIONE TERMICA	NON NECESSITA' INTEGRAZIONE TERMICA	NON NECESSITA' INTEGRAZIONE TERMICA	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	no riscald. (zona B)	NON NECESSITA' INTEGRAZIONE TERMICA	

Tabella 39: Bilancio energetico col metodo BIN

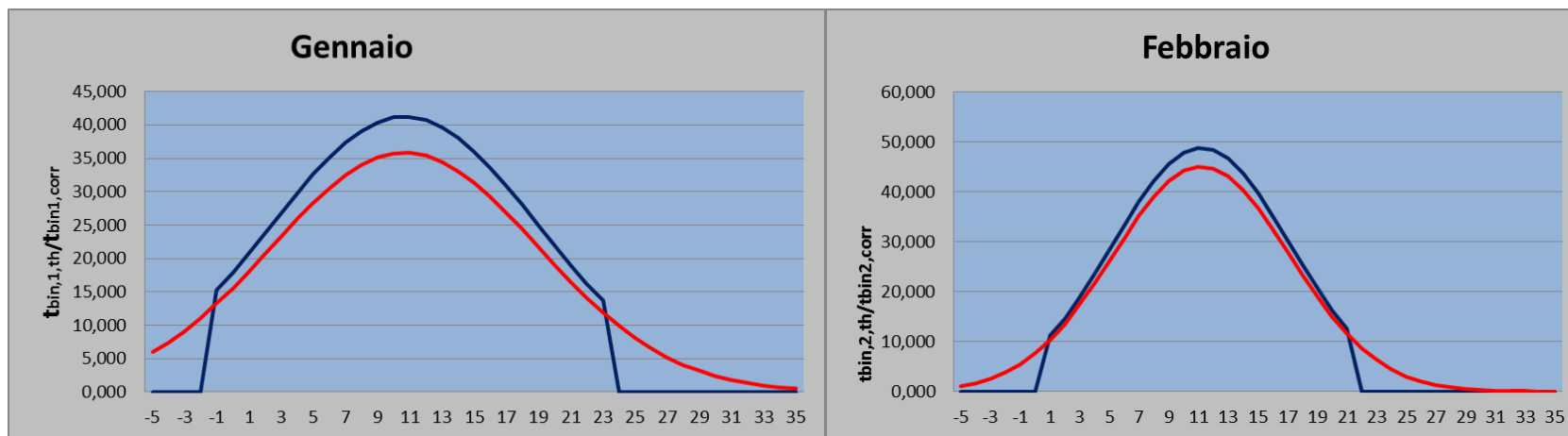


Figura 166: Andamento temperature per Gennaio e Febbraio

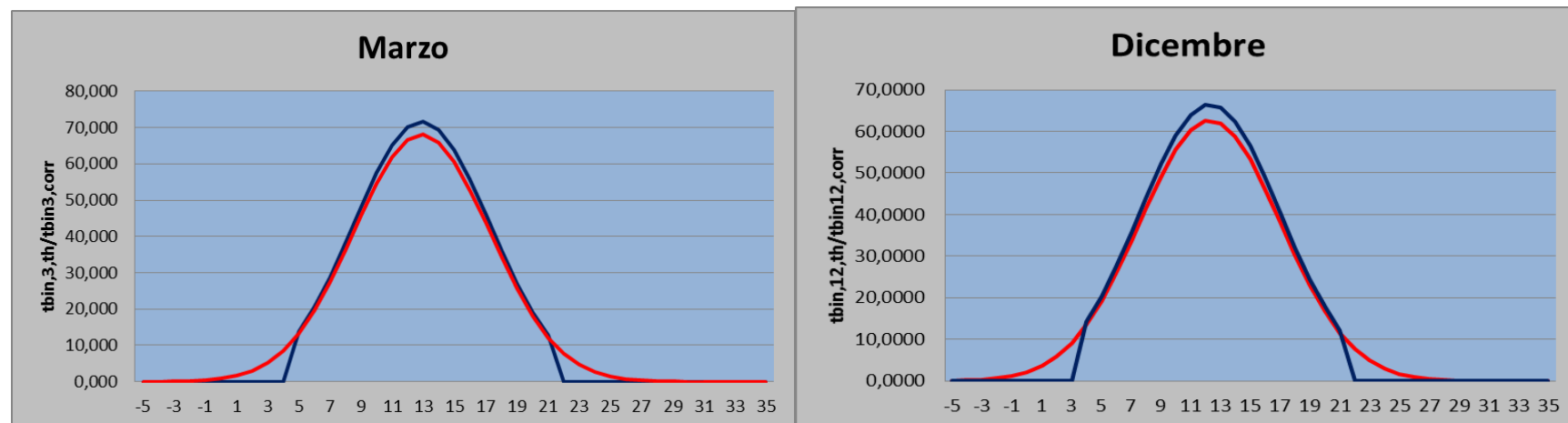


Figura 167: Andamento temperature per Marzo e Dicembre

5.1.3.8 Ventilazione Meccanica della Scuola Livio Tempesta

Oltre ai problemi legati alla riduzione dei consumi energetici ai sensi del DM 26/06/2015 occorre intervenire sugli impianti esistenti per l'adeguamento al DM dicembre 1975 sugli edifici scolastici. Infatti, come già indicato in precedenza, occorre del tutto inserire un impianto di Ventilazione Meccanica che assicuri un ricambio nelle aule pari a 2.5 vol/ora.

La ventilazione sarà assicurata da due UTA da 4000 m³/h per il Piano Terra e da 3800 m³/h per il Primo Piano che forniranno l'aria primaria per le condizioni invernali.

Per le due UTA di aria primaria si ha la seguente tabella riepilogativa:

UTA	Potenza di riscaldamento (kW)	Potenza per produzione di valore (kW)
UTA Piano Terra	44	25
Uta Primo Piano	42	24

Tabella 40: Riepilogo Carichi termici per le UTA di Aria Primaria

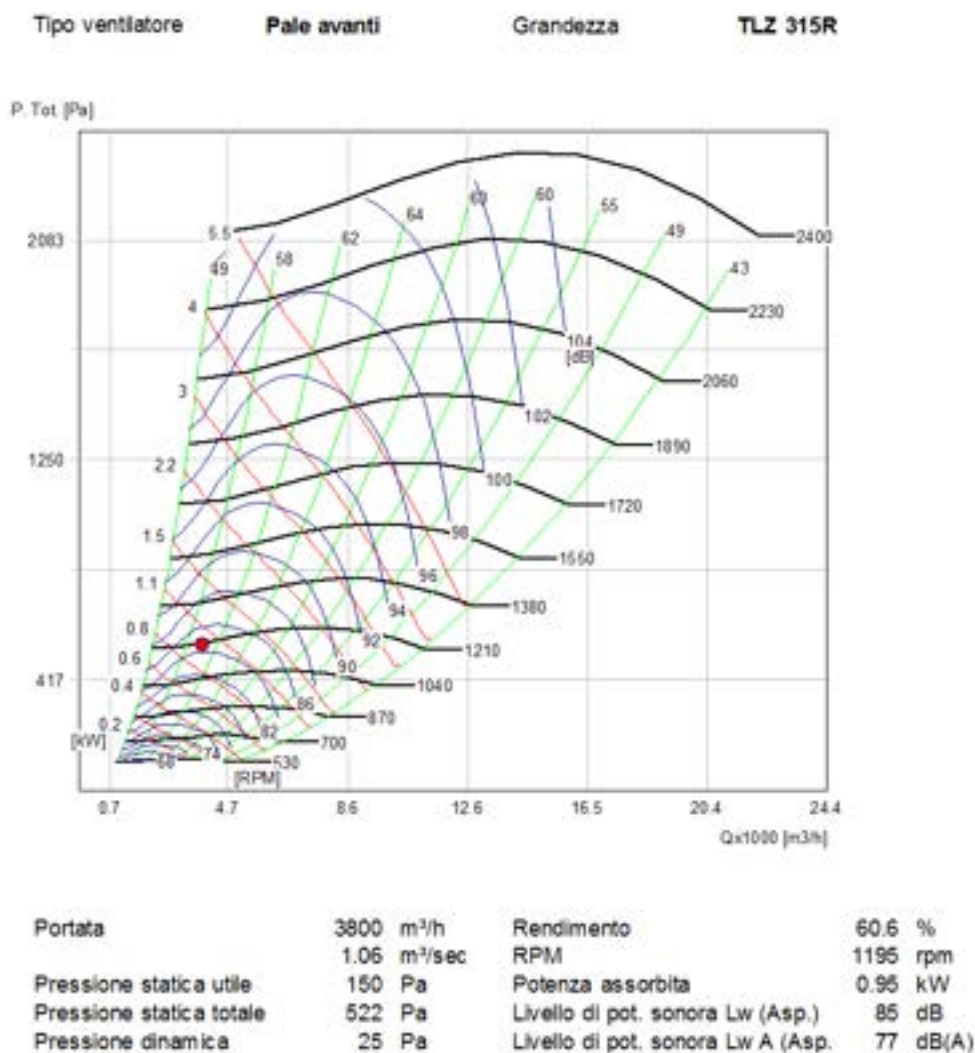


Figura 168: Soffiante dell'UTA Aria Primaria Primo Piano

La soffiante a pale in avanti di ciascuna UTA ha le curve caratteristiche tipiche di Figura 168.

I dati dimensionali di ciascuna UTA per Aria primaria per il Primo Piano sono date nelle figure seguenti.

Si osservi che si potrebbe avere un risparmio economico installando una sola UTA con portata volumetrica totale di 7800 m³/h posta in terrazza ma questo comporterebbe maggiori interventi edilizi per il passaggio dei canali,

Non si fa alcun riferimento alle norma UNI EN 7730 sul benessere termico e sulla EN ISO CR 1752 sulla qualità dell'aria perché la loro applicazione renderebbe impossibile la verifica energetica. In questo contesto si ritiene sufficiente portare a norma DM 12/75 la Scuola Livio Tempesta e riqualificarla nZEB.

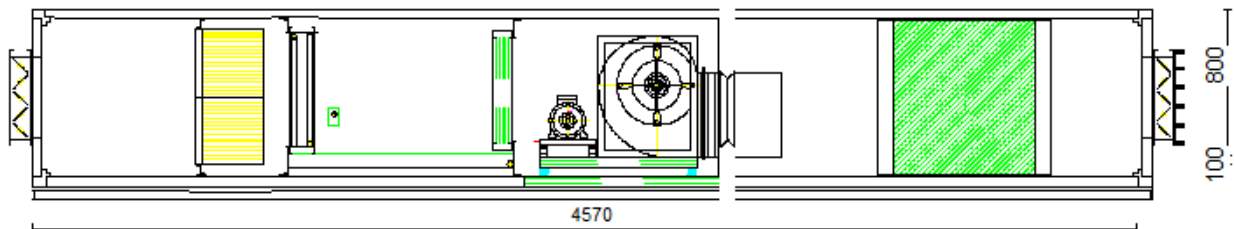


Figura 169: Sezione dell'UTA Aria Primaria Primo Piano

Caratteristiche generali						
Sezione mandata	Unità modello ECU 4,30	Larghezza 1315 mm	Altezza 800 mm	Lunghezza 4570 mm	Peso 510 kg	Quota inst. 0 m
Sezione ripresa	Unità modello	Larghezza	Altezza	Lunghezza		Bar.Press. 101.3 KPa
Velocità attraversamento aria mandata: 1.21 m/s				Velocità attraversamento aria ripresa: - m/s		

Ci si riserva di apportare variazioni tecnico-dimensionali in fase esecutiva

Caratteristiche meccaniche struttura secondo EN1886			
Resistenza meccanica	Tenuta	Trasmittanza termica	Taglio Termico
D1	L2	T3	TB4

Opzioni costruttive				
Tipo pannello	Interno	Lamiera in acciaio zincato	Esterno	Lamiera preverniciata
Materiale carpenteria	Isolamento	Poliuretano espanso densità 45/50 kg/m3		Spessore 46 mm
Copertura	☒ Senza copertura	☐ Grecata zincata	☐ Grecata alluminio	☐ Lamiera piana
Posizione ispezioni	☐ Sinistra	☐ Destra	☒ Non indicata	
Posizione attacchi	☐ Sinistra	☐ Destra	☒ Non indicata	
Costruzione	☐ A Sezioni	☐ Smontata	☐ Smontabile	☒ Monoblocco
Tipo profilo	☐ 40 x 30 mm	☒ 40 x 46 mm	☐ 40 x 46 mm	☐ 60 x 60 mm
Taglio termi	☐ Profili	☐ Pannelli		
Filo interno liscio	☐			

Vano Tecnico					
Tipo pannello	Interno	Esterno			
	Isolamento	Spessore			
Lunghezza	☐ 1200 mm	☐ 1800 mm	☐ 2400 mm	☐ 3000 mm	☐ 3600 mm
Larghezza	☐ 600 mm	☐ 800 mm	☐ 1000 mm		
Fondo pedonabile	☐ No	☐ Si	☐ Bugnato		
Punti luce	N°				

Figura 170: Caratteristiche dell'UTA Aria Primaria del Primo Piano

1	Sezione di aspirazione
	Attacco canale frontale Serranda in acciaio zincato 800X410 mm
2	Camera d'ispezione/plenum
	Camera d'ispezione per filtro Con microinterruttore Con oblò Lunghezza 540 mm
3	Filtri a sacco (L 330 mm)
	Efficienza F9 - 10SP Perdita di carico filtro iniziale 121 Pa - Perdita di carico filtro media 185 Pa - Perdita di carico filtro finale 250 Pa Quantità 2 Filtri 592 x 592 x 330 mm Controtelaio in acciaio zincato per estrazione standard Lunghezza tasche morbide 330 mm

Figura 171: Costituzione dell'UTA Aria Primaria del Primo Piano

4	Batteria di riscaldamento ad acqua	Cu-Al P60AC 8 T-1000A-2.5pa 7C 1 1/2" ECA
Quantità 1 Batteria Dimensioni1000 x 480 mm Materiale tubo/alettiaCu0.4 Al Materiale telaioFeZn 1.5mm Materiale collettoreFe Potenza42.40 kW Volume interno11.20 dm³		
Aria		
Portata3800 m³/h 1.06 m³/s Densità1.317 kg/m³ Velocità attraversamento2.1 m/s Temperatura ingresso-5.00 °C Umidità ingresso80.0 % Temperatura uscita28.00 °C Umidità uscita8.8 % Perdita di carico44.22 pa		
Acqua		
Portata7341 l/h Temperatura ingresso45.00 °C Temperatura uscita40.00 °C Perdita di carico18.20 kpa		

Figura 172: Batteria di riscaldamento dell'UTA per il Primo Piano

5 Umidificatore a vapore				
Temp. e X assoluta in ingresso	28.00	°C	-	4.23 g/kg
Variazione umidità assoluta	6.50			g/kg
Pressione	2.0			bar
Distributore	1180	mm		
Lunghezza complessiva camera (incl. separatore)	810	mm		
Perdita di carico umidificatore vapore	5		Pa	
Perdita di carico separatore	17		Pa	
Separatore con telaio in alluminio e alette in PP				
Bacinella per alluminio				
Umidif. completo di corpo valvola, distributore e attuatore elettrico (alimentazione)				
Con lampada				
Con oblo				
N. B. La lunghezza di camera è stata ottimizzata in funzione del numero e tipo di distributori riportati in offerta.				

Figura 173: Sezione Umidificatore a vapore dell'UTA per il Primo Piano

6 Ventilatore di mandata									
Tipo ventilatore		TLZ 315R		Pale avanti					
PORTATA		3800	m³/h	MOTORE		IE2 ABB			
		1.06	m³/sec			Taglia	90L		
Pressione statica utile		150	pa			Forma	B3		
Pressione statica totale		522	pa			Grado di protezione	IP55		
Pressione dinamica		25	pa			Isolamento-classe	F		
Pressione totale		547	pa			Tensione alimentazione	380 V		
Rendimento		60.6	%			N° Poli	4		
Livello di pot. sonora Lw (Asp.)		85	dB			RPM	1435		
Livello di pot. sonora Lw A (Asp.)		77	dB(A)			POTENZA INSTALLATA	1.50 kW		
Potenza assorbita		0.95	kW			Corrente nominale	3.30 A		
RPM		1195	rpm			Freq. inverter (min. 20 Hz)	//		
Dimensioni bocca		404 x 404	mm			Tipo basamento ventilatore	BAS 7		
						Rendimento motore	84.2 %		
						Pot. assorbita albero ventilatore	0.95 kW		
						Potenza assorbita dalla rete	1.190 kW		
						Potenza assorbita dalla rete (filtri puliti)	1.031 kW		
Spettro di potenza sonora (dB)									
F [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
mandata	79	78	75	73	72	70	66	62	
Perdita di carico aria in condizioni umide									
Con giunti antivibranti esterni al vent.									
Con oblò									
Con carter trasmissioni									
Con microinterruttore									

Tabella 41: Dati per la ventola dell'UTA del Primo Piano

7	Sezione di equilibratura
Sezione di equilibratura del flusso Lunghezza 400 mm	

8	Silenziatore																		
Lunghezza 600 mm. Perdita di carico 20 Pa																			
Abbattimento silenziatore alle varie freq. <table border="1"> <caption>Data points for sound attenuation graph</caption> <thead> <tr> <th>f (Hz)</th> <th>dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>63</td><td>23.7</td></tr> <tr><td>125</td><td>18.3</td></tr> <tr><td>250</td><td>13.0</td></tr> <tr><td>500</td><td>7.7</td></tr> <tr><td>1000</td><td>24</td></tr> <tr><td>2000</td><td>22</td></tr> <tr><td>4000</td><td>16</td></tr> <tr><td>8000</td><td>10</td></tr> </tbody> </table>		f (Hz)	dB	63	23.7	125	18.3	250	13.0	500	7.7	1000	24	2000	22	4000	16	8000	10
f (Hz)	dB																		
63	23.7																		
125	18.3																		
250	13.0																		
500	7.7																		
1000	24																		
2000	22																		
4000	16																		
8000	10																		

9	Sezione di aspirazione
Attacco canale frontale Serranda in acciaio zincato 1100X610mm Con oblò Congriglia e rete antivolatile	

Dettaglio rumorosità unità trattamento aria

Potenza sonora (dB)	Banda ottava (Hz)							
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Tot.dB(A)
Pot. sonora bocca di ingresso aria (lato mandata)	69	64	60	57	52	47	41	63
Pot. sonora bocca di mandata (lato mandata)	72	67	53	43	41	44	41	62
Pot. sonora bocca di ingresso aria (lato ripresa)								
Pot. sonora bocca di espulsione aria (lato ripresa)								
Potenza sonora irradiata attraverso l'involucro	69	62	55	52	47	34	27	59

Tabella 42: Dati del silenziatore dell'UTA del Primo Piano

	Mandata
Portata nominale [m³/s]	1.06
Azionamento	prevista inst. Inverter
Potenza elettrica assorbita effettiva [kW]	1.2
Velocità frontale [m/s]	1.21
Pressione esterna nominale [Pa]	250
Caduta di press. interna dei comp. della ventilazione [Pa]	84
Efficienza statica ventilatore [%]	45.3
Classificazione energetica dei filtri	
Indirizzo Internet con le istruzioni di disassemblaggio	www.samp-spa.com/
Conform e a direttiva Ecodesign 2018	
Conform e a direttiva Ecodesign 2016	

Tabella 43: Dati per potenza elettrica assorbita dell'UTA del Primo Piano

5.1.3.9 Terminali per il riscaldamento

I terminali attualmente installati, termoconvettori della BALTUR serie C modello 100, sono ancora parzialmente riutilizzabili per la riqualificazione impiantistica.

I dati dimensionali per questi terminali sono riportati nella Tabella 44. Si osserva che le potenzialità termiche riportate nella Tabella 44 si riferiscono con acqua di alimentazione a 70 °C e salto termico di $\Delta T=10$ °C, cioè per un funzionamento con generatori a combustione.

Il riepilogo dei carichi termici per ciascun ambiente e per ciascuna zona è riportato nelle tabelle seguenti. Si evince che alimentando i termoconvettori con acqua calda a 45 °C e con $\Delta T=5$ °C si ha una differenza di temperatura:

$$\Delta T_{cs-amb} = \frac{45 + 40}{2} - 20 = 22^\circ\text{C}$$

Pertanto se il termoconvettore modello 100 fornisce 3447 con $\Delta T_{cs-amb} = 45$ °C e portata d'acqua di 296 L/s la sua potenzialità con $\Delta T_{cs-amb} = 22$ °C si riduce di un fattore 0.501 cioè si dimezza.

Serie "C"			50	100	200	300	400	600	800	1000
Potenza frigorifera	Totale	W	1400	1657	2314	3488	4767	6976	8953	10755
	Sensibile	W	1264	1495	2088	2953	4035	5897	7597	9122
Potenzialità termica		W	2918	3447	4703	7011	9628	14069	18465	22280
Portata acqua (raffreddamento)		l/s	0,067	0,079	0,110	0,167	0,228	0,333	0,428	0,514
		l/h	241	285	398	600	820	1200	1540	1850
Perdite di carico lato acqua		KPa	13	14	11	14	23	20	27	32
		m C.A.	1,3	1,4	1,1	1,4	2,3	2,0	2,7	3,2
Portata acqua (riscaldamento)		l/s	0,070	0,082	0,112	0,167	0,230	0,336	0,441	0,532
		l/h	251	296	404	603	828	1210	1588	1916
Perdite di carico lato acqua		KPa	10	13	8	12	19	16	23	27
		m C.A.	1,0	1,3	0,8	1,2	1,9	1,6	2,3	2,7
Portata aria		m ³ /h	330	356	495	705	950	1450	1740	2100
Potenza max motore		W	45	45	50	63	75	115	120	176
Potenzialità termica batteria 1 R		W	1610	2035	2326	3488	5000	7558	8140	9046
Portata acqua batteria 1 R		l/s	0,038	0,049	0,055	0,083	0,119	0,180	0,194	0,216
		l/h	138	175	200	300	430	650	700	778
Perdite di carico lato acqua batteria 1 R		KPa	4	5	7	18	37	52	54	58
		m C.A.	0,4	0,5	0,7	1,8	3,7	5,2	5,4	5,8
Livelli sonori	Min	dB(A)	25	25	26	27	28	34	37	40
	Med	dB(A)	32	32	33	36	37	41	43	48
	Max	dB(A)	38	38	40	40	41	48	49	53
Alimentazione elettrica		220 V / 1 / 50 Hz								

Tabella 44: Dati caratteristici per i termoconvettori Baltur serie C

Velocità	max	med	min
Potenzialità termica	1	0,80	0,75
Potenzialità frigorifera	1	0,85	0,77
Portata aria	1	0,70	0,62

Tabella 45: Fattori di resa alle varie velocità dei termoconvettori

Appart/zona/ambiente	A	volume	S/V	Cdr	Cdl	dispers
Piano/Scala: 01 TERRA						34558
0101 AULE	1471.2	3042.4	0.484			34558
01 ATRIO INGRESSO 01	195.02	405.04	0.481			5146
02 CORRIDOIO 02	412.75	820.29	0.503			5556
03 AULA 1 03	69.31	107.78	0.643			1521
04 AULA 2 04	41.88	102.71	0.408			1379
05 AULA 3 05	81.69	200.34	0.408			2665
06 AULA 4 06	81.69	200.34	0.408			2665
07 AULA 5 07	48.08	117.92	0.408			1555
08 AULA 6 08	37.22	91.30	0.408			1247
09 AULA 7 09	42.91	105.24	0.408			1408
10 AULA 8 10	42.91	105.24	0.408			1408
11 AULA 9 11	83.24	204.15	0.408			2709
12 AULA 10 12	107.80	213.02	0.506			2855
13 RIPOSTIGLIO 13	88.00	190.71	0.461			2452
14 BAGNI 14	93.24	102.38	0.911			1722
15 CENTRALE TERMICA 15	45.50	75.92	0.599			270
0202 AULE	1253.6	2369.9	0.529			30456
01 AULA INFORMATICA 30	107.32	200.49	0.535			2845
02 AULA 1 31	82.72	200.49	0.413			2792
03 AULA 2 32	82.22	199.26	0.413			2777
04 AULA 3 33	82.72	200.49	0.413			2792
05 AULA 4 34	82.22	199.26	0.413			2777
06 AULA 5 35	81.71	198.03	0.413			2763
07 AULA 6 36	34.33	84.20	0.408			1395
08 AULA 7 37	75.70	128.41	0.590			1973
09 CORRIDOIO 29	372.87	739.96	0.504			5880
10 BAGNI 39	123.42	109.65	1.126			2255
11 BAGNI 38	128.38	109.65	1.171			2206

Tabella 46: Riepilogo Carichi Termici per la Zona AULE

Piano/Scala: 02 PRIMO						38126
0201 PRESIDENZA E SEGRETERIA	410.7	776.3	0.529			7671
01 SEGRETERIA DIREZ 21	67.57	106.94	0.632			1235
02 VANO SCALA 20	76.92	177.39	0.434			1377
03 SEGRETERIA 1 22	30.33	57.97	0.523			679
04 DISIMPEGNO 23	5.59	22.34	0.250			119
05 DIREZIONE 24	54.69	107.71	0.508			963
06 SEGRETERIA 2 25	36.45	78.77	0.463			836
07 SEGRETERIA 3 27	54.97	77.46	0.710			855
08 SEGRETERIA 4 28	59.56	86.87	0.686			942
09 CORRIDOIO	5.95	23.80	0.250			127
10 BAGNI 26	18.69	37.00	0.505			538

Tabella 47: Riepilogo Carichi Termici per Zona PRESIDENZA- SEGRETERIE

Piano/Scala: 03 TERRA CUSTODE						1885
0301 CUSTODE	137.4	248.6	0.553			1885
01 LETTO	52.10	72.07	0.723			427
02 INGRESSO	2.70	10.80	0.250			40
03 CUCINA	28.86	53.31	0.541			752
04 LAVANDERIA WC	9.03	17.88	0.505			115
05 SOGGIORNO	30.89	60.84	0.508			373
06 CORRIDOIO	13.84	33.75	0.410			178

Tabella 48: Riepilogo Carichi Termici per Zona ALLOGGIO CUSTODE

Tenendo conto dell'aria primaria inviata a 29 °C e dei dati volumetrici e dei carichi di picco sopra riportati, valgono le seguenti tabelle per la verifica dei termoconvettori necessari ed l'eventuale mantenimento di quelli esistenti nei due piani.

PIANO	AULA	Qpicco (W)	Volume (m³)	V.Vent (m³/h)	Q.vent. (W)	Q.FC Rich (W)	Q.FC-Esistente (W)	Q.FC.corretto (W)	Mantenimento
Terra	1	1525	108	270	879	1255	3450	1728	OK
	2	1380	103	257,5	838	1123	3450	1728	OK
	3	2665	200	500	1627	2165	6900	3457	OK
	4	2665	200	500	1627	2165	6900	3457	OK
	5	1555	118	295	960	1260	3450	1728	OK
	6	1250	92	230	748	1020	3450	1728	OK
	7	1410	105	262,5	854	1148	3450	1728	OK
	8	1410	105	262,5	854	1148	3450	1728	OK
	9	2710	205	512,5	1668	2198	6900	3457	OK
	10	2855	213	532,5	1733	2323	6900	3457	OK
	Atrio	5150	405	1012,5	3295	4138	6900	3457	Sostituire
	Corridoio	5560	820	2050	6671	3510	10350	5185	OK
	Bagni	1730	103	257,5	838	1473	3450	1728	OK
	Ripostiglio	2455	191	477,5	1554	1978	3450	1728	Sostituire

Tabella 49: Selezione dei fan coil per AULE a Piano Terra

PIANO	AULA	Qpicco (W)	Volume (m³)	V.Vent (m³/h)	Q.vent. (W)	Q.FC Rich (W)	Q.FC-Esistente (W)	Q.FC.corretto (W)	Mantenimento
Primo	Informatica	2850	201	503	1635	2348	6900	3457	OK
	1	2795	201	503	1635	2293	6900	3457	OK
	2	2780	200	500	1627	2280	6900	3457	OK
	3	2795	201	503	1635	2293	6900	3457	OK
	4	2780	200	500	1627	2280	6900	3457	OK
	5	2765	200	500	1627	2265	6900	3457	OK
	6	1395	85	213	691	1183	3450	1728	OK
	7	1975	129	323	1049	1653	3450	1728	OK
	Corridoio	5880	740	1850	6020	4030	20700	10371	OK
	Bagni 1	2225	110	275	895	1950	3450	1728	Sostituire
	Bagni 2	2210	110	275	895	1935	3450	1728	Sostituire

Tabella 50: Selezione dei fan coil per AULE a Piano Primo.

Pertanto quasi tutti i fan coil esistenti possono essere mantenuti in quanto, anche per effetto del calore immesso negli ambienti dell'aria di ventilazione a 29 °C, la loro potenzialità, seppur dimezzata per effetto dell'alimentazione a 45 °C e $\Delta T = 5$ °C, risulta in esubero rispetto alla potenzialità richiesta.

I fan coil da sostituire sono nelle aree di servizio (corridoi, atrio, bagni) e la differenza fra la potenza richiesta e quella reale corretta fornita è in genere piccola.

La sostituzione non è necessaria perché l'aria primaria immessa nelle aule viene estratta, tramite griglie di transito nelle porte delle aule, nel corridoio e quindi quest'ultimo subisce un riscaldamento supplementare per diluizione.

Ciascun fan coil dovrà avere la regolazione della temperatura in modo da limitare gli eventuali esuberanti di potenza.

5.1.3.10 Reti Idroniche

Le reti idroniche sono già esistenti per l'alimentazione dei fan coils nelle aule e nei servizi. Le condizioni di progetto dell'impianto esistente erano:

- $T_{\text{Alimentazione}} = 70$ °C
- $\Delta T_{\text{progetto}} = 10$ °C

Con la sostituzione del generatore esistente con la pompa di calore si hanno le nuove condizioni di verifica progettuale:

- $T_{\text{Alimentazione}} = 45$ °C
- $\Delta T_{\text{progetto}} = 5$ °C

Tenendo conto della nuova resa termica dei fan coil (50% della resa nominale esistente) si è verificata la rete idronica utilizzando il metodo a perdita specifica di pressione costante. I risultati sono sintetizzati nelle seguenti tabelle.

I risultati forniscono le dimensioni delle tubazioni con le nuove portate e le nuove potenze rese.

I diametri calcolati sono in linea con quelli esistenti.

Le reti sono bilanciate e nelle tabelle si ha il valore della valvola di bilanciamento.

5.1.3.11 Reti Aerauliche

Le reti aerauliche sono di nuova installazione e servono a distribuire l'aria primaria, di ricambio fisiologico, nelle aule.

Si è utilizzato un foglio di calcolo predisposto con il metodo a perdita specifica di pressione costante. I risultati sono indicati nelle tabelle seguenti.

Le velocità massime sono state mantenute entro i 6 m/s per i rami principali ed 1.5 m/s per i rami secondari. Le reti aerauliche sono bilanciate e nelle tabelle si hanno i valori delle serrande di bilanciamento.

Le soffianti delle UTA per i due piani dovranno avere le seguenti cadute di pressione utili:

- Δp_{utile} Piano Terra: 110 Pa:
- Δp_{utile} Piano Primo: 60 Pa

A queste dovranno aggiungersi le cadute di pressione interne alle UTA.

5.1.3.12 Bocchette di immissione e di estrazione

Le bocchette di immissione dell'aria primaria negli ambienti sono di tipo rettangolare con attacco circolare per il collegamento con i canali circolari flessibili in alluminio.

L'abaco seguente fornisce una guida di selezione rapida.

