



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DOTTORATO DI RICERCA IN ENERGIA E AMBIENTE
PhD Program in ENERGY and ENVIRONMENT

XXXV Cycle

Studio per l'Efficientamento Energetico ed il
Miglioramento della Sostenibilità Ambientale di un
Complesso Sanitario nel Lazio.

PhD Thesis

Scuola di Dottorato in Scienze e Tecnologie per l'Innovazione Industriale
Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale
Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica

PhD Candidate:
Luca Grignaffini

Advisor
Prof. Ing. Andrea Vallati

A.A. 2022-2023

ABSTRACT

La questione energetica dovuta alla dipendenza da fonti fossili sempre più scarse, l'inquinamento crescente, e i problemi dovuti ai cambiamenti climatici, e la sempre maggiore scarsità di risorse naturali, come ad esempio l'acqua, sono questioni strettamente correlate fra loro. Per affrontarle, in questi anni, si stanno studiando soluzioni che prevedano metodologie differenti che sfruttino fonti alternative e tecnologie in grado di diminuire i consumi e quindi l'impatto ambientale. Uno dei settori che pesa maggiormente sul problema legato alla sostenibilità ambientale è quello dell'edilizia, come si può leggere nella direttiva 91 del 2002 dell'Unione Europea: "l'energia impiegata nel settore residenziale, sanitario e terziario, composto per la maggior parte di edifici, rappresenta oltre il 40% del consumo totale di energia". Per diminuire il carico ambientale dovuto all'edilizia, è necessario studiare le prestazioni energetiche degli edifici, coglierne le criticità e migliorarne l'efficienza tramite l'utilizzo di impianti che sfruttino fonti energetiche rinnovabili e di nuove tecniche costruttive. Nell'ambito del progetto di ricerca proposto, si metterà a punto una metodologia per analizzare le caratteristiche impiantistiche ed energetiche di Strutture Sanitarie, facendo riferimento agli edifici "target" di un Complesso Sanitario nel Lazio, che verrà utilizzato come caso di studio, evidenziandone tutte le problematiche e le criticità fino a proporre interventi correttivi. Si proporranno quindi delle soluzioni per migliorare le prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto e migliorare la sostenibilità ambientale del Complesso Sanitario, indicando prima gli interventi da mettere in atto, e almeno per alcuni di essi, valutandone a posteriori l'efficacia. Del resto, il D.lgs. n. 102 del 04/07/2014, in attuazione della Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, ha introdotto l'obbligo di effettuare un Audit Energetico entro il 5 dicembre 2015, e successivamente ogni 4 anni per:

- le Grandi Imprese
- le Imprese Energivore

Le Grandi Imprese sono le aziende che hanno:

- un organico superiore a 250 persone
- un fatturato superiore a € 50 milioni
- un bilancio annuale superiore a € 43 milioni.

Le Imprese Energivore sono imprese a forte consumo energetico (D.M. 05/04/2013) che nell'anno solare:

- consumino più di 2,4 gigawattora di energia;
- abbiano un rapporto fra costo dell'energia utilizzata e fatturato superiore al 3%.

Le Grandi Imprese e le Imprese Energivore che non effettueranno l'Audit entro la data prevista dal decreto saranno soggette alla sanzione pecuniaria amministrativa da € 4.000,00 fino a € 40.000,00.

L'Audit energetico dovrà essere condotto da società di servizi energetici, esperti in gestione dell'energia, e l'esecuzione della diagnosi energetica dovrà essere finalizzata ad individuare prima e realizzare poi, interventi di riqualificazione energetica.

SOMMARIO

1.	L'AUDIT ENERGETICO.....	1
1.1	GENERALITÀ.....	1
2.	DATI GENERALI E DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	3
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
2.2	CENNI STORICI E DATI GENERALI.....	4
3.	LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA.....	11
3.1	ITER DI PROGETTAZIONE EFFICACE.....	11
3.2	ANALISI PROGETTUALE.....	12
3.2.1	LA RACCOLTA DEI DATI	14
3.2.2	ESITI E INTERVENTI PROGETTUALI.....	14
3.3	ANALISI ENERGETICA	15
3.3.1	BILANCIO ENERGETICO	15
3.3.2	QUADRO NORMATIVO.....	16
3.3.3	DECRETO REQUISITI MINIMI: INDICI, VERIFICHE E EDIFICIO DI RIFERIMENTO	17
3.3.4	METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA ..	18
3.3.5	STRUMENTI DI CALCOLO	18
3.3.6	PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI	18
3.3.7	INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA	19
3.3.8	PARAMETRI.....	20
3.3.9	VERIFICHE	20
3.3.10	NUOVE LINEE GUIDA APE	21
3.3.11	COME SI PRESENTA L' APE	22
3.3.12	LE NORME TECNICHE	25
3.4	ANALISI ECONOMICA	28
3.4.1	INDICI DI ANALISI FINANZIARIA	28
4.	ANALISI ENERGETICA DELLO STATO DI FATTO.....	31
4.1	DATI DI INPUT E MODELLO ENERGETICO.....	31
4.1.1	CARATTERISTICHE DI INVOLUCRO	31
4.1.2	CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI.....	33
4.2	ANALISI ENERGETICA DELLO STATO DI FATTO.....	34
5.	INTERVENTI PROPOSTI PER RISPARMIO DI ENERGIA TERMICA: DISMISSIONE DELLA CENTRALE A VAPORE, UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA A POMPA DI CALORE (VRV), E MODIFICA DELLE CARATTERISTICHE DELLE U.T.A.	39
5.1	GENERALITÀ.....	39
5.2	DISMISSIONE DELLE CENTRALE TERMICA A VAPORE A SERVIZIO DELL'EDIFICIO "A" E COLLEGAMENTO CON LA CENTRALE TERMICA INIZIALMENTE SOLO A SERVIZIO DELL'EDIFICIO "E".....	40
5.3	UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA VRV A POMPA DI CALORE	43
5.3.1	GENERALITÀ.....	43
5.3.2	CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO.....	47
5.4	INTERVENTI SULLE UNITA' DI TRATTAMENTO DELL'ARIA (UTA)	50
5.4.1	CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELL'ARIA PRIMA DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI.	50
5.4.2	INTERVENTI MIGLIORATIVI EFFETTUATI SULLE UTA.....	51
6.	INSTALLAZIONE DI UN SISTEMA ENERKEEPER IN CABINA ELETTRICA.....	53
6.1	L'ENERKEEPER.....	53
6.1.1	CONCETTI DI BASE	53
6.2	ANALISI DETTAGLIATA DEI FATTORI DI ENERGIA	55
6.2.1	SQUILIBRI, ARMONICHE E FATTORE DI POTENZA	55
6.2.2	RIDUZIONE DELLE ARMONICHE	56
6.2.3	RIDUZIONE DELLA POTENZA REATTIVA	57

6.2.4	DIMINUZIONE DELLA TENSIONE TRA NEUTRO E MASSA	57
6.2.5	RIDUZIONE DEI GAP	58
6.3	VANTAGGI DELL'ENERKEEPER	58
6.3.1	VANTAGGI TECNICI.....	58
6.3.2	VANTAGGI ECONOMICI	58
6.3.3	VANTAGGI AMBIENTALI.....	59
7.	ENERGIA SOLARE.....	60
7.1	I PANNELLI FOTOVOLTAICI.....	63
7.1.1	DEFINIZIONE DELL'EFFETTO FOTOVOLTAICO.....	63
7.1.2	STRUTTURE E TIPOLOGIE DI PANNELLI FOTOVOLTAICI	63
7.1.3	DALLA CELLA AL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	64
7.1.4	INTEGRAZIONE DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI IN ARCHITETTURA	65
7.1.5	MODELLAZIONE MATEMATICA DI UN PANNELLO FOTOVOLTAICO.....	66
7.2	IMPIANTO FOTOVOLTAICO PROGETTATO E INSTALLATO	70
7.2.1	PREMESSA.....	70
7.2.2	TERMINI E DEFINIZIONI.....	70
7.2.3	SCELTE PROGETTUALI	72
7.2.4	MATERIALI E COMPOSIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	72
7.2.5	DATI DI PROGETTO.....	72
7.2.6	PRODUTTIVITÀ ENERGETICA DELL'IMPIANTO	73
7.2.7	BILANCI DI POTENZA ED ENERGIA.....	73
7.2.8	IMPIANTO FOTOVOLTAICO	76
7.3	PROBLEMATICHE ANTINCENDIO	83
7.4	VALUTAZIONE ECONOMICA.....	85
7.5	PRODUZIONE DELL'IMPIANTO DA DATI REAL TIME	88
8.	EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	90
8.1	STUDIO ILLUMINOTECNICO DEGLI AMBIENTI CONFINATI.....	97
8.1.1	CONSUMI ELETTRICI PER ILLUMINAZIONE DELLA STRUTTURA SANITARIA	97
8.1.2	STUDIO ILLUMINOTECNICO DI AMBIENTI "TIPO": STATO PRE- INTERVENTO.....	98
8.1.3	STUDIO ILLUMINOTECNICO DEGLI AMBIENTI "TIPO": SOSTITUZIONE DELLE LAMPADE FLUORESCENTI CON LAMPADE LED.....	120
8.1.4	VALUTAZIONE ENERGETICA.....	127
8.1.5	VALUTAZIONE ECONOMICA.....	128
9.	ANALISI ENERGETICA A SEGUITO DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	130
9.1	RIEPILOGO DEGLI INTERVENTI	130
9.2	IL NUOVO MODELLO ENERGETICO POST-OPERAM.....	131
9.2.1	GENERALITÀ.....	131
9.2.2	RISULTATI DELLA MODELLAZIONE.....	131
10.	INTERVENTI FUTURI (IPOTIZZATI, PROGETTATI, E PROPOSTI COME "DI FUTURA REALIZZAZIONE").....	137
10.1	IL SOLARE TERMICO.....	137
10.1.1	COLLETTORI A BASSE TEMPERATURE	138
10.1.2	COLLETTORI AD ALTE TEMPERATURE	143
10.1.3	PARAMETRI CARATTERISTICI DEI COLLETTORI	145
10.1.4	SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTA	150
10.2	IL MONITORAGGIO ENERGETICO.....	157
10.2.1	MONITORAGGIO ENERGETICO: STRUTTURA	159
10.2.2	I BENEFICI DEL MONITORAGGIO ENERGETICO.....	160
10.2.3	MONITORAGGIO CONSUMI NELLE AZIENDE: LE NORMATIVE	160
10.2.4	LA NORMA INTERNAZIONALE.....	162
10.2.5	MONITORAGGIO ENERGETICO PER LE AZIENDE	162
10.2.6	MONITORAGGIO ENERGETICO CON SENSORISTICA IN CAMPO	162
10.2.7	MONITORAGGIO CONSUMI PER LE AZIENDE: LE INFRASTRUTTURE 163	
10.2.8	MONITORAGGIO DELL'ENERGIA ELETTRICA	164

10.2.9	MONITORAGGIO ENERGETICO: LA PIATTAFORMA.....	164
10.2.10	BEMS PER GESTIRE L'ENERGIA DI UN EDIFICIO	166
11.	INTERVENTI IPOTIZZATI, PROGETTATI, MA POI ABBANDONATI DOPO ATTENTI APPROFONDIMENTI.....	169
11.1	LA COGENERAZIONE DI PICCOLA TAGLIA	169
11.1.1	PREMESSA.....	169
11.1.2	SITUAZIONE ATTUALE	171
11.1.3	SITUAZIONE FUTURA.....	173
11.1.4	DEFINIZIONE E VALUTAZIONE DEI RISPARMI.....	178
12.	ASPETTI CULTURALI E COMPORTAMENTALI FINALIZZATI AL RISPARMIO ENERGETICO E AL MIGLIORAMENTO DELLA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE.....	182
12.1	PILE.....	182
12.2	PLASTICA.....	187
12.3	RICAMBI DELL'ARIA NEGLI AMBIENTI.....	195
12.4	VARIAZIONE DELLA TEMPERATURA INTERNA DEGLI AMBIENTI IN INVERNO	206
12.5	EDUCAZIONE ALLA SOSTENIBILITÀ, UN'AREA DI APPRENDIMENTO TRASVERSALE.....	208
12.5.1	PEDAGOGIA DELL'AMBIENTE, AGENDA 2030, SOSTENIBILITÀ DEL BENESSERE. NEXT GENERATION EU, GIUSTIZIA, RESISTENZA EDUCATIVA - COORDINATORI: BIRBES CRISTINA, DEL GOBBO GIOVANNA, PARRICCHI MONICA	212
	DISCUSSIONE DEI RISULTATI OTTENUTI CON LA TESI DI DOTTORATO: STUDIO PER L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO ED IL MIGLIORAMENTO DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DI UN COMPLESSO SANITARIO NEL LAZIO	214
	APPENDICE: TAVOLE GRAFICHE	219
	BIBLIOGRAFIA	220

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Flowchart attività di Audit	2
Figura 2 – Aerofotogrammetria del sito.....	5
Figura 3 – Planimetria Generale.....	6
Figura 4 – Inquadramento Urbanistico	6
Figura 5 –Edificio A – Foto storica anni '50.....	7
Figura 6 - - Edificio A – Ingresso Principale.....	8
Figura 7 – Edificio A - Prospetto Nord-Est.....	9
Figura 8 – Edificio E (Diurno).....	9
Figura 9 – Chiesa e sottostante Università.....	10
Figura 10 – Schema logico per gli interventi di riqualificazione energetica. 13	
Figura 11 - Rappresentazione schematica del bilancio termico	16
Figura 12 – Scala Energetica	22
Figura 13 – Dati generali	23
Figura 14- Prestazione energetica globale	23
Figura 15 – Prestazione energetica di involucro.....	24
Figura 16 - Prestazione energetica degli impianti e consumi stimati.....	24
Figura 17 – Raccomandazioni.....	25
Figura 18 - Certificatore, sopralluoghi, software.....	25
Figura 19 – Modello 3D.	31
Figura 20 – Stratigrafia muratura e caratteristiche termofisiche.	32
Figura 21 – Stratigrafia del solaio interpiano e caratteristiche termofisiche. 32	
Figura 22 – Stratigrafia del solaio di copertura e caratteristiche termofisiche.	33
Figura 23 – Dispersioni per trasmissione.....	34
Figura 24 – Fabbisogni di energia primaria per i servizi di riscaldamento (QP_h), raffrescamento (QP_c), acqua calda sanitaria (QP_w), ventilazione meccanica (QP_v), illuminazione artificiale (QP_l), trasporto cose e persone (QP_t).	35
Figura 25 - Q_h [kWh] - Fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento.	35
Figura 26 - Q_c [kWh] - Fabbisogno di energia termica utile per raffrescamento.....	36
Figura 27 - Q_w [kWh] - Fabbisogno di energia termica per acqua calda sanitaria.....	36
Figura 28 – Classificazione Energetica della Struttura prima degli interventi di efficientamento energetico.	37
Figura 29 – Riepilogo dei risultati dell’analisi energetica prima degli interventi di efficientamento.	38
Figura 30- Sistema CALPEX utilizzato per il collegamento tra le due centrali termiche.	41
Figura 31 – Tubo CALPEX in arrivo in cantiere.	42
Figura 32 - Sistema CALPEX utilizzato: stratigrafia.	42
Figura 33 – Scavo per posa tubazioni e corrugati per collegamenti elettrici. 43	
Figura 34 – Scavo per posa tubazioni.....	43
Figura 35 – Comando remoto utente.....	46
Figura 36 – Comando centralizzato.....	47
Figura 37 – Unità esterne in copertura dell’edificio “A”.....	49
Figura 38 – Trattamenti invernali UTA a servizio della Chiesa prima dell’intervento.	50

Figura 39 - Trattamenti invernali UTA a servizio dell'Università prima dell'intervento.....	51
Figura 40 - Trattamenti invernali UTA Chiesa post-intervento.....	51
Figura 41 - Trattamenti invernali UTA a servizio dell'Università post-intervento.....	52
Figura 42- Autotrasformatori: collegamenti tra avvolgimenti.....	54
Figura 43 – ENERKEEPER: Schema Elettrico.....	56
Figura 44 – ENERKEEPER: esempio di installazione in cabina di trasformazione MT/bt.....	59
Figura 45 - Rappresentazione logica energie nei sistemi ad energia solare. .	61
Figura 46 – Pannelli fotovoltaici.....	63
Figura 47 - Schematizzazione circuito elettrico a 4 parametri per modulo fotovoltaico.	67
Figura 48 - Esempio Curva caratteristica I-V e relativa curva di Potenza. ...	68
Figura 49 - Correlazione IAM pannello fotovoltaico	69
Figura 50 – Energia prodotta dal sistema FV.....	74
Figura 51 – Irraggiamento mensile sul piano fisso.....	75
Figura 52 – Diagramma solare.....	75
Figura 53 – layout impianto FV realizzato sul terrazzo del Centro Diurno. .	77
Figura 54. Vista della disposizione dei pannelli installati in copertura del Centro Diurno.....	82
Figura 55. Vista della disposizione dei pannelli installati in copertura del Centro Diurno.....	82
Figura 56 - Inverter	83
Figura 57 - Energia mensile stimata prodotta dall'impianto.....	85
Figura 58 - Copertura dei consumi.....	86
Figura 59 - Bilancio energetico mensile	86
Figura 60 – Consumo di energia elettrica mensile	87
Figura 61 – Flusso di cassa	87
Figura 62 - Report di produzione mese di giugno 2023 inverter 1.....	88
Figura 63 - Report di produzione mese di giugno 2023 inverter 2.....	88
Figura 64 - Report di produzione giorno 16 giugno 2023 inverter 1.....	88
Figura 65 - Report di produzione giorno 16 giugno 2023 inverter 2.....	89
Figura 66 – Dati real time: produzione, condizioni metereologiche e benefici ambientali.....	89
Figura 67 - Consumi elettrici relativi al biennio 2013-14.....	98
Figura 68 – Camera di degenza.....	99
Figura 69 – Caratteristiche geometriche della camera di degenza e posizione corpi illuminanti	99
Figura 70 - Rendering 3D della camera di degenza.....	100
Figura 71 – Definizione del Fattore di luce diurna, D.	100
Figura 72 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: Rendering.....	102
Figura 73 – Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: Rendering colori sfalsati.....	102
Figura 74 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: isolinee e grafica dei valori di illuminamento E (lx).....	103
Figura 75 – Disposizione corpi illuminati allo stato di pre-intervento.....	104
Figura 76 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di pre-intervento: risultati illuminotecnici.....	105