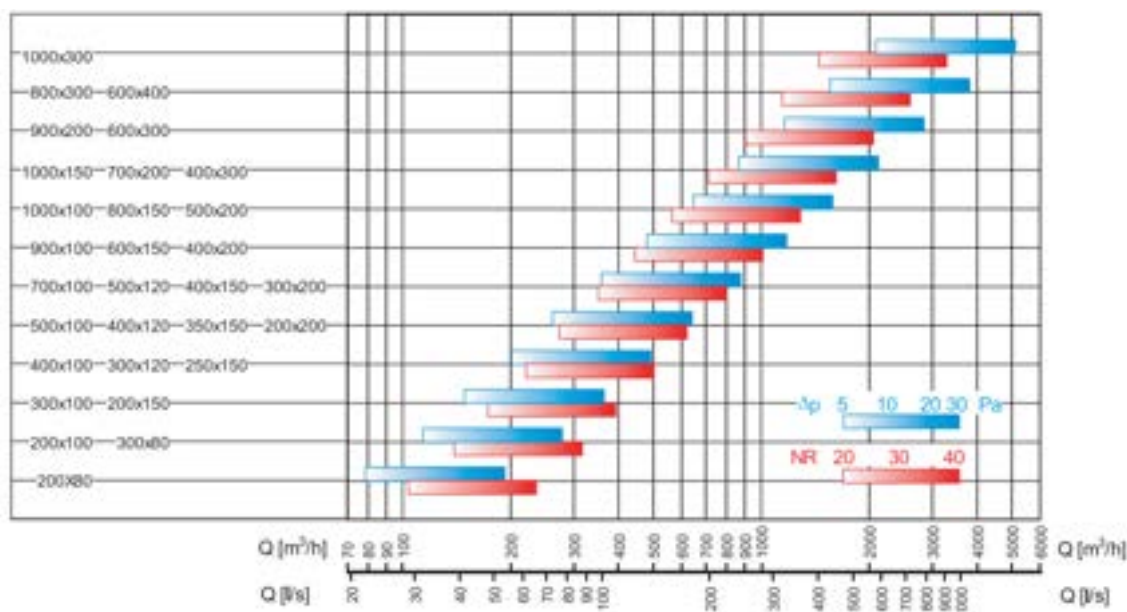


Figura 174: Abaco per la selezione rapida delle bocchette

130

PIANO	TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PONTATA	PONTATA	PERD.SPES	PERD.SPES	DIAMETRO	DIAMETRO	VELOCITA	PERD.SPES	PERD.SPES	PERD.DIST	PERD.CONC	P.CONF.DNS	P.TOT	P.CONC	P.CONC	OP.PERSON.
PRIMO	COLLET-A1		10,00	ACCIAIO	38,28	32920,80	1,83	6584,16	254,10	25,90	49,30	51,20	0,84	232,73	232,77	3258,72	0,00	0,00	3258,72			
	A1-B1		14,00	ACCIAIO	38,28	32920,80	1,83	6584,16	254,10	25,90	49,30	51,20	0,84	232,73	232,77	3258,72	0,00	0,00	3258,72			
	B1-C1		8,00	ACCIAIO	24,36	20949,60	1,16	4189,92	254,10	25,90	41,65	43,19	0,75	23,91	234,58	1876,63	0,00	0,00	1876,63			
	C1-D1		8,00	ACCIAIO	22,62	19453,20	1,08	3890,64	254,10	25,90	40,51	43,19	0,70	20,93	205,29	1642,35	0,00	0,00	1642,35			
	D1-E1		10,00	ACCIAIO	20,88	17956,80	1,00	3591,36	254,10	25,90	39,32	43,19	0,64	18,13	177,81	1778,12	0,00	0,00	1778,12			
	E1-F1		8,00	ACCIAIO	19,14	16460,40	0,91	3292,08	254,10	25,90	38,06	39,30	0,71	24,46	239,92	1919,37	0,00	0,00	1919,37			
	F1-G1		10,00	ACCIAIO	17,40	14964,00	0,83	2992,80	254,10	25,90	36,73	37,20	0,72	26,87	263,61	2636,09	0,00	0,00	2636,09			
	G1-H1		10,00	ACCIAIO	15,66	13467,60	0,75	2693,52	254,10	25,90	35,31	37,20	0,65	22,25	218,23	2182,31	0,00	0,00	2182,31			
	H1-I1		10,00	ACCIAIO	13,92	11971,20	0,67	2394,24	254,10	25,90	33,80	37,20	0,58	18,02	176,80	1768,02	0,00	0,00	1768,02			
	I1-L1		10,00	ACCIAIO	12,18	10474,80	0,58	2094,96	254,10	25,90	32,15	32,80	0,65	26,04	255,45	2554,54	0,00	0,00	2554,54			
	L1-M1		10,00	ACCIAIO	10,44	8978,40	0,50	1795,68	254,10	25,90	30,36	32,80	0,56	19,78	194,06	1940,61	0,00	0,00	1940,61			
	M1-N1		10,00	ACCIAIO	8,70	7482,00	0,42	1496,40	254,10	25,90	28,36	29,10	0,59	25,43	249,52	2495,16	0,00	0,00	2495,16			
	N1-O1		10,00	ACCIAIO	6,96	5985,60	0,33	1197,12	254,10	25,90	26,09	29,10	0,47	17,12	167,99	1679,87	0,00	0,00	1679,87			
	O1-P1		8,00	ACCIAIO	5,22	4489,20	0,25	897,84	254,10	25,90	23,44	25,40	0,47	19,77	193,99	1551,91	0,00	0,00	1551,91			
	P1-Q1		8,00	ACCIAIO	3,48	2992,80	0,17	598,56	254,10	25,90	20,15	25,40	0,31	9,72	95,35	762,79	0,00	0,00	762,79			
	Q1-R1		10,00	ACCIAIO	1,74	1496,40	0,08	299,28	254,10	25,90	15,55	16,60	0,36	22,06	216,46	2164,57	0,00	0,00	2164,57			
	B1-S1		6,00	ACCIAIO	12,18	10474,80	0,58	2094,96	254,10	25,90	32,15	32,80	0,65	26,04	255,45	1532,72	0,00	0,00	1532,72			
	S1-T1		10,00	ACCIAIO	12,18	10474,80	0,58	2094,96	254,10	25,90	32,15	32,80	0,65	26,04	255,45	2554,54	0,00	0,00	2554,54			
	T1-U1		12,00	ACCIAIO	10,44	8978,40	0,50	1795,68	254,10	25,90	30,36	32,80	0,56	19,78	194,06	2328,73	0,00	0,00	2328,73			
	U1-V1		10,00	ACCIAIO	8,70	7482,00	0,42	1496,40	254,10	25,90	28,36	29,10	0,59	25,43	249,52	2495,16	0,00	0,00	2495,16			
	V1-Z1		12,00	ACCIAIO	6,96	5985,60	0,33	1197,12	254,10	25,90	26,09	29,10	0,47	17,12	167,99	2015,84	0,00	0,00	2015,84			
	Z1-Z2		10,00	ACCIAIO	5,22	4489,20	0,25	897,84	254,10	25,90	23,44	25,40	0,47	19,77	193,99	1939,89	0,00	0,00	1939,89			
	Z2-K1		14,00	ACCIAIO	3,48	2992,80	0,17	598,56	254,10	25,90	20,15	25,40	0,31	9,72	95,35	1334,88	0,00	0,00	1334,88			
	K1-W1		16,00	ACCIAIO	1,74	1496,40	0,08	299,28	254,10	25,90	15,55	16,60	0,36	22,06	216,46	3463,31	0,00	0,00	3463,31			
	B1-#1	BAGNI	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	1225,65	124,94	10,80	12,00	0,70	102,30	1003,60	2007,20	478,25	0,24	2485,45	21266,35	2,17	25128,80
	C1-#2	AULA 7	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	992,20	101,14	11,29	12,00	0,70	102,30	1003,60	2007,20	478,25	0,24	2485,45	23142,98	2,36	23252,17
	D1-#3	AULA 6	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	833,45	84,96	11,71	12,00	0,70	102,30	1003,60	2007,20	478,25	0,24	2485,45	24785,33	2,53	21609,82
	E1-#4	AULA 5	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	694,54	70,80	12,17	14,00	0,51	49,08	481,43	962,87	258,15	0,27	1221,02	25299,02	2,58	21096,13
	F1-#5	AULA 5	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	612,83	62,47	12,49	14,00	0,51	49,08	481,43	962,87	258,15	0,27	1221,02	27218,39	2,77	19176,76
	G1-#6	AULA 4	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	534,26	54,46	12,86	14,00	0,51	49,08	481,43	962,87	258,15	0,27	1221,02	29854,47	3,04	16540,68
	H1-#6	AULA 4	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	473,55	48,27	13,19	14,00	0,51	49,08	481,43	962,87	258,15	0,27	1221,02	32036,78	3,27	14358,37
	I1-#7	AULA 3	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	425,23	43,35	13,49	14,00	0,51	49,08	481,43	962,87	258,15	0,27	1221,02	33804,80	3,45	12590,35
	L1-#8	AULA 3	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	385,85	39,33	13,77	14,00	0,51	49,08	481,43	962,87	258,15	0,27	1221,02	36359,34	3,71	10035,80
	M1-#9	AULA 2	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	353,15	36,00	14,03	16,00	0,39	26,02	255,30	510,60	151,32	0,30	661,92	37740,85	3,85	8654,29
	N1-#10	AULA 2	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	325,56	33,19	14,27	16,00	0,39	26,02	255,30	510,60	151,32	0,30	661,92	40236,01	4,10	6159,14
	O1-#11	AULA 1	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	301,97	30,78	14,50	16,00	0,39	26,02	255,30	510,60	151,32	0,30	661,92	41915,88	4,27	4479,27
	P1-#12	AULA 1	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	285,43	29,10	14,67	16,00	0,39	26,02	255,30	510,60	151,32	0,30	661,92	43467,79	4,43	2927,36
	Q1-#13	INFORMATICA	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	270,60	27,58	14,84	16,00	0,39	26,02	255,30	510,60	151,32	0,30	661,92	44230,58	4,51	2164,57
	R1-#14	INFORMATICA	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	254,10	25,90	15,03	16,00	0,39	26,02	255,30	510,60	151,32	0,30	661,92	46395,15	4,73	0,00
	T1-#15	CORRIDOIO	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	833,45	84,96	11,71	12,00	0,70	102,30	1003,60	2007,20	478,25	0,24	2485,45	25353,62	2,58	21041,53
	U1-#16	CORRIDOIO	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	672,13	68,52	12,25	14,00	0,51	49,08	481,43	962,87	258,15	0,27	1221,02	26417,92	2,69	19977,23
	V1-#17	CORRIDOIO	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	578,78	59,00	12,64	14,00	0,51	49,08	481,43	962,87	258,15	0,27	1221,02	28913,07	2,95	17482,07
	Z1-#18	CORRIDOIO	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	496,10	50,57	13,06	14,00	0,51	49,08	481,43	962,87	258,15	0,27	1221,02	30928,92	3,15	15466,23
	Z2-#19	BAGNI	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	443,32	45,19	13,37	14,00	0,51	49,08	481,43	962,87	258,15	0,27	1221,02	32868,80	3,35	13526,34
	K1-#20	CORRIDOIO	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	385,85	39,33	13,77	14,00	0,51	49,08	481,43	962,87	258,15	0,27	1221,02	34203,69	3,49	12191,46
	W1-#21	CORRIDOIO	2,00	Rame	1,74	1496,40	0,08	299,28	336,07	34,26	14,17	16,00	0,39	26,02	255,30	510,60	151,32	0,30	661,92	37107,90	3,78	9287,25

Tabella 52: Verifica rete idronica piano Primo

[illegible]

132

Per una selezione completa si può utilizzare l'abaco di figura seguente.

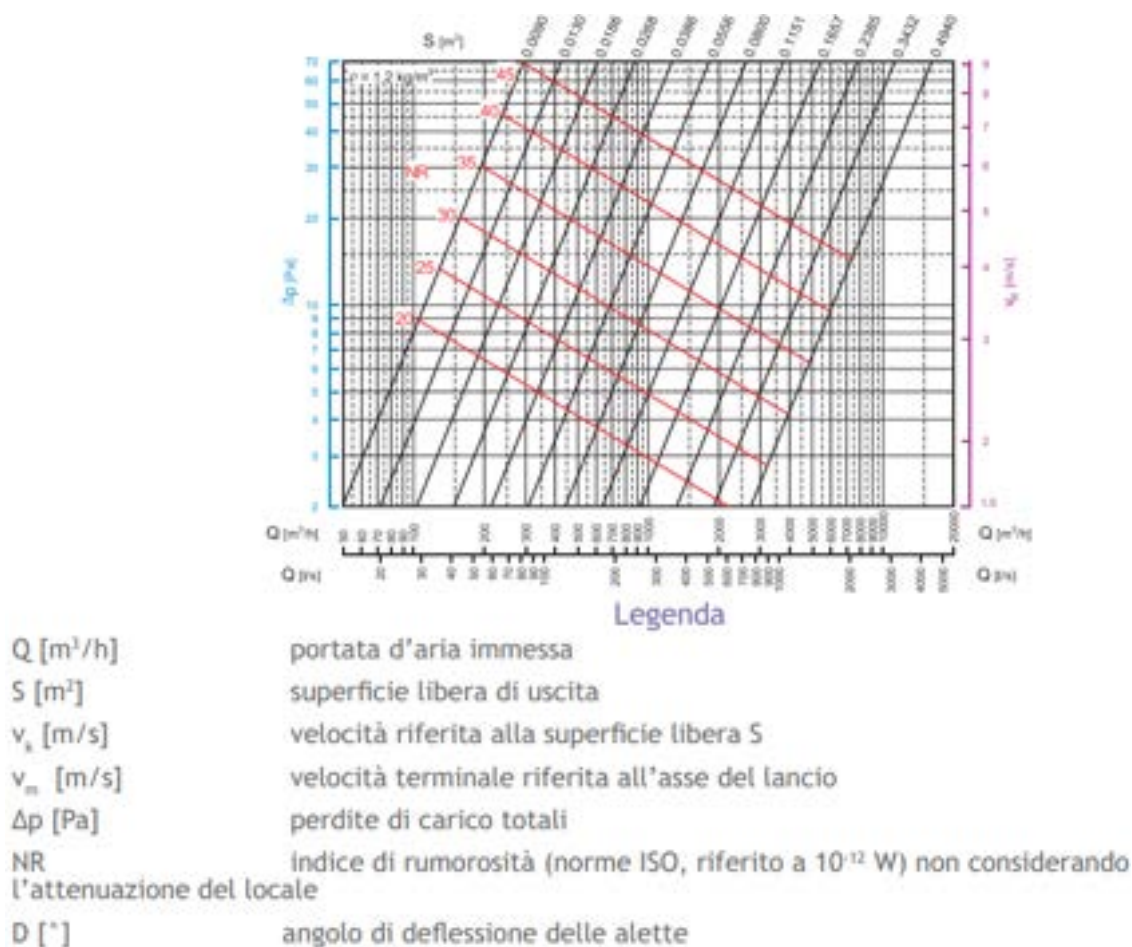


Figura 175: Abaco di selezione delle bocchette

Con un lancio di 5 m si hanno le dimensioni riportate nella seguente tabella.

Piano Terra	Bocchetta (b h)	Primo Piano	Bocchetta (b h)
V.Vent (m³/h)	mm x mm	V.Vent (m³/h)	mm x mm
270	400 * 100	502,5	400 * 200
257,5	400 * 100	502,5	400 * 200
500	400 * 200	500	400 * 200
500	400 * 200	502,5	400 * 200
295	400 * 100	500	400 * 200
230	400 * 100	500	400 * 200
262,5	400 * 100	212,5	400-100
262,5	400 * 100	322,5	400-100
512,5	400 * 200	1850	600*300
532,5	400 * 200	275	400 * 100
1012,5	700*200	275	400 * 100

Tabella 55: Dimensioni delle bocchette nelle aule

Le bocchette di transito, da applicare alla porta di ciascun'aula, hanno dimensioni 160 x 220 mm.

5.1.3.13 Pompe di circolazione

Le pompe di circolazione debbono avere le seguenti caratteristiche:

- Pompa per il piano terra:
 - $V = 12.5 \text{ mc/h}$
 - $\Delta p = 50000 \text{ Pa}$
 - Alimentazione trifase
 - Numero di giri 1450 g/m
- Pompa per il Primo Piano:
 - $V = 6.5 \text{ mc/h}$
 - $\Delta p = 50000 \text{ Pa}$
 - Alimentazione trifase
 - Numero di giri 1450 g/m

La selezione dei due circolatori, vedi abaco di selezione sotto riportato, porta alle seguenti scelte:

- Pompa per il Piano Terra: Tipo CALPEDA NR6-65;
- Pompa per il Primo Piano: Tipo CALPEDA NR4-50.

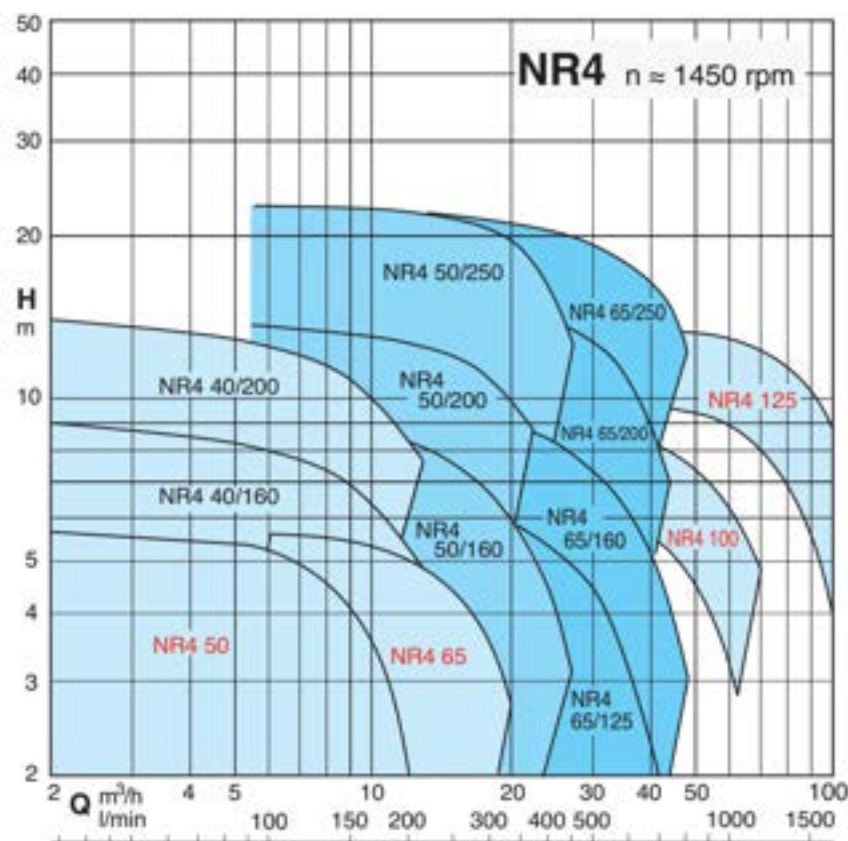


Figura 176: Diagramma di selezione dei circolatori

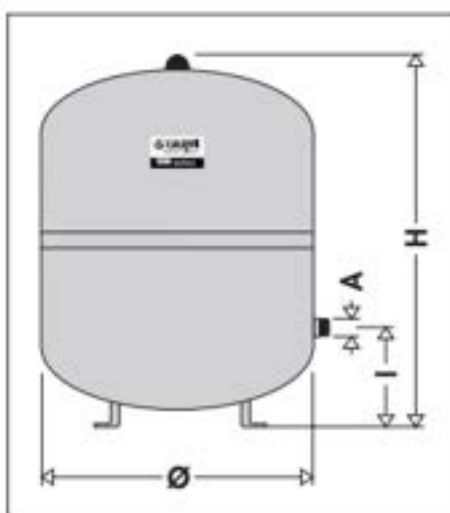
5.1.3.14 Vasi di espansione chiusi a membrana

I vasi di espansione per le due reti aerauliche sono del tipo chiuso a membrana aventi caratteristiche di tabella seguente.

Si selezionano due vasi di espansione chiusi tipo CALEFFI 556100 avente volume di 140 L, vedi figura successiva. Tali vasi saranno montati a monte dei rispettivi circolatori.

Descrizione	U.M.	Valori
Contenuto d'acqua	L	700
Coefficiente di espansione	L	0,0193
Espansione volumica E	L	13,51
Pressione statica	Bar	1,5
Pressione della valvola	Bar	2,5
Pressione iniziale Pi	Bar	1,8
Pressione finale Pf	Bar	2
Capacità vaso V	L	135,10
Max +10%	L	148,61
Min - 10%	L	121,59

Figura 177: Caratteristiche dei vasi di espansione chiusi



Codice	Litri	A	Ø	H	I	Massa (kg)
556035	35	3/4"	354	459	130	5,7
556050	50	3/4"	409	469	175	7,5
556080	80	1"	480	565	175	9,9
556100	100	1"	480	670	175	11,2
556140	140	1"	480	886	175	14,5
556200	200	1"	634	758	205	36,7
556250	250	1"	634	890	205	45,0

Figura 178: Vasi di espansione chiusi a membrana

5.1.4 Fabbisogno energetico e copertura da fonti rinnovabili

La struttura per rispettare i requisiti di edificio nZEB dovrà avere una copertura dei fabbisogni di energia elettrica e di produzione di ACS da fonti rinnovabili.

Di seguito verranno esposti lo studio degli impianti che assolveranno a tale compito.

Sostanzialmente è stato proposto come soluzione l'installazione di due sistemi, uno per il solare termico e un solare fotovoltaico per garantire rispettivamente la produzione del servizio ACS e uno per ridurre i consumi elettrici della struttura.

La scuola Livio Tempesta attualmente non presenta alcun fabbisogno legato alla produzione di acqua calda sanitaria. L'edificio presenta una predisposizione idraulica per il passaggio dell'acqua calda ma non ha installati al suo interno i componenti idraulici per l'apertura e garantire il servizio.

In precedenza dalle descrizioni impiantistiche è stata evidenziata la presenza in centrale termica di un bollitore da 300 litri ma che, nello stato di fatto, non ha mai funzionato.

Il dimensionamento dell'impianto di produzione del servizio ACS valuta la quantità di acqua da produrre che dovrebbe essere necessaria per sopperire a tale servizio.

Dato che il nostro fabbricato è suddiviso sostanzialmente in 4 zone avremo una produzione differenziata per la zona uffici, per la zona scuola suddivisa a sua volta per la necessità per i sottogruppi elementari e materna e uno per il custode.

Nell'immagine e tabella seguente sono riportati i valori:

Fabbisogno perdite dei sottosistemi dell'impianto ACS

$$Q_w = \rho_w \cdot c_w \cdot \sum [V_{w,l} \cdot (\theta_{er,l} - \theta_0)] \cdot G$$

249,67 [kWh]

ρ_w

massa volumica dell'acqua, ipotizzabile pari a 1000 [kg/m³]:

c_w

è il calore specifico dell'acqua = 1,162 x10³ [kWh/(kg · K)]:

$\theta_{er,l}$

temperatura di erogazione dell'acqua calda sanitaria per l'i-esima attività o servizio richiesto pari a 40° C:

θ_0

temperatura media annuale delle temperature medie mensili dell'aria esterna della località considerata [°C]

G

numero di giorni del periodo di calcolo considerato [G]

V_w

volume di acqua calda sanitaria giornaliero richiesto per l'i-esima attività o servizio in funzione della categoria della destinazione d'uso [m³/G]

a,b

parametri espressi in [l/(m² giorno)] (prospetto 30 della norma UNI TS 11300 Parte 2:2014)

S_u

superficie utile dell'abitazione espressa in [m²]

Zona PIANO PRIMO (UFFICI)

$V_{pr} = a \cdot S_u + b$

Non residenziale ☒

Residenziale ☐

S_u

Sup. netta climatizzata

$V_{pr} = a \cdot N_u$

Uffici

N_u

Sup. Netta climatizzata

133



Meni	Giorni	$\rho_w \cdot c_w$ [kWh / (m³ K)]	$\theta_{er,l}$ [°C]	θ_0 [°C]	a	b	N_u	S_u [m²]	V_w [l/giorno]	$Q_{w,day}$ [kWh/giorno]	$Q_{w,month}$ [kWh/mese]
Gennaio	31	0,001162	40	17,87	0,200	0,00	133	0	27	0,68	21,20
Febbraio	28	0,001162	40	17,87	0,200	0,00	133	0	27	0,68	19,15
Marzo	31	0,001162	40	17,87	0,200	0,00	133	0	27	0,68	21,20
Aprile	30	0,001162	40	17,87	0,200	0,00	133	0	27	0,68	20,52
Maggio	31	0,001162	40	17,87	0,200	0,00	133	0	27	0,68	21,20
Giugno	30	0,001162	40	17,87	0,200	0,00	133	0	27	0,68	20,52
Luglio	31	0,001162	40	17,87	0,200	0,00	133	0	27	0,68	21,20
Agosto	31	0,001162	40	17,87	0,200	0,00	133	0	27	0,68	21,20
Settembr	30	0,001162	40	17,87	0,200	0,00	133	0	27	0,68	20,52
Ottobre	31	0,001162	40	17,87	0,200	0,00	133	0	27	0,68	21,20
Novembre	30	0,001162	40	17,87	0,200	0,00	133	0	27	0,68	20,52
Dicembre	31	0,001162	40	17,87	0,200	0,00	133	0	27	0,68	21,20

Tabella 56: Esempio di calcolo del fabbisogno con Excel di acqua calda sanitaria per la zona Uffici

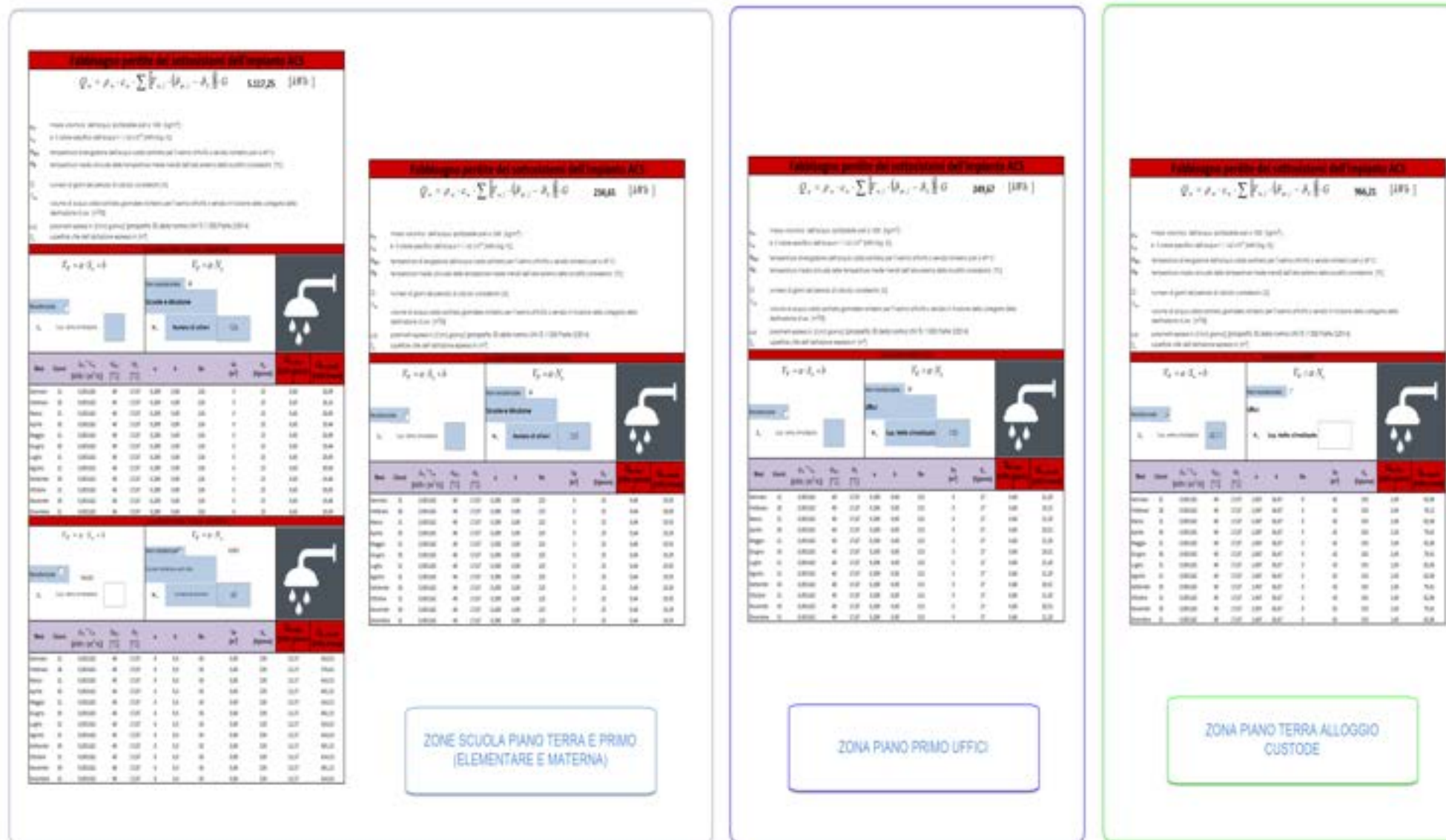


Figura 1795: Calcolo del fabbisogno di acqua calda sanitaria per le diverse zone: Energia richiesta e litri giorno.

Il fabbisogno una volta calcolato potrà essere gestito dai nuovi impianti che verranno installati.
La tabella seguente riporta i risultati divise per zona.

ACQUA CALDA SANITARIA - Risultati di zona

Piano terra

T di erogazione	Um	
T acqua in ingresso	°C	40,00
Sup utile zona	°C	17,87
Sup utile unità immobiliare	m²	631,86
Vol d'acqua dell'unità Vw	m²	0,00
	l/giorno	0,00

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qw	kWh	434,52	392,47	434,52	420,50	434,52	420,50	434,52	434,52	420,50	434,52	420,50	434,52	5.116,09

Piano primo

T di erogazione	Um	
T acqua in ingresso	°C	40,00
Sup utile zona	°C	17,87
Sup utile unità immobiliare	m²	610,37
Vol d'acqua dell'unità Vw	m²	0,00
	l/giorno	0,00

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qw	kWh	19,92	18,00	19,92	19,28	19,92	19,28	19,92	19,92	19,28	19,92	19,28	19,92	234,60

Piano primo uffici

T di erogazione	Um	
T acqua in ingresso	°C	40,00
Sup utile zona	°C	17,87
Sup utile unità immobiliare	m²	132,78
Vol d'acqua dell'unità Vw	m²	0,00
	l/giorno	0,00

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qw	kWh	21,52	19,44	21,52	20,82	21,52	20,82	21,52	21,52	20,82	21,52	20,82	21,52	253,36

Alloggio custode

T di erogazione	Um	
T acqua in ingresso	°C	40,00
Sup utile zona	°C	17,87
Sup utile unità immobiliare	m²	62,11
Vol d'acqua dell'unità Vw	m²	62,11
	l/giorno	102,94

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qw	kWh	82,04	74,10	82,04	79,40	82,04	79,40	82,04	82,04	79,40	82,04	79,40	82,04	965,99

Tabella 57: Calcolo del fabbisogno di acqua calda sanitaria- Energia richiesta e litri giorno per le diverse zone.

Definiti i fabbisogni si procede al dimensionamento d'impianto inserendo i valori necessari nel software di progettazione.

Formulario

Collettore Collettore piano vetrato **Visualizza i parametri del pannello e del circuito solare**

q^*_{p}	Area	Accumul	Inchiesta climatica
3	2,95	35,0	0,0
4	2,95	35,0	0,0
5	2,95	35,0	0,0

n° Ete 3
 Efficienza 0,27 **Seleziona**
☐ Calcola l'area minima necessaria

Esempio di esempio per ACS e riscaldamento applicato all'impianto solare termico
 Impianto solare termico destinato alla sola produzione di ACS **Tipo di sistema** Sistema collegato ad accumulo

ACS **Accumulo** **Auxiliari distribuzione**
Esempio di esempio per ACS applicato all'impianto solare

☐ Specificato dall'utente ☒ Calcolato basato sul LEV. TERMICO di calcolo

Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
3.235,31	2.231,31	2.231,31	2.231,31	2.231,31	2.231,31	2.231,31	2.231,31	2.231,31	2.231,31	2.231,31	2.231,31

Prozione minima di copertura per ACS attribuita ai pannelli solari
 Calcola l'importo per il fabbisogno minimo imposto annuo: 50 %

Esempio di esempio per ACS e riscaldamento applicato all'impianto solare termico
 Impianto solare termico destinato alla sola produzione di ACS **Tipo di sistema** Sistema collegato ad accumulo

ACS **Accumulo** **Auxiliari distribuzione**
Auxiliari distribuzione

Tipo di circolazione ☐ Naturale ☒ Forzata

Potenza nominale complessiva pompe di circolazione Watt, cal 100 **Calcola**

☐ Circolatore in ambiente isolato

Isolamento delle tubazioni tra sistema solare e sistema di back ☒ Presente ☐ Assente

Esempio di esempio per ACS e riscaldamento applicato all'impianto solare termico
 Impianto solare termico destinato alla sola produzione di ACS **Tipo di sistema** Sistema collegato ad accumulo

ACS **Accumulo** **Auxiliari distribuzione**
Configurazione

Capacità dell'accumulo solare ☒ Calcolato automaticamente Wh/m 0,0

Capacità dell'accumulo assegnata al sistema di back up Wh/m 0,0
Indica la modalità di atterraggio del sistema di back up

Ubicazione accumulo Ambiente non climatizzato

Coefficiente di dispersione termica del serbatoio W/K 4,3

Temperatura media di accumulo °C 60

Temperatura ambiente del locale dove è l'accumulo °C calcolato

☒ Ricava il h_{tot} da:

Superficie esterna dell'accumulo	Spessore strato isolante vetrato	Conducibilità dello strato isolante
S_a	d_a	λ_a
10,8 m ²	200 mm	0,229 W/mK

139

ACCORDO DI PROGRAMMA MSE-ENEA

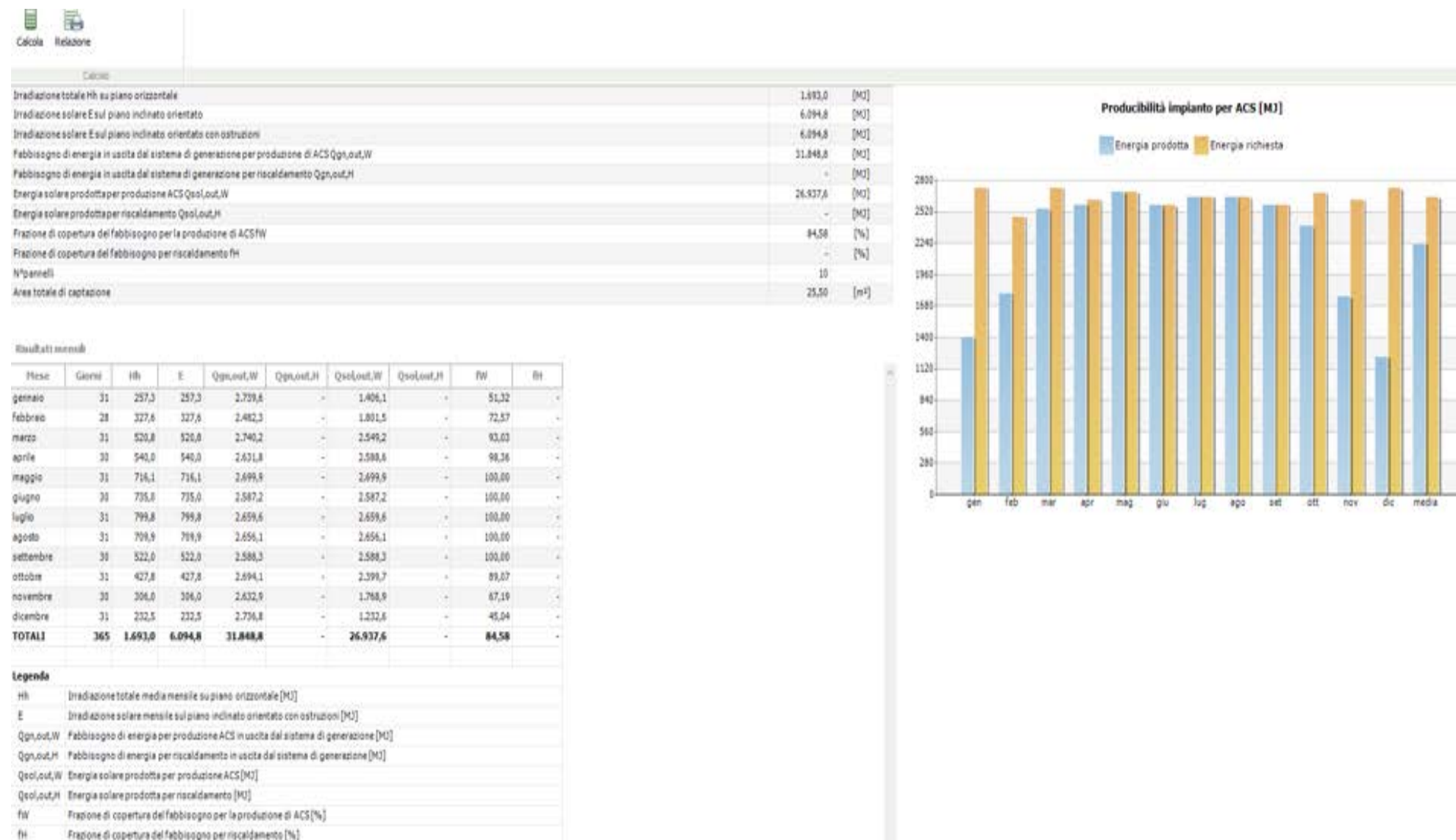


Tabella 59: Dati di calcolo in funzione del fabbisogno annuo e definizione della copertura del servizio ACS.

5.1.4.1 Impianto Solare Termico

Noti i fabbisogni di acqua calda per l'edificio si passa alla progettazione e realizzazione del disegno in base alle caratteristiche in uscita dal programma e cercando di attuare un *matching* con i componenti presenti nel mercato.

Il sistema oggetto per la riqualificazione è caratterizzato da un buffer di circa 1500 litri, 10 pannelli solari piani vetrati con superficie totale di circa 25m².

Collegando il sistema all'impianto di distribuzione presente è possibile, attraverso un sistema di circolazione forzata, di garantire il servizio con una copertura da fonte rinnovabile di circa 85%.

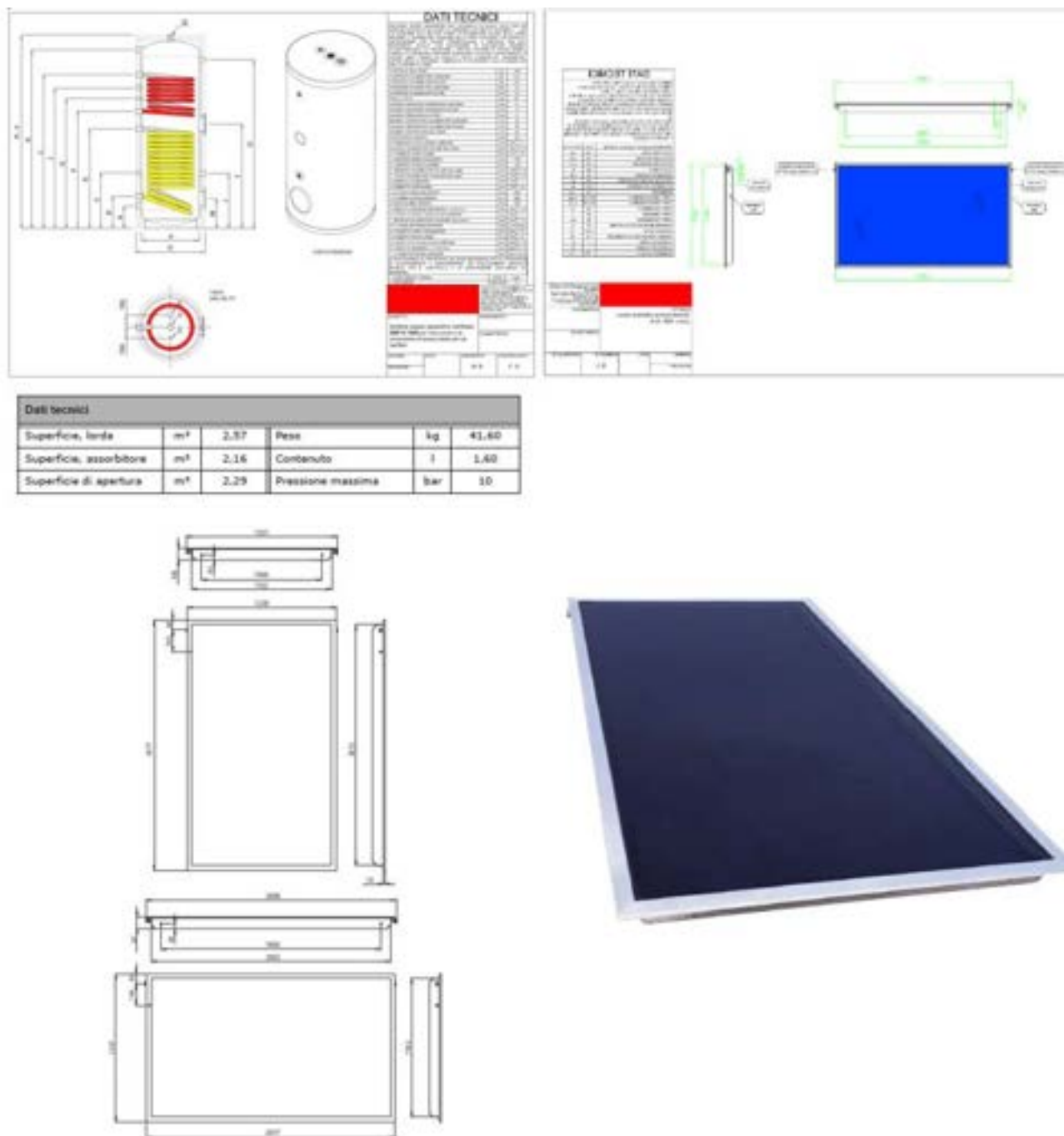


Figura 139: Specifiche tecniche buffer e pannelli solari termici

Si è utilizzato il metodo di verifica indicato dalla UNI TS 11300/4 mediante un foglio di calcolo appositamente predisposto. Nelle tabella seguenti si ha un riepilogo dei risultati.

Solare termico	
Uni 11300 parte 4	
SITO DI INSTALLAZIONE	
Località di installazione	Catania
Fattore di albedo	Edifici chiari
Dati irraggiamento	UNI 10349
SISTEMA SOLARE TERMICO	
Servizio da erogare	Solo acqua calda sanitaria
Tipo di collettore	Collettori piani vetrati
Tipo di collegamento	Sistema collegato ad accumulo
Angolo di inclinazione dei collettori (tilt)	0 °
Area del collettore solare [mq]	25

Tabella 60: Dati generali per i collettori solari piani

ACCUMULO TERMICO	
Tipo di accumulo	Accumulo ad acqua
Ubicazione	All'esterno
Volume nominale del serbatoio	1500 Litri
NON SELEZIONATO	
ACCUMULO TERMICO	
Tipo di integrazione	Integrazione di emergenza
Volume riscaldato da back-up	100 Litri
DISTRIBUZIONE	
Stato tubazioni	tubazioni isolate
SELEZIONATO	
Fabbisogni acs da default	
Destinazione d'uso edificio	Altro
Fabbisogno di acs [litri/giorno]	1000
Calcola fabbisogno	

Tabella 61: Dati sul fabbisogno energetico

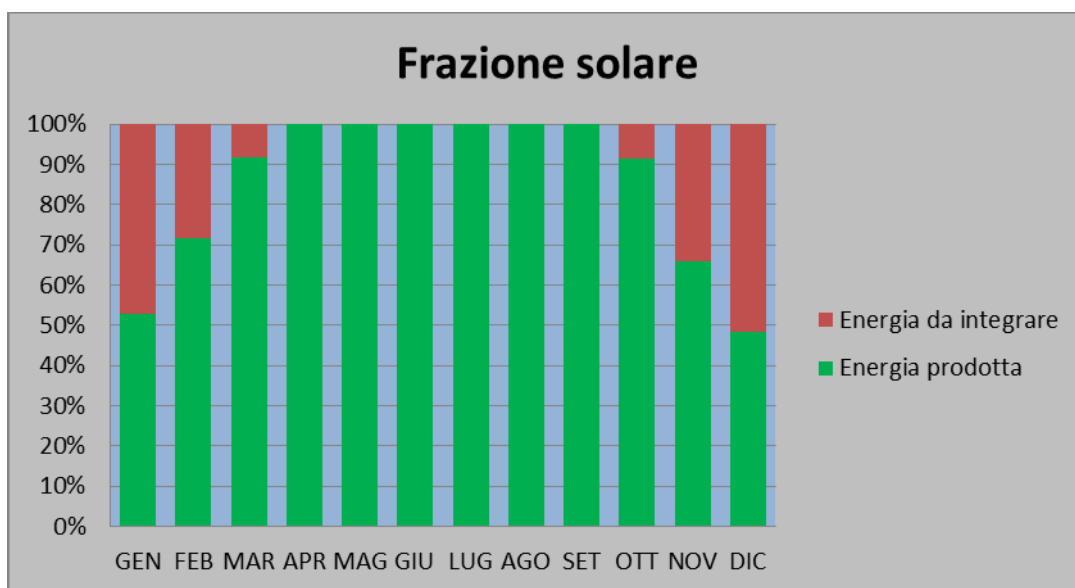


Figura 180: Andamento della Frazione Solare

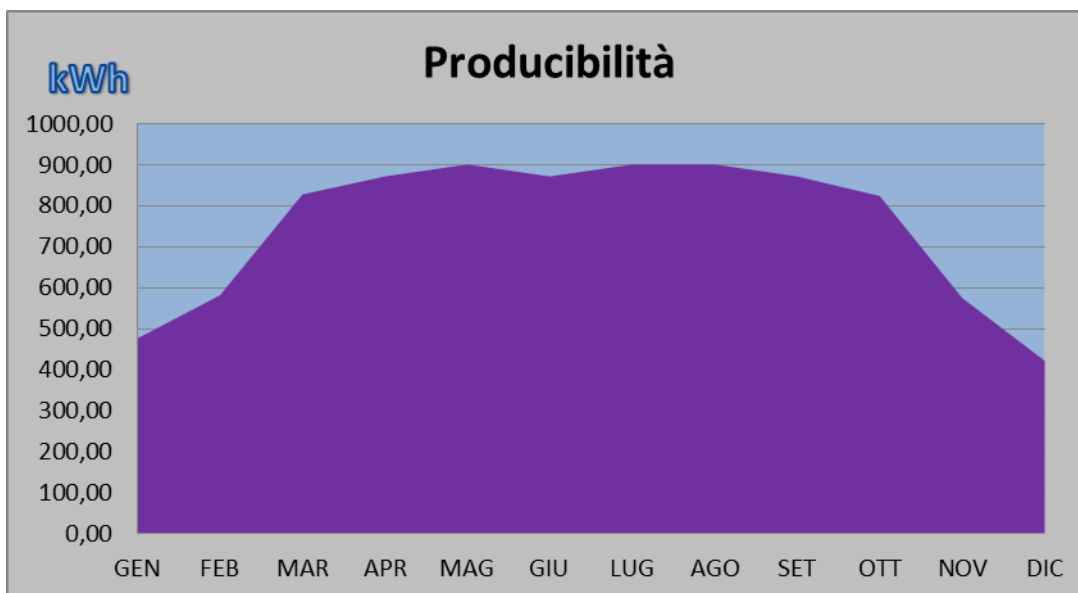


Figura 181: Producibilità dei collettori solari termici

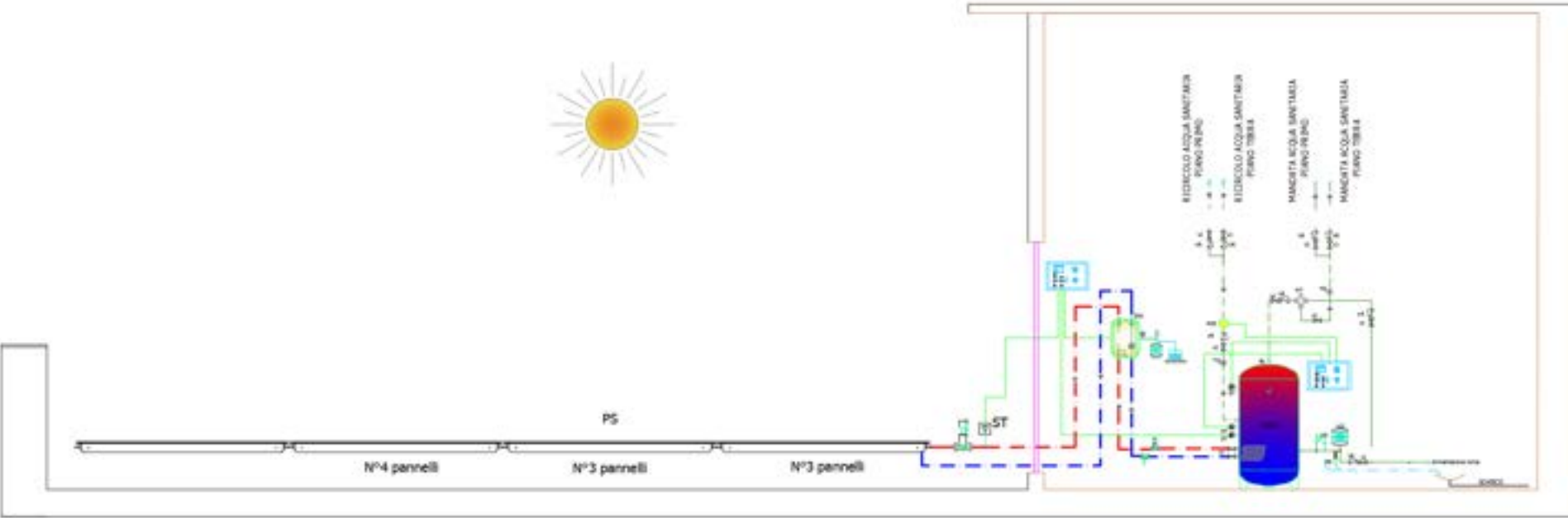


Figura 140: Schema d’impianto solare termico

Acqua calda sanitaria													
Mese	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	anno
[kWh/mese]	900,55	813,40	900,55	871,50	900,55	871,50	900,55	900,55	871,50	900,55	871,50	900,55	10.603,25
Risultati													
Producibilità di energia termica e frazione solare													
Mese	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	anno
[kWh/mese]	476,67	581,68	827,55	871,50	900,55	871,50	900,55	900,55	871,50	823,81	575,13	422,38	8.600,99
[%]	53%	72%	92%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	91%	66%	48%	

Tabella 62: Verifica energetica per i collettori solari termici

5.1.4.2 Impianto Fotovoltaico

Un procedimento analogo sarà seguito per la progettazione del sistema fotovoltaico. Si parte dalla configurazione attuale valutando i consumi di energia elettrica e quindi dell'energia prelevata dalla rete. Il carico elettrico attuale è dovuto sostanzialmente ai consumi per l'illuminazione, l'utilizzazione di macchinari interni quali pc, monitor e stampanti e agli ausiliari per la centrale termica e distribuzione.

EMISSIONE - REGOLAZIONE														
Piano terra - RH1 - Riscaldamento ad acqua 1														
	UM	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
QH	kWh	16.018,73	17.008,00	6.361,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16.202,60	55.592,14
Q _{te}	-	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	-
Q _{te}	kWh	843,24	895,16	334,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	852,77	2.925,90
Q _{te,aux}	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q _{te,sp}	kWh	170,24	180,74	67,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	172,18	590,77
Q _{te,sp}	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Q _{te,sp}	kWh	17.024,83	18.074,25	6.740,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17.218,26	59.077,26
FC	-	0,27	0,32	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	-
Q _{te,sp}	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q _{te,sp}	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Piano primo - RH1 - Riscaldamento ad acqua 1														
	UM	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
QH	kWh	17.092,12	17.474,24	4.204,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17.706,99	56.480,70
Q _{te}	-	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	-
Q _{te}	kWh	895,59	918,70	321,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	932,10	2.972,67
Q _{te,aux}	kWh	10,34	10,37	2,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,51	33,52
Q _{te,sp}	kWh	181,63	185,69	66,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	188,20	605,20
Q _{te,sp}	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Q _{te,sp}	kWh	18.163,19	18.569,26	4.467,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18.818,79	60.020,25
FC	-	0,30	0,34	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	-
Q _{te,sp}	kWh	10,34	10,37	2,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,51	33,52
Piano primo uffici - RH2 - Riscaldamento diretto Split uff.														
	UM	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
QH	kWh	3.508,08	3.600,06	734,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.648,83	11.491,68
Q _{te}	-	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	-
Q _{te}	kWh	305,05	313,05	63,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	317,29	999,28
Q _{te,aux}	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q _{te,sp}	kWh	18,18	18,66	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,83	62,77
Q _{te,sp}	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Q _{te,sp}	kWh	3.832,29	3.932,77	802,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.986,25	12.553,72
FC	-	0,26	0,29	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	-
Q _{te,sp}	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alloggio custode - RH3 - Riscaldamento diretto Split custode														
	UM	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
QH	kWh	1.316,74	1.372,36	355,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.353,77	4.398,36
Q _{te}	-	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	-
Q _{te}	kWh	114,50	119,34	30,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	117,72	382,47
Q _{te,aux}	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q _{te,sp}	kWh	7,19	7,50	1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,39	24,02
Q _{te,sp}	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Q _{te,sp}	kWh	1.438,43	1.499,19	388,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.478,88	4.804,85
FC	-	0,22	0,26	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	-
Q _{te,sp}	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DISTRIBUZIONE TABELLARE														
Riscaldamento ad acqua 1														
	UM	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Q _{te,sp}	kWh	35.167,22	36.643,53	11.228,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36.036,15	119.087,31
Q _{te,sp}	kWh	330,31	343,98	105,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	338,30	1.118,08
Q _{te,sp}	kWh	35.517,53	36.987,49	11.333,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36.374,45	120.215,32
Q _{te,sp}	kWh	1.116,00	1.098,00	1.116,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.116,00	4.398,00

Tabella 63: Consumi di energia elettrica per utilizzazione degli ausiliari e climatizzazione locali

I consumi per l'illuminazione ed il trasporto sono indicati nella foto successiva.

FABBISOGNO DI ENERGIA PER ILLUMINAZIONI

[illegible]

BILANCIAMENTO DI ENERGIA ELETTRICA PER ELIMINAZIONE INTERNA														
Punto zero														
LINEA	UN	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AUG	SET	OCT	NOV	DIC	TOTALE
PT_12_0000	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_CORRIGENDO	000	17,12	17,11	12,42	17,10	16,21	16,44	16,11	16,11	16,44	16,11	16,44	17,11	171,11
PT_12_ALULA 1	000	22,18	18,11	21,01	19,41	21,11	19,41	21,11	21,11	21,11	21,11	21,11	21,11	211,11
PT_12_ALULA 2H	000	22,18	18,11	21,01	19,41	21,11	19,41	21,11	21,11	21,11	21,11	21,11	21,11	211,11
PT_12_ALULA 3H	000	46,11	36,11	41,11	36,11	41,11	36,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	411,11
PT_12_ALULA 4H	000	46,11	41,11	46,11	47,11	46,11	47,11	46,11	46,11	47,11	46,11	47,11	46,11	471,11
PT_12_ALULA 5	000	17,11	17,11	17,11	17,11	17,11	17,11	17,11	17,11	17,11	17,11	17,11	17,11	171,11
PT_12_ALULA 6	000	19,41	19,41	19,41	19,41	19,41	19,41	19,41	19,41	19,41	19,41	19,41	19,41	194,11
PT_12_ALULA 7	000	22,18	18,11	21,01	19,41	21,11	19,41	21,11	21,11	21,11	21,11	21,11	21,11	211,11
PT_12_ALULA 8	000	22,18	18,11	21,01	19,41	21,11	19,41	21,11	21,11	21,11	21,11	21,11	21,11	211,11
PT_12_ALULA 9	000	46,11	36,11	41,11	36,11	41,11	36,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	411,11
PT_12_ALULA 10 H	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_00000000	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_00000000	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
TOTALE	000	461,11	361,11	411,11	361,11	411,11	361,11	411,11	411,11	411,11	411,11	411,11	411,11	4111,11
Punto primo														
LINEA	UN	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AUG	SET	OCT	NOV	DIC	TOTALE
PT_12_0000 (ALULA 1)	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_CORRIGENDO	000	17,12	17,11	12,42	17,10	16,21	16,44	16,11	16,11	16,44	16,11	16,44	17,11	171,11
PT_12_ALULA INFORMATION	000	46,11	36,11	41,11	36,11	41,11	36,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	411,11
PT_12_ALULA 1	000	46,11	36,11	41,11	36,11	41,11	36,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	411,11
PT_12_ALULA 2	000	46,11	36,11	41,11	36,11	41,11	36,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	411,11
PT_12_ALULA 3	000	46,11	36,11	41,11	36,11	41,11	36,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	411,11
PT_12_ALULA 4	000	46,11	36,11	41,11	36,11	41,11	36,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	411,11
PT_12_ALULA 5	000	46,11	36,11	41,11	36,11	41,11	36,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	411,11
PT_12_ALULA 6	000	46,11	36,11	41,11	36,11	41,11	36,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	41,11	411,11
PT_12_ALULA 7	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_ALULA 8	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_ALULA 9	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_ALULA 10	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_00000000	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_00000000	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
TOTALE	000	461,11	361,11	411,11	361,11	411,11	361,11	411,11	411,11	411,11	411,11	411,11	411,11	4111,11
Punto primo uffici														
LINEA	UN	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AUG	SET	OCT	NOV	DIC	TOTALE
PT_12_0000 (OFFICI)	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_0000 1	000	17,12	17,11	12,42	17,10	16,21	16,44	16,11	16,11	16,44	16,11	16,44	17,11	171,11
PT_12_00000000	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_00000000	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_0000 2	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_00000000	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_0000 3	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
PT_12_0000 4	000	15,11	11,19	14,23	14,44	14,29	15,11	14,41	14,17	14,40	15,11	14,19	15,11	151,42
TOTALE	000	242,73	177,48	211,18	206,16	201,21	206,17	201,14	201,71	206,86	207,80	208,09	201,81	2.080,09
Allegato contabile														
LINEA	UN	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AUG	SET	OCT	NOV	DIC	TOTALE
PT_12_0000	000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT_12_0000 1	000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT_12_00000000	000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT_12_00000000	000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT_12_00000000	000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT_12_0000 2	000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT_12_00000000	000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT_12_0000 3	000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT_12_0000 4	000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
TOTALE	000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BILANCIAMENTO DI ENERGIA ELETTRICA PER ELIMINAZIONE														
LINEA	UN	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AUG	SET	OCT	NOV	DIC	TOTALE
Bilanciamento energia	000	70,00	120,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	700,00
Bilanciamento energia	000	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	10.000,00
Bilanciamento energia	000	470,00	110,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	1.500,00
TOTALE	000	2.170,00	2.090,00	2.020,00	2.090,00	2.090,00	2.090,00	2.090,00	2.090,00	2.090,00	2.090,00	2.090,00	2.090,00	20.900,00

Tabella 64: Consumi di energia elettrica per il servizio di illuminazione e trasporto.

Dai dati di output in uscita ed in previsione dell'installazione delle macchine a pompa di calore per climatizzare l'edificio si è optato per installare un fotovoltaico da 15 kWp con una superficie di 100 m² circa. La superficie sarà esposta con direzione prevalente verso sud e andrà a ricoprire il piano copertura creando un campo di 60 pannelli. La centrale termica di contenimento per il buffer, le centraline e il gruppo di pompaggio è inserita nei locali tecnici della parte finale della copertura.

I pannelli fotovoltaici selezionati per il progetto presentano un'elevata efficienza. Nello stato attuale solo installando questo impianto è possibile coprire circa l'85% dei consumi elettrici presenti nell'edificio.

2 PROGETTAZIONE 2.1 Specifiche tecniche

Per ulteriori informazioni consultare la corrispondente scheda tecnica del prodotto disponibile sul sito web www.q-cells.com.

LINEA DI PRODOTTI	Q.PRO-G4.X / Q.PRO BFR-G4.X	Q.PLUS BFR-G4.X	Q.PEAK-G4.X / Q.PEAK BLK-G4.X
Tipo	Policristallino	Q.ANTUM	Q.ANTUM Ultra
Superficie [m ²]	1,67	1,67	1,67
Altezza cornice [mm]	32	32	32
Peso [kg]	18,8	18,8	18,8
Tensione sistema max. V _{max} [V]	1000	1000	1000
Corrente inversa max. [A]	20	20	20
Intervallo di temperatura consentito	da -40 °C a +85 °C (da -40 °F a +185 °F)		
Classe di protezione scatola di giunzione	Protezione IP67 con diodo di bypass		
Classe di protezione connettore	IP68	IP68	IP68
Classe di incendio	C	C	C
Carico neve [Pa] ¹	5400	5400	5400
Carico vento [Pa] ¹	4000	4000	4000
Certificati	VDE Quality Tested; CE; IEC 61215 (Ed.2) vedi pag. 9 e sgg.; IEC 61730 (Ed.1) Classe di applicazioni A		

¹ Test de charge conformément à la norme IEC 61215

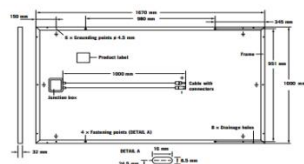


Fig. 1: Dimensioni esterne (in mm) e componenti per i moduli Q.PRO-G4.X, Q.PRO BFR-G4.X, Q.PLUS BFR-G4.X, Q.PEAK-G4.X, Q.PEAK BLK-G4.X



SPECIFICHE MECCANICHE	
Dimensioni	1670 mm x 1000 mm x 32 mm (cornice inclusa)
Peso	18,8 kg
Lato frontale	3,2 mm millimetri di vetro temprato con tecnologia anti-irriflesso
Lato posteriore	Pellicola composita
Cornice	Legna di alluminio anodizzato nero
Cella	6 x 10 celle Q.ANTUM
Scatola di giunzione	77 mm x 90 mm x 15,8 mm Protezione IP67, con 3 diodi di bypass
Cavo	Cavo solare 4 mm ² (c) 1000mm, (c) 1000mm
Connettore	MC4, IP68

SPECIFICHE ELETTRICHE	
CLASSI DI PRESTAZIONE	270
PRESTAZIONE MINIMA IN CONDIZIONI DI PROVA STANDARD, STC* (CAPACITÀ DI TOLLERANZA +5W / -0W)	
Prestazioni a MPP ¹	270
Corrente di cortocircuito ²	9,29
Tensione a vuoto ³	38,45
Corrente nel MPP ⁴	8,70
Tensione nel MPP ⁴	31,04
Efficienza ⁵	≥ 16,2

CLASSI DI PRESTAZIONE	275
PRESTAZIONE MINIMA IN CONDIZIONI DI NORMALE FUNZIONAMENTO, NOC ⁶	
Prestazioni a MPP ¹	275
Corrente di cortocircuito ²	9,35
Tensione a vuoto ³	38,72
Corrente nel MPP ⁴	8,77
Tensione nel MPP ⁴	31,36
Efficienza ⁵	≥ 16,5

CLASSI DI PRESTAZIONE	280
PRESTAZIONE MINIMA IN CONDIZIONI DI NORMALE FUNZIONAMENTO, NOC ⁶	
Prestazioni a MPP ¹	280
Corrente di cortocircuito ²	9,41
Tensione a vuoto ³	38,97
Corrente nel MPP ⁴	8,84
Tensione nel MPP ⁴	31,67
Efficienza ⁵	≥ 16,8

CLASSI DI PRESTAZIONE	270
PRESTAZIONE MINIMA IN CONDIZIONI DI PROVA STANDARD, STC* (CAPACITÀ DI TOLLERANZA +5W / -0W)	
Prestazioni a MPP ¹	270
Corrente di cortocircuito ²	9,29
Tensione a vuoto ³	38,45
Corrente nel MPP ⁴	8,70
Tensione nel MPP ⁴	31,04
Efficienza ⁵	≥ 16,2

CLASSI DI PRESTAZIONE	275
PRESTAZIONE MINIMA IN CONDIZIONI DI NORMALE FUNZIONAMENTO, NOC ⁶	
Prestazioni a MPP ¹	275
Corrente di cortocircuito ²	9,35
Tensione a vuoto ³	38,72
Corrente nel MPP ⁴	8,77
Tensione nel MPP ⁴	31,36
Efficienza ⁵	≥ 16,5

CLASSI DI PRESTAZIONE	280
PRESTAZIONE MINIMA IN CONDIZIONI DI NORMALE FUNZIONAMENTO, NOC ⁶	
Prestazioni a MPP ¹	280
Corrente di cortocircuito ²	9,41
Tensione a vuoto ³	38,97
Corrente nel MPP ⁴	8,84
Tensione nel MPP ⁴	31,67
Efficienza ⁵	≥ 16,8

CLASSI DI PRESTAZIONE	270
PRESTAZIONE MINIMA IN CONDIZIONI DI PROVA STANDARD, STC* (CAPACITÀ DI TOLLERANZA +5W / -0W)	
Prestazioni a MPP ¹	270
Corrente di cortocircuito ²	9,29
Tensione a vuoto ³	38,45
Corrente nel MPP ⁴	8,70
Tensione nel MPP ⁴	31,04
Efficienza ⁵	≥ 16,2

CLASSI DI PRESTAZIONE	275
PRESTAZIONE MINIMA IN CONDIZIONI DI NORMALE FUNZIONAMENTO, NOC ⁶	
Prestazioni a MPP ¹	275
Corrente di cortocircuito ²	9,35
Tensione a vuoto ³	38,72
Corrente nel MPP ⁴	8,77
Tensione nel MPP ⁴	31,36
Efficienza ⁵	≥ 16,5

CLASSI DI PRESTAZIONE	280
PRESTAZIONE MINIMA IN CONDIZIONI DI NORMALE FUNZIONAMENTO, NOC ⁶	
Prestazioni a MPP ¹	280
Corrente di cortocircuito ²	9,41
Tensione a vuoto ³	38,97
Corrente nel MPP ⁴	8,84
Tensione nel MPP ⁴	31,67
Efficienza ⁵	≥ 16,8



Figura 144: Specifiche componenti dell'impianto fotovoltaico.

I risultati sono presentati nella figura sottostante.

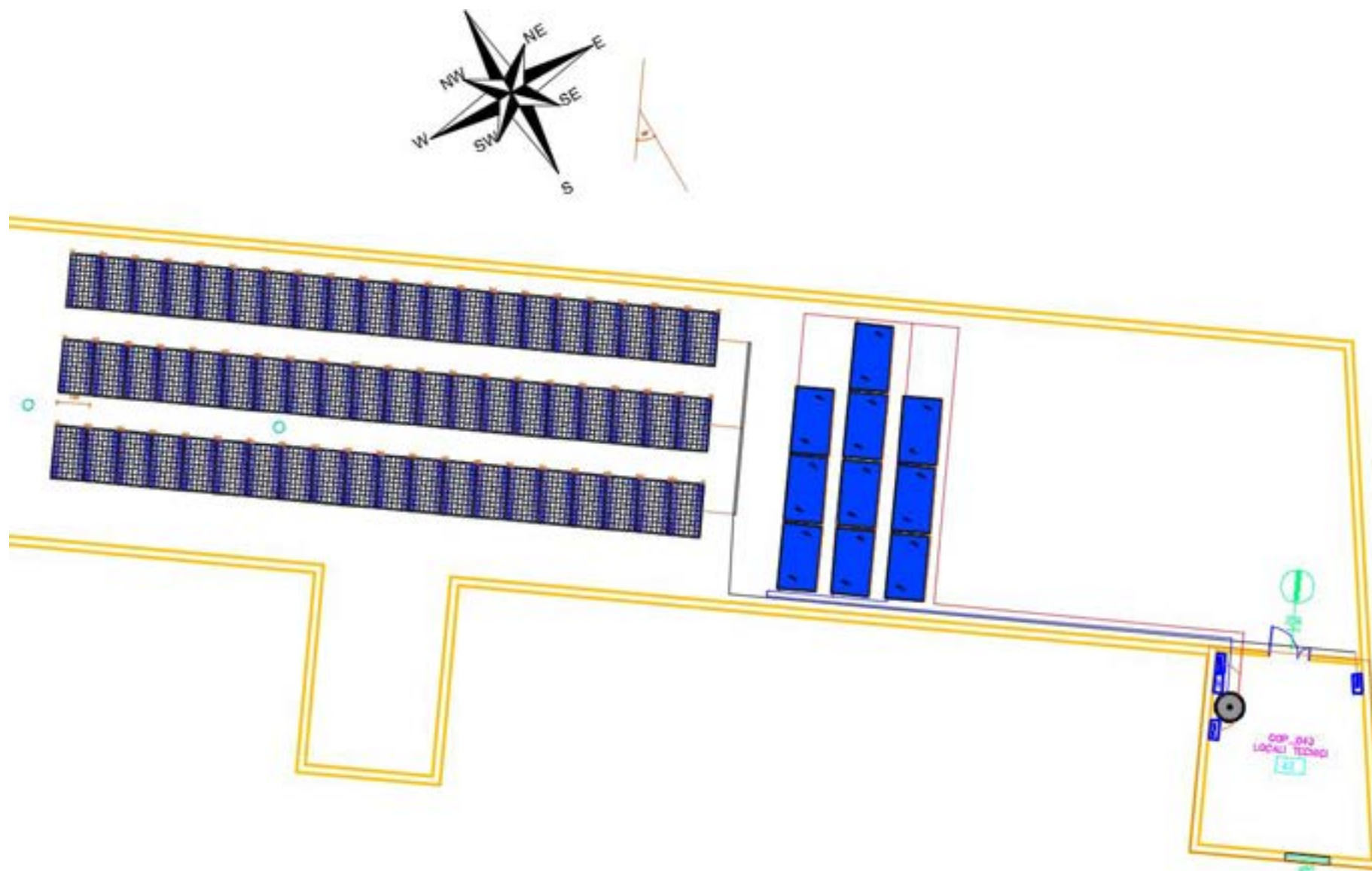


Figura 143: Disposizione degli impianti fotovoltaici per la produzione di ACS ed energia elettrica.

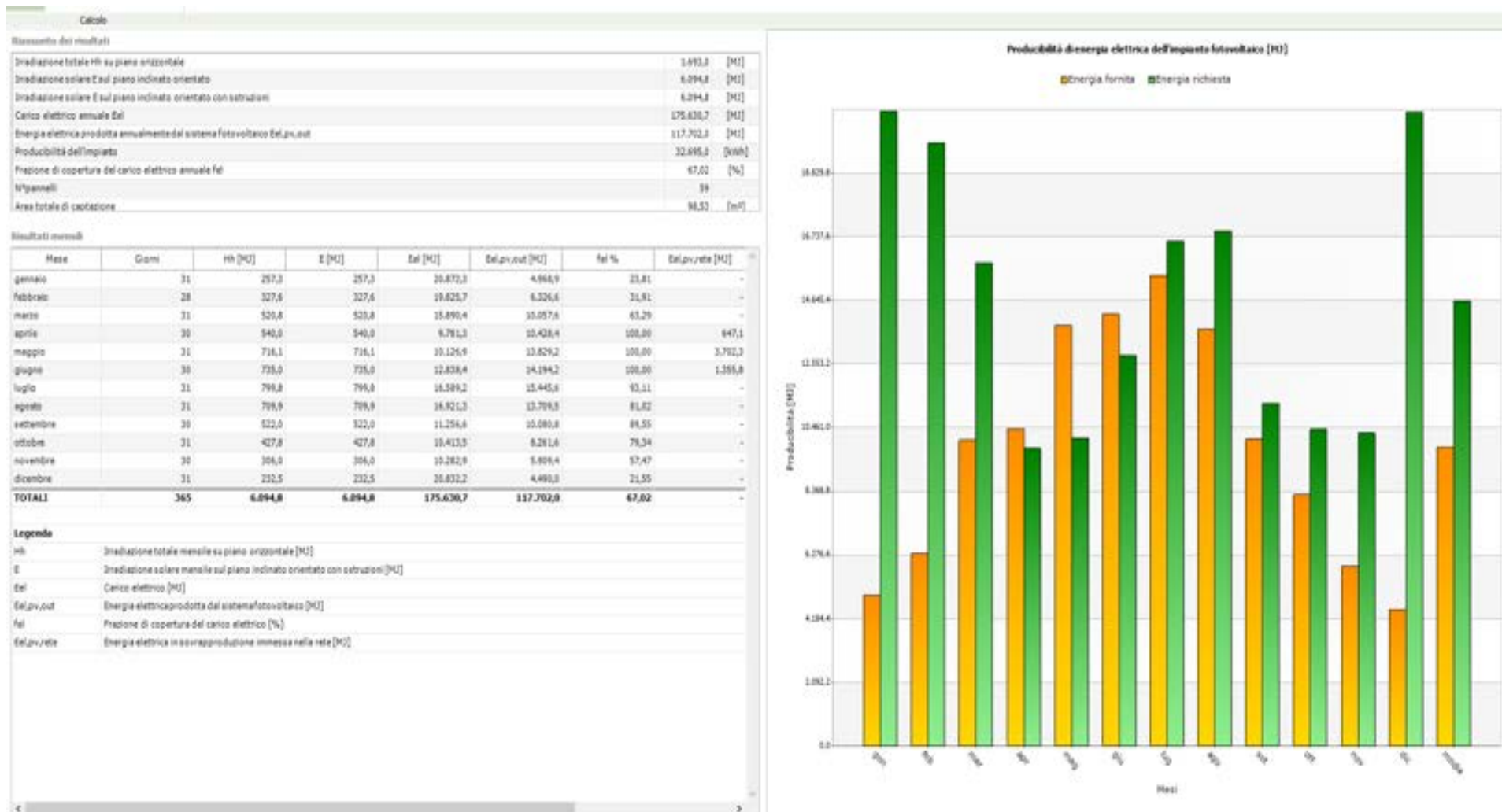


Figura 145: Copertura del fabbisogno elettrico. Specifiche post intervento: installazione impianto fotovoltaico.

Il costo dell'intervento di installazione dell'impianto fotovoltaico è di circa € 22.000,00.