Figura 77 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di pre-intervento: Rendering colori sfalsati.....	106
Figura 78 – Sala da pranzo.....	107
Figura 79 - Caratteristiche geometriche della sala da pranzo e disposizione dei corpi illuminanti.....	107
Figura 80 - Rendering 3D della sala pranzo.....	108
Figura 81 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: Rendering.....	108
Figura 82 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: isolinee e grafica dei valori di illuminamento E (lx).....	109
Figura 83 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: Rendering colori sfalsati.....	109
Figura 84– Disposizione corpi illuminati allo stato di pre-intervento.....	111
Figura 85 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di pre-intervento: risultati illuminotecnici.....	112
Figura 86 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di pre-intervento: Rendering colori sfalsati.....	112
Figura 87 – Palestra.....	113
Figura 88 – Caratteristiche geometriche della palestra e disposizione dei corpi illuminanti.....	114
Figura 89 - Rendering 3D della palestra.....	114
Figura 90 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: Rendering.....	115
Figura 91 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: isolinee e grafica dei valori di illuminamento E (lx).....	115
Figura 92 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: Rendering colori sfalsati.....	116
Figura 93 - Disposizione corpi illuminati allo stato di pre-intervento.....	118
Figura 94 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di pre-intervento: risultati illuminotecnici.....	119
Figura 95 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di pre-intervento: Rendering colori sfalsati.....	119
Figura 96 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di intervento: risultati illuminotecnici.....	121
Figura 97 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di intervento: Rendering colori sfalsati.....	121
Figura 98 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di intervento: risultati illuminotecnici.....	124
Figura 99 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di intervento: Rendering colori sfalsati.....	124
Figura 100 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di intervento: risultati illuminotecnici.....	126
Figura 101 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di intervento: Rendering colori sfalsati.....	126
Figura 102 – Valutazione energetica: lampade fluorescenti.....	127
Figura 103 - Valutazione energetica: lampade LED.....	128
Figura 104 - Flusso di cassa – Caso di sostituzione.....	129
Figura 105 – Dispersioni per trasmissione – post-operam.....	131
Figura 106 – Fabbisogni di energia primaria per i servizi di riscaldamento (QP _h), raffrescamento (QP _c), acqua calda sanitaria (QP _w), ventilazione meccanica	

(QP _v), illuminazione artificiale (QP _i), trasporto cose e persone (QP _t) – post-operam.	132
Figura 107 - Q _h [kWh] - Fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento – post-operam.	132
Figura 108 - Q _c [kWh] - Fabbisogno di energia termica utile per raffrescamento – post-operam.	132
Figura 109 - Q _w [kWh] - Fabbisogno di energia termica per acqua calda sanitaria – post-operam.	133
Figura 110 - Q _{h_rete} [kWh] - Fabbisogno di energia elettrica prelevata dalla rete per riscaldamento e Q _{xhUtilePV} [kWh] - Energia elettrica prodotta e utilizzata per il riscaldamento – post-operam.	133
Figura 111 - Q _{c_rete} [kWh] - Fabbisogno di energia elettrica prelevata dalla rete per raffrescamento e Q _{cUtilePV} [kWh] - Energia elettrica prodotta e utilizzata per il raffrescamento – post-operam.	134
Figura 112 – Classificazione Energetica della Struttura – post-operam.	134
Figura 113 - Riepilogo dei risultati dell’analisi post-operam.	135
Figura 114 – Collettore solare a piastra piana.	139
Figura 115 – Collettore solare a tubi sottovuoto.	141
Figura 116 – Schemi di collettori a concentrazione solare: parabolici lineari (a), a torre con ricevitore centrale (b), a disco (c).	143
Figura 117 - Rappresentazione CAD 3D di un MicroCPS Sopogy SopoNova™.	144
Figura 118 - Schema di funzionamento collettore solare piano.	148
Figura 119 - Efficienza del collettore solare al variare dell’irraggiamento.	148
Figura 120 - Efficienza del collettore con irraggiamento di 1000 W/m ² per diversi collettori.	149
Figura 121 - Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [kWh/m ²] - Fonte dei dati: UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Montefiascone.	152
Figura 122 - Schema funzionale di massima dell’impianto solare termico previsto.	154
Figura 123 – Disposizione collettori solari a tutti sottovuoto in copertura. .	155
Figura 124 – Correlazione tra radiazione incidente ed energia fornita dall’impianto solare termico.	156
Figura 125 – Correlazione tra fabbisogno di energia per la produzione di ACS, energia fornita dall’impianto e copertura del fabbisogno da parte dell’impianto solare termico.	157
Figura 126 – Strategia SEN.	161
Figura 127 – Infrastruttura di rete.	163
Figura 128 – Dashboard.	165
Figura 129 - Flussi energetici nel caso di cogenerazione e di produzione separata delle energie.	171
Figura 130 - Andamento consumo di combustibile, relativo all’anno solare tipo.	172
Figura 131 - Andamento consumo di energia elettrica per l’anno solare tipo.	173
Figura 132 - Andamento simulazione del modulo di cogenerazione: bilancio termico.	175
Figura 133 - Copertura fabbisogno energia termica.	175

Figura 134 - Andamento simulazione del modulo di cogenerazione: bilancio elettrico.	176
Figura 135 - Copertura fabbisogno energia elettrica.	176
Figura 136 - Macchina da 70 kWe	181
Figura 137 – Flusso di cassa dell’investimento.....	181
Figura 138 – Definizione dei punti di calcolo nella stanza.	200
Figura 139 – Risultati nel punto P0.....	200
Figura 140 - Risultati nel punto P1.....	201
Figura 141 - Risultati nel punto P2.....	201
Figura 142 - Risultati nel punto P4.....	202
Figura 143 - Risultati nel punto P6.....	202
Figura 144 – Confronto dei risultati di tutti i punti.....	203
Figura 145 – Aula scolastica.....	204
Figura 146 – Sensore Belimo.....	206
Figura 147 – Variazione di EP_{gl} al variare della temperatura interna di progetto.....	208

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Tabella riepilogativa delle superfici.	8
Tabella 2 – Dati tecnici VRV installati.....	48
Tabella 3 – Produzione di energia annuale e media dal sistema FV.....	76
Tabella 4 - Elenco sintetico delle principali norme tecniche inerenti le prestazioni energetiche degli edifici.	90
Tabella 5 - Significato dei parametri introdotti nelle relazioni (8.2) e (8.3)..	92
Tabella 6 - Esempi di valori standard dei tempi t_o , t_D e t_N riferiti ad un periodo annuale.	92
Tabella 7 - Esempi di valori standard dei coefficienti F_o ed F_D	93
Tabella 8 - Relazioni per il calcolo del coefficiente F_o	93
Tabella 9 - Valori indicativi dell'indice LENI con il metodo rapido per alcune destinazioni d'uso	95
Tabella 10 - Valori minimi di illuminamento medio mantenuto (E_m) relativi ad alcuni tipi di ambienti di lavoro, raccomandati nella UNI EN 12464-1. Per completezza sono riportati: i valori minimi dell'uniformità di illuminamento (U_o), i valori massimi dell'indice di abbagliamento (UGRL), i valori massimi dell'indice di resa cromatica (R_a) delle lampade.....	96
Tabella 11 - Classe di qualità del progetto illuminotecnico. Il quadrato nero è riferito al soddisfacimento dei requisiti indicati in Tabella 10, il cerchio bianco è riferito agli altri requisiti indicati nei paragrafi della UNI EN 12464-1	97
Tabella 12 - Incidenza consumi illuminazione sul consumo totale d’energia elettrica	98
Tabella 13 – Costi della sostituzione delle lampade fluorescenti con lampade a LED.....	129
Tabella 14 - Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [kWh/m^2] Fonte dei dati: UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Montefiascone.....	152
Tabella 15 - Temperatura acqua di rete [$^{\circ}C$].....	153
Tabella 16 – Fabbisogno ACS mensile [kWh].....	153
Tabella 17 – Principali caratteristiche di impianto solare termico proposto.....	154
Tabella 18 – Risultati di calcolo dell’impianto solare termico.....	155

Tabella 19 - Consumo di combustibile, relativo all'anno solare tipo	171
Tabella 20 - Consumo di energia elettrica per l'anno solare tipo.	173
Tabella 21 - Simulazione del modulo di cogenerazione: bilancio termico .	174
Tabella 22 - Simulazione del modulo di cogenerazione: bilancio elettrico.	176
Tabella 23 – Contratto full-service.....	178
Tabella 24 - Situazione ante intervento.	178
Tabella 25 - Situazione post intervento.	179
Tabella 26 - Gestione, manutenzione, monitoraggio, TEE e risparmio	180

1. L'AUDIT ENERGETICO

INDICE CAPITOLO

1.1 GENERALITÀ.....	1
---------------------	---

1.1 GENERALITÀ

Il D. Lgs. 102/2014 sull'efficienza energetica prevede per talune tipologie di aziende (grandi imprese e imprese a forte consumo di energia, c.d. "energivore") l'esecuzione di una diagnosi energetica in conformità all'allegato 2 al medesimo decreto. Il Complesso sociosanitario e riabilitativo che si vuole analizzare rientra nella definizione di impresa a forte consumo di energia; per l'esecuzione della presente diagnosi sono state seguite le indicazioni contenute nella linea guida operativa pubblicata da ENEA per l'esecuzione della diagnosi energetica nelle imprese ai sensi del D.lgs. 102/2014 e contenuta nell'allegato 2 ai chiarimenti ministeriali del maggio 2015.

Per diagnosi energetica si intende l'ispezione sistematica e l'analisi degli usi e consumi di energia di un sito, di un edificio, di un sistema o di un'organizzazione finalizzata a identificare i flussi energetici ed il potenziale per miglioramenti dell'efficienza energetica ed a riferire in merito ai risultati (Definizione presente nella Norma UNI CEI EN 16247 – Energy Audit Part1).

La diagnosi energetica permette di ottenere una conoscenza approfondita sugli usi e consumi energetici dell'azienda in esame al fine di individuare le modifiche più efficaci; la diagnosi rappresenta quindi la condizione necessaria per realizzare un percorso di riduzione dei consumi di energia negli usi finali, attraverso l'individuazione e la modifica/gestione delle attività a più bassa efficienza energetica attraverso la valutazione dei possibili margini di risparmio conseguibili.

Per far questo occorre che sulla base dell'analisi dei dati raccolti siano individuati opportuni indicatori energetici; gli indicatori dovranno essere utilizzati per confrontare le performance energetiche dell'azienda rispetto a indicatori di benchmark in modo da poter definire se sia necessario proseguire con l'individuazione di potenziali interventi di miglioramento.

Il metodo per l'esecuzione della diagnosi può essere schematizzato nelle seguenti attività proposte dalla Norma UNI CEI EN 16247 – Energy Audit.

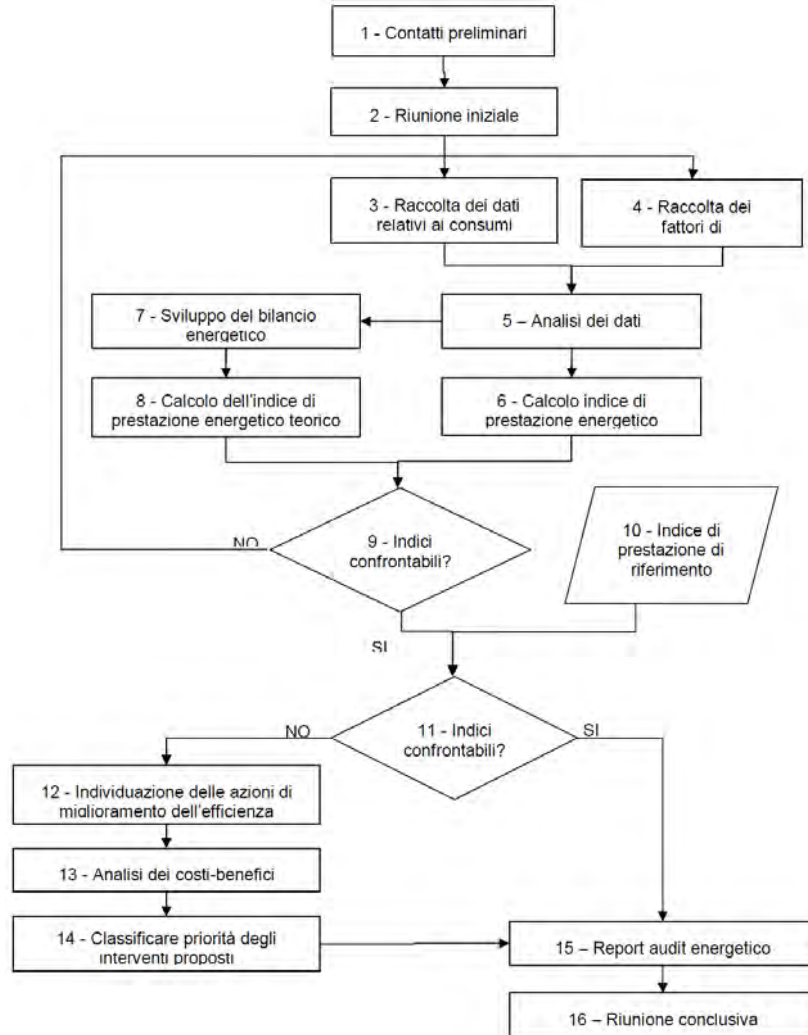


Figura 1 – Flowchart attività di Audit

2. DATI GENERALI E DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

INDICE CAPITOLO

2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
2.2	CENNI STORICI E DATI GENERALI.....	4

2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

SAN MARTINO AL CIMINO

San Martino al Cimino è una frazione del Comune di Viterbo.

Il borgo di san Martino al Cimino vede la sua origine intorno all'XIII secolo, quando fu edificata un'abbazia ad opera dei monaci cistercensi di Pontigny. Nei secoli successivi, il borgo conobbe una notevole espansione urbanistica, demografica ed economica grazie all'interessamento di Donna Olimpia, vedova del marchese Pamphilio Pamphilj e cognata di Papa Innocenzo X, dal quale ebbe il titolo di Principessa di San Martino al Cimino.

Donna Olimpia affidò al Borromini la ristrutturazione architettonica del borgo e dell'abbazia cistercense e all'architetto militare Marc'Antonio de Rossi il disegno delle mura perimetrali, delle porte e delle abitazioni così come di altri palazzi civili.

L'antico centro medioevale fu riadattato nel XVII secolo secondo il gusto dell'epoca, ma conserva tracce della vecchia cinta muraria e dell'originaria struttura urbanistica.

Nella parte alta del centro abitato csono tutt'oggi conservate la chiesa e il seicentesco Palazzo Doria Pamphili, costruito per iniziativa di Donna Olimpia, utilizzando parte dei materiali avanzati dalla ristrutturazione del palazzo di proprietà della famiglia Pamphili sito a Roma in piazza Navona.

È possibile accedere al paese tramite due porte; una nella parte bassa chiamata "viterbese" perché in direzione Viterbo, l'altra nella parte alta chiamata "montana" perché in direzione della montagna, del lago di Vico e di Roma.

Porta Montana



Porta Viterbese



Palazzo Doria Pamphili



PRINCIPALI LUOGHI DI INTERESSE

1 LAGO DI VICO

Il lago di Vico è un lago di origine vulcanica, che vanta il primato di altitudine tra i grandi laghi italiani, con i suoi 507 m s.l.m.. È circondato dal complesso montuoso dei monti Cimini. Il lago di Vico è in realtà il risultato di una serie di lunghe e potenti fasi di attività vulcanica, succedutesi tra 400.000 e 93.000 anni fa e scaturite da diversi centri di origine: per questo la sua caldera ha una forma "policentrica". Il lago ha avuto origine dopo la cessazione delle fasi vulcaniche, intorno a circa 90.000 anni fa, in seguito al riempimento della caldera vulcanica dovuto al succedersi di piogge e nevi delle fasi glaciali.



2 PALAZZO DEI PAPI

Il Palazzo dei Papi di Viterbo fu eretto nella forma attuale a seguito dell'ampliamento della sede della Curia vescovile della città, dopo il trasferimento della sede della Curia pontificia a Viterbo, nel 1257. Martino IV, al secolo Simon de Brion, fu l'ultimo papa del periodo "viterbese", eletto dopo un lungo e travagliato conclave durato ben sei mesi; egli fu incoronato a Orvieto. A causa l'ostilità dei romani ad un papa francese, e decretò l'abbandono di Viterbo come sede papale, proprio a causa delle pesanti intromissioni dei potenti della città nel conclave che lo aveva eletto. La sede papale non tornò mai più in questa città.



3 NECROPOLI ETRUSCA

Nel 1817 fu scoperta la prima necropoli rupestre etrusca, che per fatalità è anche una delle più spettacolari; si tratta della Necropoli di Castel d'Asso, situata appena fuori Viterbo, lungo la strada disseminata dai tanti impianti termali. La necropoli di Castel d'Asso si sviluppa lungo le rupi che dominano la valle del torrente Freddano che, come di consueto in questo ecosistema, ha scavato una larga forra teatro di specificità floristiche e faunistiche uniche al mondo. Tutte le facciate si caratterizzano per la suggestione che emana la raffigurazione della Finta Porta, la porta dell'Aldilà, elemento distintivo di un popolo strettamente legato all'aspetto mistico del vivere e del morire.



4 TERME DI BULLICAME

Già dai tempi degli etruschi e fino al diciottesimo secolo qui si sono svolti bagni termali e ritrovi. La documentazione ufficiale tuttavia parte dal primo medioevo nel quale il Bullicame viene citato come tappa lungo la via Francigena. L'importanza storica del bacino è documentata perfino da Dante Alighieri all'interno della sua *Divina Commedia*, nel canto XIV dell'*Inferno*, ai versi 76-84.