5.1.5 Fabbisogno energetico dovuto all'illuminazione- *Relamping*

Il fabbisogno di energia elettrica è strettamente connesso con il numero di lampade installate all'interno e all'esterno dell'edificio. Questo è un dato di fatto inconfutabile poiché legato all'audit energetico e quindi alla definizione della localizzazione nei vari ambienti e della loro caratterizzazione.

Un primo approccio permette l'individuazione dei vari componenti classificandoli per tipologie e potenza e se possibile, risulta conveniente accedere direttamente al corpo illuminante per verificarne lo stato e la consistenza.

La foto seguente permette di avere un'idea del processo di anagrafica tecnica dei vari corpi illuminanti.



Figura 182: Corpi illuminanti dell'edificio. Lampade a fluorescenza, a basso consumo e a ioduri metallici.

Una volta effettuato l'inventario dell'edificio si passa al posizionamento nella planimetria generale a alla loro suddivisione che a sua volta è correlata con le zone termiche di competenza.

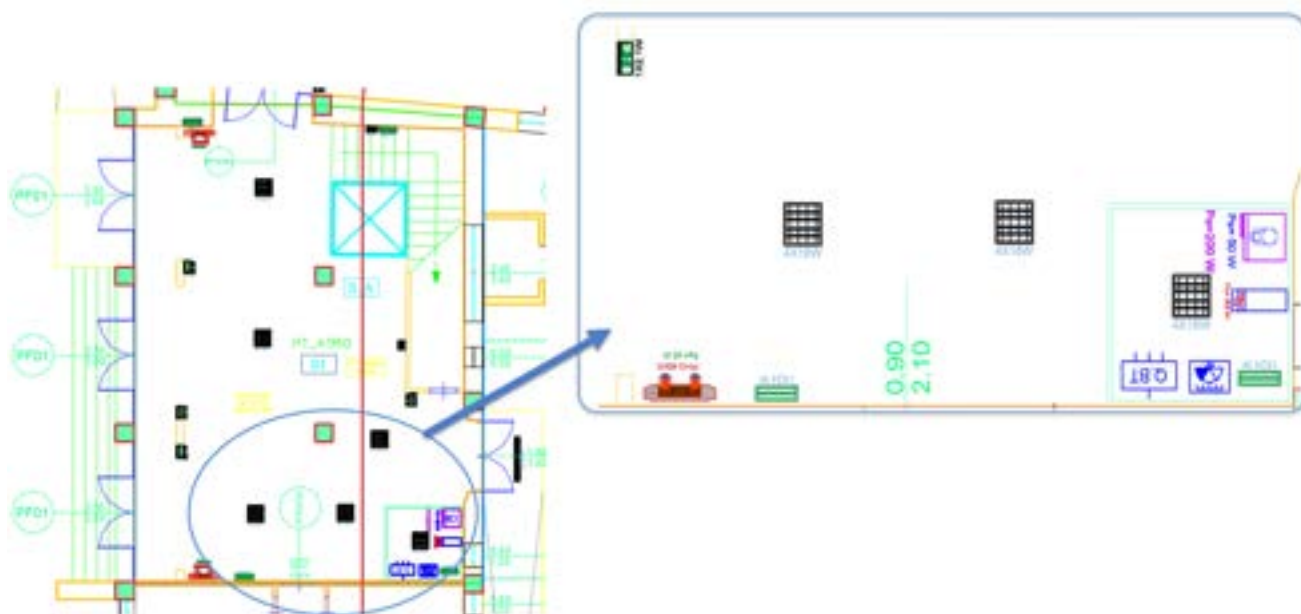


Figura 147: Corpi illuminanti piano terra: Atrio. Specifiche e dettagli dell'illuminazione interna.

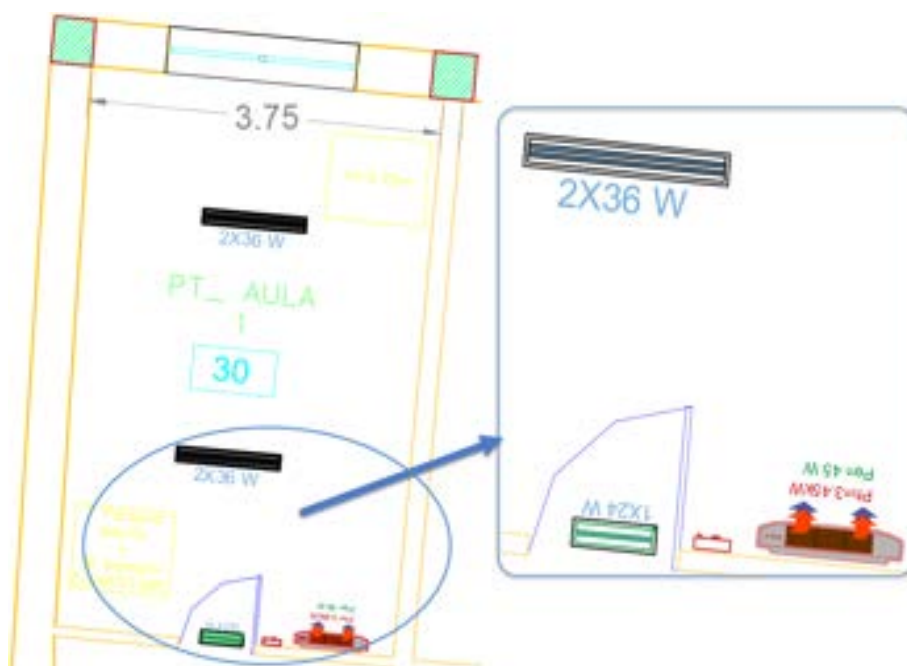


Figura 148: Corpi illuminanti piano terra: Aula 1 Elementare. Specifiche e dettagli dell'illuminazione interna.

La destinazione d'uso potrebbe dare indicazioni circa le ore di funzionamento. Effettivamente potrebbe essere un calcolo accettabile ma è necessario considerare l'aleatorietà della variabile utenza che potrebbe variare considerevolmente le ipotesi selezionate per l'analisi energetica. Lo studio energetico anche se supportato da un questionario attivo rivolto agli utilizzatori dell'edificio può essere ritenuto non valido. Infatti un impianto non centralizzato, senza la presenza di un energy meter dedicato alla sola linea elettrica per l'illuminazione può rendere vano anche il più scrupoloso intervento dell'Energy Auditor soprattutto se i dati in possesso della committenza sono disaggregati senza specifiche tecniche. Nel caso studio oggetto del processo di *relamping* sono stati individuati:

- 400 lampade a fluorescenza tra all'interno dell'edificio
- 23 lampade a basso consumo nell'alloggio custode
- 14 lampade suddivise rispettivamente in 8 lampade a fluorescenza e 6 del tipo a ioduri metallici per l'esterno

In base al censimento delle zone termiche si è ipotizzato di suddividere lo schema dei corpi illuminanti con un fattore di utilizzazione distinto in 9 h effettive per gli ambienti comuni, gli uffici e l'esterno mentre 8 h per i locali adibiti ad uso scolastico. Il calcolo fittizio è calcolato su una base annua di 365 giorni annui.

FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE ESTERNA

Scuola Livio Tempesta

Zona	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Piano terra	kWh	310,79	280,72	310,79	300,77	310,79	300,77	310,79	310,79	300,77	310,79	300,77	310,79	3.659,34
Piano primo	kWh	300,22	271,17	300,22	290,54	300,22	290,54	300,22	300,22	290,54	300,22	290,54	300,22	3.534,88
Piano primo uffici	kWh	65,31	58,99	65,31	63,20	65,31	63,20	65,31	65,31	63,20	65,31	63,20	65,31	768,98
Alloggio custode	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTALE	kWh	676,33	610,88	676,33	654,51	676,33	654,51	676,33	676,33	654,51	676,33	654,51	676,33	7.963,20

FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
illuminazioneparassita	kWh	700,69	632,88	700,69	678,09	700,69	678,09	700,69	700,69	678,09	700,69	678,09	700,69	8.250,06
illuminazione interna	kWh	1.558,61	1.345,10	1.448,93	1.354,18	1.383,96	1.355,40	1.385,08	1.390,36	1.401,41	1.484,38	1.493,53	1.571,06	17.172,01
illuminazione esterna	kWh	676,33	610,88	676,33	654,51	676,33	654,51	676,33	676,33	654,51	676,33	654,51	676,33	7.963,20
TOTALE	kWh	2.935,63	2.588,86	2.825,94	2.686,78	2.760,97	2.687,99	2.762,10	2.767,38	2.734,00	2.861,40	2.826,13	2.948,08	33.385,2

Tabella 65: Fabbisogno di energia elettrica: ripartizione tra illuminazione interna ed esterna.

Definiti i fabbisogni dovuti al consumo di energia elettrica dovuta all'illuminazione si procede con il computo del costo dell'energia dovuto:

- Ore annue di utilizzo
- Guasti incidentali e usura lampade
- Costi di manutenzione ordinaria per la sostituzione

Da uno studio che rielabora lo stato di fatto di utilizzo dei corpi illuminanti, si deduce che la spesa annua dovuta alla sola illuminazione sia dovuta ad un consumo di 34.645,80 kWh/anno per un costo di € 7.968,53 al quale si aggiunge un costo di manutenzione di € 382,69 con un totale di € 8.351,23.

Visti i costi elevati si è pensato di effettuare un'operazione di relamping interna ed esterna procedendo con la sostituzione delle lampade presenti con nuove lampade a tecnologia LED.

Tali lampade presentano un'efficienza elevata, non riscaldano l'ambiente e quindi ininfluenti per il carico energetico interno, presentano una durata pari a più del doppio di quelle esistenti e garantiscono con un minor numero lo stesso flusso luminoso.

Inoltre negli ambienti di passaggio si è pensato di inserire un sensore di movimento/presenza per ridurre sprechi luminosi in assenza di occupazione dei locali, riducendo ulteriormente il fabbisogno energetico e quindi economizzando i costi di bolletta.

CARATTERIZZAZIONE CONSUMI PER L'ILLUMINAZIONE INTERNA ED ESTERNA

ZONE	Ambiente	Tipo	Qtà	Potenza (W)	Qtà	Potenza (W)	Potenza complessiva (W)	Ore di funzionamento (h/day)	Days	Energia annua (kWh/anno)	TEP (1KWh =0,187 X10-3 TE)	CO2 (1 kWh=0,400 kgCO2/kWh)
PIANO TERRA AULE	PT_01_ ATRIO	A fluorescenza	24	18	4	11,00	476,00	8,00	365	1389,92	0,26	555,97
	PT_02_ CORRIDOIO	A fluorescenza	32	18			576,00	8,00	365	1681,92	0,31	672,77
	PT_03_ AULA 1	A fluorescenza	4	36			144,00	8,00	365	420,48	0,08	168,19
	PT_04_ AULA 2	A fluorescenza	4	36			144,00	8,00	365	420,48	0,08	168,19
	PT_05_ AULA 3	A fluorescenza	8	36			288,00	8,00	365	840,96	0,16	336,38
	PT_06_ AULA 4	A fluorescenza	8	36			288,00	8,00	365	840,96	0,16	336,38
	PT_07_ AULA 5	A fluorescenza	4	36			144,00	8,00	365	420,48	0,08	168,19
	PT_08_ AULA 6	A fluorescenza	4	36			144,00	8,00	365	420,48	0,08	168,19
	PT_09_ AULA 7	A fluorescenza	4	36			144,00	8,00	365	420,48	0,08	168,19
	PT_10_ AULA 8	A fluorescenza	4	36			144,00	8,00	365	420,48	0,08	168,19
	PT_11_ AULA 9	A fluorescenza	8	36			288,00	8,00	365	840,96	0,16	336,38
	PT_12_ AULA 10	A fluorescenza	12	36			432,00	8,00	365	1261,44	0,24	504,58
	PT_13_ RIPOSTIGLIO 11	A fluorescenza	24	18			432,00	8,00	365	1261,44	0,24	504,58
	PT_14_ BAGNI	A fluorescenza	24	18			432,00	8,00	365	1261,44	0,24	504,58
PIANO PRIMO AULE	PT_20_ VANO SCALA	A fluorescenza	12	18	4	11,00	260,00	9,00	365	854,10	0,16	341,64
	P1_29_ CORRIDOIO	A fluorescenza	36	18			648,00	9,00	365	2128,68	0,40	851,47
	P1_30_ AULA INFORMATICA	A fluorescenza	8	36			288,00	8,00	365	840,96	0,16	336,38
	P1_31_ AULA 1	A fluorescenza	8	36			288,00	8,00	365	840,96	0,16	336,38
	P1_32_ AULA 2	A fluorescenza	8	36			288,00	8,00	365	840,96	0,16	336,38
	P1_33_ AULA 3	A fluorescenza	8	36			288,00	8,00	365	840,96	0,16	336,38
	P1_34_ AULA 4	A fluorescenza	8	36			288,00	8,00	365	840,96	0,16	336,38
	P1_35_ AULA 5	A fluorescenza	8	36			288,00	8,00	365	840,96	0,16	336,38
	P1_36_ AULA 6	A fluorescenza	4	36			144,00	8,00	365	420,48	0,08	168,19
	P1_37_ AULA 7	A fluorescenza	6	36			216,00	8,00	365	630,72	0,12	252,29
	P1_38_ BAGNI 2	A fluorescenza	24	18			432,00	8,00	365	1261,44	0,24	504,58
	P1_39_ BAGNI 3	A fluorescenza	6	18			108,00	8,00	365	315,36	0,06	126,14
	PCO_40_ VANO SCALA	A fluorescenza	2	11			22,00	8,00	365	64,24	0,01	25,70
PIANO PRIMO UFFICI	P1_21_ UFFICIO DIREZIONALE	A fluorescenza	16	18			288,00	9,00	365	946,08	0,18	378,43
	P1_22_ SEGRETERIA 1	A fluorescenza	8	18			144,00	9,00	365	473,04	0,09	189,22
	P1_23_ DISIMPEGNO	A fluorescenza	8	18			144,00	9,00	365	473,04	0,09	189,22
	P1_24_ DIREZIONE	A fluorescenza	12	18			216,00	9,00	365	709,56	0,13	283,82
	P1_25_ SEGRETERIA 2	A fluorescenza	16	18			288,00	9,00	365	946,08	0,18	378,43
	P1_26_ BAGNI 1	A fluorescenza	6	18			108,00	9,00	365	354,78	0,07	141,91
	P1_27_ SEGRETERIA 3	A fluorescenza	16	18			288,00	9,00	365	946,08	0,18	378,43
	P1_28_ SEGRETERIA 4	A fluorescenza	16	18			288,00	9,00	365	946,08	0,18	378,43
ESTERNO	PT_15_ CENTRALE TERMICA	A fluorescenza	2	36			72,00	9,00	365	236,52	0,04	94,61
	PT_16_ SERBATOIO GAS.	A fluorescenza	2	36			72,00	9,00	365	236,52	0,04	94,61
	PT_17_ GRUPPO EL.	A fluorescenza	2	36			72,00	9,00	365	236,52	0,04	94,61
	PT_18_ AREA VASCHE	A fluorescenza	2	36			72,00	9,00	365	236,52	0,04	94,61
	PT_19_ AREA ESTERNA	A fluorescenza/ Ioduri di metallici	6	250	3	36,00	1608,00	9,00	365	5282,28	0,99	2112,91
CUSTODE	PT_AC_CUCINA	A basso consumo	4	42			168,00	9,00	365	551,88	0,10	220,75
	PT_AC_SALONE	A basso consumo	4	42			168,00	9,00	365	551,88	0,10	220,75
	PT_AC_DISIMPEGNO	A basso consumo	2	42			84,00	9,00	365	275,94	0,05	110,38
	PT_AC_CORRIDOIO	A basso consumo	3	42			126,00	9,00	365	413,91	0,08	165,56
	PT_AC_BAGNI	A basso consumo	2	42			84,00	9,00	365	275,94	0,05	110,38
	PT_AC_CAMERA LETTO 2	A basso consumo	4	42			168,00	9,00	365	551,88	0,10	220,75
	PT_AC_CAMERA LETTO 1	A basso consumo	4	42			168,00	9,00	365	551,88	0,10	220,75
										37.819,11	7,07	15.127,64

Tabella 66: Definizione del patrimonio elettrico dell'edificio dovuto ai corpi illuminanti. Specifiche della caratterizzazione in zone di utilizzazione.

FABBISOGNO DI ENERGIA PER ILLUMINAZIONE

FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA PARASSITA													
Scuola Lino Tempesta - Piano terra													
Località													
lit	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE
PT_01_ATRIUM	49,02	49,02	49,02	47,40	49,02	47,40	49,02	49,02	47,40	49,02	47,40	49,02	377,32
PT_02_CORRIDOIO	82,49	79,80	82,49	79,83	82,49	79,83	82,49	82,49	79,83	82,49	79,83	82,49	871,21
PT_03_AULA 1	10,81	9,88	10,81	10,27	10,81	10,27	10,81	10,81	10,27	10,81	10,27	10,81	124,82
PT_04_AULA 2 M	13,27	10,81	13,27	10,81	13,27	10,81	13,27	10,81	13,27	10,81	13,27	10,81	150,72
PT_05_AULA 3 M	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79	20,79	247,84
PT_06_AULA 4 M	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	22,64	246,52
PT_07_AULA 5	12,94	11,70	12,94	12,94	12,94	12,94	12,94	12,94	12,94	12,94	12,94	12,94	152,08
PT_08_AULA 6	9,29	8,40	9,29	8,40	9,29	8,40	9,29	8,40	9,29	8,40	9,29	8,40	110,52
PT_09_AULA 7	11,42	10,81	11,42	11,04	11,42	11,04	11,42	11,42	11,04	11,42	11,04	11,42	134,52
PT_10_AULA 8	11,49	10,81	11,49	11,12	11,49	11,12	11,49	11,49	11,12	11,49	11,12	11,49	135,93
PT_11_AULA 9	23,18	20,81	23,18	22,41	23,18	22,41	23,18	23,18	22,41	23,18	22,41	23,18	272,84
PT_12_AULA 10 M	23,81	21,33	23,81	22,89	23,81	22,89	23,81	23,81	22,89	23,81	22,89	23,81	278,04
PT_13_SPOSTELLO	20,82	18,82	20,82	18,82	20,82	18,82	20,82	20,82	18,82	20,82	18,82	20,82	246,58
PT_14_BAGNO	10,81	9,82	10,81	10,71	10,81	10,71	10,81	10,81	10,71	10,81	10,71	10,81	125,46
TOTALE	321,90	290,83	321,90	311,60	321,90	311,60	321,90	321,90	311,60	321,90	311,60	321,90	3.295,16
Scuola Lino Tempesta - Piano primo													
Località													
lit	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE
PT_01_VIVIO SCALA 1	21,33	21,33	21,33	20,81	21,33	20,81	21,33	21,33	20,81	21,33	20,81	21,33	177,82
PT_02_CORRIDOIO	89,88	80,46	89,88	86,21	89,88	86,21	89,88	89,88	86,21	89,88	86,21	89,88	1.046,84
PT_03_AULA INFORMATICA	22,89	20,81	22,89	21,82	22,89	21,82	22,89	22,89	21,82	22,89	21,82	22,89	268,00
PT_04_AULA 1	20,81	20,81	20,81	20,11	20,81	20,11	20,81	20,81	20,11	20,81	20,11	20,81	248,04
PT_05_AULA 2	23,81	21,44	23,81	21,89	23,81	21,89	23,81	23,81	21,89	23,81	21,89	23,81	286,46
PT_06_AULA 3	23,21	21,09	23,21	22,59	23,21	22,59	23,21	23,21	22,59	23,21	22,59	23,21	279,44
PT_07_AULA 4	23,21	20,81	23,21	22,41	23,21	22,41	23,21	23,21	22,41	23,21	22,41	23,21	275,38
PT_08_AULA 5	23,81	21,74	23,81	22,22	23,81	22,22	23,81	23,81	22,22	23,81	22,22	23,81	318,42
PT_09_AULA 6	9,21	8,41	9,21	8,41	9,21	8,41	9,21	8,41	9,21	8,41	9,21	8,41	109,82
PT_10_AULA 7	14,81	13,89	14,81	13,89	14,81	13,89	14,81	14,81	13,89	14,81	13,89	14,81	185,00
PT_11_BAGNO 2	13,48	12,17	13,48	12,48	13,48	12,48	13,48	13,48	12,48	13,48	12,48	13,48	158,76
PT_12_BAGNO 3	10,81	9,82	10,81	10,71	10,81	10,71	10,81	10,81	10,71	10,81	10,71	10,81	125,46
PT_13_VIVIO SCALA 2	11,42	10,81	11,42	11,04	11,42	11,04	11,42	11,42	11,04	11,42	11,04	11,42	138,82
TOTALE	311,04	280,94	311,04	301,00	311,04	301,00	311,04	311,04	301,00	311,04	301,00	311,04	3.585,22
Scuola Lino Tempesta - Piano primo uffici													
Località													
lit	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE
PT_01_SEG. DIRIGE.	11,94	10,79	11,94	11,39	11,94	11,39	11,94	11,94	11,39	11,94	11,39	11,94	148,04
PT_02_SEG. 1	7,04	6,37	7,04	6,80	7,04	6,80	7,04	7,04	6,80	7,04	6,80	7,04	83,18
PT_03_DIREZIONE	5,49	4,99	5,49	5,21	5,49	5,21	5,49	5,49	5,21	5,49	5,21	5,49	64,82
PT_04_DIREZIONE	12,84	11,42	12,84	12,28	12,84	12,28	12,84	12,84	12,28	12,84	12,28	12,84	151,08
PT_05_SEG. 2	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	101,08
PT_06_BAGNO 1	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	60,30
PT_07_SEG. 3	8,82	7,22	8,82	7,77	8,82	7,77	8,82	8,82	7,77	8,82	7,77	8,82	94,30
PT_08_SEG. 4	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95	107,42
TOTALE	67,66	61,52	67,66	63,48	67,66	63,48	67,66	67,66	63,48	67,66	63,48	67,66	796,68
Scuola Lino Tempesta - Alloggio custode													
Località													
lit	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE
PT_01_CUCINA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PT_02_SALONE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PT_03_DIREZIONE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PT_04_CORRIDOIO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PT_05_BAGNO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PT_06_CAMERA LETTO 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PT_07_CAMERA LETTO 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTALE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE INTERNA													
Piano terra													
Località													
lit	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE
PT_01_ATRIUM	75,21	65,78	68,28	64,44	66,29	68,28	66,40	68,40	64,87	66,40	70,22	66,76	814,34
PT_02_CORRIDOIO	67,40	71,71	70,42	71,82	70,41	71,82	70,41	71,82	70,41	71,82	71,71	70,41	1.213,43
PT_03_AULA 1	22,18	19,39	20,68	19,49	20,68	19,49	20,68	20,68	19,49	20,68	21,11	21,11	246,40
PT_04_AULA 2 M	22,18	19,39	20,68	19,49	20,68	19,49	20,68	20,68	19,49	20,68	21,11	21,11	246,40
PT_05_AULA 3 M	46,86	38,59	40,31	38,89	40,31	38,89	40,31	40,31	38,89	40,31	42,37	42,37	508,82
PT_06_AULA 4 M	46,86	44,13	46,86	47,25	46,86	47,25	46,86	46,86	47,25	46,86	47,25	46,86	576,28
PT_07_AULA 5	19,28	17,48	19,28	18,74	19,28	18,74	19,28	19,28	18,74	19,28	19,28	18,74	228,11
PT_08_AULA 6	24,40	20,88	24,40	23,27	24,40	23,27	24,40	24,40	23,27	24,40	23,27	24,40	303,88
PT_09_AULA 7	22,18	19,39	20,68	19,49	20,68	19,49	20,68	20,68	19,49	20,68	21,11	21,11	252,96
PT_10_AULA 8	22,18	19,39	20,68	19,49	20,68	19,49	20,68	20,68	19,49	20,68	21,11	21,11	246,76
PT_11_AULA 9	44,38	38,59	40,31	38,89	40,31	38,89	40,31	40,31	38,89	40,31	42,37	42,37	492,80
PT_12_AULA 10 M	66,27	57,89	61,37	58,88	61,37	58,88	61,37	61,37	58,88	61,37	63,94	63,94	779,25
PT_13_SPOSTELLO	73,44	66,23	73,44	71,82	73,44	71,82	73,44	73,44	71,82	73,44	73,44	71,82	884,19
PT_14_BAGNO	66,81	57,89	61,37	58,88	61,37	58,88	61,37	61,37	58,88	61,37	63,94	63,94	787,66
TOTALE	672,59	561,86	606,73	576,11	585,67	606,73	585,67	606,73	576,11	606,73	625,84	625,84	7.212,44
Piano primo													
Località													
lit	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE
PT_01_VIVIO SCALA 1	44,20	24,84	27,29	23,29	26,21	26,21	26,21	26,21	26,21	26,21	44,20	42,34	461,30
PT_02_CORRIDOIO	99,81	89,81	92,80	87,72	90,24	92,80	90,40	92,40	90,24	90,24	92,80	90,40	1.208,27
PT_03_AULA INFORMATICA	44,26	38,59	40,31	38,89	40,31	38,89	40,31	40,31	38,89	40,31	42,37	42,37	492,80
PT_04_AULA 1	46,86	38,59	40,31	38,89	40,31	38,89	40,31	40,31	38,89	40,31	42,37	42,37	492,80
PT_05_AULA 2	46,86	38,59	40,31	38,89	40,31	38,89	40,31	40,31	38,89	40,31	42,37	42,37	492,80
PT_06_AULA 3	44,26	38,59	40,31	38,89	40,31	38,89	40,31	40,31	38,89	40,31	42,37	42,37	492,80
PT_07_AULA 4	44,26	38,59	40,31	38,89	40,31	38,89	40,31	40,31	38,89	40,31	42,37	42,37	492,80
PT_08_AULA 5	44,26	38,59	40,31	38,89	40,31	38,89	40,31	40,31	38,89	40,31	42,37	42,37	492,80
PT_09_AULA 6	22,18	19,39	20,68	19,49	20,68	19,49	20,68	20,68	19,49	20,68	21,11	21,11	246,40
PT_10_AULA 7	22,18	19,39	20,68	19,49	20,68	19,49	20,68	20,68	19,49	20,68	21,11	21,11	246,40
PT_11_BAGNO 2	73,44	66,20											

Stato di Fatto																								
ZONE	Ambiente	Tipo	Numero Corpi illuminanti	Potenza 1		Potenza 2		Potenza complessiva	Ore di funzionamento	Ore di funzionamento annue		Energia annua	Costo Energia annuo	Durata media lampade		Sostituzione lampade per fine vita		Costo unitario lampada (€/pz)		Costo sostituzione (€/pz)		Costo sostituzione totale (€/anno)	Costo manutenzione (€/anno)	
				Qtà 1	Qtà 2	Qtà 1	Qtà 2			Days	(h/year)			(h1med)	(h2med)	LT1	LT2	c1	c2	ct1	ct2			
PIANO TERRA AULE	PT_01_ATRIO	A fluorescenza	8	24	18	4	11	476	8,00	365	2920	1390	319,68	20000	7000	0,15	0,42	2,00	3,50	7,01	5,84	12,85	8,55	
	PT_02_CORRIDOIO	A fluorescenza	8	32	18	0	0	576	8,00	365	2920	1682	386,84	20000	0	0,15	0,00	2,00	-	9,34	-	9,34	5,84	
	PT_03_AULA 1	A fluorescenza	2	4	36	0	0	144	8,00	240	1920	276	63,59	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	0,96	-	0,96	0,96	
	PT_04_AULA 2	A fluorescenza	2	4	36	0	0	144	8,00	240	1920	276	63,59	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	0,96	-	0,96	0,96	
	PT_05_AULA 3	A fluorescenza	4	8	36	0	0	288	8,00	240	1920	553	127,18	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	1,92	-	1,92	1,92	
	PT_06_AULA 4	A fluorescenza	4	8	36	0	0	288	8,00	240	1920	553	127,18	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	1,92	-	1,92	1,92	
	PT_07_AULA 5	A fluorescenza	2	4	36	0	0	144	8,00	240	1920	276	63,59	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	0,96	-	0,96	0,96	
	PT_08_AULA 6	A fluorescenza	2	4	36	0	0	144	8,00	240	1920	276	63,59	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	0,96	-	0,96	0,96	
	PT_09_AULA 7	A fluorescenza	2	4	36	0	0	144	8,00	240	1920	276	63,59	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	0,96	-	0,96	0,96	
	PT_10_AULA 8	A fluorescenza	2	4	36	0	0	144	8,00	240	1920	276	63,59	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	0,96	-	0,96	0,96	
	PT_11_AULA 9	A fluorescenza	4	8	36	0	0	288	8,00	240	1920	553	127,18	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	1,92	-	1,92	1,92	
	PT_12_AULA 10	A fluorescenza	6	12	36	0	0	432	8,00	240	1920	829	190,77	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	2,88	-	2,88	2,88	
	PT_13_RIPOSTIGLIO 11	A fluorescenza	6	24	18	0	0	432	8,00	240	1920	829	190,77	20000	0	0,10	0,00	2,00	-	4,61	-	4,61	2,88	
	PT_14_BAGNI	A fluorescenza	6	24	18	0	0	432	8,00	240	1920	829	190,77	20000	0	0,10	0,00	2,00	-	4,61	-	4,61	2,88	
PT_20_VANO SCALA	A fluorescenza	5	12	18	4	11	260	9,00	240	2160	562	129,17	20000	7000	0,11	0,31	2,00	3,50	2,59	4,32	6,91	4,71		
PIANO PRIMO AULE	PT_29_CORRIDOIO	A fluorescenza	9	36	18	0	0	648	9,00	365	3285	2129	489,60	20000	0	0,16	0,00	2,00	-	11,83	-	11,83	7,39	
	PT_30_AULA INFORMATICA	A fluorescenza	4	8	36	0	0	288	8,00	240	1920	553	127,18	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	1,92	-	1,92	1,92	
	PT_31_AULA 1	A fluorescenza	4	8	36	0	0	288	8,00	240	1920	553	127,18	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	1,92	-	1,92	1,92	
	PT_32_AULA 2	A fluorescenza	4	8	36	0	0	288	8,00	240	1920	553	127,18	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	1,92	-	1,92	1,92	
	PT_33_AULA 3	A fluorescenza	4	8	36	0	0	288	8,00	240	1920	553	127,18	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	1,92	-	1,92	1,92	
	PT_34_AULA 4	A fluorescenza	4	8	36	0	0	288	8,00	240	1920	553	127,18	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	1,92	-	1,92	1,92	
	PT_35_AULA 5	A fluorescenza	4	8	36	0	0	288	8,00	240	1920	553	127,18	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	1,92	-	1,92	1,92	
	PT_36_AULA 6	A fluorescenza	2	4	36	0	0	144	8,00	240	1920	276	63,59	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	0,96	-	0,96	0,96	
	PT_37_AULA 7	A fluorescenza	3	6	36	0	0	216	8,00	240	1920	415	95,39	20000	0	0,10	0,00	2,50	-	1,44	-	1,44	1,44	
	PT_38_BAGNI 2	A fluorescenza	6	24	18	0	0	432	8,00	240	1920	829	190,77	20000	0	0,10	0,00	2,00	-	4,61	-	4,61	2,88	
	PT_39_BAGNI 3	A fluorescenza	3	6	18	0	0	108	8,00	240	1920	207	47,69	20000	0	0,10	0,00	2,00	-	1,15	-	1,15	1,44	
	PT_40_VANO SCALA	A fluorescenza	1	2	11	0	0	22	8,00	365	2920	64	14,78	0	7000	0,00	0,42	-	3,50	-	-	-	2,09	
	PIANO PRIMO UFFICI	PT_21_UFFICIO DIREZIONALE	A fluorescenza	4	16	18	0	0	288	9,00	240	2160	622	143,08	20000	0	0,11	0,00	2,00	-	3,46	-	3,46	2,16
		PT_22_SEGRETERIA 1	A fluorescenza	2	8	18	0	0	144	9,00	240	2160	311	71,54	20000	0	0,11	0,00	2,00	-	1,73	-	1,73	1,08
PT_23_DISIMPEGNO		A fluorescenza	3	8	18	0	0	144	9,00	240	2160	311	71,54	20000	0	0,11	0,00	2,00	-	1,73	-	1,73	1,62	
PT_24_DIREZIONE		A fluorescenza	3	12	18	0	0	216	9,00	240	2160	467	107,31	20000	0	0,11	0,00	2,00	-	2,59	-	2,59	1,62	
PT_25_SEGRETERIA 2		A fluorescenza	4	16	18	0	0	288	9,00	240	2160	622	143,08	20000	0	0,11	0,00	2,00	-	3,46	-	3,46	2,16	
PT_26_BAGNI 1		A fluorescenza	3	6	18	0	0	108	9,00	240	2160	233	53,65	20000	0	0,11	0,00	2,00	-	1,30	-	1,30	1,62	
PT_27_SEGRETERIA 3		A fluorescenza	4	16	18	0	0	288	9,00	240	2160	622	143,08	20000	0	0,11	0,00	2,00	-	3,46	-	3,46	2,16	
PT_28_SEGRETERIA 4		A fluorescenza	4	16	18	0	0	288	9,00	240	2160	622	143,08	20000	0	0,11	0,00	2,00	-	3,46	-	3,46	2,16	
ESTERNO	PT_15_CENTRALE TERMICA	A fluorescenza	1	2	36	0	0	72	9,00	365	3285	237	54,40	20000	0	0,16	0,00	2,50	-	0,82	-	0,82	0,82	
	PT_16_SERBATOIO GAS	A fluorescenza	1	2	36	0	0	72	9,00	365	3285	237	54,40	20000	0	0,16	0,00	2,50	-	0,82	-	0,82	0,82	
	PT_17_GRUPPO EL.	A fluorescenza	1	2	36	0	0	72	9,00	365	3285	237	54,40	20000	0	0,16	0,00	2,50	-	0,82	-	0,82	0,82	
	PT_18_AREA VASCHE	A fluorescenza	1	2	36	0	0	72	9,00	365	3285	237	54,40	20000	0	0,16	0,00	2,50	-	0,82	-	0,82	0,82	
	PT_19_AREA ESTERNA	senza lodi di d	6	6	250	3	36	1608	9,00	365	3285	5282	1214,92	20000	20000	0,16	0,16	70,00	2,50	68,39	1,23	70,22	51,74	
CUSTODE	PT_AC_CUCINA	A basso consumo	2	4	42	0	0	168	9,00	365	3285	552	126,93	7000	0	0,47	0,00	3,50	-	6,57	-	6,57	4,69	
	PT_AC_SALONE	A basso consumo	2	4	42	0	0	168	9,00	365	3285	552	126,93	7000	0	0,47	0,00	3,50	-	6,57	-	6,57	4,69	
	PT_AC_DISIMPEGNO	A basso consumo	2	2	42	0	0	84	9,00	365	3285	276	63,47	7000	0	0,47	0,00	3,50	-	3,29	-	3,29	4,69	
	PT_AC_CORRIDOIO	A basso consumo	2	3	42	0	0	126	9,00	365	3285	414	95,20	7000	0	0,47	0,00	3,50	-	4,93	-	4,93	4,69	
	PT_AC_BAGNI	A basso consumo	2	2	42	0	0	84	9,00	365	3285	276	63,47	7000	0	0,47	0,00	3,50	-	3,29	-	3,29	4,69	
	PT_AC_CAMERA LETTO 2	A basso consumo	3	4	42	0	0	168	9,00	365	3285	552	126,93	7000	0	0,47	0,00	3,50	-	6,57	-	6,57	7,04	
	PT_AC_CAMERA LETTO 1	A basso consumo	3	4	42	0	0	168	9,00	365	3285	552	126,93	7000	0	0,47	0,00	3,50	-	6,57	-	6,57	7,04	
												ENERGIA ELETTRICA ANNUA E COSTO ENERGETICO SCUOLA LMD TEMPESTA		26.716,80	€	6.144,86			Costo manutenzione SCUOLA		178,90	136,58		
												ENERGIA ELETTRICA ANNUA E COSTO ENERGETICO ALLOGGIO CUSTODE		3.173,31	€	729,86			Costo manutenzione ALLOGGIO CUSTODE		37,78	37,54		
																				75,32				