*«Quale del Bullicame esce ruscello
che parton poi tra lor le peccatrici,
tal per la rena giù sen giva quello.
Lo fondo sua ed ambo le pendici
fatt'era 'n pietra, e margini dallato».*



2.2 CENNI STORICI E DATI GENERALI

Il Complesso Socio-Sanitario e Ospedaliero "Villa Immacolata" è di proprietà dei Religiosi Camilliani.

Negli anni Cinquanta del secolo scorso, la Provincia di Viterbo era flagellata, come altre realtà italiane, dalla tubercolosi: un male difficile ed insidioso che ha segnato la vita di intere generazioni.

Unico presidio nella zona per la cura di questa malattia fu, in quegli anni, Villa Immacolata a San Martino al Cimino, voluta dai Padri Camilliani e divenuta, in seguito, una delle strutture di eccellenza non solo per il Viterbese, ma anche per altre zone d'Italia.

Debellata definitivamente la Tbc, la Casa di Cura, grazie alla sua capacità di adeguamento alle esigenze sanitarie che si sono succedute negli anni, ha affrontato un'altra emergenza: quella della disabilità.

Centinaia di persone, specialmente giovani spastici, cerebrolesi, focomelici, provenienti anche dal Mezzogiorno, sono stati curati ed assistiti anche per periodi lunghissimi.

A questo servizio si è aggiunta nel tempo la cura e l'assistenza alle persone con patologie degenerative, raggiungendo anche un'altissima specializzazione nel campo della riabilitazione.

Oggi la realtà sanitaria si traduce in numeri importanti:

- 103 posti letto di riabilitazione post-acuzie autorizzati e accreditati;
- 31 posti letto di lungodegenza medica autorizzati e accreditati;
- 80 posti di Residenza Sanitaria Assistenziale;
- 10 posti letto di R1 (dedicati a pazienti affetti da esiti di gravi cerebrolesioni acquisite).

Inoltre, il Complesso è autorizzato per il Centro di Riabilitazione "Villa Immacolata" ex Art. 26 Legge 833/78 con Decreto del P.G.R. N. 2337/96 del 06/12/1996 per:

- 20 posti letto Riabilitazione Estensiva;
- 150 Prestazioni Ambulatoriali;
- 50 Prestazioni Semiresidenziali;
- 70 Prestazioni Domiciliari.



Figura 2 – Aerofotogrammetria del sito.



Figura 3 – Planimetria Generale.

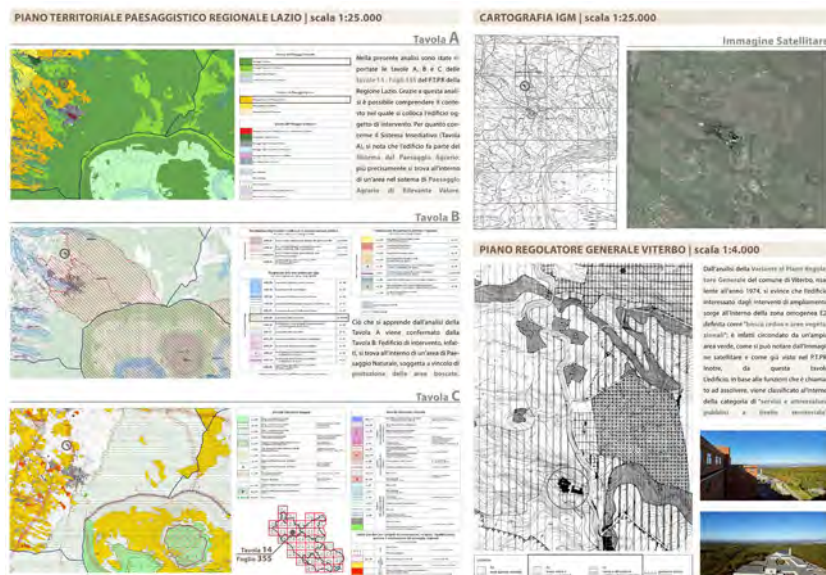


Figura 4 – Inquadramento Urbanistico

La struttura è sostanzialmente divisa in tre corpi:

EDIFICIO A realizzato nel 1956 e costituito da 6 piani fuori terra e un piano seminterrato, destinati a:

- Piano seminterrato: dispensa, locali tecnici, depositi;
- Piano terra: spogliatoi, lavanderia, cucina, centrale termica, ambulatori, palestre, radiologia, farmacia, camera oscura, camera mortuaria, cabina elettrica, servizi igienici;

- Primo piano: degenze generali, locali a servizio dei dipendenti, servizi igienici;
- Secondo piano: totali 42 posti letto per degenza, di cui 36 destinati a lungodegenze, sala medicazioni, locali a servizio dei dipendenti, servizi igienici;
- Terzo piano: totali 61 posti letto per degenze, di cui 41 utilizzati per riabilitazione post acuzie e 20 per riabilitazione estensiva, servizi igienici, locali a servizio dei dipendenti;
- Quarto piano: totali 62 posti letto destinati a riabilitazione post acuzie, servizi igienici, locali a servizio dei dipendenti;
- Quinto piano: 20 posti letti suddivisi tra degenze e lungodegenze, servizi igienici, locali a servizio dei dipendenti;
- Piano copertura: ospita locali tecnici e una parte degli impianti a servizio della struttura.

L'edificio A ospita circa 230 degenti.



Figura 5 –Edificio A – Foto storica anni '50.

EDIFICIO E (DIURNO) realizzato nel 1970 e formato da un piano fuori terra destinato a riabilitazione ambulatoriale, riabilitazione domiciliare, riabilitazione semiresidenziale per un totale di circa 260 prestazioni giornaliere. I locali all'interno dell'edificio sono: soggiorni, sala polivalente, refettorio, locale lavastoviglie, uffici generali, uffici amministrativi, direzione, accettazione, palestre per la riabilitazione e spogliatoi, ambulatori, sala Moch, logoterapia, bar.

CHIESA realizzata nel 1990 situata al piano terra adiacente l'edificio diurno.

UNIVERSITA' situata sotto la Chiesa, realizzata nel 1995 viene utilizzata da ottobre a giugno e viene frequentata in questo periodo da circa 70 persone/giorno.

UFFICI DIREZIONALI situati in adiacenza dell'edificio diurno, ma non collegati direttamente allo stesso. Oltre gli uffici è presente il locale “riserva idrica”.

Di seguito si riportano informazioni sulle superfici delle strutture e il dato complessivo

ANNO DI COSTRUZIONE	DENOMINAZIONE EDIFICIO	SUPERFICIE (m²)
1956	EDIFICIO A	7.625
1970	EDIFICIO E (DIURNO)	5.071
1990	CHIESA	700
1995	UNIVERSITA'	700
1990	UFFICI DIREZIONALI	320
	TOTALE	14.416

Tabella 1 – Tabella riepilogativa delle superfici.



Figura 6 – Edificio A – Ingresso Principale.



Figura 7 – Edificio A - Prospetto Nord-Est.



Figura 8 – Edificio E (Diurno).



Figura 9 – Chiesa e sottostante Università.

3. LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

INDICE CAPITOLO

3.1	ITER DI PROGETTAZIONE EFFICACE.....	11
3.2	ANALISI PROGETTUALE.....	12
3.2.1	LA RACCOLTA DEI DATI.....	14
3.2.2	ESITI E INTERVENTI PROGETTUALI.....	14
3.3	ANALISI ENERGETICA.....	15
3.3.1	BILANCIO ENERGETICO.....	15
3.3.2	QUADRO NORMATIVO.....	16
3.3.3	DECRETO REQUISITI MINIMI: INDICI, VERIFICHE E EDIFICIO DI RIFERIMENTO.....	17
3.3.4	METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA.....	18
3.3.5	STRUMENTI DI CALCOLO.....	18
3.3.6	PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI.....	18
3.3.7	INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA.....	19
3.3.8	PARAMETRI.....	20
3.3.9	VERIFICHE.....	20
3.3.10	NUOVE LINEE GUIDA APE.....	21
3.3.11	COME SI PRESENTA L' APE.....	22
3.3.12	LE NORME TECNICHE.....	25
3.4	ANALISI ECONOMICA.....	28
3.4.1	INDICI DI ANALISI FINANZIARIA.....	28

La riqualificazione di edifici esistenti è sempre più un argomento di interesse in ambito tecnico, economico e sociale, e sta diventando sempre più una vera e propria necessità. Il patrimonio edilizio sta invecchiando inesorabilmente e buona parte degli edifici esistenti sono stati progettati senza alcuna attenzione al loro impatto energetico. Efficienza energetica ed impiego di risorse rinnovabili sono input progettuali relativamente recenti e quindi inattesi quasi nella totalità degli edifici costruiti più di 10/15 anni fa. A questo va aggiunto che l'Italia, in particolare, è una nazione dotata di un patrimonio edilizio dal grande valore storico, da dover preservare intatto nel tempo, ma sicuramente responsabile di grandi consumi energetici essendo stato realizzato con scarsa attenzione al problema dei consumi.

3.1 ITER DI PROGETTAZIONE EFFICACE

L'intervento di un progettista esperto negli interventi di riqualificazione energetica è sicuramente indispensabile, trovandosi molto spesso di fronte a un livello sicuramente alto di complessità progettuale, ove possono essere presenti vincoli di varia natura. La riqualificazione energetica è una vera e propria sotto branca della progettazione efficiente e del risparmio energetico in edilizia, una

specializzazione che necessita grande sensibilità ed esperienza. Alla base di una buona progettazione rimane il metodo, la capacità di approccio scientifico alla problematica energetica. È indispensabile seguire un corretto iter progettuale che schematicamente si è riportato in Figura 10. Senza trascurare alcun aspetto della progettazione, un buon intervento di riqualificazione dovrebbe svilupparsi contemporaneamente su tre linee vicine e parallele tra loro, ma operativamente e concettualmente separate:

- *analisi progettuale;*
- *analisi energetica;*
- *analisi economica.*

3.2 ANALISI PROGETTUALE

Il punto di partenza è l'analisi dell'esistente; tutto parte dalla diagnosi. Trovandosi di fronte ad un'opera già costruita sarebbe un errore concettuale notevole quello di far riferimento ad una certificazione energetica per appurare lo stato energetico dell'edificio. Questa, infatti, è il sunto dell'attività progettuale che inevitabilmente non è altro che una stima presunta del comportamento energetico dell'edificio. La situazione reale, a volte anche molto differente da quella stimata, deve suggerire le possibili scelte progettuali per il caso specifico. L'approccio da adottare per l'analisi del reale è sicuramente quella della diagnosi energetica.

Questo delicato punto di partenza dell'attività progettuale parte con l'audit energetico. Questo consiste nell'analisi dei consumi e dei fabbisogni energetici per determinare i potenziali interventi di risparmio e di efficienza. Si tratta di un'analisi approfondita condotta attraverso sopralluoghi presso l'unità produttiva e l'esame di documenti forniti dal committente. Vengono raccolti i dati di consumo e costo energetico ed inoltre dati sulle utenze elettriche, termiche, frigorifere, acqua (potenza, fabbisogno/consumo orario, fattore di utilizzo, ore di lavoro, etc.). Su questa base si procede nella ricostruzione dei modelli energetici. Da tali modelli sarà possibile ricavare la ripartizione delle potenze e dei consumi per tipo di utilizzo (illuminazione, condizionamento, freddo per processo e per condizionamento, aria compressa, altri servizi, aree di processo), per cabina elettrica, per reparto, fascia oraria e stagione.

La situazione energetica, così inquadrata, viene analizzata criticamente ed in confronto con parametri medi di consumo al fine di individuare interventi migliorativi per la riduzione dei consumi e dei costi e la valutazione preliminare di fattibilità tecnico-economica.

Nel caso poi l'analisi si svolga su singole realtà, le sue molteplici utilità possono servire contemporaneamente a più figure:

- *ai proprietari o gestori degli immobili, per verificare le performance energetiche degli stessi;*
- *agli Energy Manager delle aziende, per razionalizzare i processi produttivi o i consumi interni nel terziario;*

- ai progettisti per determinare quali interventi realizzare nella propria struttura.

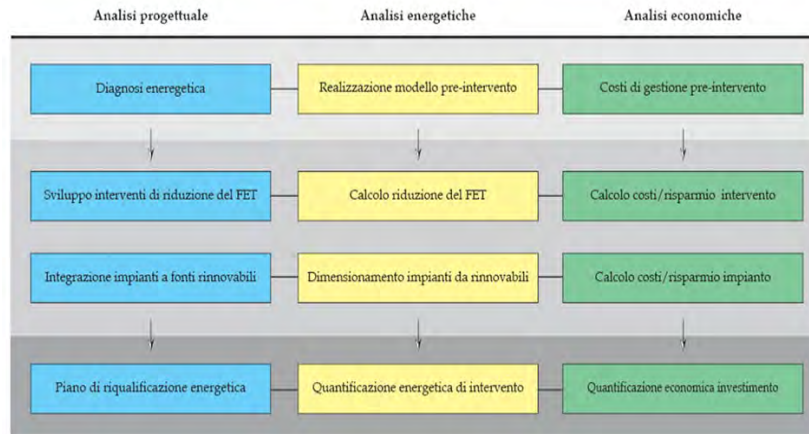


Figura 10 – Schema logico per gli interventi di riqualificazione energetica.

Le diagnosi occupano, o meglio dovrebbero occupare, un ruolo di primo piano nella definizione di obiettivi di pianificazione energetica, ove senza la conoscenza dei consumi e dell'andamento dei flussi energetici ogni ipotesi di intervento risulta rischiosa e potenzialmente dannosa. È essenziale comprendere che non esiste una soluzione unica ai problemi energetici, ma ogni realtà deve individuare quella più indicata. Le soluzioni energeticamente efficienti applicabili possono essere molte e le scelte andrebbero effettuate considerando la situazione specifica e coinvolgendo tutte le figure interessate nella gestione energetica dell'immobile.

Se alcuni degli elementi indicati si potessero reperire direttamente in loco, altri potrebbero presupporre uno studio approfondito a livello territoriale, che non può prescindere dall'effettuazione di diagnosi energetiche, perlomeno a campione. L'importante è non fermarsi ai luoghi comuni ed a considerazioni semplicistiche. Puntare su una tecnologia di per sé efficiente, senza tenere conto degli effetti della scelta a livello di filiera energetica, può anche rivelarsi dannoso.

Volendo scendere nel dettaglio, una buona diagnosi energetica si compone di:

- un'analisi dei dati di consumo storici;
- una raccolta di dati strumentali;
- un'analisi dei comportamenti degli occupanti correlati all'uso dell'energia;
- uno studio tecnico-economico-finanziario degli interventi realizzabili e delle iniziative di (in)formazione agli occupanti.

3.2.1 LA RACCOLTA DEI DATI

La raccolta dati è la parte principale della diagnosi energetica e deve poter permettere di quantificare:

- *dimensioni e caratteristiche delle strutture e degli impianti;*
- *stato degli impianti (età, manutenzione, etc.);*
- *fattori di utilizzo degli impianti;*
- *razionalità degli impianti;*
- *consumi energetici globali e dei singoli impianti;*
- *dati sulla produzione e sull'occupazione;*
- *costo dei vettori energetici utilizzati;*
- *costo del denaro per la realtà considerata;*
- *capitale a disposizione per interventi.*

Già in una prima ricognizione della realtà allo studio, si possono cominciare a raccogliere le prime informazioni utili.

Un aspetto essenziale ai fini di un lavoro buono ed efficace, anche se spesso trascurato o ignorato, è quello di comprendere le attitudini della dirigenza e del personale nei confronti dell'efficienza energetica. Già nel corso della prima visita è bene cercare di capire chi in qualche modo si occupa di energia nell'azienda, direttamente (energy manager, responsabile acquisti energia, ecc.) e indirettamente (conduttori, manutentori, personale).

Il secondo passo è quello di identificare lo stato delle strutture e degli impianti. Che si tratti di un edificio o di un capannone industriale, la tipologia e le condizioni dell'involucro hanno una diretta influenza sia sui consumi per la climatizzazione, sia in alcuni casi sulle scelte impiantistiche (es. sistemazione centrali e percorsi delle reti di distribuzione) o sulle abitudini degli occupanti. Per gli impianti è necessario effettuare un censimento accurato che ne riporti le caratteristiche essenziali ai fini della diagnosi. Il reperimento dei dati può avvenire in vario modo:

- *studio di documenti (bollette, planimetrie, schemi funzionali, ecc.) e software associati ad un sistema di monitoraggio;*
- *misure strumentali (energia, potenza);*
- *raccolta di dati climatici;*
- *effettuazione di rilievi metrologici (dimensioni).*

Il primo punto risponde almeno alla richiesta dei consumi globali del committente¹.

3.2.2 ESITI E INTERVENTI PROGETTUALI

Attraverso l'analisi dei dati raccolti si cerca di raggiungere i primi obiettivi senza alcun intervento strutturale su impianti e sistemi termici razionalizzando i flussi energetici, recuperando l'energia che viene dispersa, individuando

¹ Nel caso elettrico per gli utenti medi e grandi è possibile ottenere anche i diagrammi di carico orari.

possibili interventi tecnici per efficientare impianti e consumi e riducendo per il possibile i costi di approvvigionamento delle fonti energetiche.

Una volta esaurita la possibilità di migliorare l'efficienza attraverso la regolazione degli impianti, rimangono gli interventi che prevedono una spesa. Da questo punto di vista, dopo che l'analisi dei dati raccolti ha portato all'individuazione di un pacchetto di possibili proposte, prima di concludere la fase di analisi progettuale, è bene verificare se gli interventi sono fisicamente e razionalmente realizzabili senza interferire con i processi o con le attività svolte nella struttura e se il committente ha o può reperire le risorse per la realizzazione degli interventi.

3.3 ANALISI ENERGETICA

Di pari passo con l'analisi progettuale deve procedere l'analisi energetica, che affronta direttamente le problematiche termico-energetiche dell'intervento. La parte di modellazione e di calcolo è quella predominante. La scelta dei modelli matematici atti a quantificare il comportamento fisico di edificio e impianti deve essere fatta con attenzione. Si deve ben gestire la voglia di semplificare al massimo, perdendo a volte elementi ineludibili del fenomeno, e quella di realizzare modelli analiticamente troppo complessi, di non facile gestione e a volte neanche dalla tanta efficacia risolutiva.

La fase di analisi progettuale entra in gioco direttamente come punto di partenza per la verifica del modello del reale realizzato. Il modello che si realizza infatti, deve avvicinarsi al massimo al comportamento reale dell'edificio. È la diagnosi energetica che porta a verificare direttamente la correttezza del modello matematico di astrazione realizzato. A volte, dalla taratura del modello si determinano anche dati e parametri non calcolati direttamente, ma ad essi legati indirettamente come efficienze di sistema, perdite e ponti termici, infiltrazioni, ecc.

La realizzazione di un modello in regime stazionario è il minimo che si possa fare. Molti sono i modelli che sono stati prodotti negli anni da ricercatori e studiosi per affrontare i problemi di trasmissione del calore e termofluidodinamica, che molto spesso si sono fermati ad un'analisi in regime stazionario del fenomeno senza considerare la variabile tempo. Questo approccio è stato imposto dall'eccessivo onere computazionale derivante da un'analisi, senza dubbio più realistica, in regime transitorio.

3.3.1 BILANCIO ENERGETICO

In generale un bilancio energetico è il calcolo dei flussi energetici collegati ad un prodotto o un processo, valutabile portando in conto tutti gli apporti energetici, positivi o negativi che siano. La differenza negativa tra perdite e guadagni è il fabbisogno energetico (Q) da coprire:

$$\sum_{i=1}^n \pm q_i + Q = 0 \quad (3.1)$$

Il bilancio energetico specializzato alle sole energie termiche primarie prende il nome di *bilancio termico*. Da questo si determina il fabbisogno termico (Q_h) e, di conseguenza, il fabbisogno energetico totale aggiungendo gli altri fabbisogni energetici (Q_r).

$$Q = Q_h + Q_r \quad (3.2)$$

Per un edificio il fabbisogno energetico è il fabbisogno termico (riscaldamento invernale, il raffrescamento estivo, la produzione di acqua calda) con l'aggiunta del fabbisogno energetico necessario per la l'illuminazione e per altri usi elettrici.

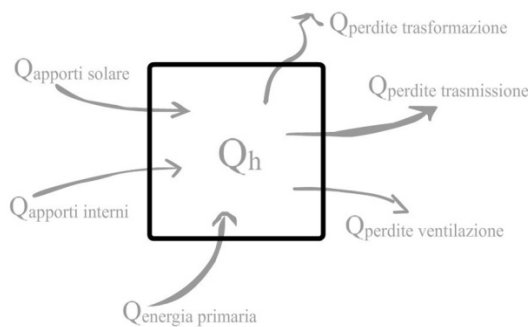


Figura 11 - Rappresentazione schematica del bilancio termico

La Figura 11 mostra il flusso d'energia primaria utilizzata per il riscaldamento di una tipica abitazione riscaldata con gas metano; sono distinte le perdite dovute al trasporto e alla trasformazione dell'energia, al rendimento dell'impianto, nonché i guadagni solari e quelli da sorgenti interne. Il calore impiegato viene poi ceduto, per trasmissione e per ventilazione all'ambiente esterno. Il fabbisogno energetico, e quindi l'efficienza energetica, viene espressa da uno o più descrittori che tengono conto di vari fattori, tra cui la coibentazione, la progettazione e la posizione in relazione agli aspetti climatici, l'esposizione al sole, l'influenza delle strutture adiacenti, le caratteristiche tecniche e di installazione degli impianti, l'esistenza di sistemi di trasformazione propria di energia, il clima degli ambienti interni, ecc.

3.3.2 QUADRO NORMATIVO

Sulla Gazzetta Ufficiale n. 162 del 15 luglio 2015 sono stati pubblicati i decreti di attuazione previsti dalla legge 90/2013.

I tre decreti interministeriali del 26 giugno 2015, che sono entrati in vigore il primo ottobre 2015 e che completano il quadro normativo in materia di efficienza energetica negli edifici, sono:

- Decreto requisiti minimi: Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici

- Linee guida nuovo APE 2015: Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 – linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici
- Decreto relazione tecnica di progetto: Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici

Decreto requisiti minimi.

Il decreto requisiti minimi definisce le nuove modalità di calcolo della prestazione energetica e i nuovi requisiti minimi di efficienza per i nuovi edifici e quelli sottoposti a ristrutturazione.

Decreto linee guida APE.

Il decreto linee guida definisce le nuove regole per la redazione dell'Attestato di Prestazione Energetica (APE). Il nuovo modello di APE sarà valido su tutto il territorio nazionale e, insieme ad un nuovo schema di annuncio commerciale e al database nazionale dei certificati energetici (SIAPE), offrirà al cittadino, alle Amministrazioni e agli operatori informazioni semplici e chiare sull'efficienza dell'edificio e degli impianti, consentendone un confronto della qualità energetica di unità immobiliari differenti e orientando il mercato verso edifici con migliore qualità energetica.

Decreto relazione tecnica.

Il decreto relazione tecnica definisce gli schemi di relazione tecnica di progetto, adeguandoli al nuovo quadro normativo, in funzione delle diverse tipologie di opere: nuove costruzioni, ristrutturazioni importanti, riqualificazioni energetiche. Con l'emanazione di questi provvedimenti si compie un passo importante verso l'incremento degli edifici ad energia quasi zero.

3.3.3 DECRETO REQUISITI MINIMI: INDICI, VERIFICHE E EDIFICIO DI RIFERIMENTO

Il decreto requisiti minimi introduce alcune modifiche al decreto legislativo n. 192/2005 in attuazione della direttiva dell'Unione europea sugli edifici a energia quasi zero (direttiva 2010/31/UE).

Con il nuovo decreto, vengono fissati i nuovi metodi di calcolo e i nuovi requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici, che sono entrati in vigore il primo ottobre 2015.

Il decreto, inoltre, sostituisce il D.P.R. 59/2009, il decreto che definisce le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici, in attuazione dell'articolo 4, comma 1, del D.lgs. 192/2005.

Edificio di riferimento

La novità più importante è l'introduzione del concetto di "edificio di riferimento", ossia un edificio identico a quello di progetto o reale in termini di geometria, orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati.

Secondo le nuove regole occorrerà effettuare due calcoli:

1. calcolo della prestazione energetica dell'edificio di riferimento
2. calcolo della prestazione energetica dell'edificio reale, che sarà confrontato con il relativo edificio di riferimento

Lo scopo è quello di avere un riferimento per calcolare una serie di limiti che gli edifici dovranno rispettare, a seconda che si tratti di edifici sottoposti a ristrutturazione o a riqualificazione energetica.

Edificio ad energia quasi zero

Un edificio a energia quasi zero è un edificio, di nuova costruzione o esistente, per cui sono contemporaneamente rispettati:

- tutti i requisiti previsti dalla lettera b), del comma 2, del paragrafo 3.3 del decreto requisiti minimi, determinati con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici
- gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto rinnovabili (D.lgs. 28/2011 e D.lgs. 199/2021).

3.3.4 METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

Per il calcolo della prestazione energetica e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici si adottano le seguenti norme tecniche:

Raccomandazione CTI 14/2013 e successive norme tecniche che ne conseguono

UNI/TS 11300-1
UNI/TS 11300-2
UNI/TS 11300-3
UNI/TS 11300-4
UNI EN 15193

3.3.5 STRUMENTI DI CALCOLO

Gli strumenti di calcolo e i software commerciali dovranno garantire che i valori degli indici di prestazione energetica abbiano uno scostamento massimo di $\pm 5\%$ rispetto ai corrispondenti parametri determinati con l'applicazione dello strumento nazionale di riferimento. La garanzia è fornita attraverso una dichiarazione di conformità del software da parte del CTI.

3.3.6 PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

La prestazione energetica degli edifici è determinata sulla base della quantità di energia necessaria annualmente per soddisfare le esigenze legate ad un uso standard dell'edificio e corrisponde al fabbisogno energetico annuale globale in energia primaria per il riscaldamento, il raffrescamento, per la ventilazione, per la produzione di acqua calda sanitaria e, nel settore non residenziale, per l'illuminazione, gli impianti ascensori e scale mobili.

In particolare:

il fabbisogno energetico annuale globale è calcolato come la somma dei fabbisogni di energia primaria di ogni servizio energetico, con intervallo di calcolo mensile. Con le stesse modalità si determina l'energia da fonte rinnovabile prodotta all'interno del confine del sistema;

è possibile operare la compensazione tra i fabbisogni energetici e l'energia prodotta da fonte rinnovabile o da cogenerazione prodotta nell'ambito del confine del sistema (in situ) in base a condizioni stabilite;

ai fini del rispetto dei requisiti minimi, si effettua il calcolo sia dell'energia primaria totale che dell'energia primaria non rinnovabile, ottenute applicando i pertinenti fattori di conversione in energia primaria totale $f_{P,tot}$ e in energia primaria non rinnovabile $f_{P,nren}$ riportati nella tabella 1 del decreto;

la classificazione degli edifici si effettua a partire dall'energia primaria non rinnovabile;

il fattore di conversione in energia primaria totale è pari alla somma del fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile e quello di conversione in energia primaria rinnovabile: $f_{P,tot} = f_{P,nren} + f_{P,ren}$

i fattori di conversione sono riportati in un'apposita tabella in funzione del vettore energetico utilizzato.

3.3.7 INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA

La prestazione energetica è definita attraverso alcuni indici di prestazione relativi all'involucro e a tutti i servizi energetici, espressa in termini di energia primaria non rinnovabile e totale:

$EP_{H,nd}$ – indice di prestazione termica utile per riscaldamento

EP_H – indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale; si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)

$EP_{W,nd}$ – indice di prestazione termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria

EP_W – indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria; si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)

EP_V – indice di prestazione energetica per la ventilazione; si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)

$EP_{C,nd}$ – indice di prestazione termica utile per il raffrescamento

EP_C – indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità); si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)

EP_L – indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale; non si calcola per la categoria E.1, ad eccezione di collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3). Si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)

EP_T – indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili); non si calcola per la categoria E.1, ad eccezione di collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3)

L'indice di prestazione globale si esprime in energia primaria non rinnovabile o totale ed è calcolato come la somma dei vari indici:

$$EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L + EP_T \quad (3.3)$$

Gli indici prestazionali sono espressi in kWh/m² per tutte le destinazioni d'uso.

3.3.8 PARAMETRI

Il DM requisiti definisce, oltre agli indici di prestazione energetica, anche i seguenti parametri e coefficienti:

H'_T = coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente espresso in kW/m²K

$A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$ = area solare equivalente estiva per unità di superficie utile

η_H = efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale

η_W = efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria

η_C = efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità)

3.3.9 VERIFICHE

Le verifiche da effettuare variano in funzione della tipologia di intervento edilizio. Di seguito si riporta una schematizzazione delle principali verifiche da effettuare; per un'analisi esaustiva dei requisiti e delle verifiche, si rinvia all'Allegato 1 (paragrafo 3.3) del decreto requisiti minimi:

- il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente deve risultare inferiore al valore limite tabellato:

$$H'_T < H'_T, \text{lim}$$

- l'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile deve risultare inferiore al valore limite tabellato:

$$\frac{A_{sol,est}}{A_{sup\ utile}} < \left(\frac{A_{sol,est}}{A_{sup\ utile}} \right)_{lim}$$

- gli indici di prestazione devono soddisfare le seguenti condizioni:

$$EP_{H,nd} < EP_{H,nd\ lim}$$

$$EP_{C,nd} < EP_{C,nd\ lim}$$

$$EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot\ lim}$$

- i valori di efficienza media stagionale degli impianti devono essere superiori a quelli corrispondenti relativi all'edificio di riferimento:

$$\eta_H > \eta_H \text{ lim}$$

$$\eta_W > \eta_W \text{ lim}$$

$$\eta_C > \eta_C \text{ lim}$$

Inoltre, occorre effettuare ulteriori verifiche, come specificato al punto 3.3 dell'Allegato 1, in funzione della tipologia di intervento, del tipo di edificio e della zona climatica, come ad esempio:

- valutare l'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate e verificare la massa superficiale o la trasmittanza delle pareti verticali e orizzontali opache, al fine di contenerne i fabbisogni energetici e limitare la temperatura degli ambienti
- produrre opportuna documentazione in caso di utilizzo di materiali e tecniche innovative (es. coperture a verde)
- osservare gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nei casi previsti (come specificato nel decreto rinnovabili – D.lgs. 28/2011 e D.lgs. 199/2021)

Gli indici di prestazione energetica e i parametri, ove ne sia previsto il calcolo, vanno determinati con i medesimi metodi di calcolo, sia per l'edificio oggetto della verifica progettuale che per l'edificio di riferimento.

Per un'analisi completa dei requisiti e delle verifiche, si rinvia all'Allegato 1 (paragrafo 3.3) del decreto requisiti minimi.

3.3.10 NUOVE LINEE GUIDA APE

Le nuove linee guida per l'Attestato di Prestazione Energetica degli edifici (APE), in sostituzione al decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 26 giugno 2009, hanno l'obiettivo di rendere uniformi su tutto il territorio nazionale le modalità di classificazione energetica degli edifici e il modello di attestazione della prestazione energetica.

Per quanto riguarda i contenuti, il nuovo APE deve esprimere la prestazione energetica globale sia in termini di energia primaria totale che di energia primaria non rinnovabile.

Inoltre, la classe energetica deve essere determinata attraverso l'indice di prestazione energetica globale (somma di tutti gli indici), espresso in energia primaria non rinnovabile.

L'APE deve contenere i consumi relativi a tutti i servizi energetici (riscaldamento, acqua calda sanitaria, raffrescamento, illuminazione artificiale, ventilazione meccanica, trasporto di persone e cose).

Le classi energetiche passano da sette a dieci, dalla A4 (la migliore) alla G (la peggiore).

Entrando nello specifico, il nuovo APE dovrà contenere:

- a) la prestazione energetica globale sia in termini di energia primaria totale che di energia primaria non rinnovabile, attraverso i rispettivi indici
- b) la classe energetica determinata attraverso l'indice di prestazione energetica globale, espresso in energia primaria non rinnovabile
- c) la qualità energetica del fabbricato (indici di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale ed area solare equivalente e trasmittanza termica periodica)
- d) i valori di riferimento, quali i requisiti minimi di efficienza energetica
- e) le emissioni di anidride carbonica

- f) gli indici di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile e l'energia elettrica esportata
- g) la quantità annua di energia consumata per vettore energetico
- h) l'elenco dei servizi energetici con le relative efficienze
- i) le raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica con le proposte degli interventi più significativi ed economicamente convenienti.

La classe energetica dell'edificio è determinata sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio $EP_{gl, nr}$.

La scala delle classi è definita a partire dal valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento $EP_{gl, nr, rif, standard, (2019/21)}$ con le prestazioni di involucro al 2019 e le tecnologie impiantistiche standard.

La classe energetica è contrassegnata da un indicatore alfanumerico in cui la lettera G rappresenta la classe caratterizzata dall'indice di prestazione più elevato (maggiori consumi energetici), mentre la lettera A rappresenta la classe con il miglior indice di prestazione (minori consumi energetici).

Un indicatore numerico, affiancato alla lettera A, identificherà i livelli di prestazione energetica in ordine crescente a partire da 1 (rappresentante del più basso livello di prestazione energetica della classe A).

Un apposito spazio, se barrato, indicherà che si tratta di un "Edificio a energia quasi zero".

In corrispondenza della scala delle classi viene evidenziato il requisito minimo previsto qualora l'edificio oggetto fosse di nuova costruzione, calcolato in conformità al decreto requisiti minimi.

Tale riferimento è, per sua natura, variabile in funzione dei requisiti minimi costruttivi in vigore nell'anno in cui viene redatto l'APE.

	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl, nr, rif, standard}$
$0,40 EP_{gl, nr, rif, standard} <$	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl, nr, rif, standard}$
$0,60 EP_{gl, nr, rif, standard} <$	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl, nr, rif, standard}$
$0,80 EP_{gl, nr, rif, standard} <$	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl, nr, rif, standard}$
$1,00 EP_{gl, nr, rif, standard} <$	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl, nr, rif, standard}$
$1,20 EP_{gl, nr, rif, standard} <$	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl, nr, rif, standard}$
$1,50 EP_{gl, nr, rif, standard} <$	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl, nr, rif, standard}$
$2,00 EP_{gl, nr, rif, standard} <$	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl, nr, rif, standard}$
$2,60 EP_{gl, nr, rif, standard} <$	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl, nr, rif, standard}$
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl, nr, rif, standard}$

Figura 12 – Scala Energetica

3.3.11 COME SI PRESENTA L'APE

Nelle prime due pagine dell'attestato sono fornite indicazioni facilmente fruibili dal cittadino sulla prestazione energetica globale e del fabbricato, sugli

impianti e i consumi stimati e sugli interventi raccomandati, con la stima dei risultati conseguibili.

Dati generali

Figura 13 – Dati generali.

Prestazione energetica globale del fabbricato

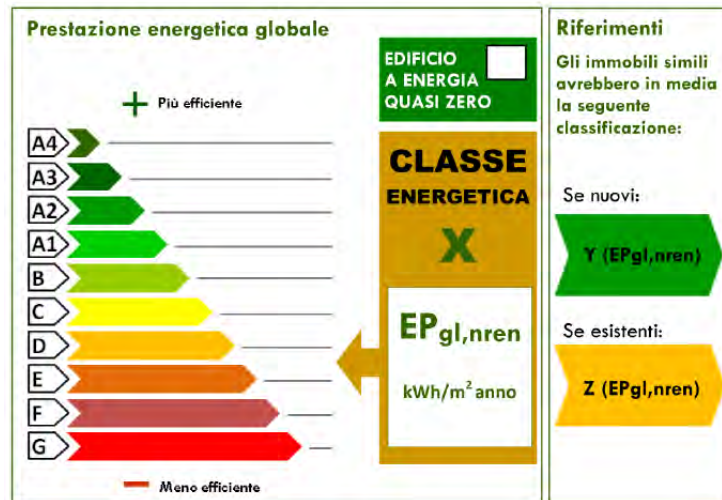


Figura 14- Prestazione energetica globale.