Tabella 68: Fabbisogno di energia elettrica: Analisi dei costi: energia elettrica utilizzata, sostituzione usura lampade, manutenzione

Sostituzione con lampade LED																										
ZONE	Ambiente	Tipo	Numero Corpi illuminanti	Qtà 1	Potenza 1	Qtà 2	Potenza 2	Potenza complessiva	Ore di funzionamento	Days	Ore di funzionamento annue	Energia annua	Costo Energia annuo	Durata media lampade	Sostituzione lampade per fine vita		Costo unitario lampada (€/pz)		Costo sostituzione (€/pz)		NUOVE LAMPAD	Costo sostituzione totale (€/anno)	Costo manutenzione (€/anno)			
					(W)		(W)	(W)	(h/day)		(h/year)	(kWh/anno)	(€/anno ambiente)	(h1med)	(h2med)	LT1	LT2	c1	c2	ct1	ct2	(€/pz)	(€/anno)			
PIANO TERRA AULE	PT_01_atrio	LED	8	24	10	4	0	240	6,40	365	2336	561	128,95	50000	50000	0,05	0,05	10,00	7,50	11,21	1,40	235,00	40,00			
	PT_02_corridoio	LED	8	32	10	0	0	320	6,40	365	2336	748	171,93	50000	50000	0,05	0,05	10,00	-	14,95	-	345,00	40,00			
	PT_03_AULA1	LED	2	4	17	0	0	66	8,00	240	1920	127	29,15	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	2,30	-	60,00	10,00			
	PT_04_AULA2	LED	2	4	17	0	0	66	8,00	240	1920	127	29,15	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	2,30	-	60,00	10,00			
	PT_05_AULA3	LED	4	8	17	0	0	132	8,00	240	1920	253	58,29	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	4,61	-	120,00	20,00			
	PT_06_AULA4	LED	4	8	17	0	0	132	8,00	240	1920	253	58,29	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	4,61	-	120,00	20,00			
	PT_07_AULA5	LED	2	4	17	0	0	66	8,00	240	1920	127	29,15	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	2,30	-	60,00	10,00			
	PT_08_AULA6	LED	2	4	17	0	0	66	8,00	240	1920	127	29,15	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	2,30	-	60,00	10,00			
	PT_09_AULA7	LED	2	4	17	0	0	66	8,00	240	1920	127	29,15	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	2,30	-	60,00	10,00			
	PT_10_AULA8	LED	2	4	17	0	0	66	8,00	240	1920	127	29,15	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	2,30	-	60,00	10,00			
	PT_11_AULA9	LED	4	8	17	0	0	132	8,00	240	1920	253	58,29	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	4,61	-	120,00	20,00			
	PT_12_AULA10	LED	6	12	17	0	0	198	8,00	240	1920	380	87,44	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	6,91	-	180,00	30,00			
	PT_13_RIPOSTIGLIO11	LED	6	24	10	0	0	240	8,00	240	1920	461	105,98	50000	50000	0,04	0,04	10,00	-	9,22	-	240,00	30,00			
	PT_14_BAGNI	LED	6	24	10	0	0	240	8,00	240	1920	461	105,98	50000	50000	0,04	0,04	10,00	-	9,22	-	240,00	30,00			
PT_20_VANO SCALA	LED	5	12	10	4	6	144	7,20	240	1728	249	57,23	50000	50000	0,03	0,03	10,00	7,50	4,15	1,04	175,00	25,00				
PIANO PRIMO AULE	PL_29_corridoio	LED	9	36	10	0	0	360	7,20	365	2628	946	217,60	50000	50000	0,05	0,05	10,00	-	18,92	-	385,00	45,00			
	PL_30_AULA INFORMATICA	LED	4	8	17	0	0	132	8,00	240	1920	253	58,29	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	4,61	-	120,00	20,00			
	PL_31_AULA1	LED	4	8	17	0	0	132	8,00	240	1920	253	58,29	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	4,61	-	120,00	20,00			
	PL_32_AULA2	LED	4	8	17	0	0	132	8,00	240	1920	253	58,29	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	4,61	-	120,00	20,00			
	PL_33_AULA3	LED	4	8	17	0	0	132	8,00	240	1920	253	58,29	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	4,61	-	120,00	20,00			
	PL_34_AULA4	LED	4	8	17	0	0	132	8,00	240	1920	253	58,29	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	4,61	-	120,00	20,00			
	PL_35_AULA5	LED	4	8	17	0	0	132	8,00	240	1920	253	58,29	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	4,61	-	120,00	20,00			
	PL_36_AULA6	LED	2	4	17	0	0	66	8,00	240	1920	127	29,15	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	2,30	-	60,00	10,00			
	PL_37_AULA7	LED	3	6	17	0	0	99	8,00	240	1920	190	43,72	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	3,46	-	90,00	15,00			
	PL_38_BAGNI2	LED	6	24	10	0	0	240	8,00	240	1920	461	105,98	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	13,82	-	360,00	30,00			
	PL_39_BAGNI3	LED	3	6	10	0	0	60	8,00	240	1920	115	26,50	50000	50000	0,04	0,04	15,00	-	3,46	-	90,00	15,00			
	PCO_40_VANO SCALA	LED	1	2	6	0	0	12	6,40	365	2336	28	6,45	50000	50000	0,05	0,05	-	7,50	-	-	25,00	5,00			
	PIANO PRIMO UFFICI	PL_21_UFFICIO DIREZIONALE	LED	4	16	10	0	0	160	9,00	240	2160	346	79,49	50000	50000	0,04	0,04	10,00	-	6,91	-	160,00	20,00		
		PL_22_SEGRETERIA1	LED	2	8	10	0	0	80	9,00	240	2160	173	39,74	50000	50000	0,04	0,04	10,00	-	3,46	-	80,00	10,00		
PL_23_DISIMPEGNO		LED	3	8	10	0	0	80	9,00	240	2160	173	39,74	50000	50000	0,04	0,04	10,00	-	3,46	-	80,00	15,00			
PL_24_DIREZIONE		LED	3	12	10	0	0	120	9,00	240	2160	259	59,62	50000	50000	0,04	0,04	10,00	-	5,18	-	120,00	15,00			
PL_25_SEGRETERIA2		LED	4	16	10	0	0	160	9,00	240	2160	346	79,49	50000	50000	0,04	0,04	10,00	-	6,91	-	160,00	20,00			
PL_26_BAGNI1		LED	3	6	10	0	0	60	9,00	240	2160	130	29,81	50000	50000	0,04	0,04	10,00	-	2,53	-	60,00	15,00			
PL_27_SEGRETERIA3		LED	4	16	10	0	0	160	9,00	240	2160	346	79,49	50000	50000	0,04	0,04	10,00	-	6,91	-	160,00	20,00			
PL_28_SEGRETERIA4		LED	4	16	10	0	0	160	9,00	240	2160	346	79,49	50000	50000	0,04	0,04	10,00	-	6,91	-	160,00	20,00			
ESTERNO	PT_15_CENTRALE TERMICA	LED	1	2	17	0	0	33	9,00	365	3285	108	24,93	50000	50000	0,07	0,07	15,00	-	1,97	-	30,00	5,00			
	PT_16_SERBATOIO GAS.	LED	1	2	17	0	0	33	9,00	365	3285	108	24,93	50000	50000	0,07	0,07	15,00	-	1,97	-	30,00	5,00			
	PT_17_GRUPPO EL.	LED	1	2	17	0	0	33	9,00	365	3285	108	24,93	50000	50000	0,07	0,07	15,00	-	1,97	-	30,00	5,00			
	PT_18_AREA VASCHE	LED	1	2	17	0	0	33	9,00	365	3285	108	24,93	50000	50000	0,07	0,07	15,00	-	1,97	-	30,00	5,00			
	PT_19_AREA ESTERNA	LED	6	6	120	3	17	770	9,00	365	3285	2528	581,40	50000	50000	0,07	0,07	400,00	15,00	157,68	2,96	2.445,00	435,00			
CUSTODE	PT_AC_CUCINA	LED	2	4	15	0	0	60	9,00	365	3285	197	45,33	50000	50000	0,07	0,07	7,50	-	1,97	-	30,00	10,00			
	PT_AC_SALONE	LED	2	4	15	0	0	60	9,00	365	3285	197	45,33	50000	50000	0,07	0,07	7,50	-	1,97	-	30,00	10,00			
	PT_AC_DISIMPEGNO	LED	2	2	15	0	0	30	9,00	365	3285	99	22,67	50000	50000	0,07	0,07	7,50	-	0,99	-	15,00	10,00			
	PT_AC_CORRIDOIO	LED	2	3	15	0	0	45	9,00	365	3285	148	34,00	50000	50000	0,07	0,07	7,50	-	1,48	-	22,50	10,00			
	PT_AC_BAGNI	LED	2	2	15	0	0	30	9,00	365	3285	99	22,67	50000	50000	0,07	0,07	7,50	-	0,99	-	15,00	10,00			
	PT_AC_CAMERA LETTO2	LED	3	4	15	0	0	60	9,00	365	3285	197	45,33	50000	50000	0,07	0,07	7,50	-	1,97	-	30,00	15,00			
	PT_AC_CAMERA LETTO1	LED	3	4	15	0	0	60	9,00	365	3285	197	45,33	50000	50000	0,07	0,07	7,50	-	1,97	-	30,00	15,00			
												ENEGIA ELETTRICA ANNUA E COSTO ENERGETICO SCUOLA LIVIO TEMPESTA		12.845,17	€	2.954,39	Costi SCUOLA						7.470,00	1.145,00	-	
												ENEGIA ELETTRICA ANNUA E COSTO ENERGETICO ALLOGGIO CUSTODE		1.133,33	€	260,66	(Installazione - Sostituzione - Manutenzione)						€	8.615,00		
																		Costi ALLOGGIO CUSTODE						172,50	80,00	-
																		(Installazione - Sostituzione - Manutenzione)						€	252,50	

Figura 140: Fabbisogno di energia elettrica post intervento: Analisi dei costi: energia elettrica utilizzata, sostituzione ipotetica usura lampade.

5.2 Ristrutturazione Importante di 2° Livello

Le motivazioni che hanno portato ad analizzare anche una ristrutturazione importante di 2° livello derivano dagli alti costi degli interventi di 1° livello.

Si vuole qui studiare la possibilità di ridurre i costi mediante una ristrutturazione importante di 2° livello, sempre con il nZEB.

Si vedrà nel capitolo 6 che sono economicamente onerosi gli interventi sia sull'involucro che sugli impianti, come sopra descritti per la ristrutturazione di 1° livello.

Nell'intento di ridurre i costi globali di intervento si può pensare ad un intervento parziale sull'involucro che interessi solo Pareti Esterne ed Infissi.

5.2.1 Interventi sulle Pareti Esterne

Come già esposto, le pareti esterne sono del tipo ad intercapedine. L'inserimento di isolante termico mediante insufflazione di schiume isolanti è pertanto allo spessore attuale che è di 28 cm. Pertanto l'isolamento nell'intercapedine deve avere questo spessore. Al fine di ridurre i ponti termici che la tipologia ad insufflamento non elimina, vedi Figura 125, si aggiunge uno strato di intonaco esterno del tipo isolante, a cappotto, dello spessore di 4 cm.

L'intervento complessivo sulle pareti esterne resta quello indicato per la ristrutturazione di 1° livello.

5.2.2 Interventi sul Pavimento

Il pavimento resta immutato rispetto alle condizioni attuali, essendo ancora in buono stato. Ciò evita l'innalzamento a scalino del pavimento che si avrebbe con l'inserimento dell'isolante previsto con l'intervento di 1° livello, oltre ai costi aggiuntivi di svellimento e di nuova pavimentazione.

5.2.3 Interventi sulla Copertura a Terrazza

L'aggiunta di isolante termico in copertura sarebbe stato più semplice poiché la terrazza non è calpestabile e l'aggiunta di isolante avrebbe potuto essere esterna e quindi con bassi costi. Tuttavia anche questi costi ridotti farebbero accrescere la spesa globale di intervento. Pertanto si preferisce lasciare immutata la copertura a terrazza che sarà adibita per ospitare gli impianti solari termici e fotovoltaici.

Questi ultimi, dovendo avere la stessa giacitura della falda su cui si appoggiano, saranno appoggiati sul terrazzo esistente, contribuendo alla protezione solare e riducendone, in qualche modo, i disperdimenti.

5.2.4 Interventi sugli Infissi

Nel caso di ristrutturazione importante di 2° livello il DM 26/06/2015 non prevede la verifica del rapporto $A_{\text{solare,estiva}}/A_{\text{utile}}$ che molto ha condizionato la verifica energetica per l'intervento di 1° livello. Si richiede, tuttavia, la verifica di H'_T quale unico parametro di involucro.

Queste considerazioni consentono di potere scegliere infissi meno impegnativi di quelli indicati per il 1° livello. Ora le vetrate possono avere $\varepsilon=0.20$ e aria nell'intercapedine.

La trasmittanza degli infissi, sempre in alluminio a taglio termico, deve restare ancora bassa per poter verificare H'_T .

5.2.5 Interventi sugli Impianti

Gli interventi sugli impianti sono parimenti ridotti. Ora non si richiede più un rifacimento totale e pertanto si prevedono solamente i seguenti interventi.

5.2.5.1 *Generatore Termico*

Si lasci l'attuale generatore a gasolio. E' in buone condizioni e regolarmente mantenuto.

Restano pertanto anche i termoconvettori esistenti nelle aule.

Come osservato in precedenza, esiste una regolazione di centrale ed una locale e pertanto risultano soddisfatte le richieste di legge.

5.2.5.2 *Impianto di Ventilazione*

Manca del tutto e pertanto si prevede di installarlo così come indicato per l'intervento di 1° livello si hanno due UTA da 4000 e 3800 m³/h per il piano terra e per il primo piano. Due reti aerauliche provvederanno ad immettere l'aria a 29 °C nelle aule. Da queste, tramite griglie di transito, l'aria viene inviata nei corridoi e da questi estratta con due torrini di estrazione.

5.2.5.3 *Impianto Solare Termico*

La superficie di raccolta è ora di 35 m² in modo da soddisfare i requisiti della QR indicata dal D.Lgs. 28/2011.

5.2.5.4 *Impianto Solare Fotovoltaico*

La superficie di raccolta è ora di 120 m² in modo da soddisfare i requisiti del D.Lgs. 28/2011.

5.2.5.5 *Relamping*

Si prevede lo stesso intervento di *relamping* indicato per la ristrutturazione di 1° livello.

6 Costi degli interventi di ristrutturazione importante

Gli interventi di riqualificazione sono stati suddivisi in opere di ristrutturazione dell'edificio scolastico e opere di riqualificazione degli impianti.

Al fine di contenere i costi complessivi si è ritenuto opportuno intervenire solo sugli impianti della Zona AULE lasciando inalterati quelli esistenti per la Zona PRESIDENZA - SEGRETERIE e ALLOGGIO CUSTODE.

Per la valutazione dei costi si farà riferimento al LISTINO PREZZI del Comune di Milano, Edizione 2016 aggiornata al 29/04/2016.



Figura 183: Frontespizio del Listino Prezzi del Comune di Milano

Questo listino è liberamente disponibile sul sito del Comune di Milano. Oltre ai prezzi in opera sono indicati anche i costi di incidenza per la sicurezza. Il prezzo di applicazione indicato nel prosieguo contengono entrambe le voci. Sono compresi gli Utili di Impresa (10%) e le Spese Generali (13) per una percentuale composta complessiva del 24.30% (Art. 32 del DPR 207/2010).

Per le opere elettriche e gli impianti meccanici si è fatto riferimento sempre Listino Prezzi di Milano e in particolare al Volume 1.2.



Figura 184: Copertina del Volume 1.2 del Listino Prezzi di Milano

La scelta del Listino Prezzi di Milano consente di rendere comparabili tutti i lavori presentati dai gruppi di ricerca interessati dal programma ENEA con il PAR 2015.

6.1 Opere di Ristrutturazione Importante di 1° Livello

Le opere di ristrutturazione importante di 1° livello che si intendono eseguire sulla Scuola Livio Tempesta sono state descritte in dettaglio nel capitolo 5.

Per l'involucro si richiedono, al fine di avere una verifica energetica positiva per il 2019/2021, le seguenti opere:

- Inserimento di schiuma isolante, tipo ISOFOR®, per uno spessore di 28-30 cm nelle pareti esistenti ed inserimento di intonaco isolante da 4 cm di spessore;

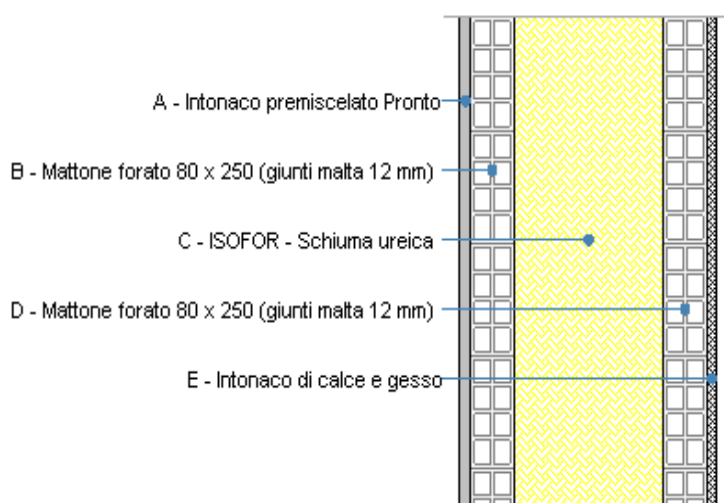


Tabella 69: Stratigrafia delle pareti esterne

- Inserimento di pannelli di poliuretano estruso espanso a celle chiuse con uno spessore di 8 cm e di uno strato di calcestruzzo di vermiculite con uno spessore di 5 cm nel pavimento, dopo svellimento del pavimento esistente. Segue un pavimento in piastrelle in pietra artificiale con varie colorazioni;
- Inserimento, al di sopra del soffitto esistente, di poliuretano estruso espanso a celle chiuse con spessore di 7 cm a cui segue uno strato di polistirene con spessore di 2 cm e un pavimento in gres ceramico;
- Sostituzione totale degli infissi con nuovi in alluminio a taglio termico e lastra in vetro camera 4-6-4 mm con gas Krypton interno, del tipo basso emissivo ($\epsilon=0.05$) e tende bianche oscuranti all'interno.

I prezzi unitari indicati sono quelli indicati dal **Listino Prezzi di Milano**, comprensivi degli oneri per la sicurezza, utili di imprese ed oneri amministrativi.

Le voci riportate nelle stime dei lavori sono sintetiche. La descrizione completa è riportata nel succitato Listino Prezzi in corrispondenza del codice di identificazione riportato.

6.1.1 Opere di demolizione

Sono i lavori per lo svellimento del pavimento prima di inserire l'isolante, per la verifica di stabilità degli intonaci e lo scrostamento di questi.

Capitolo 1		Opere di Demolizione e Preparazione	U.M.	Quantità	Codice	P.U.	Sub Totale	
	N	Descrizione						
	1	Svellimento del pavimento esistente fino alla sottostante soletta, cm 8	m ²	633,00	1C.01.100.0200	€ 10,22	€ 6.469,26	
	2	Verifica stabilità con eventuale crostamento di intonaco interno ed esterno, compreso ogni onere e ponteggio	m ²	1351,01	1C.01.090.0010.a	€ 1,00	€ 1.351,01	
	3	Srostamento di intonaco interno ed esterno, di qualsiasi tipo, compresi l'onere dei piani di lavoro, l'umidificazione e la scrostatura	m ²	1351,01	1C.10.250.0020	€ 13,27	€ 17.927,90	
	4	Smontaggio del generatore termico esistente e dei componenti di centrale termica non necessari, eliminazione del serbatoio del gasolio e della canna fumaria	Corpo	1,00	-	€ 1.500,00	€ 1.500,00	
								€ 27.248,17

Tabella 70: Computo delle opere di demolizione

6.1.2 Opere di ristrutturazione

Sono le opere sopra descritte per l'isolamento termico delle pareti esterne, pavimenti e soffitti e per la sostituzione completa degli infissi con vetrate a vetro - camera ad alto isolamento.

I lavori di ristrutturazione riguardano tutto l'edificio scolastico Livio Tempesta al fine di verificare i requisiti minimi richiesti dal DM 26/06/2015.

Capitolo 2		Opere di ristrutturazione	U.M.	Quantità	Codice	P.U.	Sub Totale	
		Descrizione						
		Pareti Esterne						
	1	Inserimento isolante tipo ISOFOR nelle intercapedine delle pareti esterne, spessore 28 cm	m ²	1351,01	1C.10.250.0090.b	€ 13,63	€ 18.414,27	
	2	Intonaco interno per pareti coibentate in nalta di gesso e sabbia, compreso rinzafo	m ²	1351,01	1C. 07.110.0020.b	€ 17,32	€ 23.399,49	
	3	Intonaco esterno isolante con premiscelato a base di leganti aerei ed idraulici, da 4 cm di spessore	m ²	1351,01	1C.07.400.0020	€ 32,20	€ 43.502,52	€ 85.316,28
		Copertura a Terrazza						
	4	Pannelli di polistirene estruso espansa sinterizzato RF nella terrazza al di sopra del pavimento esistente, spessore cm 2	m ²	651,00	1C.10.050.0130	€ 12,67	€ 8.248,17	
	5	Poliuretano estruso espanso in copertura, spessore 7 cm	m ²	651,00	1C.11.150.0020	€ 62,67	€ 40.798,17	€ 49.046,34
		Pavimento						
	5	Pavimento in grès ceramico per terrazzo	m ²	633,00	1C.18.200.0010	€ 29,39	€ 18.603,87	
	6	Inserimento di poliretano su pavimento scarificato, spessore 8 cm	m ²	633,00	1C.10.050.0120	€ 45,39	€ 28.731,87	
	7	Cemento di vermiculite per sottofondo pavimento, spessore 5 cm	m ³	31,65	1C.10.150.0000	€ 96,64	€ 3.058,66	
	8	Piastrelle di pietra artificiale con colorazioni simili a pietre naturaligrès ceramico per terrazzo	m ²	633,00	1C. 16.200.0030	€ 74,62	€ 47.234,46	€ 97.628,86
		Infissi e vetri						
	9	Serramenti in alluminio a taglio termico ad un battente con predisposizione per vetro camera	m ²	428,59	1C.22.250.0010	€ 187,68	€ 80.437,77	€ 90.153,91
	10	Vetrate isolanti con vetro camera 4-6-4 riempimento in krypton, basso emissive	m ²	428,59	1C.23.190.0010	€ 22,67	€ 9.716,14	
								€ 322.145,38

Tabella 71: Computo delle opere di Ristrutturazione

6.1.3 Riqualificazione degli Impianti

Le opere di riqualificazione impianti comprendono lo smontaggio dell'attuale centrale termica e del serbatoio, l'installazione della pompa di calore, delle UTA per l'aria primaria ai due piani, le bocchette di immissione e di estrazione dell'aria, dei torrini di estrazione, del collettori solari termici e del pannelli fotovoltaici, compresi cavi elettrici, inverter e quadri elettrici.

E' compresa anche l'illuminazione a LED con sensori di presenza.

Sono previsti anche i controlli sui termoconvettori esistenti e sulle tubazioni idroniche.

STIMA DEI COSTI OPERE PER GLI IMPIANTI							
Capitolo 3	Descrizione	U.M.	Quantità	Codice	P.U.	Sub Totale	
Impianto di Riscaldamento							
1	Fornitura e installazione di una pompa di calore ad alta efficienza avente potenzialità termica di 95 kW, temperatura dell'acqua in uscita di 45 °C con DT= 5 °C.	cad	1	1M.02.050.0010.g	€ 18.963,56	€ 18.963,56	
2	Fornitura ed installazione di pompa di circolazione da 12.5 mc/h con Dp= 50000 Pa	cad	1	1M.03.030.0040.g	711,68	€ 711,68	
3	Fornitura ed installazione di pompa di circolazione da 6.5 mc/h con Dp= 50000 Pa	cad	1	1M.03.030.0040.d	648,16	€ 648,16	
4	Fornitura e posa in opera di vasi di espansione del tipo chiuso a membrana, Volume 140 L per i circuiti idronici dei termoconvettori e dei collettori solari	cad	3	1M.04.020.0010.j	€ 546,72	€ 1.640,16	
5	Fornitura e posa in opera di tubazione in ferro mannesmann per la formazione dei circuiti di centrale, dei collettori e collegamenti alla rete esistente	kg	750	1M.15.010.0010	€ 35,57	€ 26.677,50	€ 48.641,06
Impianto Aria Primaria							
7	Fornitura di canali d'aria in lamiera d'acciaio 8-10/10 per la rete aeraulica dell'aria primaria	kg	1859	1M.09.120.0010	5,09	€ 9.462,31	
8	Fornitura di canali in alluminio o acciaio a sezione circolare diametri da 150 a 300 mm	kg	2335,5	1M.09.120.0010.d	10,64	€ 24.849,72	
9	Coibentazione dei canali di aria primaria con pannelli di lana di roccia di adeguato spessore	m²	160	1M.16.030.0030.b	34,98	€ 5.596,80	
10	Serrande tagliafuoco rettangolari Classe REI 120 fino a 0.18 mq. Con scatto a molla e riarmo manuale	m²	2	1M.09.010.0010.e	1188,99	€ 2.377,98	
11	Serrande di regolazioni circolari con corpo e pale in acciaio zincato	cad	22	1M.09.010.0080.e	91,03	€ 2.002,66	
12	Fornitura e posa in opera di UTA in pannelli sandwich per aria primaria da 4000 mc/h per il piano terra, tipo SAMP, completa di presa d'aria esterna, batteria calda da 50 kW, filtri, ventola con Dp. utile= 120 Pa e filtro acustico	cad	1	1M.05.010.0010	€ 7.770,00	€ 7.770,00	
13	Fornitura e posa in opera di UTA in pannelli sandwich per aria primaria da 3800 mc/h per il piano primo, tipo SAMP, completa di presa d'aria esterna, batteria calda da 50 kW, filtri, ventola con Dp. utile= 60 Pa e silenziatore acustico		1	1M.05.010.0010	€ 7.770,00	€ 7.770,00	
14	Bocchette di immissione aria primaria rettangolari di varia taglia, comprese griglie di regolazione flusso	cad	24	1M.09.040.0060	€ 81,20	€ 1.948,80	
15	Torroni di estrazione dell'aria a parete o in copertura, portata 4000 mc/, Dp=30 Pa	cad	2	1M.08.030.0010.m	€ 860,89	€ 1.721,78	
16	Canali in lamiera zincata di estrazione aria dai corridoi e collegamento ai tottini di estrazione	kg	500	1M.09.120.0010	5,09	€ 2.545,00	€ 66.045,05

Tabella 72: Computo delle opere di riqualificazione Impianti di Riscaldamento ed Aria Primaria

Impianto Solare Termico							
1	Fornitura e posa in opera di collettori solari piani, EN12975, con assorbitore in rame o alluminio.	m²	25	1M.04.015.0010	€ 1.037,72	€ 25.943,00	
2	Fornitura di centralina di controllo per impianto solare a collettori piani, compresi supporti	cad	1	-	€ 1.500,00	€ 1.500,00	
3	Fornitura e posa in opera di tubazione in acciaio zincato senza saldatura per il circuito solare termico, compresa coibentazione	m	50	1M.14.020.0010.f	€ 34,12	€ 1.706,00	
4	Fornitura e posa in opera di serbatoio di accumulo termico per impianto solare per ACS. Del tipo in acciaio inox, opportunamente coibentato	cad	1	1M.03.070.0010.f	€ 1.960,96	€ 1.960,96	
5	Fornitura ed installazione di pompa di circolazione da 2 mc/h con Dp= 50000 Pa per il circuito solare termico	cad	1	1M.03.030.0020.a	336,18	€ 336,18	€ 31.446,14
Impianto Fotovoltaico							
1	Fornitura e posa in opera di pannelli fotovoltaici del tipo multicristallino, compresi supporti, inverter, quadro di parallelo inverter e certificazioni	m²	16	1E.17.010.0010.b	€ 2.795,98	€ 44.735,68	
2	Fornitura e posa in opera di cavi elettrici di collegamento per impianto fotovoltaico in rame, di varia sezione, comprese canaline	m²	120	1E.02.040.0010.f	€ 1,73	€ 207,60	
3	Lavori di ripristino e controllo dei termoconvettori esistenti per l'adeguamento alle nuove necessità	Cad	22		€ 20,00	€ 440,00	
4	Griglie di transito da installare nelle porte di accesso delle aule dei due piani, di varie dimensioni	cad	24	1M.09.080.0010.b	€ 80,50	€ 1.932,00	€ 47.315,28
Impianto di Illuminazione							
1	Lampade a LED completi proiettori per le aule e locali servizi della scuola interni ed esterni, conformi alle norme EN60529, con dimmer	cad	160	1E.06.060.0085.a	€ 53,37	€ 8.539,20	
2	Sensori di presenza per il controllo dell'illuminazione nelle aule e nei servizi	cad	40	1E.08.030.0010.a	€ 78,50	€ 3.140,00	€ 11.679,20
						€	205.126,73

Tabella 73: Computo delle opere di riqualificazione Impianti Solare Termico, FV e Illuminazione

6.1.4 Lavori Vari – Imprevisti - Costi Amministrativi

Il totale generale dei lavori comprende anche i costi amministrativi (progettazione – Direzione Lavori, RUP), Imprevisti e IVA.

Si ha il riepilogo seguente.

Capitolo 4		Lavori vari - Imprevisti - Costi amministrativi	U.M.	Quantità	Codice	P.U.	Sub Totale	
		Descrizione					Totale Lavori	€ 554.520,28
	1	Per Imprevisti 15% del totale delle lavorazioni	Corpo	10%			€ 55.452,03	
	2	Per Progettazione e Direzione Lavori	Corpo	8%			€ 48.797,78	
	3	Per Responsabile Unico del Procedimento	Corpo	2%			€ 13.175,40	
	4	Per Commissione di Appalto e di Collaudo	Corpo	4%			€ 24.398,89	
	5	Per IVA agevolata	Corpo	10%			€ 69.634,44	€ 211.458,55
							Totale Intervento	€ 765.978,83

Tabella 74: Costi Amministrativi – Imprevisti - IVA

6.1.5 Riepilogo dei Costi per Capitoli e Sotto capitoli

Si ha il seguente riepilogo dei costi suddivisi per Capitoli e Sotto Capitoli.

		RIEPILOGO DEI COSTI			Parziale	Totale
Capitolo 1		Opere di Demolizione e Preparazione				€ 27.248,17
Capitolo 2		Opere di ristrutturazione				€ 322.145,38
		Pareti Esterne			€ 85.316,28	
		Copertura a Terrazza			€ 49.046,34	
		Pavimento			€ 97.628,86	
		Infissi e vetri			€ 90.153,91	
Capitolo 3		Opere di riqualificazione impianti				€ 205.126,73
		Impianto di Riscaldamento			€ 48.641,06	
		Impianto Aria Primaria			€ 66.045,05	
		Impianto Solare Termico			€ 31.446,14	
		Impianto Fotovoltaico			€ 47.315,28	
		Impianto di Illuminazione			€ 11.679,20	
					Totale Lavori	€ 554.520,28
Capitolo 4		Lavori vari - Imprevisti - Costi amministrativi				€ 211.458,55
					Totale Intervento	€ 765.978,83

Tabella 75: Riepilogo dei costi per Capitoli e Sotto Capitoli

In definitiva il costo complessivo dei lavori di ristrutturazione importante di primo livello, compresi oneri amministrativi ed Imprevisti, risultano pari a € **765.978,83**. Il costo di trasformazione nZEB è pari a 806.04 €/m².

6.2 Opere di Ristrutturazione Importante di 2° Livello

Si riporta il conto economico nell'ipotesi che si voglia effettuare una ristrutturazione importante di 2° livello, come discussa in precedenza.

I costi sono suddivisi per tipologia di intervento.