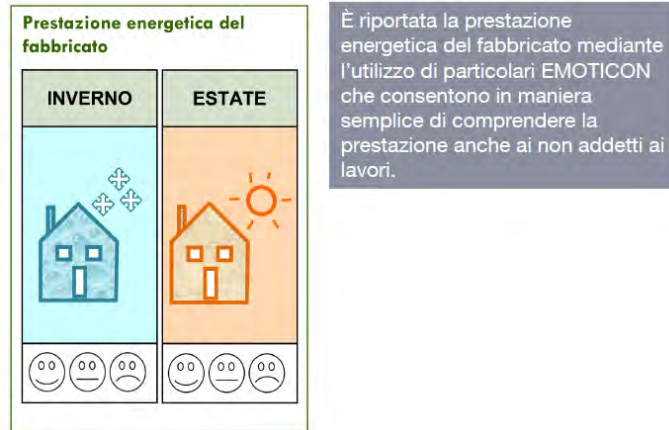


Figura 15 – Prestazione energetica di involucro.

Prestazione energetica degli impianti e consumi stimati.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE		Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
<input type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete		Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,nren} kWh/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Gas naturale		
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input type="checkbox"/>	Gasolio e Olio combustibile		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} kWh/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico		Emissioni di CO ₂ kg/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Solare termico		
<input type="checkbox"/>	Eolico		
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro (specificare)		

Figura 16 - Prestazione energetica degli impianti e consumi stimati

Raccomandazioni

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE INTERVENTI RACCOMANDATI E RISULTATI CONSEGUIBILI					
Codice	TIPO DI INTERVENTO RACCOMANDATO	Comporta una Ristrutturazione importante	Tempo di ritorno dell'investimento anni	Classe Energetica raggiungibile con l'intervento (EP _{gl,nea} kWh/m ² anno)	CLASSE ENERGETICA raggiungibile se si realizzano tutti gli interventi raccomandati
R _{EN1}		Sì/No		Es: X (YYY kWh/m ² anno)	X YYY kWh/m ² anno
R _{EN2}					
R _{EN3}					
R _{EN4}					
R _{EN5}					
R _{EN6}					

Figura 17 – Raccomandazioni.

Certificatore, sopralluoghi, software

SOGGETTO CERTIFICATORE	
<input type="checkbox"/> Ente/Organismo pubblico	<input type="checkbox"/> Tecnico abilitato
<input type="checkbox"/> Organismo/Società	
Nome e Cognome / Denominazione	
Indirizzo	
E-mail	
Telefono	
Titolo	
Ordine/iscrizione	
Dichiarazione di indipendenza	
Informazioni aggiuntive	
SOPRALLUOGHI E DATI DI INGRESSO	
E' stato eseguito almeno un sopralluogo/rilievo sull'edificio obbligatorio per la redazione del presente APE?	Sì / No
SOFTWARE UTILIZZATO	
Il software utilizzato risponde ai requisiti di rispondenza e garanzia di scostamento massimo dei risultati conseguiti rispetto ai valori ottenuti per mezzo dello strumento di riferimento nazionale?	Sì / No
Ai fini della redazione del presente attestato è stato utilizzato un software che impieghi un metodo di calcolo semplificato?	Sì / No

Figura 18 - Certificatore, sopralluoghi, software.

3.3.12 LE NORME TECNICHE

La prestazione energetica di un edificio esprime la quantità di energia necessaria per soddisfare il fabbisogno energetico connesso ad un uso standard dell'edificio e comprende l'energia utilizzata per il riscaldamento dell'ambiente, il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria, il raffrescamento, la ventilazione ed eventualmente l'illuminazione artificiale e il trasporto di persone o cose.

Il pacchetto di specifiche tecniche UNI/TS 11300 nasce con l'obiettivo di definire una metodologia di calcolo univoca per la determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici.

Le UNI/TS 11300 consentono di valutare sia gli edifici nuovi che quelli esistenti, in relazione a condizioni standard convenzionali di riferimento (design rating o asset rating) o in condizioni adattate all'utilizzo specifico (tailored rating).

Le UNI/TS 11300 pubblicate si suddividono in 6 parti:

- UNI/TS 11300-1:2014 “Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale”
- UNI/TS 11300-2:2014 “Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali”
- UNI/TS 11300-3:2010 “Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva”
- UNI/TS 11300-4:2012 “Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
- UNI/TS 11300-5 “Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili “
- UNI/TS 11300-6 “Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili “

UNI/TS 11300-1:2014

La specifica tecnica UNI/TS 11300-1:2014 definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790:2008, con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni dell'involucro per la climatizzazione estiva e invernale, comprensivi di umidificazione e deumidificazione.

Essa è rivolta a tutte le possibili applicazioni previste dalla UNI EN ISO 13790:2008:

- calcolo di progetto (design rating)
- valutazione energetica di edifici attraverso il calcolo in condizioni standard (asset rating)
- valutazione energetica di edifici attraverso il calcolo in particolari condizioni climatiche e d'esercizio (tailored rating)

UNI/TS 11300-2:2014

La specifica tecnica UNI/TS 11300-2:2014 fornisce dati e metodi di calcolo per la determinazione dei fabbisogni di acqua calda sanitaria e per la valutazione delle perdite e dei rendimenti degli impianti per la climatizzazione invernale (idraulica e aeraulica).

Essa fornisce inoltre il metodo di calcolo per la determinazione del fabbisogno di energia per il servizio di ventilazione meccanica e le indicazioni e

i dati nazionali per la determinazione dei fabbisogni di energia legati al servizio di illuminazione artificiale, in accordo con la UNI EN 15193.

Sono forniti dati e metodi per il calcolo dei rendimenti e delle perdite dei sottosistemi di generazione alimentati con energia elettrica o con combustibili fossili liquidi o gassosi.

UNI/TS 11300-3:2010

La UNI/TS 11300-3:2010 fornisce i metodi per la determinazione di rendimenti e fabbisogni di energia dei sistemi di climatizzazione estiva fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione estiva

Si applica unicamente ad impianti fissi di climatizzazione estiva con macchine frigorifere azionate elettricamente o ad assorbimento.

UNI/TS 11300-4:2012

La UNI/TS 11300-4:2012 calcola le perdite e i rendimenti di sottosistemi di generazione che forniscono energia termica utile da energie rinnovabili o con metodi di generazione diversi da quelli trattati nella UNI/TS 11300-2.

All'interno della norma sono considerate le seguenti tecnologie a fonti rinnovabili:

solare termico
solare fotovoltaico
pompe di calore che sfruttano fonti aereauliche, idrauliche o geotermiche biomasse e altri metodi di generazione (cogenerazione e teleriscaldamento).

Il 2 ottobre 2014 sono state pubblicate le revisioni delle parti 1 e 2 della norma UNI/TS 11300, che introducono modifiche rispetto al metodo di calcolo precedente.

Le modifiche introdotte dalla nuova norma cambiano le modalità di calcolo delle prestazioni energetiche, sia dell'involucro che degli impianti con l'introduzione della valutazione delle prestazioni degli impianti aereaulici.

Un esempio su tutti: non sarà più possibile far riferimento ad incrementi percentuali delle dispersioni per la valutazione dei ponti termici o all'abaco in Appendice alla norma UNI EN ISO 14683.

Le novità principali sono le seguenti:

- nuova modalità di valutazione dei ponti termici con il calcolo agli elementi finiti
- nuova modalità di calcolo per il periodo di riscaldamento e di raffrescamento
- nuova modalità di valutazione degli apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare
- nuovo calcolo per la determinazione della portata di ventilazione naturale
- introduzione dello scambio di energia termica verso ambienti non climatizzati
- valutazione dei fabbisogni di energia termica latente
- calcolo del rendimento dell'efficienza di un recuperatore di calore

- calcolo degli impianti aeraulici
- valutazione del consumo energetico relativo agli impianti di ventilazione meccanica, differenziato per edifici residenziali e non residenziali
- valutazione del consumo energetico per illuminazione artificiale di edifici non residenziali
- valutazione del recupero termico con l'utilizzo di pompe di calore endotermiche

3.4 ANALISI ECONOMICA

L'ultima parte per una corretta progettazione è l'analisi economica. Un buon progettista deve poter tenere sotto controllo ed essere capace di quantizzare economicamente ogni sua scelta e saperne valutare gli effetti anche a lungo termine. Spesso infatti scelte più economiche nell'immediato si possono tramutare a lungo termine in interventi dispendiosi e viceversa. La consapevolezza dei riflessi economici delle scelte progettuali fatte è molto spesso il vero arbitro per le scelte dell'incaricato progettista. A volte nondimeno si lascia su esplicita richiesta del committente maggiore spazio alla componente ambientale, ammettendo maggiori costi per garantire a vantaggio della collettività scelte meno inquinanti o in generale a minore impatto ambientale. Basandosi su parametri che qui di seguito verranno esposti si potrà fare scelte oculate, in particolare:

- scegliere tra più alternative, applicabili sullo stesso sistema, quella economicamente più vantaggiosa (ad esempio selezionare, per un dato edificio, il sistema di riscaldamento o di raffrescamento)
- accettare o rifiutare un determinato progetto (ad esempio decidere se installare o meno un pannello solare o una macchina ad assorbimento);
- specificare il valore ottimale di un progetto che generi il maggior ritorno economico (ad esempio selezionare il valore ottimale di spessore per un isolante termico o il tipo di vetro da impiegare).

3.4.1 INDICI DI ANALISI FINANZIARIA

Nella quantizzazione dell'impatto economico delle scelte progettuali fatte ci viene in soccorso la *matematica finanziaria*. Prima di elencare i principali indici da utilizzare per la valutazione della convenienza economica di investimento e per la scelta tra le varie ipotesi di progetto, è il caso di richiamare velocemente alcune grandezze economiche fondamentali che saranno in seguito richiamate più volte:

- **Capitale** - C è la quantità di denaro impiegata in un'operazione finanziaria riferita all'epoca iniziale;
- **Flusso di cassa** - F rappresenta una grandezza economica nelle disponibilità al tempo t ;
- **Interesse** - I è il compenso corrisposto a chi rinuncia ad una disponibilità finanziaria differendola nel tempo;

- **Sconto** - S è il compenso corrisposto per disporre al momento attuale di una capitale futuro. Formalmente identico all'interesse si differenzia da quest'ultimo per l'approccio temporale;
- **Montante** - M è la somma del capitale iniziale C e dell'interesse I . Esso rappresenta il capitale che si riscuote al termine del periodo di investimento;
- **Tasso di interesse** - i è il rapporto tra l'interesse I e il capitale iniziale C ad un dato tempo. Viene espresso spesso in percentuale e indica quanta parte della somma prestata debba essere corrisposta come interesse al termine del tempo considerato. Il tasso d'interesse è variabile e può essere funzione, tra l'altro, della moneta di riferimento, del rischio connesso alla solvibilità del debitore e della lunghezza del periodo di riferimento;
- **Tasso di sconto** - d è il rapporto tra lo sconto S ed il capitale C al tempo t .

Le grandezze finanziarie vengono, grazie alla matematica finanziaria, contestualizzate temporalmente e si riesce così a calcolare e confrontare il valore economico di un prestito, un investimento o un debito. Per valutare la bontà di un investimento si possono utilizzare diversi indici che confrontano la redditività dell'investimento con il pari investimento finanziario di riferimento. Di seguito analizzeremo gli indici principali e di conseguenza anche i più impiegati.

Tempo di ritorno dell'investimento

Il *PayBack Period (PBP)* o Tempo di ritorno dell'investimento, è uno degli indicatori più brutali per la scelta di quale investimento effettuare tra vari proposti. Il metodo, infatti, viene frequentemente utilizzato dalle aziende per la sua semplicità di calcolo; esso consente di calcolare il tempo entro il quale il capitale investito nell'acquisto di un fattore produttivo a medio-lungo ciclo di utilizzo viene recuperato attraverso i flussi finanziari netti generati.

Tra investimenti alternativi, si sceglierà quello con un "periodo di recupero" più breve, in quanto da tale momento in poi, il bene strumentale contribuirà alla formazione di utili lordi. Questo parametro ha lo svantaggio di non considerare i risparmi e gli eventuali ulteriori investimenti che hanno luogo dopo il tempo di ritorno.

Life Cycle Cost

Il *Life Cycle Cost o LCC*, calcola il valore attuale di una serie di flussi di cassa generati in periodi futuri (che si presumono della stessa ampiezza, ad esempio, semestrali o annuali) attraverso l'utilizzo di un tasso di sconto, anche detto, tasso di attualizzazione. Attraverso il calcolo del *LCC*, oltre che stabilire la convenienza attesa di un singolo investimento, è anche possibile confrontare la convenienza tra due o più investimenti in concorrenza tra loro. Data la definizione, è chiaro che il più conveniente tra n investimenti concorrenti, sarà quello con il *LCC* minore. Ne consegue che ordinare la convenienza attesa di n investimenti in modo decrescente sarà uguale a ordinare pure in modo crescente i

LCC corrispondenti per questi stessi investimenti tra loro di periodo e capitale uguale.

Net Saving

Il *Net Saving* o *NS*, permette di quantificare le differenze tra due alternative progettuali. Questo è definibile come la differenza attualizzata tra risparmi e costi aggiuntivi d'investimento; Tra le varie alternative a quella base, è da preferirsi quella con il *NS* più alto, in generale un valore di *NS* nullo indica che c'è convenienza nell'alternativa.

Savings to Investment

Il *Savings to Investment* o *SIR*, è un altro quantificatore della bontà dell'investimento ed esprime con un rapporto quanto viene risparmiato a parità di investimento, o più brutalmente quanti € si risparmiano per ogni € investito.

Tra le due proposte è da preferirsi l'alternativa se il $SIR > 1$. Per le grandezze nella formula, si faccia riferimento a quanto già detto fin qui, e in particolare si faccia attenzione al segno delle grandezze economiche.

4. ANALISI ENERGETICA DELLO STATO DI FATTO

INDICE CAPITOLO

4.1	DATI DI INPUT E MODELLO ENERGETICO	31
4.1.1	CARATTERISTICHE DI INVOLUCRO	31
4.1.2	CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI	33
4.2	ANALISI ENERGETICA DELLO STATO DI FATTO	34

4.1 DATI DI INPUT E MODELLO ENERGETICO

Attraverso l'ausilio di un software di modellazione energetica che utilizza la tecnologia B.I.M. (Building Automation Model), è stato possibile ricostruire il modello 3D di insieme degli edifici oggetto di studio (Figura 19).

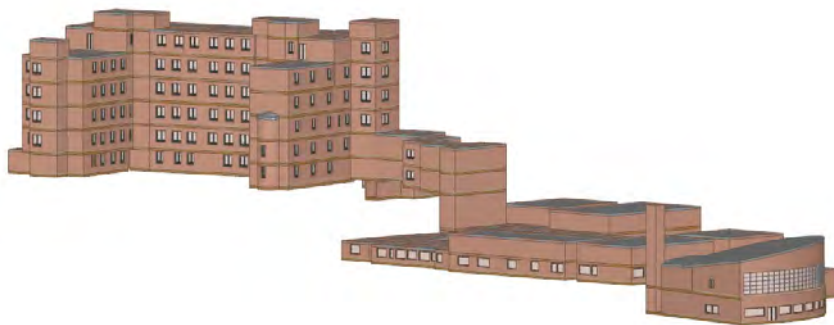


Figura 19 – Modello 3D.

Nel modello sono stati inseriti come dati di input per tutti gli edifici:

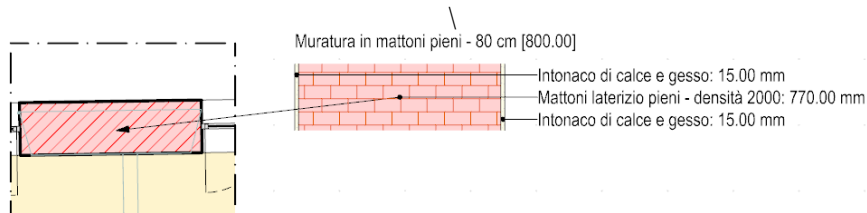
- I dati geoclimatici.
- Le caratteristiche dell'involucro edilizio, ovvero le stratigrafie delle strutture disperdenti (murature, solai, superfici vetrate, ponti termici).
- Le caratteristiche degli impianti tecnologici esistenti (impianto di climatizzazione invernale ed estivo, impianto di ventilazione meccanica e impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria).

L'utilizzo di un software B.I.M. rende agevole ricostruire gli edifici nella loro forma e dimensioni, partendo da planimetrie di rilievo bidimensionali.

4.1.1 CARATTERISTICHE DI INVOLUCRO

Attraverso l'ausilio di rilievi in situ, è stato possibile ricostruire le caratteristiche dell'involucro disperdente degli edifici in oggetto.

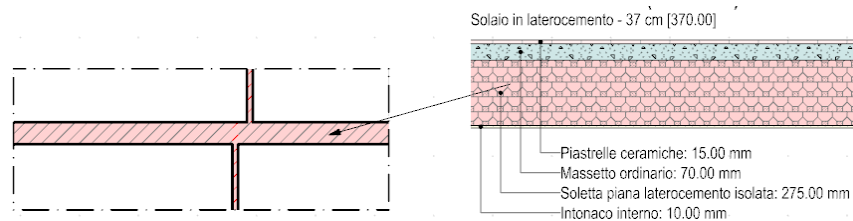
Tutti gli edifici presentano struttura portante in cemento armato e murature di tamponamento in mattoni pieni di spessori che vanno da 80 cm a 30 cm. La Figura 20 riporta la stratigrafia di una muratura di 80 cm di spessore e le sue caratteristiche termofisiche.