6.2.1 Opere di Demolizione

Capitolo 1		Opere di Demolizione e Preparazione	U.M.	Quantità	Codice	P.U.	Sub Totale
	N	Descrizione					
	1	Verifica stabilità con eventuale crostamento di intonaco interno ed esterno, compreso ogni onere e ponteggio	m ²	1215,91	1C.01.090.0010.a	€ 1,00	€ 1.215,91
	2	Srostamento di intonaco interno ed esterno, di qualsiasi tipo, compresi l'onere dei piani di lavoro, l'umidificazione e la scrostatura	m ²	1215,91	1C.10.250.0020	€ 13,27	€ 16.135,11

Tabella 76: Costi di demolizione per intervento di 2° livello

6.2.2 Opere di ristrutturazione

Capitolo 2		Opere di ristrutturazione	U.M.	Quantità	Codice	P.U.	Sub Totale
		Descrizione					
		Pareti Esterne					
	1	Inserimento isolante tipo ISOFOR nelle intercapedine delle pareti esterne, spessore 28 cm	m²	1351,01	1C.10.250.0090.b	€ 13,63	€ 18.414,27
	2	Intonaco interno per pareti coibentate in malta di gesso e sabbia, compreso rinzafo	m²	1351,01	1C.07.110.0020.b	€ 17,32	€ 23.399,49
	3	Intonaco esterno isolante con premiscelato a base di leganti aerei ed idraulici, da 4 cm di spessore	m²	1351,01	1C.07.400.0020	€ 32,20	€ 43.502,52
		Infissi e vetri					
	1	Serramenti in alluminio a taglio termico ad un battente con predisposizione per vetro camera	m²	385,73	1C.22.250.0010	€ 187,68	€ 72.393,99
	2	Vetrate isolanti con vetro camera 4-6-4 riempimento con aria, emissività 0.20	m²	385,73	1C.23.190.0010	€ 22,67	€ 8.744,52

Tabella 77: Opere di ristrutturazione involucro per intervento di 2° livello

6.2.3 Riqualficazione degli Impianti

Capitolo 3		Descrizione	U.M.	Quantità	Codice	P.U.	Sub Totale
		Impianto Aria Primaria					
	1	Fornitura di canali d'aria in lamiera d'acciaio 8-10/10 per la rete aerulica dell'aria primaria	kg	1859	1M.09.120.0010	5,09	€ 9.462,31
	2	Fornitura di canali in alluminio o acciaio a sezione circolare diametri da 150 a 300 mm	kg	2335,5	1M.09.120.0010.d	10,64	€ 24.849,72
	3	Coibentazione dei canali di aria primaria con pannelli di lana di roccia di adeguato spessore	m²	160	1M.16.030.0030.b	34,98	€ 5.596,80
	4	Serrande tagliafuoco rettangolari Classe REI 120 fino a 0.18 mq. Con scatto a molla e riarmo manuale	m²	2	1M.09.010.0010.e	1188,99	€ 2.377,98
	5	Serrande di regolazioni circolari con corpo e pale in acciaio zincato	cad	22	1M.09.010.0080.e	91,03	€ 2.002,66
	6	Fornitura e posa in opera di UTA in pannelli sandwich per aria primaria da 4000 mc/h per il piano terra, tipo SAMP, completa di presa d'aria esterna, batteria calda da 50 kW, filtri, ventola con Dp.utile= 120 Pa e filtro acustico	cad	1	1M.05.010.0010	€ 7.770,00	€ 7.770,00
	7	Fornitura e posa in opera di UTA in pannelli sandwich per aria primaria da 3800 mc/h per il piano primo, tipo SAMP, completa di presa d'aria esterna, batteria calda da 50 kW, filtri, ventola con Dp.utile= 60 Pa e silenziatore acustico		1	1M.05.010.0010	€ 7.770,00	€ 7.770,00
	8	Bocchette di immissione aria primaria rettangolari di varia taglia, comprese griglie di regolazione flusso	cad	24	1M.09.040.0060	€ 81,20	€ 1.948,80
	9	Torrini di estrazione dell'aria a parete o in copertura, portata 4000 mc/, Dp=30 Pa	cad	2	1M.08.030.0010.m	€ 860,89	€ 1.721,78
	10	Canali in lamiera zincata di estrazione aria dai corridoi e collegamento ai totti di estrazione	kg	500	1M.09.120.0010	5,09	€ 2.545,00

Tabella 78: Opere di ristrutturazione impianti per intervento di 2° livello

		Impianto Solare Termico					
	1	Fornitura e posa in opera di collettori solari piani, EN12975, con assorbitore in rame o alluminio.	m²	35	1M.04.015.0010	€ 1.037,72	€ 36.320,20
	2	Fornitura di centralina di controllo per impianto solare a collettori piani, compresi supporti	cad	1	-	€ 1.500,00	€ 1.500,00
	3	Fornitura e posa in opera di tubazione in acciaio zincato senza saldatura per il circuito solare termico, compresa coibentazione	m²	50	1M.14.020.0010.f	€ 34,12	€ 1.706,00
	4	Fornitura e posa in opera di serbatoio di accumulo termico per impianto solare per ACS. Del tipo in acciaio inox, opportunamente coibentato	cad	1	1M.03.070.0010.f	€ 1.960,96	€ 1.960,96
	5	Fornitura ed installazione di pompa di circolazione da 2 mc/h con Dp= 50000 Pa per il circuito solare termico	cad	1	1M.03.030.0020.a	€ 336,18	€ 336,18
		Impianto Fotovoltaico					
	1	Fornitura e posa in opera di pannelli fotovoltaici del tipo multicristallino, compresi supporti, inverter, quadro di parallelo inverter e certificazioni	kW	18	1E.17.010.0010.b	€ 2.795,98	€ 50.327,64
	2	Fornitura e posa in opera di cavi elettrici di collegamento per impianto fotovoltaico in rame, di varia sezione, comprese canaline	m²	190	1E.02.040.0010.f	€ 1,73	€ 328,70
	3	Lavori di ripristino e controllo dei termoconvettori esistenti per l'adeguamento alle nuove necessità	Cad	22		€ 20,00	€ 440,00
	4	Griglie di transito da installare nelle porte di accesso delle aule dei due piani, di varie dimensioni	cad	24	1M.09.080.0010.b	€ 80,50	€ 1.932,00
		Impianto di Illuminazione					
	1	Lampade a LED completi proiettori per le aule e locali servizi della scuola interni ed esterni, conformi alle norme EN60529, con dimmer	cad	160	1E.06.060.0085.a	€ 53,37	€ 8.539,20
	2	Sensori di presenza per il controllo dell'illuminazione nelle aule e nei servizi	cad	40	1E.08.030.0010.a	€ 78,50	€ 3.140,00

Tabella 79: Opere per FER per intervento di 2° livello

6.2.4 Lavori Vari – Imprevisti – Costi Amministrativi

Capitolo 4		Lavori vari - Imprevisti - Costi amministrativi	U.M.	Quantità	Codice	P.U.	Sub Totale	
		Descrizione					Totale Lavori	€ 356.381,74
	1	Per Imprevisti 15% del totale delle lavorazioni	Corpo	10%			€ 35.638,17	
	2	Per Progettazione e Direzione Lavori	Corpo	8%			€ 31.361,59	
	3	Per Responsabile Unico del Procedimento	Corpo	2%			€ 8.467,63	
	4	Per Commissione di Appalto e di Collaudo	Corpo	4%			€ 15.680,80	
	5	Per IVA agevolata	Corpo	10%			€ 44.752,99	€ 135.901,19
							Totale Intervento	€ 492.282,93

Tabella 80: Costi Amministrativi per intervento di 2° livello

6.2.5 Riepilogo dei Costi per Capitoli e Sotto Capitoli

		RIEPILOGO DEI COSTI			Parziale	Totale
Capitolo 1		Opere di Demolizione e Preparazione				€ 17.351,02
Capitolo 2		Opere di ristrutturazione				€ 166.454,80
		Pareti Esterne			€ 85.316,28	
		Infissi e vetri			€ 81.138,52	
Capitolo 3		Opere di riqualificazione impianti				€ 172.575,93
		Impianto Aria Primaria			€ 66.045,05	
		Impianto Solare Termico			€ 41.823,34	
		Impianto Fotovoltaico			€ 53.028,34	
		Impianto di Illuminazione			€ 11.679,20	
					Totale Lavori	€ 356.381,74
Capitolo 4		Lavori vari - Imprevisti - Costi amministrativi				€ 135.901,19
					Totale Intervento	€ 492.282,93

Tabella 81: Riepilogo dei Costi per intervento di 2° livello

Il costo complessivo è di € 492.282,93 con un costo di trasformazione nZEB pari a 388.85 €/m².

7 Analisi Costi Benefici degli interventi di riqualificazione

7.1 Ristrutturazione Importante di 1° Livello

7.1.1 Riepilogo degli investimenti

L'intervento analizzato vuole rendere nZEB un edificio scolastico, la Scuola Livio Tempesta di Catania costruita nel 1968, mediante un intervento che il DM 26/06/2015 definisce di Ristrutturazione Importante 1° Livello, cioè con interventi oltre il 50% delle superfici disperdenti e il rifacimento degli impianti.

I lavori di ristrutturazione sono stati suddivisi fra:

- Interventi sull'involucro;
- Intervento sugli Impianti;
- Interventi sulle FER.

Per gli interventi sull'involucro, di soli lavori in campo, si ha la seguente tabella riepilogativa:

Capitolo 1	Opere di Demolizione e Preparazione			€	27.248,17
Capitolo 2	Opere di ristrutturazione			€	322.145,38
	Pareti Esterne		€	85.316,28	
	Copertura a Terrazza		€	49.046,34	
	Pavimento		€	97.628,86	
	Infissi e vetri		€	90.153,91	
Capitolo 3	Opere di riqualificazione impianti			€	205.126,73

Tabella 82: Lavori di ristrutturazione di involucro

Per gli interventi sugli Impianti, comprese le FER e l'illuminazione a LED, si ha il seguente riepilogo:

Capitolo 3	Opere di riqualificazione impianti			€	205.126,73
	Impianto di Riscaldamento		€	48.641,06	
	Impianto Aria Primaria		€	66.045,05	
	Impianto Solare Termico		€	31.446,14	
	Impianto Fotovoltaico		€	47.315,28	
	Impianto di Illuminazione		€	11.679,20	

Tabella 83: Lavori di ristrutturazione degli impianti, FER e illuminazione

A questi si aggiungono i costi amministrativi ed imprevisti:

Capitolo 4	Lavori vari - Imprevisti - Costi amministrativi			€	211.458,55
------------	---	--	--	---	------------

Tabella 84: Costi amministrativi ed imprevisti

In totale si ha un costo di intervento di **€ 765.978,83**.

A fronte di questi costi complessivi di intervento si ha una spesa annua (mediata per gli esercizi 2013, 2014, 2015) per energia elettrica di € 11.087,03 e per gasolio € 4.793,21.

In totale si ha un consumo per la spesa energetica media di circa **€ 16.000,00**.

Appare immediatamente chiaro che la spesa di ristrutturazione importante di 1° livello sopra indicata è abnorme e non comparabile con il risparmio conseguibile pari, al massimo, all'importo per la spesa energetica.

7.1.2 Analisi Costi Benefici e Flussi di Cassa

Tuttavia volendo effettuare un'Analisi Costi Benefici, supponendo un tasso di attualizzazione del 5% ed una spesa totale di **€ 765.978,83** e che si abbiano benefici economici pari alla totale spesa energetica di € 16.000,00 (quota fissa per la durata di 25 anni) si ha la situazione rappresentata nella seguente Tabella 85. L'andamento del Flusso di Cassa e Attualizzato è rappresentato in Figura 185 e in Figura 186 si hanno gli indicatori di redditività.

E' chiaro che l'intervento proposto non è accettabile ed avrebbe un tempo di ritorno di oltre 50 anni.

INVESTIMENTO (€)	TASSO INTERES.	INCENTIVO (€)	ANNI INCENTIVO					
€ 765.978,83	0,050	€ -	0					
ANNI	BENEFICI NETTI (€)	INCENTIVO ANNUALE (€)	COSTI (€)	INVESTIMENTO	FLUSSO CASSA /€	FLUSSO CUMULATO (€)	FLUSSO ATTUALIZZATO (€)	FLUSSO CUML. ATTUAL. (€)
0	€ 16.000,00	€ -	€ -	-€ 765.978,83	-€ 749.978,83	-€ 749.978,83	-€ 749.978,83	-€ 749.978,83
1	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 16.000,00	€ 15.238,10	€ 15.238,10
2	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 32.000,00	€ 14.512,47	€ 29.750,57
3	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 48.000,00	€ 13.821,40	€ 43.571,97
4	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 64.000,00	€ 13.163,24	€ 56.735,21
5	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 80.000,00	€ 12.536,42	€ 69.271,63
6	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 96.000,00	€ 11.939,45	€ 81.211,07
7	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 112.000,00	€ 11.370,90	€ 92.581,97
8	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 128.000,00	€ 10.829,43	€ 103.411,40
9	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 144.000,00	€ 10.313,74	€ 113.725,15
10	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 160.000,00	€ 9.822,61	€ 123.547,76
11	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 176.000,00	€ 9.354,87	€ 132.902,63
12	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 192.000,00	€ 8.909,40	€ 141.812,03
13	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 208.000,00	€ 8.485,14	€ 150.297,17
14	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 224.000,00	€ 8.081,09	€ 158.378,26
15	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 240.000,00	€ 7.696,27	€ 166.074,53
16	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 256.000,00	€ 7.329,78	€ 173.404,31
17	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 272.000,00	€ 6.980,75	€ 180.385,06
18	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 288.000,00	€ 6.648,33	€ 187.033,39
19	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 304.000,00	€ 6.331,74	€ 193.365,13
20	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 320.000,00	€ 6.030,23	€ 199.395,37
21	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 336.000,00	€ 5.743,08	€ 205.138,44
22	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 352.000,00	€ 5.469,60	€ 210.608,04
23	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 368.000,00	€ 5.209,14	€ 215.817,18
24	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 384.000,00	€ 4.961,09	€ 220.778,27
25	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 400.000,00	€ 4.724,84	€ 225.503,11

Tabella 85: Valutazione Tecnico Economica per intervento di 1° livello

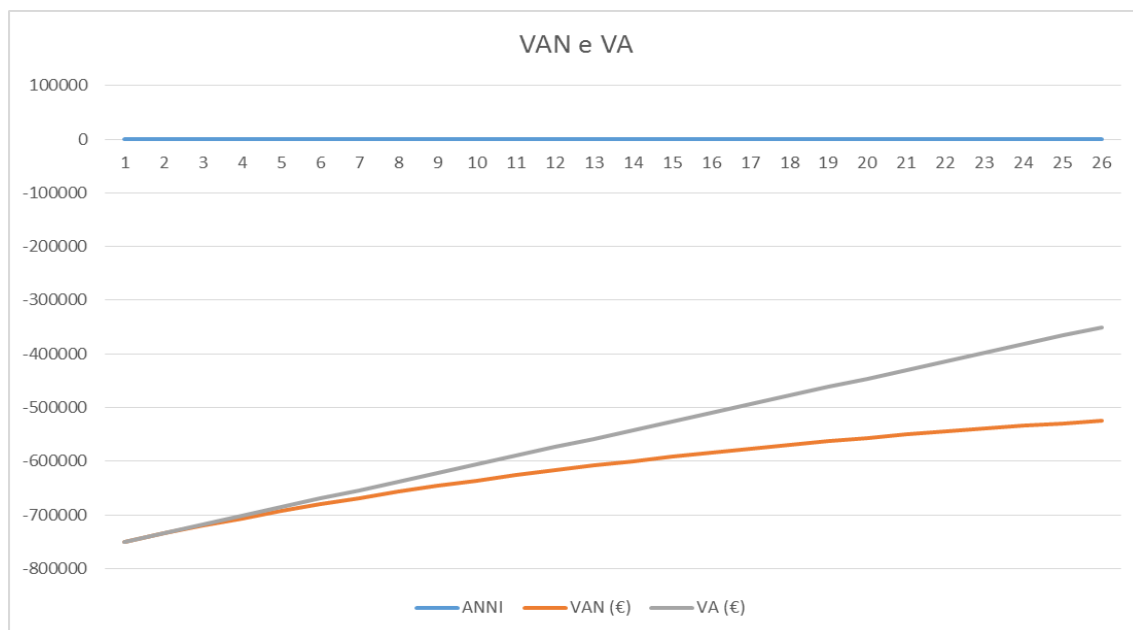


Figura 185: Flusso di Cassa ed Attualizzato per intervento di 1° livello

INDICI DI REDDITIVITA'	
VALORE ATTUALE NETTO	-€ 499.500,68
TASSO RENDIMENTO INTERNO	-4%
INDICE DI PROFITTO (IP)	-0,65
TEMPO DI RITORNO SEMPLICE	-
TEMPO RITORNO ATTUALIZZATO	

Figura 186: Indicatori di redditività per intervento di 1° livello

Il Tasso Interno di Rendimento (TIR) risulta negativo.

Utilizzando lo strumento di ricerca obiettivo si può calcolare quanto deve essere il BENEFIO annuale per ottenere un valore di TRI=13% a cui corrisponde un tempo di ritorno di circa 8 anni.

Si ha la seguente tabella.

INVESTIMENTO (€)	TASSO INTERES.	INCENTIVO (€)	ANNI INCENTIVO					
€ 765.978,83	0,050	€ -	0					

ANNI	BENEFICI NETTI (€)	INCENTIVO ANNUALE (€)	COSTI (€)	INVESTIMENTO	FLUSSO CASSA /€	FLUSSO CUMULATO (€)	FLUSSO ATTUALIZZATO (€)	FLUSSO CUML. ATTUAL. (€)
0	€ 91.919,63	€ -	€ -	-€ 765.978,83	€ 674.059,20	-€ 674.059,20	€ 674.059,20	€ 674.059,20
1	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 91.919,63	€ 87.542,51	€ 87.542,51
2	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 183.839,27	€ 83.373,82	€ 170.916,32
3	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 275.758,90	€ 79.403,64	€ 250.319,96
4	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 367.678,53	€ 75.622,51	€ 325.942,47
5	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 459.598,17	€ 72.021,44	€ 397.963,91
6	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 551.517,80	€ 68.591,85	€ 466.555,75
7	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 643.437,43	€ 65.325,57	€ 531.881,32
8	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 735.357,07	€ 62.214,83	€ 594.096,15
9	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 827.276,70	€ 59.252,22	€ 653.348,36
10	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 919.196,33	€ 56.430,68	€ 709.779,04
11	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 1.011.115,97	€ 53.743,51	€ 763.522,55
12	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 1.103.035,60	€ 51.184,29	€ 814.706,84
13	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 1.194.955,23	€ 48.746,94	€ 863.453,78
14	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 1.286.874,87	€ 46.425,66	€ 909.879,45
15	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 1.378.794,50	€ 44.214,92	€ 954.094,36
16	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 1.470.714,13	€ 42.109,44	€ 996.203,80
17	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 1.562.633,77	€ 40.104,23	€ 1.036.308,04
18	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 1.654.553,40	€ 38.194,51	€ 1.074.502,54
19	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 1.746.473,03	€ 36.375,72	€ 1.110.878,26
20	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 1.838.392,67	€ 34.643,54	€ 1.145.521,80
21	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 1.930.312,30	€ 32.993,85	€ 1.178.515,66
22	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 2.022.231,93	€ 31.422,71	€ 1.209.938,37
23	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 2.114.151,57	€ 29.926,40	€ 1.239.864,77
24	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 2.206.071,20	€ 28.501,33	€ 1.268.366,09
25	€ 91.919,63	€ -	€ -	€ -	€ 91.919,63	€ 2.297.990,83	€ 27.144,12	€ 1.295.510,22

Tabella 86: Flussi di cassa con TRI imposto al 13% per intervento di 1° livello

INDICI DI REDDITIVITA'	
VALORE ATTUALE NETTO	€ 591.858,11
TASSO RENDIMENTO INTERNO	13%
INDICE DI PROFITTO (IP)	0,77
TEMPO DI RITORNO SEMPLICE	8
TEMPO RITORNO ATTUALIZZATO	10,00

Tabella 87: Indici di redditività con TRI imposto al 13% per intervento di 1° livello

Come si può osservare il tempo di ritorno semplice è pari a 8 anni e quello attualizzato 10 anni. Il beneficio annuale per ottenere questo è pari a € 91.919,63, decisamente fuori misura per la Scuola Livio Tempesta.

7.1.3 Utilizzo degli incentivi DM 14-01-2016

Il DM 14-01-2016, Nuovo Conto Termico, prevede incentivi per la Pubblica Amministrazione (Art. 2.1.a) e, specificatamente, prevede nell'Allegato II, Tabella 5 un incentivo per **Trasformazione degli edifici esistenti in edifici a energia quasi zero** (Art. 4 comma 1 lettera e del Decreto).

Art. 4
(Tipologie di interventi incentivabili)

1. Sono incentivabili, alle condizioni e secondo le modalità di cui **agli Allegati I e II**, ivi comprese le spese ammissibili di cui all'articolo 5, i seguenti interventi di incremento dell'efficienza energetica in edifici esistenti, parti di edifici esistenti o unità immobiliari esistenti di qualsiasi categoria catastale, dotati di impianto di climatizzazione:
 - a) isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato;
 - b) sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato;
 - c) sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale utilizzando generatori di calore a condensazione;
 - d) installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti con esposizione da Est-sud-est a Ovest, fissi o mobili, non trasportabili;
 - e) trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero";
 - f) sostituzione di sistemi per l'illuminazione d'interni e delle pertinenze esterne degli edifici esistenti con sistemi efficienti di illuminazione;
 - g) installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (*building automation*) degli impianti termici ed elettrici degli edifici, ivi compresa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore.

Per questa possibilità l'Allegato II propone i seguenti contributi

Figura 187: Art. 4 del DM 14-01-2016

Articolo 4, comma 1, lettera e)	i. Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica A, B, C	65	500 €/m ²	1.500.000
	i. Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica D, E, F	65	575 €/m ²	1.750.000

Tabella 88: Incentivi per trasformazione nZEB di edifici pubblici

La ristrutturazione importante di 1° livello proposto comporta un costo complessivo di 605,04 €/m² è allora l'incentivo viene determinato secondo la seguente tabella:

Edificio Zona B	1270	65	€ 605,04	€ 500,00	€ 635.000,00	€ 412.750,00	€ 1.500.000,00	€ 412.750,00
Totale								€ 412.750,00

Tabella 89: Incentivi DM 14-01-2016 per intervento di 1° livello

So osservi che essendo il costo reali di 605,04 €/m² superiore al limite di 500,00 €/m² indicato in Tabella 88 si dovrà calcolare il contributo assumendo il massimo consentito di 500,00 €/m².

L'incentivo ammissibile è pari a € 412.750,00 e la durata prevista è di 5 anni.

Tabella A – Soggetti ammessi e durata dell'incentivo in anni in base alla tipologia di intervento

Codice intervento	Tipologia di intervento	Soggetti ammessi	Durata dell'incentivo (anni)
1.A	Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato	Amministrazioni pubbliche	5
1.B	Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato	Amministrazioni pubbliche	5
1.C	Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione	Amministrazioni pubbliche	5
1.D	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti con esposizione da ESE a O, fissi o mobili, non trasportabili	Amministrazioni pubbliche	5
1.E	Trasformazione "edifici a energia quasi zero"	Amministrazioni pubbliche	5

Tabella 90: Durata degli incentivi

Pertanto la nuova valutazione economica è riportata nella seguente tabella.

INVESTIMENTO (€)	TASSO INTERES.	INCENTIVO (€)	ANNI INCENTIVO					
€ 765.978,83	0,050	€ 412.750,00	5					
ANNI	BENEFICI NETTI (€)	INCENTIVO ANNUALE (€)	COSTI (€)	INVESTIMENTO	FLUSSO CASSA (€)	FLUSSO CUMULATO (€)	FLUSSO ATTUALIZZATO (€)	FLUSSO CUML. ATTUAL. (€)
0	€ 16.000,00	€ 82.550,00	€ -	-€ 765.978,83	-€ 667.428,83	-€ 667.428,83	-€ 667.428,83	-€ 667.428,83
1	€ 16.000,00	€ 82.550,00	€ -	€ -	€ 98.550,00	€ 98.550,00	€ 93.857,14	€ 93.857,14
2	€ 16.000,00	€ 82.550,00	€ -	€ -	€ 98.550,00	€ 197.100,00	€ 89.387,76	€ 183.244,90
3	€ 16.000,00	€ 82.550,00	€ -	€ -	€ 98.550,00	€ 295.650,00	€ 85.131,20	€ 268.376,09
4	€ 16.000,00	€ 82.550,00	€ -	€ -	€ 98.550,00	€ 394.200,00	€ 81.077,33	€ 349.453,42
5	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 410.200,00	€ 12.536,42	€ 361.989,84
6	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 426.200,00	€ 11.939,45	€ 373.929,29
7	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 442.200,00	€ 11.370,90	€ 385.300,19
8	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 458.200,00	€ 10.829,43	€ 396.129,62
9	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 474.200,00	€ 10.313,74	€ 406.443,36
10	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 490.200,00	€ 9.822,61	€ 416.265,97
11	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 506.200,00	€ 9.354,87	€ 425.620,84
12	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 522.200,00	€ 8.909,40	€ 434.530,24
13	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 538.200,00	€ 8.485,14	€ 443.015,38
14	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 554.200,00	€ 8.081,09	€ 451.096,47
15	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 570.200,00	€ 7.696,27	€ 458.792,74
16	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 586.200,00	€ 7.329,78	€ 466.122,53
17	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 602.200,00	€ 6.980,75	€ 473.103,27
18	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 618.200,00	€ 6.648,33	€ 479.751,60
19	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 634.200,00	€ 6.331,74	€ 486.083,35
20	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 650.200,00	€ 6.030,23	€ 492.113,58
21	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 666.200,00	€ 5.743,08	€ 497.856,66
22	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 682.200,00	€ 5.469,60	€ 503.326,26
23	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 698.200,00	€ 5.209,14	€ 508.535,40
24	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 714.200,00	€ 4.961,09	€ 513.496,48
25	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 730.200,00	€ 4.724,84	€ 518.221,33

Tabella 91: Valutazione Tecnico Economica per intervento di 1° livello con incentivi DM 14-01-2016

INDICI DI REDDITIVITA'	
VALORE ATTUALE NETTO	-€ 142.102,38
TASSO RENDIMENTO INTERNO	1%
INDICE DI PROFITTO (IP)	-0,19
TEMPO DI RITORNO SEMPLICE	22
TEMPO RITORNO ATTUALIZZATO	

Figura 188: Indicatori di redditività per intervento di 1° livello con incentivi

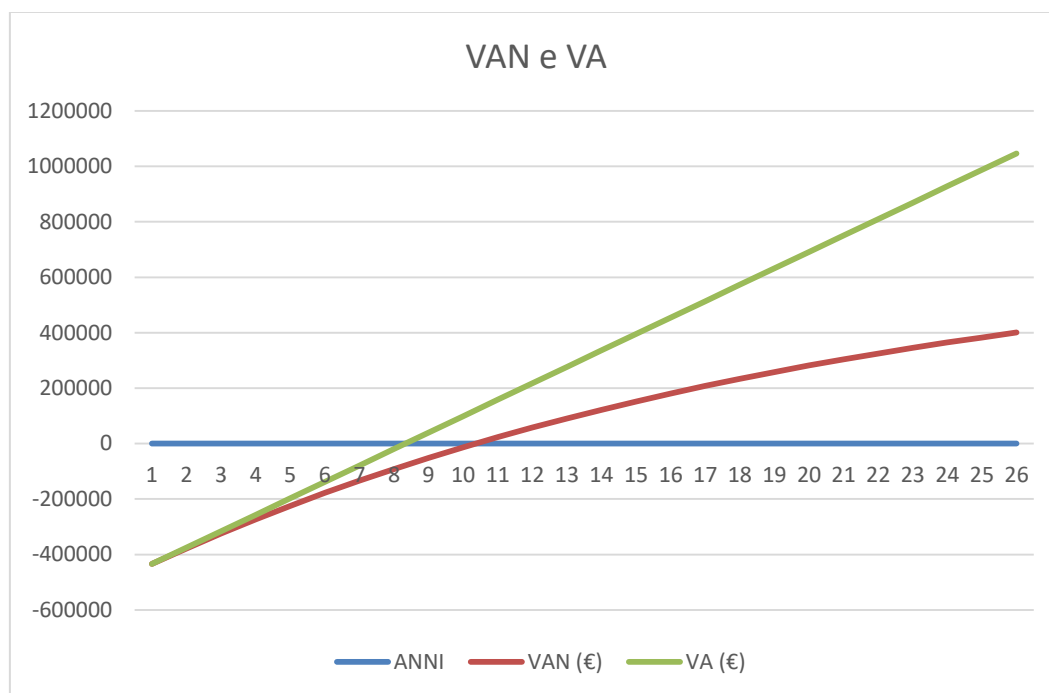


Figura 189: Flusso di Cassa ed Attualizzato per intervento di 1° livello con incentivi

Il quadro economico è sensibilmente migliorato ma ancora non è positivo. Si ha un tempo di ritorno semplice di 22 anni e quello attualizzato di oltre 25 anni. Il TIR risulta pari al 1%. L'investimento di trasformazione nZEB non appare economicamente conveniente.

Si osservi che se anche non si volesse tenere conto dell'impianto di ventilazione aggiuntivo per adeguamento al DM 12/75 scuole si avrebbe un costo di intervento di 1° livello di € 699.933,78 e quindi un costo specifico di 552,87 €/m² e quindi ancora superiore al limite di 500,00 €/m² ammesso.

7.1.3.1 Studio Parametrico

Si si fa uno studio parametrico supponendo di investire € 750.000,00 con benefici variabili si ha la tabella seguente.

INVESTIMENTO (€)	BENEFICI (€)	BENEFICI/INVESTIM (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN/INVESTIMENTO (%)	Tt.Rit.semp (y)	Tt.Rit.attual (y)
€ 750.000,00	€ 15.000,00	0,02	-€ 548.121,00	- 7,00	- 0,730		
€ 750.000,00	€ 20.000,00	2,67%	-€ 480.810,00	- 5,00	- 0,640		
€ 750.000,00	€ 25.000,00	3,33%	-€ 413.499,00	- 3,00	- 0,550		
€ 750.000,00	€ 30.000,00	4,00%	-€ 346.188,00	- 2,00	- 0,460		
€ 750.000,00	€ 35.000,00	4,67%	-€ 278.876,00	-	- 0,370		
€ 750.000,00	€ 40.000,00	5,33%	-€ 211.565,00	1,00	- 0,280	18	
€ 750.000,00	€ 45.000,00	6,00%	-€ 144.254,00	2,00	- 0,190	16	
€ 750.000,00	€ 50.000,00	6,67%	-€ 76.943,00	4,00	- 0,100	15	
€ 750.000,00	€ 55.000,00	7,33%	-€ 9.632,00	5,00	- 0,010	13	
€ 750.000,00	€ 60.000,00	8,00%	€ 57.679,00	7,00	0,170	11	16
€ 750.000,00	€ 65.000,00	8,67%	€ 124.990,00	7,00	0,170	11	16
€ 750.000,00	€ 70.000,00	9,33%	€ 192.301,00	8,00	0,260	10	14
€ 750.000,00	€ 75.000,00	10,00%	€ 259.612,00	9,00	0,350	10	13
€ 750.000,00	€ 80.000,00	10,67%	€ 326.923,00	10,00	0,440	9	12
€ 750.000,00	€ 85.000,00	11,33%	€ 394.234,00	11,00	0,530	8	11
€ 750.000,00	€ 90.000,00	12,00%	€ 461.545,00	12,00	0,620	8	10
€ 750.000,00	€ 95.000,00	12,67%	€ 528.856,00	13,00	0,710	7	9
€ 750.000,00	€ 100.000,00	13,33%	€ 596.167,00	14,00	0,790	7	9

Tabella 92: Analisi economica al variare dei benefici

Graficamente si ha la situazione di figure seguenti.

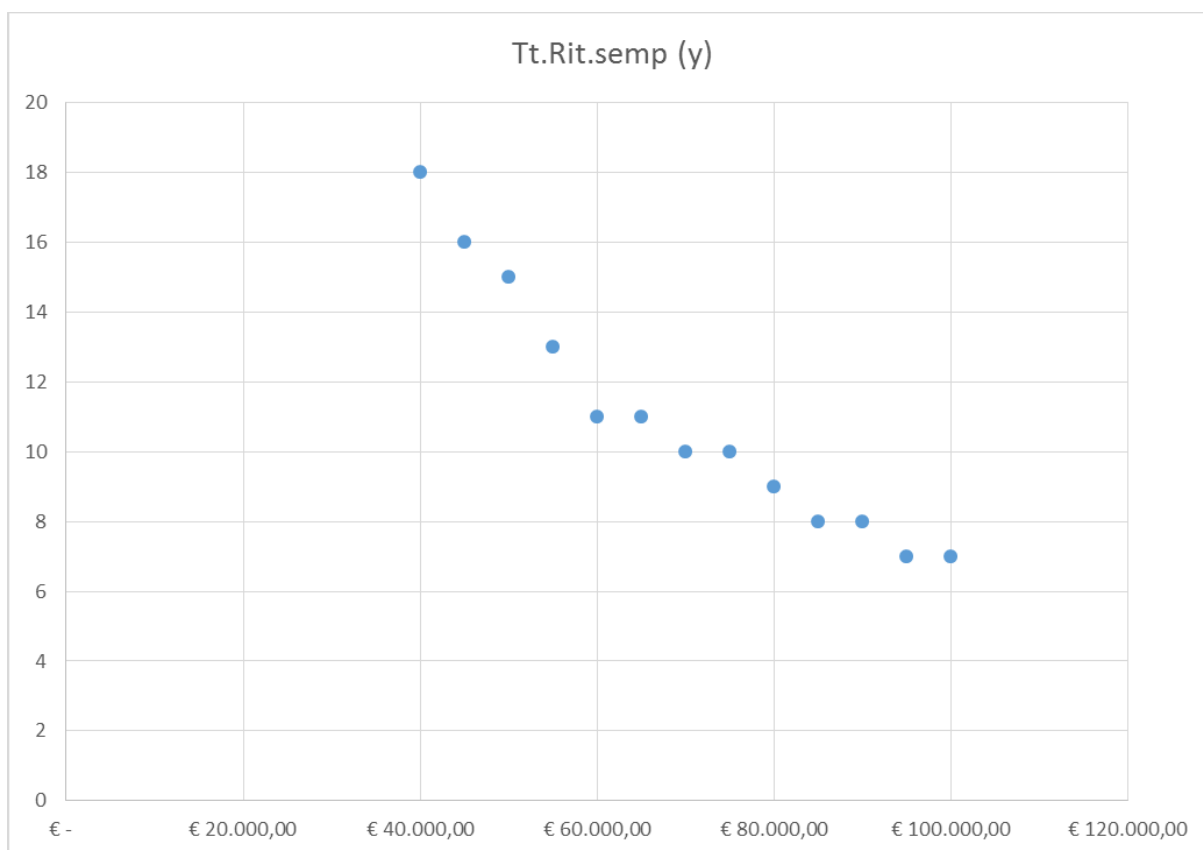


Figura 190: Tempi di Ritorno Semplici al variare dei benefici

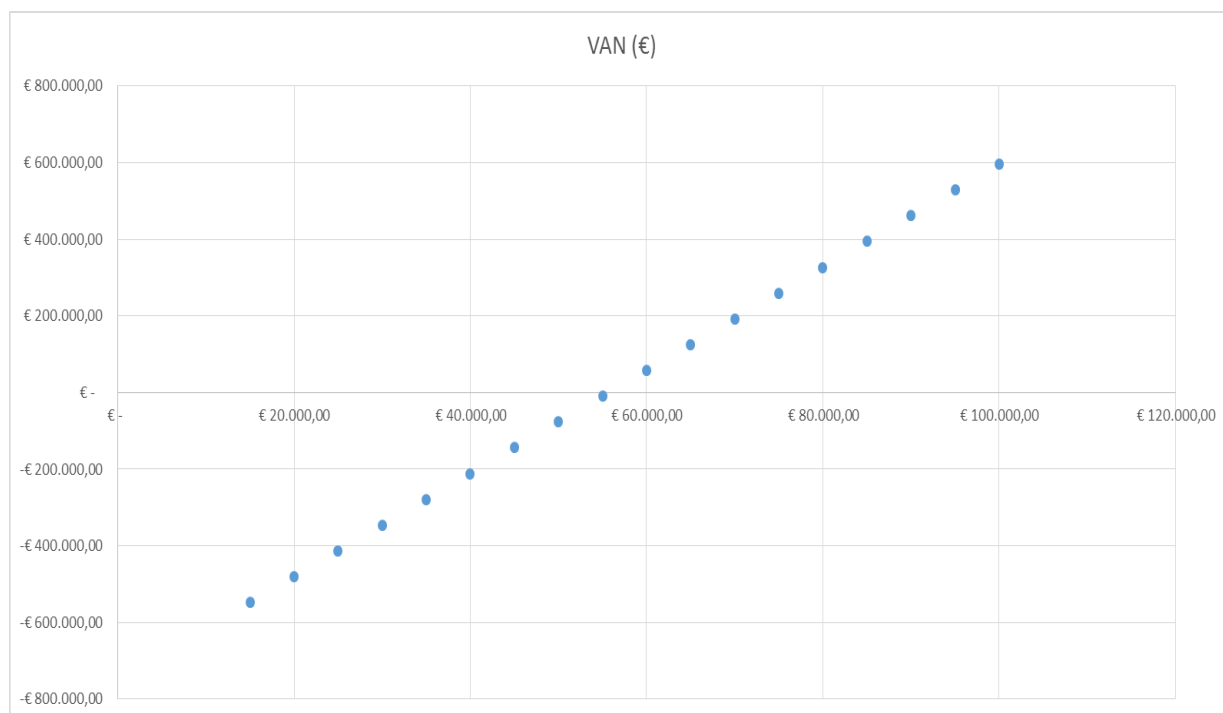


Figura 191: VAN al variare dei benefici

Da quanto detto appare chiaro che occorre avere un beneficio (costante) di almeno € 90.000,00 l'anno per avere un investimento significativo. Questo significa che, a parità di edificio con $S_u = 1260 \text{ m}^2$, e con il costo del gasolio attuale di 1,4 €/L, si può avere il seguente andamento dei risparmi energetici (benefici in gasolio equivalente) al variare della differenza ΔEP_H fra edificio attuale e ristrutturato.