- Spessore totale = 800 [mm]
- Trasmittanza termica globale = 0,6847 [W/m²K]
- Resistenza termica globale = 1,4605 [m²K/W]
- Massa superficiale globale = 1.540,00 [kg/m²]
- Capacità termica areica = 61,158[kJ/m²K]

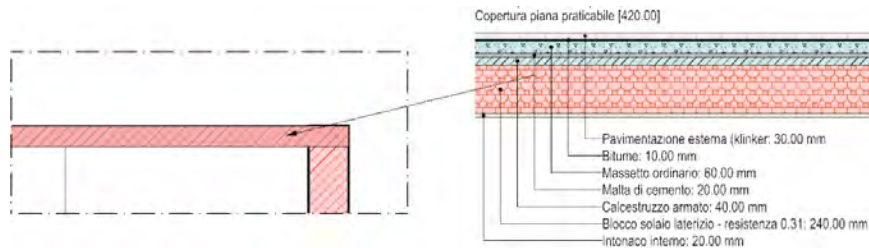
Figura 20 – Stratigrafia muratura e caratteristiche termofisiche.

I solai interpiano sono in laterocemento con travetti di alleggerimento, così come i solai di copertura (Figure 21 e 22)



- Spessore totale = 370 [mm]
- Trasmittanza termica globale = 0,8541 [W/m²K]
- Resistenza termica globale = 1,1708 [m²K/W]
- Massa superficiale globale = 574,50 [kg/m²]
- Capacità termica areica = 60,886 [kJ/m²K]


Figura 21 – Stratigrafia del solaio interpiano e caratteristiche termofisiche.



- Spessore totale = 420 [mm]

- Trasmittanza termica globale = 1.4966 [W/m²K]
- Resistenza termica globale = 0.6682 [m²K/W]
- Massa superficiale globale = 529.00 [kg/m²]
- Capacità termica areica = 68.692 [kJ/m²K]

Figura 22 – Stratigrafia del solaio di copertura e caratteristiche termofisiche.
Le caratteristiche degli infissi sono di seguito riportate:

Infisso Alluminio Vetro Doppio		
	VETRO	TELAIO
	Tipo vetro = Doppio normale Area - $A_g = 3,07 \text{ m}^2$ Perimetro - $L_g = 10,41 \text{ m}$ Trasmittanza - $U_g = 3,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ Fattore solare normale - $f_g = 0,75$ Area totale infisso - $A_w = 4,84 \text{ m}^2$	Tipo telaio = Metallo senza taglio termico Area - $A_f = 1,42 \text{ m}^2$ Trasmittanza - $U_f = 7,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ Tipo distanziatori = METALLO Trasmittanza distanziatori = 0,06 W/m ² K

Resistenza superficiale interna	0,13	m ² K/W
Resistenza superficiale esterna	0,04	m ² K/W
Coefficiente riduzione area telaio	0,37	
Trasmittanza totale infisso - U_w	4,26	W/m ² K
Resistenza totale infisso - R_w	0,23	m ² K/W

È da notare che le murature e i solai di copertura non sono isolati e che gli infissi anche se di tipologia “doppio vetro” hanno valori di trasmittanza molto elevati in relazione anche al fatto che i telai non sono a “taglio termico”.

Tutto ciò contribuisce nell’aver valori di dispersioni termiche molto elevate, amplificate per di più dalla presenza di ponti termici rilevanti.

4.1.2 CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI

Dal punto di vista impiantistico la struttura è dotata di:

- cabina elettrica di trasformazione con due trasformatori con potenza elettrica apparente di 1600 kVA cad.;
- centrale termica a servizio dell’Edificio A, con tre caldaie a vapore aventi una potenza termica di 765 kW cad.;
- centrale termica a servizio dell’Edificio E, con sei caldaie aventi una potenza termica di 315 kW cad.;
- 20 VRV funzionanti a pompa di calore per una potenza frigorifera totale di 800 kW; inizialmente erano utilizzati solo per il raffrescamento estivo dell’Edificio A;
- 55 condizionatori split funzionanti a pompa di calore, per una potenza frigorifera totale di 135 kW;
- impianto di ventilazione meccanica (aria primaria) a servizio dell’edificio A, con unità di trattamento dell’aria di portata 36.000 m³/h;

- impianto di ventilazione meccanica (aria primaria) a servizio dell'edificio Università, con unità di trattamento dell'aria di portata 20.000 m³/h;
- impianto di ventilazione meccanica (tutt'aria con ricircolo) a servizio dell'edificio Chiesa, con unità di trattamento dell'aria di portata 20.000 m³/h.

Per quanto concerne l'illuminazione artificiale, tutti gli edifici sono dotati di corpi illuminanti con lampade a fluorescenza di diversa potenza (18 W, 36 W e 52 W). La valutazione energetica dell'illuminazione artificiale verrà affrontata in maniera puntuale e più esaustiva nel Capitolo 8.

4.2 ANALISI ENERGETICA DELLO STATO DI FATTO

Definite così le caratteristiche dell'involucro disperdente e degli impianti a servizio del complesso sanitario, si può costruire il modello energetico e quantificare i risultati ottenuti (da Figura 23 a Figura 27).

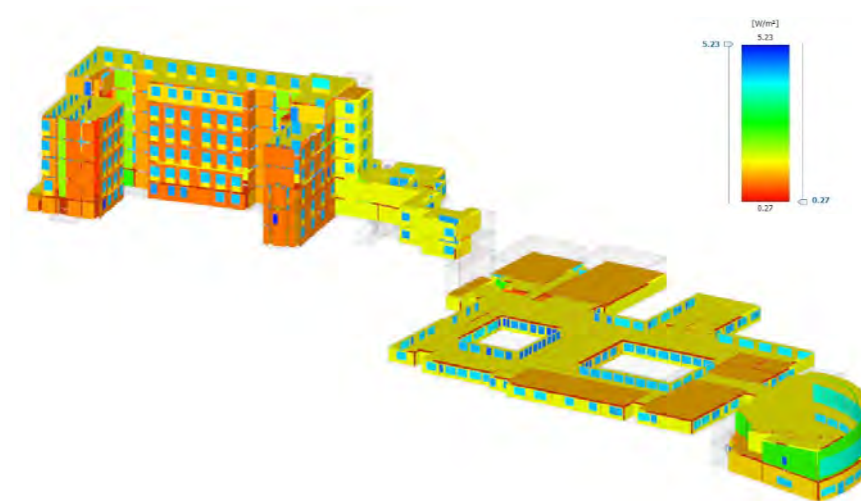


Figura 23 – Dispersioni per trasmissione.

FABBISOGNI DI ENERGIA PRIMARIA PER SINGOLO SERVIZIO

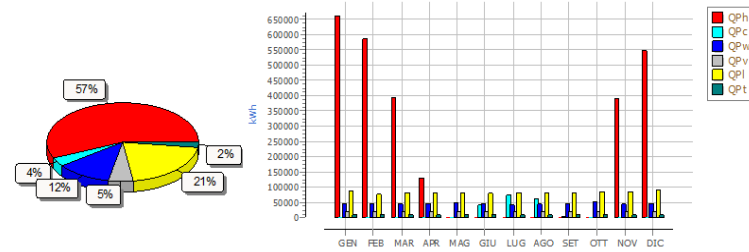


Figura 24 – Fabbisogni di energia primaria per i servizi di riscaldamento (Q_{Ph}), raffrescamento (Q_{Pc}), acqua calda sanitaria (Q_{Pw}), ventilazione meccanica (Q_{Pv}), illuminazione artificiale (Q_{Pi}), trasporto cose e persone (Q_{Pt}).

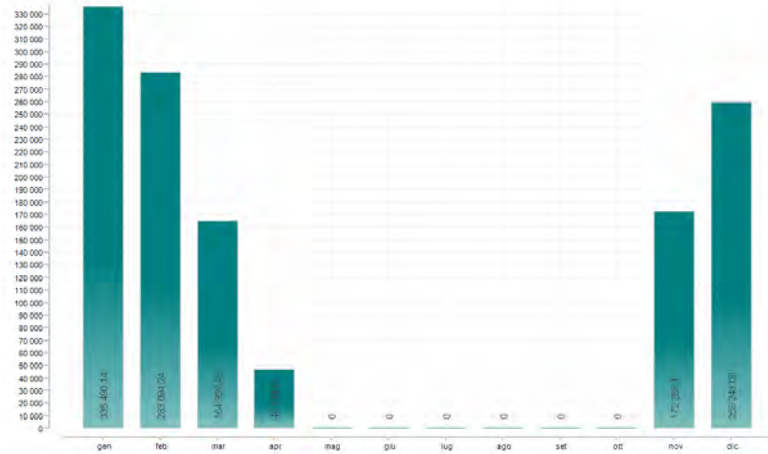


Figura 25 - Q_h [kWh] - Fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento.

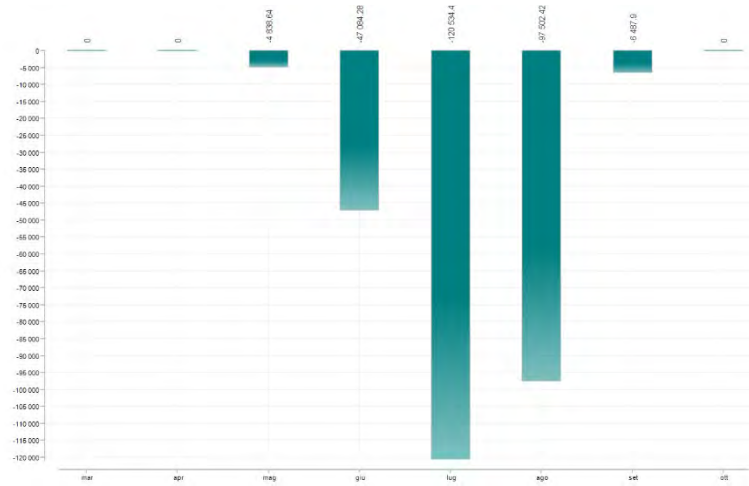


Figura 26 - Qc [kWh] - Fabbisogno di energia termica utile per raffreddamento.

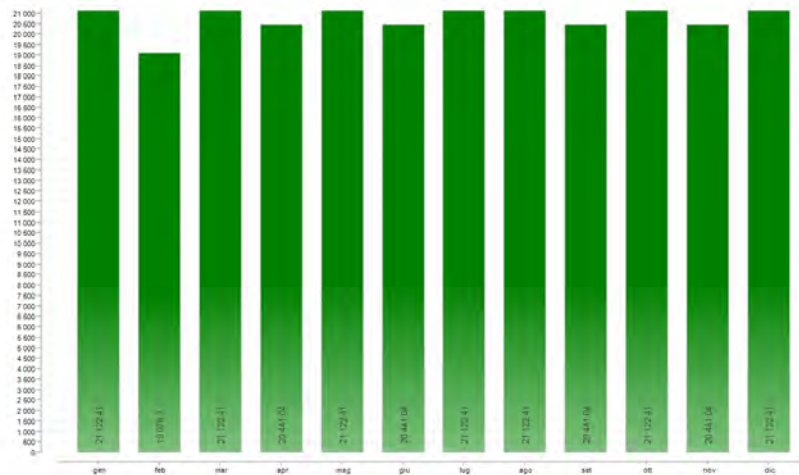


Figura 27 - Qw [kWh] - Fabbisogno di energia termica per acqua calda sanitaria.

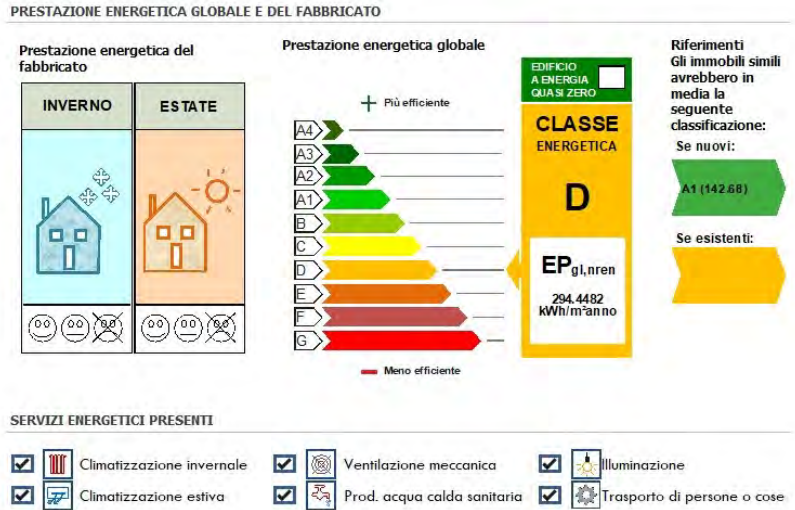


Figura 28 – Classificazione Energetica della Struttura prima degli interventi di efficientamento energetico.

La prestazione energetica globale e la classificazione energetica prima degli interventi di efficientamento (ante operam) è riportata in Figura 28; mentre i dati di riepilogo sono riportati in Figura 29.

La classificazione energetica ottenuta mostra che il consumo energetico del complesso edilizio oggetto dello studio è elevato, e che la prestazione energetica globale è del tutto inefficiente.

DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO

Volume lordo	69'516.78 [m³]
Superficie lorda disperdente	28'852.56 [m²]
Rapporto di forma S/V	0.42 [1/m]
Volume netto	52'673.43 [m³]
Superficie netta calpestabile	13'676.46 [m²]
Capacità termica totale	2'996'990.99 [kJ/K]

INDICI DI PRESTAZIONE

Classe energetica	D
Indice di prestazione energetica globale	318.71 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione termica utile per riscaldamento	123.777 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione termica utile per raffrescamento	14.167 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione energetica per riscaldamento	157.90 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione energetica per raffrescamento	11.05 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione energetica per acs	40.33 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione energetica per ventilazione	37.20 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione energetica per illuminazione	72.23 [kWh/m² anno]

FABBISOGNI

Riscaldamento	Fabbisogno di energia termica utile	1'274'007. [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	2'159'517. [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	8'682.47 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	2'150'834. [kWh]
Raffrescamento	Fabbisogno di energia frigorifera utile	276'448.04 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	151'140.12 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	29'353.66 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	121'786.46 [kWh]
Acqua calda sanitaria	Volumi di ACS	8'317.11 [m³]
	Fabbisogno di energia termica utile	248'699.30 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	551'577.47 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	3'139.32 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	548'438.15 [kWh]
Ventilazione meccanica	Fabbisogno di energia elettrica	210'240.00 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	508'780.80 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	98'812.80 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	409'968.00 [kWh]
Illuminazione	Fabbisogno di energia elettrica	408'196.17 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	987'834.73 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	191'852.20 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	795'982.53 [kWh]

Figura 29 – Riepilogo dei risultati dell'analisi energetica prima degli interventi di efficientamento.

5. INTERVENTI PROPOSTI PER RISPARMIO DI ENERGIA TERMICA: DISMISSIONE DELLA CENTRALE A VAPORE, UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA A POMPA DI CALORE (VRV), E MODIFICA DELLE CARATTERISTICHE DELLE U.T.A.

INDICE CAPITOLO

5.1	GENERALITÀ.....	39
5.2	DISMISSIONE DELLE CENTRALE TERMICA A VAPORE A SERVIZIO DELL'EDIFICIO "A" E COLLEGAMENTO CON LA CENTRALE TERMICA INIZIALMENTE SOLO A SERVIZIO DELL'EDIFICIO "E".	40
5.3	UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA VRV A POMPA DI CALORE	43
5.3.1	GENERALITÀ.....	43
5.3.2	CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO	47
5.4	INTERVENTI SULLE UNITA' DI TRATTAMENTO DELL'ARIA (UTA)	50
5.4.1	CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELL'ARIA PRIMA DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI.....	50
5.4.2	INTERVENTI MIGLIORATIVI EFFETTUATI SULLE UTA.....	51

5.1 GENERALITÀ

Appare di tutta evidenza che la trasformazione dell'organizzazione delle attività che ha messo in atto la Struttura Sanitaria oggetto dello studio di tesi con l'esternalizzazione del Servizio Lavanderia, ha portato ad affermare che la presenza della Centrale Termica a vapore non è più compatibile con l'attuale situazione.

Quanto sopra esposto è tanto più vero, se si pensa alla recente installazione di un impianto di condizionamento alimentato da pompe di calore del tipo VRV a servizio di tutto l'Edificio A, precedentemente utilizzato solo per la climatizzazione estiva.

Per ottenere un significativo miglioramento dell'Efficienza Energetica, si è proceduto quindi, alla proposta di dismettere la Centrale Termica a vapore, dedicata originariamente a: riscaldamento a radiatori; lavanderia, produzione di acqua calda sanitaria; alimentazione delle pentole a vapore della cucina.

Infatti, durante il funzionamento estivo si rendeva necessaria l'accensione h24 di almeno un generatore di vapore da 765 kW, oltre che per la produzione di acqua calda sanitaria, anche per alimentare di vapore i quattro bollitori della cucina, e la lavanderia con potenzialità totale di circa 120 kW. Pertanto, è risultato necessario sostituire in cucina le pentole da 200 litri alimentate a vapore

con pentole di uguali dimensioni a doppio fondo alimentate a gas, le quali possono essere alimentate/utilizzate secondo l'effettivo bisogno.

Il riscaldamento invernale dell'Edificio A è oggi garantito, oltre che dall'Impianto VRV già installato e funzionante, il quale da solo è in grado di soddisfare il fabbisogno termico per riscaldamento, anche da un collegamento che si è realizzato con l'esistente Centrale Termica a servizio del Centro Diurno, la quale, per potenza installata, è in grado di garantire il soddisfacimento delle esigenze di tutta l'intera Struttura Sanitaria.

Quest'ultimo collegamento tipo "teleriscaldamento" garantisce anche la produzione di acqua calda sanitaria per l'Edificio A, alimentando gli stessi boiler esistenti e la produzione di calda sanitaria per l'edificio E.

Si sono poi effettuate ulteriori modifiche di ottimizzazione dei consumi termici e nello specifico:

- chiusura di 203 radiatori su un totale di 263 (77%) dell'Edificio A, riscaldando lo stesso con l'utilizzo delle pompe di calore installate in copertura, molto più performanti dal punto di vista del rendimento energetico. I radiatori che si è stati costretti a lasciare in funzione è una conseguenza del fatto che alcuni ambienti non sono serviti dalle unità interne dei VRV.