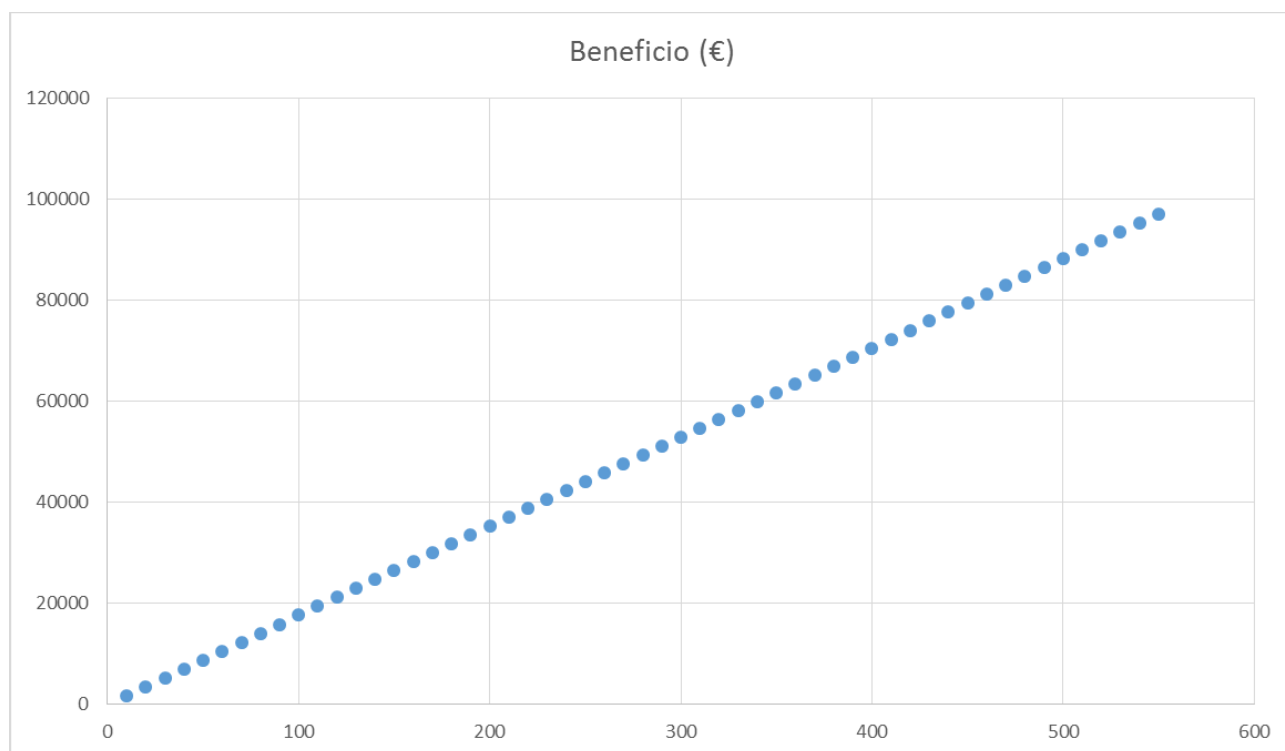


Figura 192: Variazione del beneficio annuo al variare di ΔEP_H

Per avere un beneficio energetico di oltre € 90.000,00 all'anno occorre avere $\Delta EP_H = 500$ kWh/(m².anno).

Una tale variazione non è pensabile per zone climatiche dalla A alla C a meno che gli incentivi innalzino la soglia massima dei costi specifici (oggi 500.000,00 €/m²) o l'aliquota finanziata (oggi pari al 60%).

Si possono raggiungere condizioni di economicità accettabili anche incrementando ulteriormente gli incentivi per interventi di 1° livello rispetto a quelli di 2° livello.

7.2 Ristrutturazione Importante di 2° Livello

Si è analizzato anche il caso di un intervento di ristrutturazione importante di 2° livello nella quale si inserisce isolante solo nelle pareti esterne e si cambiano gli infissi con vetrate isolanti a vetro camera a media emissività ($\varepsilon=0.20$) e Aria nell'intercapedine.

Gli impianti di riscaldamento per la zona delle AULE mantengono il generatore di calore a gasolio ma viene aggiunto l'impianto ad aria primaria per i ricambi d'aria fisiologica.

Infine si mantengono gli impianti FER solare termico e fotovoltaico, come nel caso della ristrutturazione importante di 1° livello, anche se con superfici di raccolta maggiorate per verificare il D.Lgs. 28/2011.

Si procede in analogia all'intervento di 1° livello.

7.2.1 Riepilogo degli investimenti

Si hanno gli investimenti riportati nella seguente tabella riepilogativa.

		RIEPILOGO DEI COSTI			Parziale	Totale
Capitolo 1		Opere di Demolizione e Preparazione				€ 17.351,02
Capitolo 2		Opere di ristrutturazione				€ 166.454,80
		Pareti Esterne		€	85.316,28	
		Infissi e vetri		€	81.138,52	
Capitolo 3		Opere di riqualificazione impianti				€ 172.575,93
		Impianto Aria Primaria		€	66.045,05	
		Impianto Solare Termico		€	41.823,34	
		Impianto Fotovoltaico		€	53.028,34	
		Impianto di Illuminazione		€	11.679,20	
					Totale Lavori	€ 356.381,74
Capitolo 4		Lavori vari - Imprevisti - Costi amministrativi				€ 135.901,19
					Totale Intervento	€ 492.282,93

Tabella 93: Tabella riepilogativa dei costi per ristrutturazione di 2° livello

Il costo totale dell'intervento, compresi i costi amministrativi, è ora di € 492.282,93.

L'andamento del Flusso di Cassa e Attualizzato, nelle stesse ipotesi del calcolo dell'intervento di 1° livello e con lo stesso beneficio annuale di 16000 €, è rappresentato in Figura 185 e in Figura 186 si hanno gli indicatori di redditività.

INVESTIMENTO (€)	TASSO INTERES.	INCENTIVO (€)	ANNI INCENTIVO					
€ 492.283,00	0,050	€ -	0					

ANNI	BENEFICI NETTI (€)	INCENTIVO ANNUALE (€)	COSTI (€)	INVESTIMENTO	FLUSSO CASSA /€	FLUSSO CUMULATO (€)	FLUSSO ATTUALIZZATO (€)	FLUSSO CUML. ATTUAL. (€)
0	€ 16.000,00	€ -	€ -	-€ 492.283,00	-€ 476.283,00	-€ 476.283,00	-€ 476.283,00	-€ 476.283,00
1	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 16.000,00	€ 15.238,10	€ 15.238,10
2	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 32.000,00	€ 14.512,47	€ 29.750,57
3	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 48.000,00	€ 13.821,40	€ 43.571,97
4	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 64.000,00	€ 13.163,24	€ 56.735,21
5	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 80.000,00	€ 12.536,42	€ 69.271,63
6	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 96.000,00	€ 11.939,45	€ 81.211,07
7	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 112.000,00	€ 11.370,90	€ 92.581,97
8	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 128.000,00	€ 10.829,43	€ 103.411,40
9	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 144.000,00	€ 10.313,74	€ 113.725,15
10	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 160.000,00	€ 9.822,61	€ 123.547,76
11	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 176.000,00	€ 9.354,87	€ 132.902,63
12	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 192.000,00	€ 8.909,40	€ 141.812,03
13	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 208.000,00	€ 8.485,14	€ 150.297,17
14	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 224.000,00	€ 8.081,09	€ 158.378,26
15	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 240.000,00	€ 7.696,27	€ 166.074,53
16	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 256.000,00	€ 7.329,78	€ 173.404,31
17	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 272.000,00	€ 6.980,75	€ 180.385,06
18	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 288.000,00	€ 6.648,33	€ 187.033,39
19	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 304.000,00	€ 6.331,74	€ 193.365,13
20	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 320.000,00	€ 6.030,23	€ 199.395,37
21	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 336.000,00	€ 5.743,08	€ 205.138,44
22	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 352.000,00	€ 5.469,60	€ 210.608,04
23	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 368.000,00	€ 5.209,14	€ 215.817,18
24	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 384.000,00	€ 4.961,09	€ 220.778,27
25	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 400.000,00	€ 4.724,84	€ 225.503,11

Tabella 94: Valutazione Tecnico Economica per intervento di 2° livello

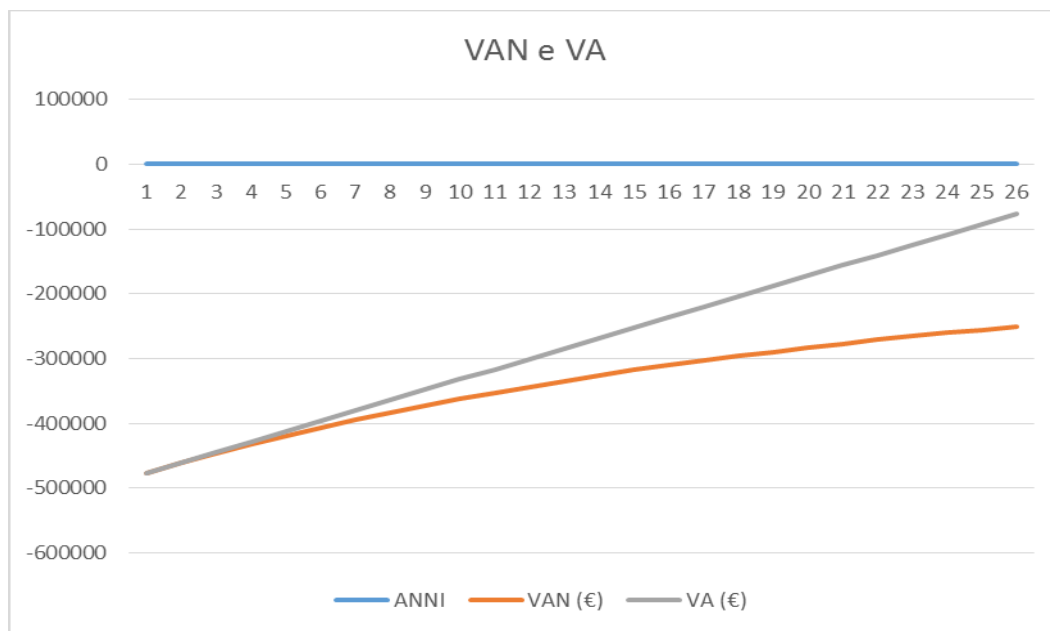


Figura 193: Flusso di Cassa ed Attualizzato per intervento di 2° livello

INDICI DI REDDITIVITA'	
VALORE ATTUALE NETTO	-€ 238.837,99
TASSO RENDIMENTO INTERNO	-1%
INDICE DI PROFITTO (IP)	-0,49
TEMPO DI RITORNO SEMPLICE	-
TEMPO RITORNO ATTUALIZZATO	-

Figura 194: Indicatori di redditività per intervento di 2° livello

La ristrutturazione importante di 2° livello è ancora troppo costosa in rapporto ai risparmi energetici conseguibili. Il Tasso di Rendimento Interno è negativo.

Il tempo di ritorno semplice è superiore ai 25 anni come pure quello attualizzato.

Qualora si imponesse di avere TRI=13% si avrebbe la seguente situazione.

INVESTIMENTO (€)	TASSO INTERES.	INCENTIVO (€)	ANNI INCENTIVO					
€ 493.838,33	0,050	€ -	0					

ANNI	BENEFICI NETTI (€)	INCENTIVO ANNUALE (€)	COSTI (€)	INVESTIMENTO	FLUSSO CASSA /€)	FLUSSO CUMULATO (€)	FLUSSO ATTUALIZZATO (€)	FLUSSO CUML. ATTUAL. (€)
0	€ 59.252,61	€ -	€ -	-€ 493.838,33	€ 59.252,61	€ 59.252,61	-€ 434.585,72	€ 434.585,72
1	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 118.505,23	€ 56.431,06	€ 56.431,06
2	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 177.757,84	€ 51.184,63	€ 110.174,93
3	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 237.010,45	€ 48.747,27	€ 161.359,56
4	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 296.263,06	€ 46.425,97	€ 210.106,83
5	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 355.515,68	€ 44.215,21	€ 256.532,80
6	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 414.768,29	€ 42.109,73	€ 300.748,02
7	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 474.020,90	€ 40.104,50	€ 342.857,74
8	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 533.273,51	€ 38.194,76	€ 382.962,24
9	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 592.526,13	€ 36.375,96	€ 421.157,00
10	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 651.778,74	€ 34.643,78	€ 457.532,97
11	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 711.031,35	€ 32.994,07	€ 492.176,74
12	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 770.283,96	€ 31.422,93	€ 525.170,81
13	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 829.536,58	€ 29.926,60	€ 556.593,74
14	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 888.789,19	€ 28.501,52	€ 586.520,34
15	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 948.041,80	€ 27.144,30	€ 615.021,86
16	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 1.007.294,41	€ 25.851,72	€ 642.166,16
17	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 1.066.547,03	€ 24.620,68	€ 668.017,88
18	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 1.125.799,64	€ 23.448,27	€ 692.638,56
19	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 1.185.052,25	€ 22.331,69	€ 716.086,83
20	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 1.244.304,86	€ 21.268,27	€ 738.418,52
21	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 1.303.557,48	€ 20.255,50	€ 759.686,79
22	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 1.362.810,09	€ 19.290,95	€ 779.942,29
23	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 1.422.062,70	€ 18.372,33	€ 799.233,24
24	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61	€ 1.481.315,31	€ 17.497,46	€ 817.605,58
25	€ 59.252,61	€ -	€ -	€ -	€ 59.252,61			€ 835.103,04

Tabella 95: Analisi Costi Benefici con TRI=13% imposto per intervento di 2° livello

INDICI DI REDDITIVITA'	
VALORE ATTUALE NETTO	€ 381.445,07
TASSO RENDIMENTO INTERNO	13%
INDICE DI PROFITTO (IP)	0,77
TEMPO DI RITORNO SEMPLICE	8
TEMPO RITORNO ATTUALIZZATO	10

Tabella 96: Indici di redditività con TRI=13% imposto per intervento di 2° livello

Si osserva che per avere TRI=13% e un tempo di ritorno di 8 anni occorrerebbe avere un beneficio annuale costante pari a € 59.252,61, ancora troppo elevato per la Scuola Livio Tempesta.

7.2.2 Utilizzo degli incentivi DM 14-01-2016

Procedendo in analogia con quanto detto per l'intervento di 1° livello, avendo un costo specifico di trasformazione nZEB di 388,85 €/m², si ha la seguente tabella di incentivazione.

Edificio Zona B	1270	65	€ 388,85	€ 500,00	€ 493.838,33	€ 320.994,91	€ 1.500.000,00	€ 320.994,91
							Totale	€ 320.994,91

Tabella 97: Incentivi DM 14-01-2016 per intervento di 2° livello

Gli incentivi sommano ad € 320.994,91 per una durata di cinque anni.

Il nuovo conto economico, a parità di ipotesi di calcolo indicate per l'intervento senza incentivi, è dato nella seguente tabella.

INVESTIMENTO (€)	TASSO INTERES.	INCENTIVO (€)	ANNI INCENTIVO					
€ 492.283,00	0,050	€ 320.994,91	5					

ANNI	BENEFICI NETTI (€)	INCENTIVO ANNUALE (€)	COSTI (€)	INVESTIMENTO	FLUSSO CASSA /€	FLUSSO CUMULATO (€)	FLUSSO ATTUALIZZATO (€)	FLUSSO CUML. ATTUAL. (€)
0	€ 16.000,00	€ 64.198,98	€ -	-€ 492.283,00	€ 412.084,02	-€ 412.084,02	-€ 412.084,02	-€ 412.084,02
1	€ 16.000,00	€ 64.198,98	€ -	€ -	€ 80.198,98	€ 80.198,98	€ 76.379,98	€ 76.379,98
2	€ 16.000,00	€ 64.198,98	€ -	€ -	€ 80.198,98	€ 160.397,96	€ 72.742,84	€ 149.122,82
3	€ 16.000,00	€ 64.198,98	€ -	€ -	€ 80.198,98	€ 240.596,95	€ 69.278,90	€ 218.401,72
4	€ 16.000,00	€ 64.198,98	€ -	€ -	€ 80.198,98	€ 320.795,93	€ 65.979,90	€ 284.381,62
5	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 336.795,93	€ 12.536,42	€ 296.918,04
6	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 352.795,93	€ 11.939,45	€ 308.857,49
7	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 368.795,93	€ 11.370,90	€ 320.228,39
8	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 384.795,93	€ 10.829,43	€ 331.057,82
9	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 400.795,93	€ 10.313,74	€ 341.371,56
10	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 416.795,93	€ 9.822,61	€ 351.194,17
11	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 432.795,93	€ 9.354,87	€ 360.549,04
12	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 448.795,93	€ 8.909,40	€ 369.458,44
13	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 464.795,93	€ 8.485,14	€ 377.943,58
14	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 480.795,93	€ 8.081,09	€ 386.024,67
15	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 496.795,93	€ 7.696,27	€ 393.720,94
16	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 512.795,93	€ 7.329,78	€ 401.050,73
17	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 528.795,93	€ 6.980,75	€ 408.031,47
18	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 544.795,93	€ 6.648,33	€ 414.679,80
19	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 560.795,93	€ 6.331,74	€ 421.011,55
20	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 576.795,93	€ 6.030,23	€ 427.041,78
21	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 592.795,93	€ 5.743,08	€ 432.784,86
22	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 608.795,93	€ 5.469,60	€ 438.254,45
23	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 624.795,93	€ 5.209,14	€ 443.463,59
24	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 640.795,93	€ 4.961,09	€ 448.424,68
25	€ 16.000,00	€ -	€ -	€ -	€ 16.000,00	€ 656.795,93	€ 4.724,84	€ 453.149,53

Tabella 98: Valutazione Tecnico Economica per intervento di 2° livello con incentivi

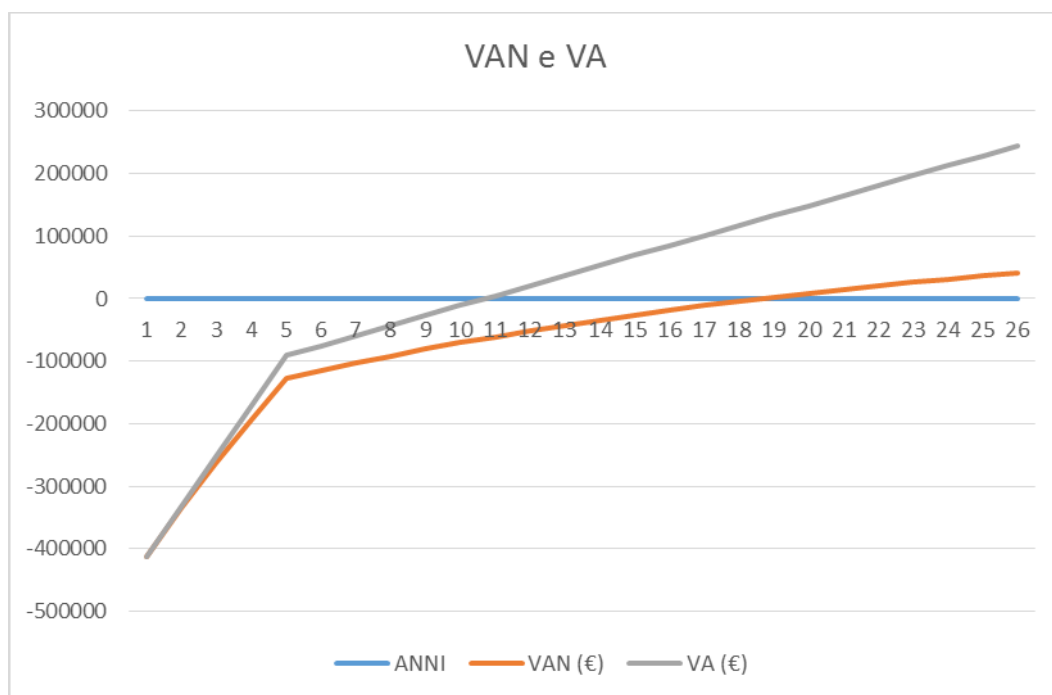


Figura 195: Flusso di Cassa ed Attualizzato per intervento di 2° livello con incentivi

INDICI DI REDDITIVITA'	
VALORE ATTUALE NETTO	€ 39.110,01
TASSO RENDIMENTO INTERNO	7%
INDICE DI PROFITTO (IP)	0,08
TEMPO DI RITORNO SEMPLICE	10
TEMPO RITORNO ATTUALIZZATO	18

Figura 196: Indicatori di redditività per intervento di 2° livello con incentivi

L'intervento di 2° livello con incentivi appare al limite dell'economicità avendo un TIR= 7% e un tempo di ritorno semplice di 10 anni e attualizzato di 18 anni.

7.2.2.1 Studio Parametrico

Con analogo ragionamento fatto per l'intervento di 1° livello si può fare un'analisi parametrica al variare dei benefici annuali per un intervento di 2° livello avente un investimento iniziale di € 500.000,00. Si ha la seguente tabella riepilogativa.

INVESTIMENTO (€)	BENEFICI (€)	BENEFICI/INVEST (%)	VAN (€)	TIR (%)	VAN/INVESTIMENTO (%)	Tt.Rit.semp (y)	Tt.Rit.attual (y)
€ 500.000,00	€ 15.000,00	3,00%	-€ 298.121,00	4,00	0,600		
€ 500.000,00	€ 20.000,00	4,00%	-€ 230.810,00	2,00	0,460		
€ 500.000,00	€ 25.000,00	5,00%	-€ 163.499,00	-	0,330	20	
€ 500.000,00	€ 30.000,00	6,00%	-€ 96.188,00	2,00	0,190	16	
€ 500.000,00	€ 35.000,00	7,00%	-€ 28.876,00	4,00	0,060	14	
€ 500.000,00	€ 40.000,00	8,00%	€ 38.435,00	6,00	0,080	12	18
€ 500.000,00	€ 45.000,00	9,00%	€ 105.746,00	8,00	0,210	11	15
€ 500.000,00	€ 50.000,00	10,00%	€ 173.057,00	9,00	0,350	10	13
€ 500.000,00	€ 55.000,00	11,00%	€ 240.368,00	11,00	0,480	9	11
€ 500.000,00	€ 60.000,00	12,00%	€ 307.679,00	12,00	0,620	8	10
€ 500.000,00	€ 65.000,00	13,00%	€ 374.990,00	14,00	0,750	7	9
€ 500.000,00	€ 70.000,00	14,00%	€ 442.301,00	15,00	0,880	7	8

Tabella 99: Analisi economica al variare dei benefici

Da questi dati si possono desumere i seguenti grafici. Per aver un tempo di ritorno di 7-8 anni occorre avere, a parità di investimenti e costi, un beneficio di almeno 70.000,00 €/anno. Ciò significa che, a parità di edificio considerato e di superficie da ristrutturare, che, per quanto indicato in Figura 192, che deve aversi almeno $\Delta EP_H = 380-400 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$ o incentivi compensativi dei benefici al di sopra del valore considerato.

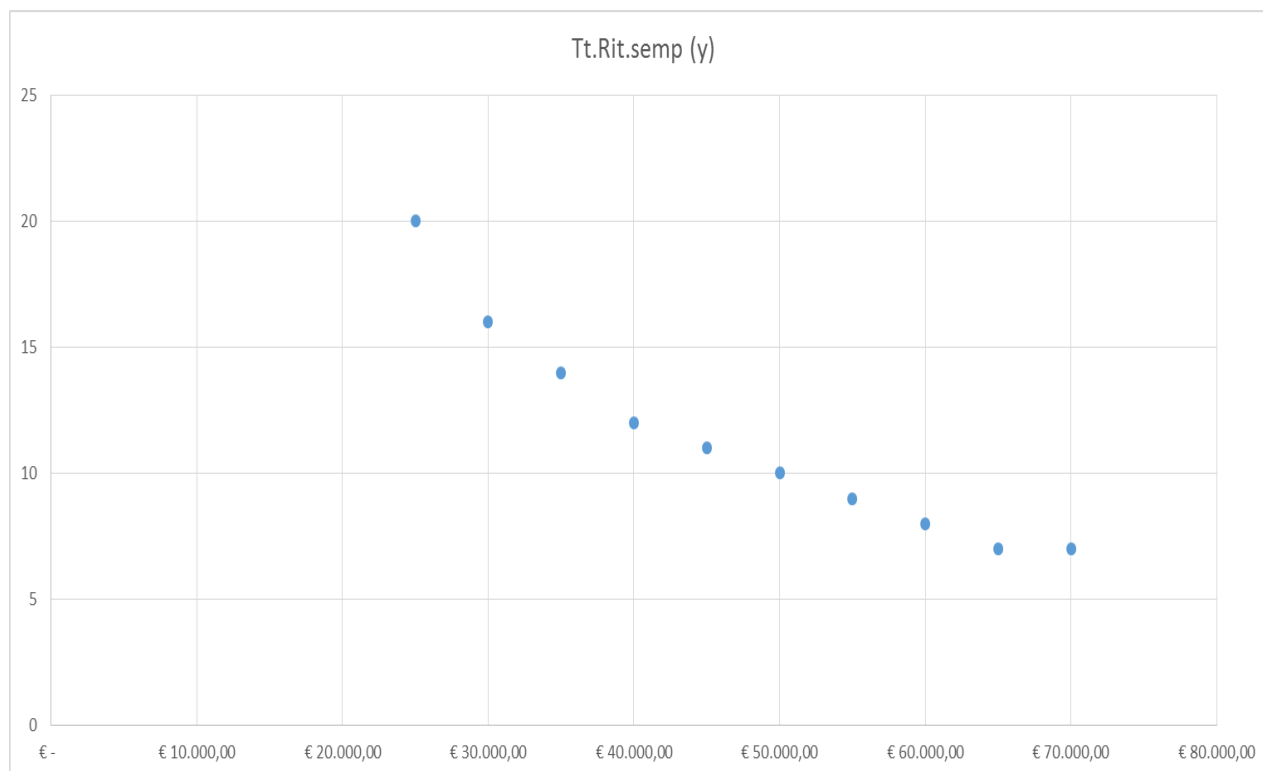


Figura 197: Andamento del tempo di ritorno semplice al variare del beneficio

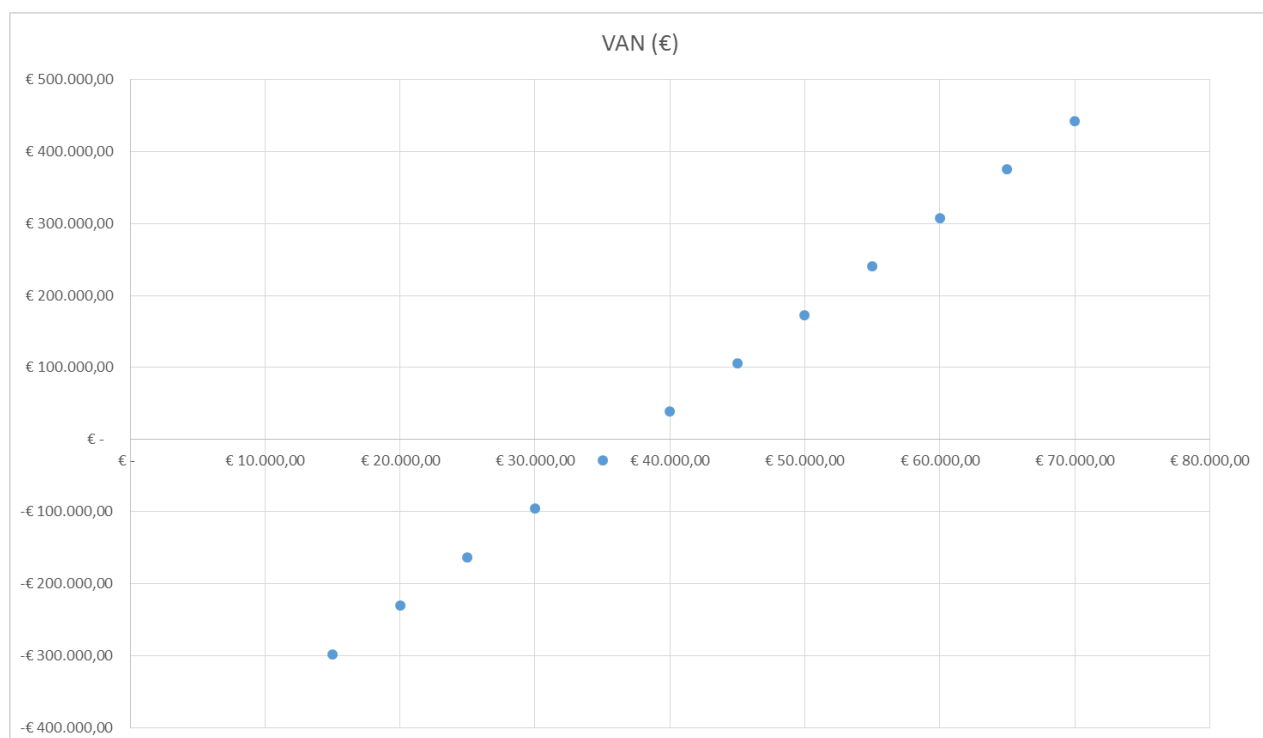


Figura 198: Andamento del VAN al variare dei benefici

Si osserva che per avere un tempo di ritorno di 7-8 anni il rapporto Benefici/Investimenti risulta pari al 14%.

7.3 Conclusioni Finali sull'Analisi Economica delle Ristrutturazioni

7.3.1 Ristrutturazioni Importanti senza Incentivi DM 14-01-2016

Gli andamenti dei flussi di cassa per i due casi di intervento rilevante di 1° e 2° livello senza incentivi dimostrano la non fattibilità tecnica a fronte di benefici ridotti di circa € 16.000,00 per anno di minor consumi energetici.

Anche trascurando il costo dell'impianto di ventilazione (per altro obbligatorio ai sensi del DM 12/75 sulle scuole) si hanno costi di intervento eccessivamente elevati che rendono anti economico gli investimenti per la realizzazione di edifici nZEB.

La zona climatica B, a cui Catania appartiene, non giustifica interventi così costosi.

7.3.2 Ristrutturazioni Importanti con Incentivi DM 14-01-2016

Se si ipotizza di utilizzare gli incentivi previsti dal Nuovo Conto Termico, DM 14-01-2016, allora si hanno le seguenti conclusioni.

7.3.2.1 Ristrutturazione importante di 1° livello

I costi globali sono elevati e specifici sono superiori al limite di 500,00 €/m² del DM 14-01-2016 e la trasformazione nZEB per Catania non risulta conveniente anche con gli incentivi ottenibili.

7.3.2.2 Ristrutturazione importante di 2° livello

Pur avendo costi globali e specifici elevati, questi risultano inferiori al limite di 500,00 €/m² e l'analisi economica presenta un tempo di ritorno semplice di 10 anni ed attualizzato di 18 anni.

Pertanto la ristrutturazione importante di 2° livello risulta al limite dell'accettabilità economica.

8 Studio di Sensitività per l'Analisi Economica

Si vuole ora analizzare il problema della convenienza economica in forma generale supponendo di riferirsi in genere ad 1 m² di superficie ed imponendo un valore di TRI (mediante la funzione di ricerca obiettivo) tale da avere un tempo di ritorno semplice pari a 9, 8 e 7 anni variando i BENEFICI annuali (supposti costanti) riferiti ancora alla superficie di 1 m². Si utilizza lo stesso foglio di calcolo per l'analisi costi – benefici utilizzato in precedenza supponendo un tasso di interesse del 5%, benefici annuali costanti ed assenza di costi aggiuntivi (che comunque potrebbero essere inglobati nel beneficio annuo riducendone il valore nominale).

Le tabelle seguenti riportano i benefici annui, il VAN totale (calcolato in 25 anni), l'Indice di profitto, il Tempo di ritorno semplice ed attualizzato ed il rapporto fra il beneficio annuale e l'investimento.

In calce a quest'ultima colonna si ha il valore massimo del rapporto BENEFICI/INVESTIMENTI per il TRI imposto.