- sostituzione dell'UTA dell'Università con una di taglia molto più piccola e quindi meno energivora. L'UTA originaria con portata di aria esterna di 20.000 mc/h, è stata sostituita con un'UTA con portata di 3.500 mc/h, dopo averne verificato l'efficacia con la norma UNI 10339.

- modifica all'UTA della Chiesa, con l'eliminazione della presa d'aria esterna, che riscalda ora solo aria di ricircolo che si trova a 20°C, piuttosto che aria esterna che si trova a temperatura molto più bassa. Si è pertanto impostata l'UTA con un "funzionamento a fan coil", che tratta termicamente solo aria di ricircolo.

5.2 DISMISSIONE DELLE CENTRALE TERMICA A VAPORE A SERVIZIO DELL'EDIFICIO "A" E COLLEGAMENTO CON LA CENTRALE TERMICA INIZIALMENTE SOLO A SERVIZIO DELL'EDIFICIO "E".

Al fine di ridurre i consumi di gas e fare un primo passo importante nella direzione dell'efficientamento energetico della Struttura Sanitaria, si è proposta e poi realizzata l'idea di dismettere la centrale termica a vapore e di alimentare con un'unica centrale termica l'edificio "A" (Degenze) e l'edificio "E" (Centro Diurno). Il tutto è stato possibile grazie all'utilizzo di tubazioni flessibili per applicazioni di teleriscaldamento (sistema CALPEX) prodotte dalla Brugg Pipes. Queste tubazioni, che hanno posa diretta sul terreno, si dimostrano efficaci per le applicazioni pratiche nelle condizioni più diverse ed estreme. Il sistema è costituito da una tubazione spiralata in polietilene. L'ondulazione spiralata del tubo di servizio non assicura soltanto la flessibilità, ma compensa anche le dilatazioni dovute alla temperatura. Non occorre quindi prevedere accorgimenti per compensare le dilatazioni longitudinali come accade per le tubazioni rigide.

La protezione anticorrosione multistrato su tutta la superficie esterna offre una notevole sicurezza nel terreno durante l'esercizio. L'isolamento termico è costituito da uno strato di schiuma rigida in poliuretano, che può tollerare temperature di esercizio da -170°C a $+150^{\circ}\text{C}$. La flessibilità consente altresì il facile adattamento a quasi tutte le condizioni del tracciato: si può passare sopra o sotto condotti di alimentazione esistenti e assicurare il passaggio in terreni poco stabili e molto umidi, in cui possono verificarsi fenomeni di cedimento. La protezione anticorrosione su tutta la superficie permette la posa anche in cunicoli decisamente più stretti rispetto a quelli necessari per le tubazioni rigide, determinando in questo modo risparmi consistenti nelle attività di installazione. Se si considera inoltre la velocità di posa, tale sistema si dimostra una soluzione non solo tecnicamente efficace, ma anche economica.



Figura 30- Sistema CALPEX utilizzato per il collegamento tra le due centrali termiche.



Figura 31 – Tubo CALPEX in arrivo in cantiere.

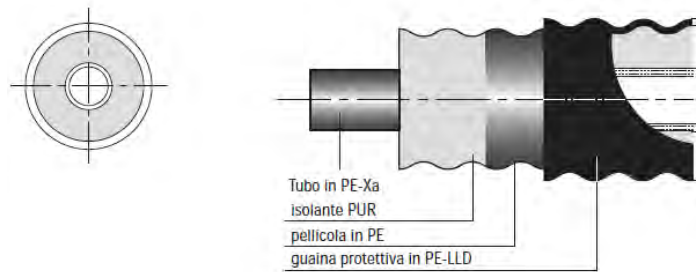


Figura 32 - Sistema CALPEX utilizzato: stratigrafia.



Figura 33 – Scavo per posa tubazioni e corrugati per collegamenti elettrici.



Figura 34 – Scavo per posa tubazioni.

5.3 UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA VRV A POMPA DI CALORE

5.3.1 GENERALITÀ

Di seguito si chiariranno tutti gli aspetti tecnici sull'argomento, ma si vuole sottolineare prima, come l'intervento di efficientamento della Struttura Sanitaria

in oggetto sia consistito nel far utilizzare a pieno un impianto a pompa di calore ad elevate prestazioni energetiche, utilizzato fin dalla sua installazione avvenuta nell'anno 2014, solo nella stagione estiva come semplice "sistema di refrigerazione". Il riscaldamento nella stagione invernale veniva demandato ai radiatori e alla centrale termica a vapore.

La tecnologia VRV alterna il volume di refrigerante nel sistema per raggiungere i livelli richiesti dall'edificio. Il sistema necessita di una quantità di energia minima per mantenere le temperature impostate e garantire l'arresto automatico quando i locali sono vuoti. VRV (Volume Refrigerante Variabile) e VRF (Flusso Refrigerante Variabile) sono due acronimi diversi, che indicano la stessa tecnologia. VRV è un marchio Daikin Industries, Ltd.; mentre tutte le altre case costruttrici che utilizzano questa tecnologia, la chiamano VRF.

Il sistema VRV è un sistema modulare a espansione diretta di gas refrigerante, costituito da più unità terminali, a servizio dei locali da condizionare, alimentate da una moto-condensante esterna con condensatore raffreddato ad aria.

Ogni sistema è modulare, nel senso che può lavorare in combinazione con altri gruppi dello stesso tipo, indipendenti tra loro dal punto di vista frigorifero, ma controllati da un unico circuito elettrico e in grado di raggiungere la potenzialità desiderata.

Il controllo dell'intero sistema è affidato alla logica di gestione che risiede nelle varie componenti dell'impianto ed è parte integrante dello stesso.

Ogni unità terminale, sebbene collegata allo stesso circuito frigorifero, è indipendente da tutte le altre sia per funzionamento e sia per regolazione.

Nei sistemi a pompa di calore, ciascun'unità terminale può gestire condizioni diverse rimanendo nell'ambito dello stesso ciclo (riscaldamento o raffreddamento). La definizione del ciclo di funzionamento avviene sulla moto-condensante e interessa l'intero sistema.

Nella versione a recupero di calore, le unità terminali sono indipendenti anche dal punto di vista della commutazione caldo/freddo. In questo caso esse sono in grado di scegliere autonomamente se passare, singolarmente, dalla fase di riscaldamento a quella di raffreddamento (e viceversa) al fine di mantenere le condizioni ambiente richieste. Questa soluzione consente il massimo risparmio energetico provvedendo a trasferire il calore dalle zone che devono essere raffreddate a quelle che devono essere riscaldate, senza la necessità di dover spendere altra energia sotto forma di lavoro di compressione.

L'elemento caratteristico del sistema, qualunque sia la versione adottata, è nella capacità di variare in modo lineare e direttamente proporzionale al carico, sia in raffreddamento e sia in riscaldamento, la portata di gas refrigerante in circolazione.

Ad ogni variazione di carico di raffreddamento, o di riscaldamento, di ogni ambiente condizionato, corrisponde una variazione di posizione della valvola elettronica di espansione-regolazione dell'unità terminale; questa variazione determina la modulazione della capacità termica della moto-condensante

attraverso la variazione della frequenza di alimentazione del compressore ad inverter e l'attivazione o meno dei compressori.

Ad ogni variazione della velocità di rotazione corrispondono una variazione di portata del refrigerante e una variazione di potenza assorbita.

Potendo parzializzare su un range variabile dal 5% al 100% della capacità massima erogabile, ne risulta un sistema che si adatta bene ai carichi parziali di raffreddamento e riscaldamento, che segue fedelmente le loro variazioni e che non consuma più energia del necessario per produrre questi effetti.

L'applicazione della tecnologia Inverter ai compressori consente inoltre altri vantaggi, quali l'avviamento alla frequenza minima, contenendo le correnti di spunto, ed un ampio campo di variazione di superficie evaporante rispetto a quella ideale o nominale.

La distribuzione del gas refrigerante verrà realizzata tramite coppia di tubazioni in rame opportunamente coibentate che, a partire dall'unità moto-condensante esterna installata in copertura, scenderanno al piano attraverso il cavedio tecnico, per poi correre nel controsoffitto dei corridoi. In corrispondenza di ciascuna unità terminale verrà realizzata una derivazione tramite giunto a tre vie.

Il sistema VRV a volume di refrigerante variabile mette in evidenza una serie di vantaggi tecnico-economici, in particolare:

- elevato livello di comfort ambiente, grazie alla capacità, caratteristica di queste macchine, di variare in modo lineare e direttamente proporzionale al carico, sia in raffreddamento e sia in riscaldamento, la portata di gas refrigerante in circolo in ogni unità interna, garantendo la minima variazione nel tempo della temperatura ambiente;
- massimo risparmio energetico, grazie all'adozione della tecnologia Inverter. Il sistema installato nella Struttura Sanitaria oggetto dello studio presenta livelli di efficienza elevati soprattutto ai carichi parziali (ESEER fino a 7,5), grazie all'Inverter e all'innovativa tecnologia VRT che permette di adattare automaticamente il carico richiesto in funzione dei requisiti climatici, ottenendo così un maggior comfort, ma soprattutto riducendo notevolmente i costi operativi di esercizio. Ad esempio, in raffrescamento, quando la temperatura ambiente è vicina al set point, il sistema imposta la temperatura del refrigerante a un valore più alto per consumare meno energia, consentendo maggiori risparmi grazie ad un'efficienza stagionale più marcata.
- riscaldamento continuo durante lo sbrinamento: è un'altra importante peculiarità che contraddistingue la IV generazione VRV; l'erogazione di potenza termica delle unità interne è garantito durante il ciclo di sbrinamento, grazie a un innovativo elemento di accumulo in materiale a cambiamento di fase. Il vantaggio è di avere un sistema le cui unità interne continuano ad erogare potenza

termica anche nella fase di sbrinamento conservando la temperatura di comfort negli ambienti da riscaldare.

- controllo del corretto quantitativo di gas refrigerante è un importante funzione del VRV IV per la carica automatica del fluido e la verifica periodica in conformità alla normativa europea F-Gas. Il sistema di controllo dei sistemi VRV Daikin può essere strutturato su più livelli gestionali. La flessibilità del sistema consente comunque la possibilità di espandere il sistema di controllo fino a livelli gestionali sempre più complessi.

1° Livello di controllo (comando remoto utente): il singolo utente, mediante apposito comando locale, ha la possibilità di modificare i principali parametri di funzionamento della singola unità interna, o delle unità interne controllate dal medesimo comando, quali la velocità del ventilatore, la temperatura desiderata, la direzione di mandata dell'aria, la temporizzazione del funzionamento, il timer settimanale ecc..



Figura 35 – Comando remoto utente.

2° Livello di controllo (comando centralizzato - Intelligent Touch Manager): è un sistema di gestione centralizzato, dedicato per il controllo e la gestione di sistemi di climatizzazione VRV e unità per la ventilazione con recupero di calore e trattamento di aria esterna.

touch
Intelligent Manager



Figura 36 – Comando centralizzato.

5.3.2 CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO

La IV generazione dei Sistemi VRV riporta delle peculiarità tecnologicamente innovative in piena simbiosi con le normative attuali in termini di impianti eco-compatibile.

La nuova Direttiva ERP definisce i requisiti minimi di eco progettazione da integrare sui prodotti che utilizzano energia; per quanto concerne i sistemi di climatizzazione, viene introdotto il concetto di “efficienza media stagionale” (ESEER) in cui le prestazioni vengono misurate per l'intero spettro di funzionamento, proponendo un metodo sicuramente più accurato rispetto quanto adottato fino ad oggi (EER).

I valori di ESEER (efficienza media stagionale estiva), vengono stimati in ottemperanza alla normativa EN 14825, a cui fanno direttamente riferimento le normative nazionali in termini di utilizzo delle fonti rinnovabili, ovvero le norme UNI TS 11300, con particolare riferimento alla parte 4.

Per quanto riguarda i valori di COP riferiti alle varie condizioni climatiche che si verificano nell'arco della stagione di funzionamento, essendo queste condizioni caratterizzate da un'importante variabilità nel tempo, ne risulta che l'analisi energetica in oggetto risulta più articolata. Per ovviare all'impossibilità di una valutazione dettagliata e puntuale, si può ipotizzare di proporre un modello semplificativo con assunzioni ed ipotesi a favore di sicurezza, che si basa su valori di COP medi di riferimento (identificati sulle tabelle di resa secondo l'andamento climatico delle temperature della zona) che permetteranno di ipotizzare una stima dei consumi energetici dell'impianto nell'arco dell'anno.

I valori di efficienza media stagionali saranno la base di confronto tra le due tecnologie impiantistiche; ciò che è importante sottolineare, visto l'elevato numero di variabili che caratterizzano l'analisi in oggetto, è non tanto il valore assoluto di consumo dei due sistemi a confronto, bensì la differenza percentuale che li distingue.

L'impianto è costituito da 16 unità installate sulla copertura dell'Edificio A che alimentano le unità interne del tipo a parete e in controsoffitto. Sono

macchine di diversa taglia: RXYQ-28, RXYQ-44, RXYQ-42, RXYQ-32 e quindi di caratteristiche diverse.

I valori di ESEER e COP della serie VRV IV sono riportati di seguito:

Outdoor unit		RYYQ/RXYQ	8U	10U	12U	14U	16U	18U	20U	
Capacity range		HP	8	10	12	14	16	18	20	
Cooling capacity	Prated.c	kW	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0	50.4	52.0	
Heating capacity	Prated.h	kW	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0	50.4	56.0	
	Max. 6°CWB	kW	25.0	31.5	37.5	45.0	50.0	56.5	63.0	
Recommended combination			4 x FXFQ50AVEB	4 x FXFQ63AVEB	6 x FXFQ50AVEB	1 x FXFQ50AVEB + 5 x FXFQ63AVEB	4 x FXFQ63AVEB + 2 x FXFQ80AVEB	3 x FXFQ50AVEB + 5 x FXFQ63AVEB	2 x FXFQ50AVEB + 6 x FXFQ63AVEB	
ηs.c	%		302.4	267.6	247.8	250.7	236.5	238.3	233.7	
ηs.h	%		167.9	168.2	161.4	155.4	157.8	163.1	156.6	
SEER			7.6	6.8		6.3		6.0	5.9	
SCOP			4.3		4.1		4.0		4.2	
Maximum number of connectable indoor units						64 (I)				
Indoor index connection	Min.		100.0	125.0	150.0	175.0	200.0	225.0	250.0	
	Max.		260.0	525.0	390.0	455.0	520.0	585.0	650.0	
Dimensions	Unit	Height/Width/Depth	mm		mm		mm		mm	
Weight	Unit		kg		kg		kg		kg	
			1,685x930x765		1,685x930x765		1,685x1,240x765		378	
Sound power level Cooling	Nom.	dBA	78.0	79.1	83.4	80.9	85.6	83.8	87.9	
	Prated.h	dBA	79.6	80.9	83.5	83.1	86.5	85.3	89.8	
Sound pressure level Cooling	Nom.	dBA	57.0		61.0	60.0	63.0	62.0	65.0	
Operation range	Cooling	Min.-Max. °CDB							-5.0-43.0	
	Heating	Min.-Max. °CWB							-20.0-15.5	
Refrigerant	Type/GWP								R-410A/2,0875	
	Charge	kg	5.9/12.3	6.0/12.5	6.3/13.2	10.3/21.5	10.4/21.7	11.7/24.4	11.8/24.6	
Piping connections	Liquid	OD	mm		mm		mm		mm	
	Gas	OD	mm		mm		mm		mm	
	Total piping System	Actual length	m		m		m		m	
Power supply	Phase/Frequency/Voltage	Hz/V							3N~/50/380-415	
	Current -50Hz	Maximum fuse amps (MFA)	20	25	32		40		50	

Outdoor unit system		RYYQ/RXYQ	22U	24U	26U	28U	30U	32U	34U	36U	38U
System	Outdoor unit module 1		10	8		12			16		8
	Outdoor unit module 2		12	16	14	16	18		16	20	10
	Outdoor unit module 3										20
Capacity range		HP	22	24	26	28	30	32	34	36	38
Cooling capacity	Prated.c	kW	61.5	67.4	73.5	78.5	83.9	90.0	95.4	97.0	102.4
Heating capacity	Prated.h	kW	61.5	67.4	73.5	78.5	83.9	90.0	95.4	101.0	106.4
	Max. 6°CWB	kW	69.0	75.0	82.5	87.5	94.0	100.0	106.5	113.0	119.5
Recommended combination			4 x FXFQ50AVEB + 4 x FXFQ63AVEB + 2 x FXFQ80AVEB	4 x FXFQ50AVEB + 4 x FXFQ63AVEB + 2 x FXFQ80AVEB	7 x FXFQ50AVEB + 5 x FXFQ63AVEB	6 x FXFQ50AVEB + 4 x FXFQ63AVEB + 2 x FXFQ80AVEB	9 x FXFQ50AVEB + 5 x FXFQ63AVEB	8 x FXFQ50AVEB + 4 x FXFQ63AVEB + 2 x FXFQ80AVEB	3 x FXFQ50AVEB + 9 x FXFQ63AVEB + 2 x FXFQ80AVEB	2 x FXFQ50AVEB + 10 x FXFQ63AVEB + 2 x FXFQ80AVEB	6 x FXFQ50AVEB + 10 x FXFQ63AVEB
ηs.c	%		274.5	269.9	264.2	257.8	256.8	251.7	253.3	250.8	272.4
ηs.h	%		171.2	167.0	164.6	166.0	169.8	163.1	166.2	162.4	167.5
SEER			6.9	6.8	6.7		6.5		6.4	6.3	6.9
SCOP			4.4	4.3		4.2		4.3	4.2		4.3
Maximum number of connectable indoor units							64 (I)				
Indoor index connection	Min.		275.0	300.0	325.0	350.0	375.0	400.0	425.0	450.0	475.0
	Max.		715.0	780.0	845.0	910.0	975.0	1,040.0	1,105.0	1,170.0	1,235.0
Piping connections	Liquid	OD	mm		mm		mm		mm		mm
	Gas	OD	mm		mm		mm		mm		mm
	Total piping System	Actual length	m		m		m		m		m
Power supply	Phase/Frequency/Voltage	Hz/V							3N~/50/380-415		
	Current -50Hz	Maximum fuse amps (MFA)		63				80			100

Tabella 2 – Dati tecnici VRV installati.