INVESTIMENTO (€)	BENEFICI (€)	VAN (€)	TRI	INDICE PROFITTO	TEMPO RIT. SEMP (Y)	TEMPO ROT. ATTUAL. (Y)	BEN/INVEST
€ 100,00	€ 11,89	€ 72,30	0,035	0,72	9,00	11	11,89%
€ 150,00	€ 17,81	€ 108,12	0,035	0,82	9,00	11	11,87%
€ 200,00	€ 23,84	€ 145,54	0,035	0,73	9,00	11	11,92%
€ 250,00	€ 29,94	€ 179,64	0,034	0,72	9,00	11	11,98%
€ 300,00	€ 35,77	€ 218,45	0,035	0,73	9,00	11	11,92%
€ 350,00	€ 41,70	€ 254,42	0,035	0,73	9,00	11	11,91%
€ 400,00	€ 47,57	€ 289,48	0,035	0,72	9,00	11	11,89%
€ 450,00	€ 53,30	€ 322,57	0,035	0,72	9,00	11	11,84%
€ 500,00	€ 59,63	€ 364,20	0,035	0,73	9,00	11	11,93%
€ 550,00	€ 65,57	€ 400,32	0,035	0,73	9,00	11	11,92%
€ 600,00	€ 71,50	€ 436,26	0,035	0,73	9,00	11	11,92%
€ 650,00	€ 77,41	€ 471,96	0,035	0,73	9,00	11	11,91%
€ 700,00	€ 83,30	€ 507,40	0,035	0,73	9,00	11	11,90%
€ 750,00	€ 89,18	€ 542,55	0,035	0,72	9,00	11	11,89%
€ 800,00	€ 94,92	€ 575,93	0,034	0,72	9,00	11	11,87%
€ 850,00	€ 100,60	€ 608,32	0,034	0,72	9,00	11	11,84%
€ 900,00	€ 107,34	€ 655,67	0,035	0,73	9,00	11	11,93%
€ 950,00	€ 113,29	€ 691,87	0,035	0,73	9,00	11	11,93%
€ 1.000,00	€ 119,23	€ 727,99	0,035	0,73	9,00	11	11,92%
							11,98%

Tabella 100: Analisi di sensitività per TRI=0.035 e PBT= 9 anni

INVESTIMENTO (€)	BENEFICI (€)	VAN (€)	TRI	INDICE PROFITTO	TEMPO RIT. SEMP (Y)	TEMPO ROT. ATTUAL. (Y)	BEN/INVEST
€ 100,00	€ 12,63	€ 82,83	0,04	0,82	8,00	10	12,63%
€ 150,00	€ 18,83	€ 122,50	0,04	0,82	8,00	10	12,55%
€ 200,00	€ 25,09	€ 163,18	0,04	0,82	8,00	10	12,55%
€ 250,00	€ 31,21	€ 201,00	0,04	0,82	8,00	10	12,48%
€ 300,00	€ 37,54	€ 243,38	0,04	0,82	8,00	10	12,51%
€ 350,00	€ 43,87	€ 277,94	0,04	0,82	8,00	10	12,53%
€ 400,00	€ 49,78	€ 320,66	0,04	0,80	8,00	10	12,45%
€ 450,00	€ 56,47	€ 367,30	0,04	0,82	8,00	10	12,55%
€ 500,00	€ 62,70	€ 407,54	0,04	0,82	8,00	10	12,54%
€ 550,00	€ 68,92	€ 447,60	0,04	0,82	8,00	10	12,53%
€ 600,00	€ 75,26	€ 489,35	0,04	0,82	8,00	10	12,54%
€ 650,00	€ 80,87	€ 520,69	0,04	0,80	8,00	10	12,44%
€ 700,00	€ 87,75	€ 570,01	0,04	0,81	8,00	10	12,54%
€ 750,00	€ 94,12	€ 612,18	0,04	0,82	8,00	10	12,55%
€ 800,00	€ 100,37	€ 652,62	0,04	0,82	8,00	10	12,55%
€ 850,00	€ 106,60	€ 692,84	0,04	0,82	8,00	10	12,54%
€ 900,00	€ 112,81	€ 732,86	0,04	0,81	8,00	10	12,53%
€ 950,00	€ 118,94	€ 771,62	0,04	0,81	8,00	10	12,52%
€ 1.000,00	€ 125,05	€ 810,06	0,04	0,81	8,00	10	12,51%
							12,63%

Tabella 101: Analisi di sensitività per TRI=0.04 e PBT= 8 anni

INVESTIMENTO (€)	BENEFICI (€)	VAN (€)	TRI	INDICE PROFITTO	TEMPO RIT. SEMP (Y)	TEMPO ROT. ATTUAL. (Y)	BEN/INVEST
€ 100,00	€ 13,85	€ 99,96	0,05	1,00	7,00	9	13,85%
€ 150,00	€ 20,77	€ 149,94	0,05	1,00	7,00	9	13,85%
€ 200,00	€ 27,62	€ 198,77	0,05	1,00	7,00	9	13,81%
€ 250,00	€ 34,62	€ 249,86	0,05	1,00	7,00	9	13,85%
€ 300,00	€ 41,52	€ 299,47	0,05	1,00	7,00	9	13,84%
€ 350,00	€ 47,34	€ 347,93	0,05	0,99	7,00	9	13,53%
€ 400,00	€ 55,00	€ 394,15	0,05	0,99	7,00	9	13,75%
€ 450,00	€ 62,32	€ 449,69	0,05	0,99	7,00	9	13,85%
€ 500,00	€ 69,21	€ 499,32	0,05	0,99	7,00	9	13,84%
€ 550,00	€ 76,10	€ 548,71	0,05	1,00	7,00	9	13,84%
€ 600,00	€ 82,96	€ 597,83	0,05	1,00	7,00	9	13,83%
€ 650,00	€ 89,78	€ 646,24	0,05	0,99	7,00	9	13,81%
€ 700,00	€ 96,47	€ 692,97	0,05	0,99	7,00	9	13,78%
€ 750,00	€ 103,08	€ 758,51	0,05	0,99	7,00	9	13,74%
€ 800,00	€ 110,79	€ 799,60	0,05	1,00	7,00	9	13,85%
€ 850,00	€ 117,70	€ 849,14	0,05	1,00	7,00	9	13,85%
€ 900,00	€ 124,60	€ 898,97	0,05	1,00	7,00	9	13,84%
€ 950,00	€ 131,49	€ 948,49	0,05	1,00	7,00	9	13,84%
€ 1.000,00	€ 138,38	€ 997,87	0,05	1,00	7,00	9	13,84%
							13,85%

Tabella 102: Analisi di sensitività per TRI=0.05 e PBT= 7 anni

Nei successivi diagrammi si ha l’andamento dei benefici annui necessari per avere il TRI imposto a cui corrisponde un tempo di ritorno semplice desiderato.

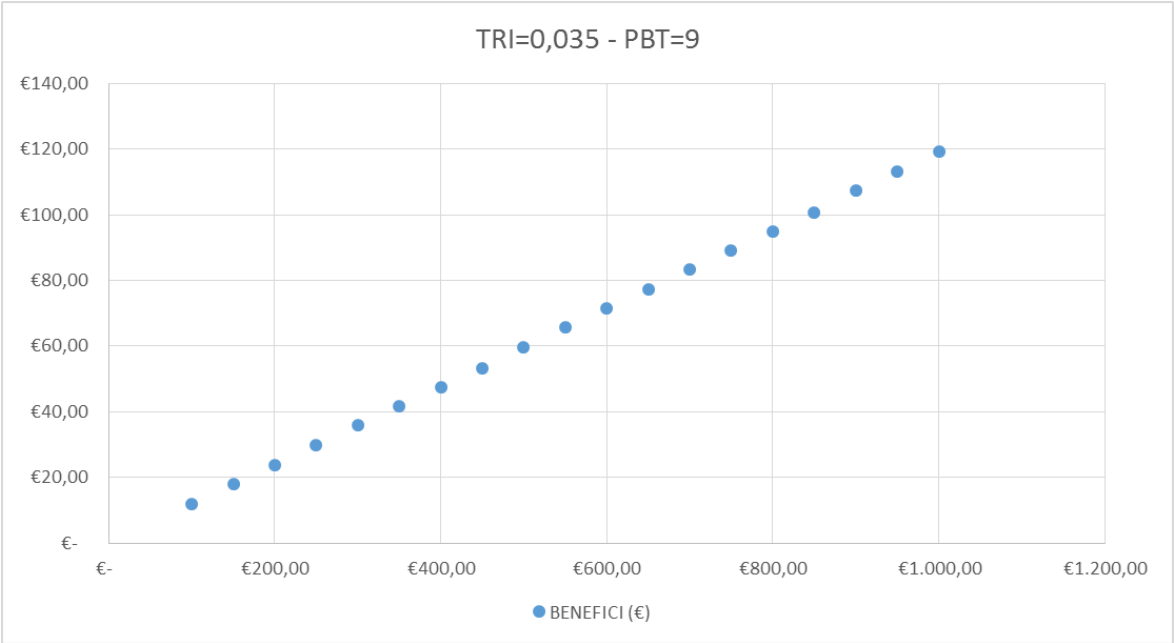


Figura 199: Andamento dei Benefici annui necessari per TRI= 0.035

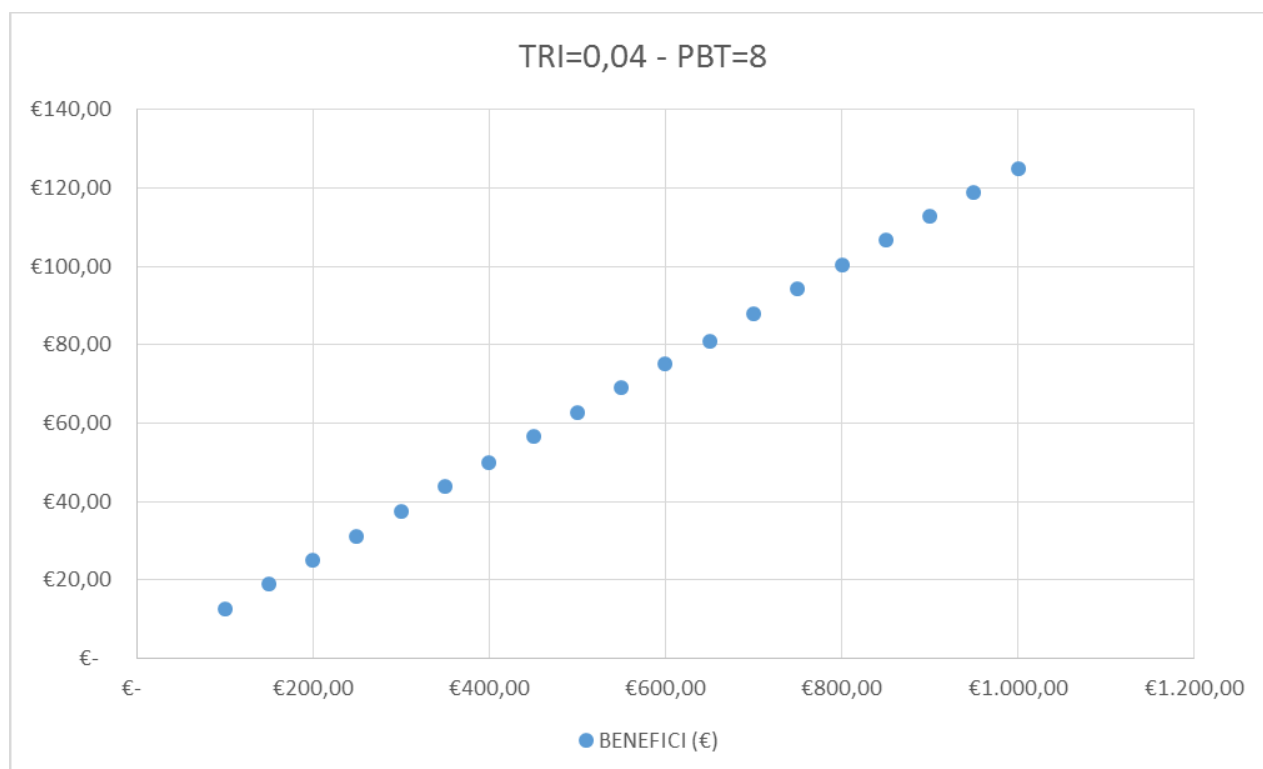


Figura 200: Andamento dei Benefici annui necessari per TRI= 0.04

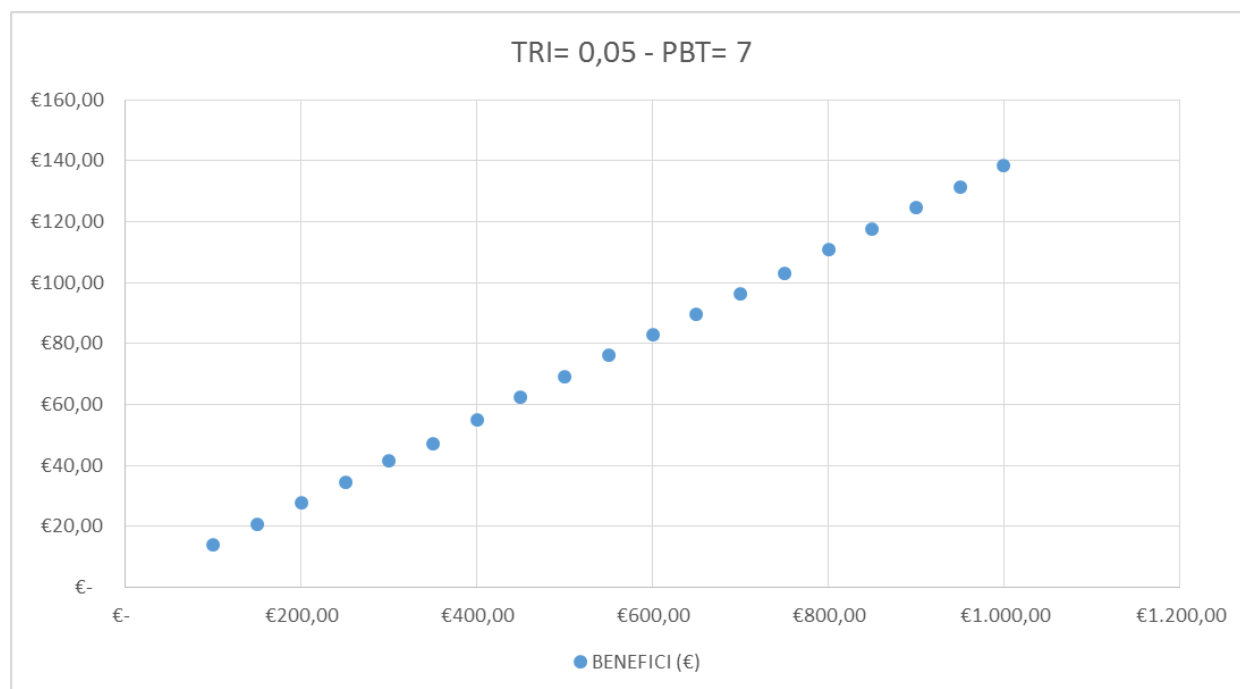


Figura 201: Andamento dei Benefici annui necessari per TRI= 0.05

Si ha il seguente andamento fra il numero di anni del tempo di ritorno semplice desiderato e il rapporto fra BENEFICI/INVESTIMENTI.

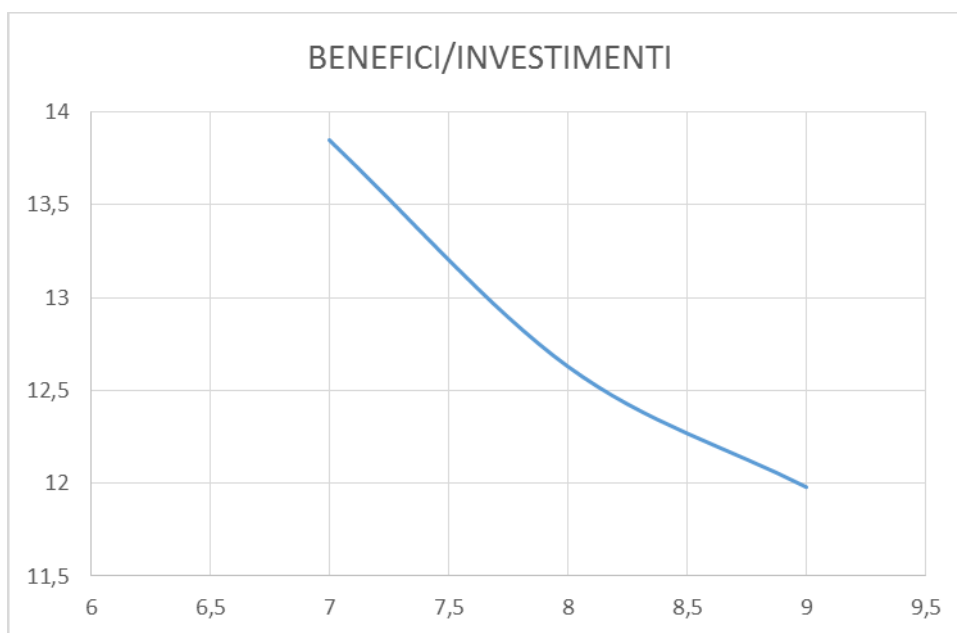


Figura 202: Andamento del rapporto BENEFICI/INVESTIMENTI al variare del tempo di ritorno semplice

Al crescere del numero di anni diminuisce il rapporto BENEFICI/INVESTIMENTI e questo può contribuire a rendere possibile l'intervento nZEB desiderato.

In termini energetici si ha la seguente corrispondenza fra il beneficio annuo e la variazione di ΔEP_g , (espresso in kWh/(m².anno)), considerando un costo del gasolio di 1,4 €/L.

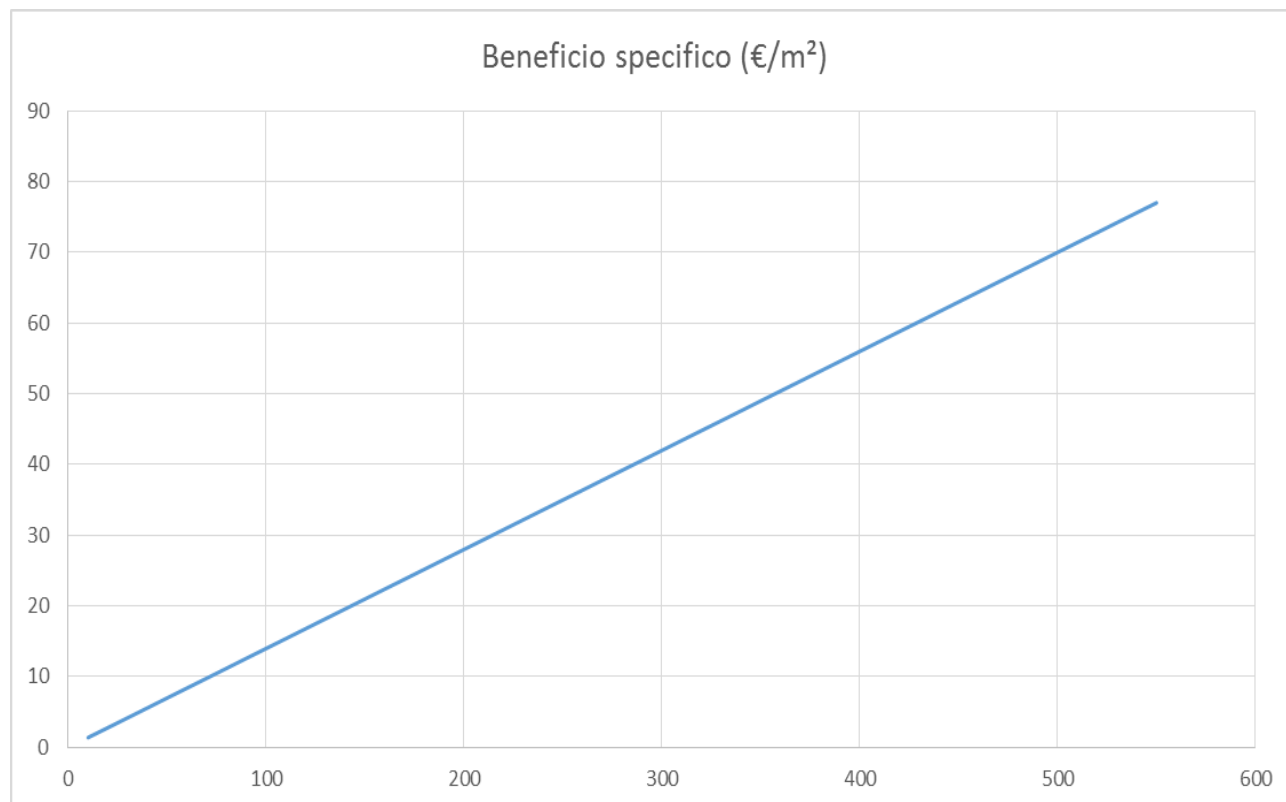


Figura 203: Benefici economici specifici al variare di ΔEP_g

Ancora una volta benefici fra i 50 e 70 €/m² corrispondono a variazione dell'efficienza energetica ΔEP_g dai 370 kWh/(m².anno) in su.

E' difficile pensare di ottenere questi benefici solamente con le ristrutturazioni importanti di 1° o di 2° livello, almeno in zone climatiche A, B e C.

Naturalmente questo risparmio energetico dipende anche dalla tipologia di edificio che si considera: meno negli edifici residenziali, molto negli edifici del terziario (Ospedali, Tribunali, Magazzini, ...).

Occorre sempre pensare ad interventi incentivati e in questa direzione potrebbe essere utile innalzare l'aliquota finanziata dal 60% al 70% se non si desidera aumentare il limite di spesa specifica dagli attuali 500 €/m².

Quest'opzione potrebbe rendere economicamente possibili molte tipologie di intervento.

9 Conclusioni

Lo studio qui svolto sulla possibilità di trasformare in nZEB un edificio scolastico, la Scuola Livio Tempesta di Catania, costruito nel 1968 secondo canoni costruttivi antecedenti alle leggi sul risparmio energetico porta a fare diverse osservazioni.

- Se pure tecnicamente possibile ottenere la qualifica nZEB l'edificio esaminato, giusto quanto indicato dal DM 26/06/2015, gli interventi necessari si rivelano estremamente costosi sia sull'involucro che sugli impianti;
- La necessità di avere un QR>50% già a partire da oggi impone sia l'utilizzo di generatori termici ad alta efficienza, quale la pompa di calore, che l'inserimento di FER (segnatamente collettori solari termici per l'ACS e pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica) porta ad avere ulteriori costi di intervento che appaiono non confrontabili con l'entità dei risparmi energetici conseguibili.

La Scuola Livio Tempesta è attualmente classificabile in Classe E. L'intervento di ristrutturazione importante di 1° livello porterebbe ad avere la Classe A4 e la qualifica nZEB.

	130.7 kWh/m²		UM	H	W	C	V	L	T	GLOBALI
		EP _{rinnovabile}	kWh	256	0	0	0	14304	0	14561
		EP _{non rinnovabile}	kWh	118812	0	0	0	59388	0	178200
		EP _{totale}	kWh	119069	0	0	0	73693	0	192761
		QR	%	0.2	0.0	0.0	0.0	19.4	0.0	7.6

Figura 204: Classe Energetica dell'edificio esistente

	20.5 kWh/m²		UM	H	W	C	V	L	T	GLOBALI
		EP _{rinnovabile}	kWh	27356	9920	48	0	11359	0	48682
		EP _{non rinnovabile}	kWh	14915	543	2220	0	9971	0	27649
		EP _{totale}	kWh	42270	10463	2268	0	21330	0	76331
		QR	%	64.7	94.8	2.1	0.0	53.3	0.0	63.8

Figura 205: Classe energetica dell'edificio ristrutturato nZEB

Anche a fare un confronto grossolano basate sui consumi energetici sopra indicato si avrebbe un risparmio pari a:

$$130.7 - 20.5 = 110.2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$$

Che per una superficie di 1260 m² comporterebbe un risparmio globale di 130052 kW/anno equivalenti a 13385 L di gasolio, ossia, ad un costo attuale di 1.4 €/L, di € 19.439,28 €/anno.

Si osservi che quanto appena detto si riferisce all'intero edificio comprese le zone PRESIDENZA – SEGRETERIE ed ALLOGGIO CUSTODE che rimangono invariate dal punto di vista impiantistico.

Di fatto per la sola ZONA delle AULE il risparmio si riduce ancora di più.

Si ha un risparmio pari a $130.1 - 20.0 = 110.1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$ che per la superficie di 1260 m² porta ad avere un risparmio di 130726 kWh/anno pari 13072 L/anno di gasolio corrispondenti, ai prezzi attuali, a € 18.300,80 per anno. Questo valore contrasta con gli attuali consumi annuali di gasoli pari a circa 5000 L/anno.

Se si optasse per una ristrutturazione importante di 2° livello, come precedentemente descitta, si avrebbe per la zona AULE, che l'indice di prestazione energetica diverrebbe $EP_{g-AULE} = 36.6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{anno})$.

In termini economici il risparmio sarebbe:

$$130.1 - 36.6 = 93.5 \text{ kWh(m}^2\text{.anno)}$$

$$93.5 \times 1260 = 117810 \text{ kWh/anno}$$

$$11181 \times 1.4 = 16.493.40 \text{ €/anno}$$

In definitiva i risparmi teorici, sia energetici che economici, conseguibili con i due tipi di ristrutturazione importante sono sempre esigui rispetto agli investimenti economici necessari.

Si osserva che la verifica di H_T anche per la ristrutturazione importante di 2° livello risulta ancora molto restrittiva e richiede l'isolamento delle pareti e del soffitto.

9.1 Incidenza degli singoli interventi

Un esame sugli interventi sopra analizzati porta ad avere la seguente Tabella 103. Ciascuno di questi interventi è di per se ingiustificabile a fronte di un risparmio annuo dell'ordine di € 15.000,00.

Per gli interventi sugli impianti si ha la Tabella 104. L'impianto ad aria primaria si rende necessario perché la Scuola Livio Tempesta non ha una ventilazione conforme al DM 12/75 sulle scuole.

Anche per gli impianti valgono le considerazioni fatte per l'involucro.

Opere di ristrutturazione			
	Pareti Esterne	€	85.316,28
	Copertura a Terrazza	€	49.046,34
	Pavimento	€	97.628,86
	Infissi e vetri	€	90.153,91

Tabella 103: Costi delle opere di ristrutturazione dell'involucro

Opere di riqualificazione impianti			
	Impianto di Riscaldamento	€	48.641,06
	Impianto Aria Primaria	€	66.045,05
	Impianto Solare Termico	€	31.446,14
	Impianto Fotovoltaico	€	47.315,28
	Impianto di Illuminazione	€	11.679,20

Tabella 104: Costi delle opere di ristrutturazione degli impianti

Si osserva che le condizioni di verifica imposte dal DM 26/06/2015 per la ristrutturazione importante di 1° livello sono eccessivamente onerose (si hanno 8 parametri da verificare contemporaneamente, oltre il D.Lgs. 28/2011 al 2019) che comportano la necessità di intervenire su tutti gli elementi disperdenti (verifica di H_T) e sulla scelta delle finestre (verifica di $A_{\text{solare.estiva}}/A_{\text{utile}}$).

Questi obblighi hanno comportato interventi sull'involucro estesi e costosi.

La necessità di verificare le efficienze di impianto richieste dal DM 26/06/2016 ha comportato la necessità di modificare ampiamente gli impianti esistenti, malgrado sia presente un generatore a gasolio moderno.

In definitiva la ristrutturazione importante di 1° livello, necessaria per ottenere tutte le verifiche del DM 26/06/2015 positive, risulta eccessivamente costosa e inattuabile per la scuola Livio Tempesta sita a Catania, zona climatica B.

9.2 Possibili soluzioni alternative

Avere edifici costruiti prima del 1978 (anno di entrata in vigore della L 373/76) riclassificati nZEB in una zona climatica A o B (quale è Catania) appare troppo costosa ed improponibile.

Se si accetta qualche compromesso quale, ad esempio, non avere l'edificio nZEB ed operare un intervento importante di 2° livello allora molti dei costi sopra indicati si potrebbero eliminare.

Si può agire solo sulle pareti esterne e sugli infissi, si può utilizzare l'impianto esistente con qualche miglioramento (*revamping*), ad esempio, lasciando il generatore a gasolio ancora efficiente, lasciando i termoconvettori esistenti ed inserendo (perché lo richiede il DM 12/75) l'impianto di aria primaria per assicurare un ricambio fisiologico di 2.5 ric/h.

La verifica di 2° livello richiede un minor numero di parametri da controllare, come si può osservare nella Figura 206.

La verifica energetica porta ai risultati di Figura 208, cioè la classe energetica è ora **A3** con $EP_g = 34.2$ kWh/(m².anno) per l'intero edificio e $EP_{g-AULE} = 36.6$ kWh/(m².anno) per la zona AULE, quasi il doppio di quanto ottenuto con la ristrutturazione di 1° livello.

Tuttavia l'intervento di 2° livello comporterebbe una spesa riassunta nella Tabella 105 e pari, compresi oneri amministrativi, a € 479.005,97, cioè il 57.66 % di quella di 1° livello.

Questa potrebbe ulteriormente ridursi se si rinuncia alle FER che hanno un costo di € 78.882,77 si avrebbe un costo globale di intervento di € 391.341,64.



Figura 206: Verifiche secondo DM 26/06/2015 per ristrutturazione di 2° livello per l'intero edificio



Figura 207: Verifica energetica per la zona AULE con ristrutturazione di 2° livello

 34.2 kWh/m²		UM	H	W	C	V	L	T	GLOBALI
	EPrinnovabile	kWh	3743	9640	81	0	12560	0	26023
	EPnon rinnovabile	kWh	36936	708	2804	0	6059	0	46507
	EPtotale	kWh	40679	10348	2885	0	18619	0	72531
	QR	%	9.2	93.2	2.8	0.0	67.5	0.0	35.9

Figura 208: Verifiche energetiche per ristrutturazione di 2° livello per l'intero edificio

Capitolo 1	Opere di Demolizione e Preparazione					€	17.351,02
Capitolo 2	Opere di ristrutturazione					€	166.454,80
		Pareti Esterne			€	85.316,28	
		Infissi e vetri			€	81.138,52	
Capitolo 3	Opere di riqualificazione impianti					€	172.575,93
		Impianto Aria Primaria			€	66.045,05	
		Impianto Solare Termico			€	41.823,34	
		Impianto Fotovoltaico			€	53.028,34	
		Impianto di Illuminazione			€	11.679,20	
		Totale Lavori			€	356.381,74	
Capitolo 4	Lavori vari - Imprevisti - Costi amministrativi					€	135.901,19
		Totale Intervento			€	492.282,93	

Tabella 105: Riepilogo dei costi per intervento di 2° livello

9.3 Utilizzo degli incentivi ai sensi del DM 14-01-2016

L'utilizzo degli incentivi ottenibili dall'applicazione del Nuovo Conto Termico, DM 14-01-2016, porta alle seguenti considerazioni conclusive:

9.3.1 Intervento di ristrutturazione importante di 1° livello

Il costo specifico dell'intervento è più elevato di quello ammesso dal DM 14-01-2016. L'utilizzo del contributo non consente di avere un investimento economicamente accettabile.

9.3.2 Intervento di ristrutturazione importante di 2° livello

Il costo specifico dell'intervento è inferiore a quello massimo ammissibile e l'intervento incentivato risulta al limite dell'accettabilità economica. Si ha, infatti, un tempo di ritorno semplice di 10 anni e attualizzato di 18 anni.

9.4 Valutazioni finali

Il basso costo attuale dell'energia e le favorevoli condizioni climatiche di Catania (zona B) non consentono di effettuare lavori di ristrutturazione importante (sia di 1° che di 2° livello), senza incentivazione ai sensi del DM 14-01-2016, economicamente validi in edifici pubblici antecedenti il 1978, data di entrata in vigore della L. 373/76.

Le verifiche imposte dal DM 26/06/2015 appaiono numerose, incongruenti ed eccessivamente penalizzanti. Soprattutto la verifica di H'_T e di $A_{\text{solare.estiva}}/A_{\text{utile}}$ costringe a fare interventi onerosi sull'involucro.

Le opere di ristrutturazione necessarie (sia per l'involucro che per gli impianti) risultano sempre eccessive rispetto a qualunque risparmio energetico annuo conseguibile.

Anche interventi parziali, quale la ristrutturazione importante di 2° livello, risulta economicamente non conveniente se non incentivata.

E' possibile pensare ad interventi parziali di riqualificazione degli impianti, di importo limitato e tale da avere tempi di ritorno accettabili.

In genere i bassi consumi energetici reali risultano fortemente penalizzanti nelle valutazioni economiche.

10 Abbreviazioni ed acronimi

T_{air}	Temperatura dell'aria interna, °K
$Q_{x,i}$	Calore latente interno, W;
ρ_a	Densità dell'aria, kg/m ³
c_a	Calore specifico dell'aria, J/(K.kg)
b_{tr}	Fattore correttivo per le differenze di temperatura
A_j	Area della superficie della generica parete, m ²
A_f	Area del pavimento, m ²
A_t	Area totale delle superfici che insistono nella zona considerata, m ²
A_m	Area equivalente della massa termica, m ²
U_j	Trasmittanza termica della generica parete, W/(m ² K)
h_{is}	Trasmittanza di accoppiamento per il nodo T_s , W/(m ² K)
C_m	Capacità termica dell'edificio, J/K
κ	Capacità termica superficiale, J/(m ² K)
t	Variabile tempo, s
T	Passo di integrazione, s
F_{sh}	Fattore di ombreggiatura
A_{sol}	Area efficace di captazione solare, m ²
I_{sol}	Valore medio dell'irraggiamento solare, W/m ²
f_{rk}	Fattore di vista parete – cielo
F_{rk}	Extra flusso ad alta lunghezza d'onda verso la volta celeste, W/m ² ;
p_{vs}	pressione di saturazione, Pa;
p_t	Pressione totale, Pa;
φ	Umidità relativa dell'aria (%).
ACS	Acqua Calda Sanitaria
EP_H	Prestazione Energetica per riscaldamento, kWh/(m ² .anno)
EP_C	Prestazione Energetica per condizionamento/raffrescamento, kWh/(m ² .anno)
EP_W	Prestazione Energetica per ACS, kWh/(m ² .anno)
EP_I	Prestazione Energetica per Illuminazione, kWh/(m ² .anno)
EP_V	Prestazione Energetica per ventilazione, kWh/(m ² .anno)
EP_g	Prestazione Energetica globale, kWh/(m ² .anno)
η_H	Efficienza per riscaldamento
η_C	Efficienza per condizionamento/raffrescamento
η_W	Efficienza per ACS
η_g	Efficienza globale
H'_T	Trasmittanza media globale, W/K
$A_{solare.estiva}$	Area solare estiva, m ²
A_{utile}	Superficie utile in pianta dell'edificio, m ²
QR	Quota Rinnovabile, %
nZEB	near Zero Energy Building
AE	Analisi Energetica
VE	Verifica Energetica

11 Riferimenti bibliografici

1. Norma UNI EN 13790:2008
2. Norme UNI TS 11300 /1 e 2 edizione 02/10/2014
3. G. Cammarata – M. Cammarata – G. Capizzi: “Rapporto Tecnico RdS/”013/79239, Settembre 2014
4. G. Cammarata – M. Cammarata – G. Capizzi: “The Fully Dynamic Model Derived From ISO EN UNI 13790”, IX Congresso Nazionale AIGE 2015, Catania
5. G. Cammarata: “Valutazione dei consumi energetici degli edifici: analisi dinamica secondo la UNI EN 13790”, Quaderni di Legislazione Tecnica, N. 1-2015
6. UNI TS 11300/5:2016 – Calcolo dell’energia primaria e QR
7. UNI TS 1300/6:2016 – Calcolo energia primaria per trasporto
8. UN I 10339:2016 – Nuovi dati ambientali
9. UNI CEI EN 16247 parte 1,2,3
10. UNI CEI/TR 11428
11. Software SEAS, ENEA- DESTEC, 2015
12. Software TFM-STIMA Vers. 10, Watts – Idronica Line, 2016
13. Software TERMOLOG Vers. 7, Logicalsoft, 2016

12 Autori

Prof. Ing. Giuliano Cammarata

Laureato in Ingegneria Nucleare con lode, professore di prima fascia di Fisica Tecnica Industriale e docente di Impianti Termotecnici nel Corso di Laurea Magistrale per Ingegneria Meccanica di Catania. E' stato consigliere nazionale AICARR per tre mandati. E' direttore di ricerca contratti CNR, PON, Industria 2015 ed ENEA. Ha effettuato ricerche nel campo della CFD applicata alla combustione, allo smaltimento del calore in dispositivi di potenza e alla progettazione bioclimatica degli edifici. Ha effettuato studi nella progettazione dei sistemi di accumulo PCM in impianti solari termodinamici di tipo Fresnel, nell'energetica degli edifici nei modelli matematici avanzati per gli edifici. Ha esperienza progettuale pluriennale per l'impiantistica termotecnica in edifici pubblici e sanitari. Ha esperienza sulle problematiche energetiche ed ambientali industriali. E' autore di oltre 200 lavori su riviste nazionali ed internazionali e di quattro libri sulla Fisica Tecnica Ambientale, la Certificazione energetica degli edifici, gli Edifici a quasi zero energia e sulla Riqualificazione energetica.

Dott. Arch. Massimiliano Cammarata

Laureato in Architettura e docente di materie tecnologiche nella scuola media. E' dottore di Ricerca dal 2016 in Energetica degli Edifici conseguito presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Catania. Ha effettuato ricerche di CFD per la distribuzione dell'aria negli teatri, le condizioni di benessere, l'energetica degli edifici. E' autore di tre libri sulla Certificazione energetica degli Edifici, sugli gli Edifici a quasi zero energia e sulla Riqualificazione energetica. Coltiva interessi per le condizioni di benessere termico, per l'edilizia bioclimatica e per la sostenibilità architettonica.

Dot. Ing. Marco Caponnetto

Ha conseguito la Laurea con pieni voti in Ingegneria Meccanica presso l'Università di Catania, nel 2008. Ha esperienza in gestione energetica degli edifici. Ha conseguito un Master in Gestione dell'energia organizzato dall'Università di Catania nel 2012. E' esperto delle procedure CasaClima®. Ha notevole esperienza nelle verifiche energetiche degli edifici. Ha collaborato con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica per lo sviluppo di metodologie e strumenti di misura ed analisi dei consumi energetici per gli edifici pubblici e la predisposizione di codici di calcolo per l'applicazione delle UNI TS 11300:2014.