Figura 37 – Unità esterne in copertura dell'edificio "A".
Si rimanda all'elaborato grafico progettuale dell'impianto.

5.4 INTERVENTI SULLE UNITA' DI TRATTAMENTO DELL'ARIA (UTA)

5.4.1 CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELL'ARIA PRIMA DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI.

Gli interventi migliorativi proposti si basano essenzialmente su queste considerazioni:

- gli impianti esistenti sono stati sovradimensionati in termini di portate e questo è dovuto essenzialmente ad affollamenti previsti sovrastimati;
- tutti gli ambienti dotati di superficie finestrata apribile, ed è rispettato il rapporto di aero illuminazione richiesto dalla normativa vigente (superficie vetrata apribile/superficie del pavimento $\geq 1/8$).

Nella situazione pre-intervento gli impianti di trattamento dell'aria risultavano così articolati:

- **CHIESA:** impianto di solo riscaldamento a tutt'aria con ricircolo con portata d'aria esterna pari a 10.000 m³/h e portata di aria di ricircolo pari a 10.000 m³/h.

In base alle condizioni ambientali esterne e interne invernali, considerando i trattamenti dell'aria riportati in Figura 38, si ottengono le potenze delle batterie di preriscaldamento e post riscaldamento di seguito riportate:

1. Potenza batteria preriscaldamento: 59 kW
2. Potenza batteria post-riscaldamento: 146 kW

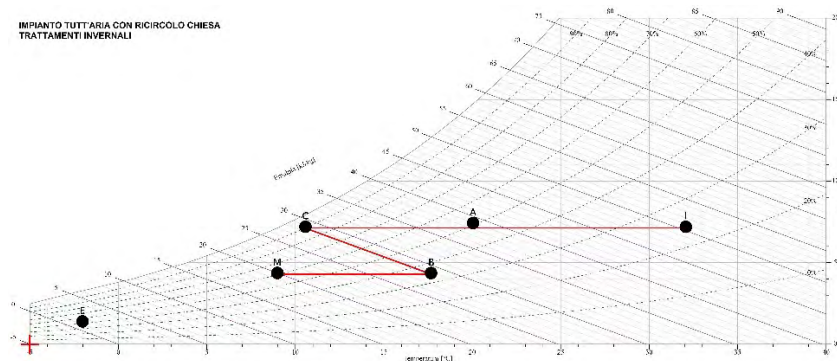


Figura 38 – Trattamenti invernali UTA a servizio della Chiesa prima dell'intervento.

- **UNIVERSITÀ:** impianto ad aria primaria di solo riscaldamento con portata d'aria esterna pari a 20.000 m³/h.

In base alle condizioni ambientali esterne e interne invernali, considerando i trattamenti dell'aria riportati in Figura 39, si ottengono le potenze delle batterie di preriscaldamento e post-riscaldamento di seguito riportate:

1. Potenza batteria preriscaldamento: 182 kW
2. Potenza batteria post-riscaldamento: 64 kW

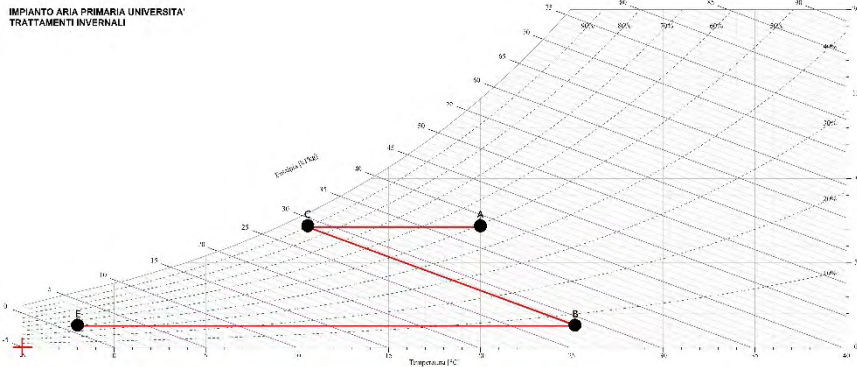


Figura 39 - Trattamenti invernali UTA a servizio dell'Università prima dell'intervento.

5.4.2 INTERVENTI MIGLIORATIVI EFFETTUATI SULLE UTA

Nella situazione post-intervento gli impianti di trattamento dell'aria risultano così modificati:

- CHIESA: eliminazione della presa d'aria esterna e dell'umidificazione adiabatica; viene riscaldata ora solo aria di ricircolo che si trova a 20°C, piuttosto che aria miscelata nel cassone di miscela, che si trova a temperatura molto più bassa (funzionamento a ventilconvettore). Si ricava che la potenza della batteria di riscaldamento è (Figura 40):
 1. Potenza batteria di riscaldamento: 80 kW

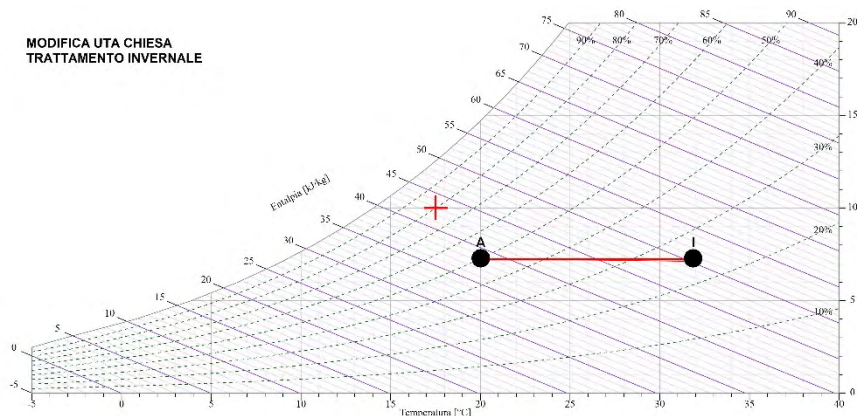


Figura 40 - Trattamenti invernali UTA Chiesa post-intervento.

- UNIVERSITÀ: sostituzione dell'UTA esistente con una di portata d'aria esterna pari a 3.500 m³/h.

In base alle condizioni ambientali esterne e interne invernali e all'affollamento previsto, considerando i trattamenti dell'aria riportati in Figura 41, si ottengono le potenze delle batterie di preriscaldamento e post-riscaldamento di seguito riportate:

1. Potenza batteria preriscaldamento: 32 kW
2. Potenza batteria post-riscaldamento: 12 kW

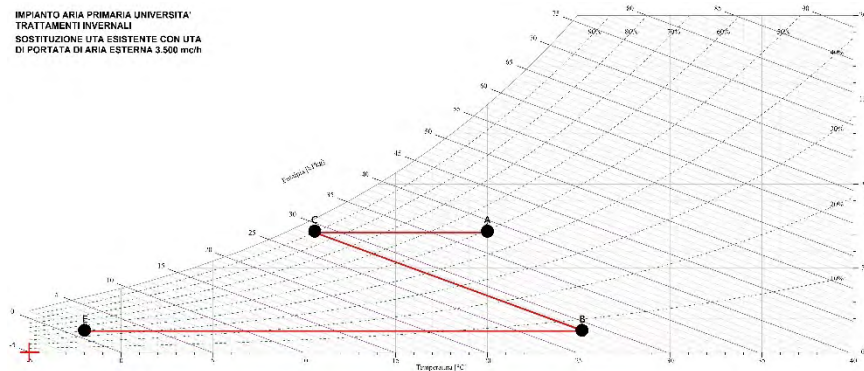


Figura 41 - Trattamenti invernali UTA a servizio dell'Università post-intervento.

Si sono ottenuti quindi risparmi in termini di potenza termica “installata/utilizzata” quantificabili in:

- CHIESA: 125 kW
- UNIVERSITÀ: 202 kW

A questo si aggiunge che, al fine di ottimizzare ulteriormente i consumi energetici, l'impianto aria primaria dell'Edificio A è stato completamente disattivato, tenuto conto che tutti gli ambienti sono dotati di una superficie finestrata apribile che consente di rispettare il rapporto di aero-illuminazione di 1/8, imposto dai regolamenti edilizi per garantire l'illuminazione diurna e il ricambio d'aria negli ambienti.

L'eliminazione delle due UTA, entrambe di portata pari a 18.000 m³/h, ha portato un risparmio in termini di potenza termica installata/utilizzata pari a 440 kW e di potenza frigorifera installata/utilizzata pari a 266 kW.

6. INSTALLAZIONE DI UN SISTEMA ENERKEEPER IN CABINA ELETTRICA

INDICE CAPITOLO

6.1	L'ENERKEEPER	53
6.1.1	CONCETTI DI BASE.....	53
6.2	ANALISI DETTAGLIATA DEI FATTORI DI ENERGIA.....	55
6.2.1	SQUILIBRI, ARMONICHE E FATTORE DI POTENZA	55
6.2.2	RIDUZIONE DELLE ARMONICHE.....	56
6.2.3	RIDUZIONE DELLA POTENZA REATTIVA	57
6.2.4	DIMINUZIONE DELLA TENSIONE TRA NEUTRO E MASSA	57
6.2.5	RIDUZIONE DEI GAP.....	58
6.3	VANTAGGI DELL'ENERKEEPER.....	58
6.3.1	VANTAGGI TECNICI	58
6.3.2	VANTAGGI ECONOMICI.....	58
6.3.3	VANTAGGI AMBIENTALI.....	59

6.1 L'ENERKEEPER

Un altro passo sul percorso di efficientamento energetico della Struttura Sanitaria in oggetto è stato quello di analizzare a lungo i carichi elettrici, per poi arrivare a proporre l'installazione di un sistema Enerkeeper.

Enerkeeper® è un dispositivo di risparmio energetico nato da anni di esperienza, ricerca e sviluppo della Enertech Corea.

Quest'invenzione, coperta da brevetto internazionale, consente di abbattere i costi dell'energia elettrica sia in impianti esistenti e sia di nuova costruzione. Da solo Enerkeeper può risolvere tutte le problematiche che comportano perdite di energia all'interno di un impianto elettrico.

Enerkeeper® riduce le armoniche, la potenza reattiva e gli squilibri che si verificano a causa di carichi non lineari. Come primo, immediato risultato, si ottiene la riduzione del consumo di energia, in percentuale tanto più elevata quanto più elevata è la complessità del carico. Si migliora la qualità dell'energia e si incrementa la vita operativa dell'impianto elettrico e delle apparecchiature ad esso collegate. Può essere installato in qualsiasi impianto elettrico (abitazioni, illuminazione stradale, centri commerciali, edifici pubblici, industrie, alberghi, ecc.) con qualunque tipologia di carico, anche complesso.

Enerkeeper® è inserito tra i "TOP 100" brevetti di prodotti tecnologici ed è certificato CE ed ISO.

6.1.1 CONCETTI DI BASE

Per capire bene cosa sia l'Enerkeeper® è fondamentale richiamare alcuni concetti sugli autotrasformatori.

Si comincia col dire che i trasformatori ordinari, possono essere sia abbassatori che elevatori; in entrambi i casi, il rapporto di trasformazione è vicino al rapporto spire, ovvero al rapporto fra il numero delle spire dell'intero avvolgimento e quello interessato dalle derivazioni secondarie. Con il termine autotrasformatore si intende indicare un trasformatore costituito da un unico avvolgimento, una parte del quale è comune al primario ed al secondario. Le più usuali applicazioni degli autotrasformatori si possono trovare negli impieghi domestici, nei laboratori, ma anche nelle reti in alta oppure altissima tensione come regolatori della tensione (regolatori di flusso). La differenza fondamentale tra un trasformatore ed un autotrasformatore consiste nelle perdite per effetto Joule, che per l'autotrasformatore sono inferiori rispetto a quelle di un normale trasformatore, per cui la potenza dissipata da un autotrasformatore alla prima porta è solo un'aliquota della corrispondente potenza assorbita da un trasformatore classico.

Date queste considerazioni si può affermare che L'Enerkeeper® è un autotrasformatore complesso poiché associa ai vantaggi degli autotrasformatori standard la tecnologia brevettata ATW (Auto Transformer Widing), ossia una tipologia di avvolgimento detto a Zig-Zag, ove il flusso magnetico è uguale in ciascuna fase, ma le direzioni di avvolgimento risultano opposte. Il risultato di questa combinazione porta alla riduzione delle perdite di energia elettrica mediante compensazione degli squilibri generati dal carico con onde ad alta frequenza, controllando e regolando lo squilibrio sulle fasi e quello tra tensione e corrente; tutto ciò riduce inoltre il fattore di potenza portando l'impianto al corretto funzionamento. Questo risultato non va confuso con quello dei rifasatori, i quali utilizzano batterie di condensatori intervenendo solo sulla riduzione della potenza reattiva.

Anche Enerkeeper® eroga tensione in uscita con una riduzione mediamente compresa tra il 2% ed il 4%, cosa che non comporta differenze nel corretto funzionamento delle apparecchiature all'interno dell'impianto, ma a differenza di altri sistemi di efficientamento, può essere installato in qualsiasi tipologia di impianto e consente di risparmiare sui costi dell'energia con valori tanto maggiori quanto maggiore è la complessità del carico dell'impianto stesso della sorgente deve essere compensata da reti intelligenti e/o sistemi di energy storage.



Figura 42- Autotrasformatori: collegamenti tra avvolgimenti.

6.2 ANALISI DETTAGLIATA DEI FATTORI DI ENERGIA

6.2.1 SQUILIBRI, ARMONICHE E FATTORE DI POTENZA

La corrente alternata ha una forma d'onda sinusoidale, ma a causa di squilibri tra le fasi, distorsioni armoniche o scarso fattore di potenza, l'onda risulta spesso distorta aumentando la resistenza del circuito. Per la Legge di Ohm:

$$E = I \times R \Rightarrow P = E \times I = I^2 \times R \quad (6.1)$$

L'intensità di corrente in un circuito è direttamente proporzionale alla tensione ad esso applicata ed inversamente proporzionale alla resistenza del circuito stesso; la conseguenza è che il consumo di energia elettrica è condizionato dalla resistenza che ostacola il flusso elettrico, ovvero per produrre la stessa potenza di uscita aumenta il consumo della corrente.

Quanto maggiore sarà lo sbilanciamento tra le fasi e la produzione di armoniche, tanto maggiore sarà il consumo di energia.

Lo squilibrio delle fasi può dipendere da diverse cause.

Sbilanciamento dei carichi.

Ad esempio, in campo industriale i motori trifase sono i maggiori consumatori di energia elettrica a causa delle differenze di potenziale nella resistenza degli avvolgimenti che possono raggiungere differenze di consumo per ogni fase del 5%, sia in intensità che in potenza.

Sbilanciamento del circuito.

Questa situazione si verifica nei sistemi trifase con neutro, in cui ciascuna delle fasi costituisce col neutro un circuito da 230V. In questo caso, a seconda dell'uso dei diversi utilizzatori si possono ottenere consumi diversi per ciascuna delle fasi.

Come l'Enerkeeper® può ridurre il consumo attraverso il bilanciamento delle fasi.

Tradizionalmente, gli autotrasformatori sono utilizzati per l'alimentazione di motori per limitare la richiesta di corrente all'avvio. Oltre a ridurre i consumi in fase di avvio, ne derivano condizioni operative di sicurezza sia per il motore che per l'impianto elettrico.

L'Enerkeeper® è composto dall'autotrasformatore con tecnologia brevettata ATW (auto transformer winding), detto "a zig zag", nel quale ogni fase viene attraversata dal flusso, da tre fino a sei volte, in avvolgimenti concentrici, mentre in un trasformatore tradizionale il flusso magnetico indotto, attraversa la fase una sola volta. In ogni fase il sistema a Zig-zag mantiene costante il flusso magnetico, ma le direzioni del flusso della corrente risultano opposte, agendo in modo da bilanciare lo squilibrio causato dai diversi carichi connessi alle singole fasi.

L'Enerkeeper è un sistema di risparmio energetico grazie al quale il consumo della potenza attiva risulta uguale per ogni fase, portando verso lo zero l'intensità nel neutro

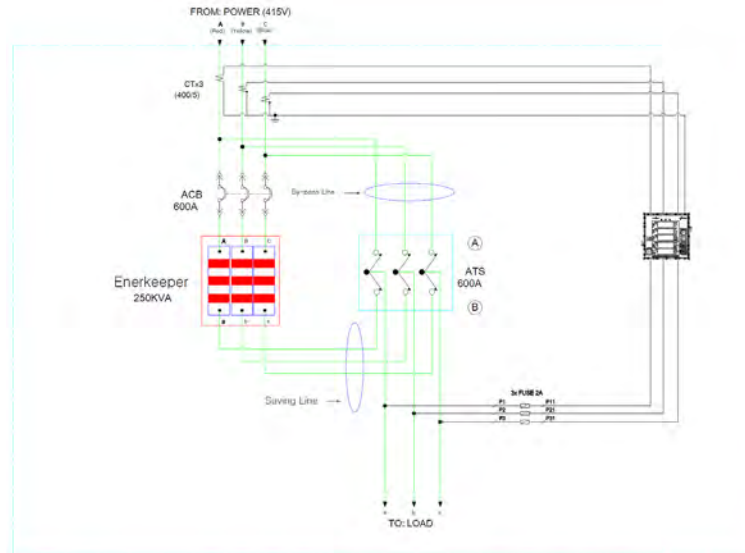


Figura 43 – ENERKEEPER: Schema Elettrico.

6.2.2 RIDUZIONE DELLE ARMONICHE

Il flusso della corrente, passando almeno tre volte per fase su ogni singolo avvolgimento, produce un campo magnetico di direzione opposta al flusso della corrente, riducendo così la distorsione armonica prodotta dai carichi. In particolare, si ottiene una riduzione tra il 30% ed il 50% in armoniche di tipo 3° e 5°, e praticamente l'eliminazione delle armoniche 9° ed 11°. Pertanto, per il particolare tipo di avvolgimento a zig-zag, il trasformatore dell'Enerkeeper agisce come filtro sinusoidale per la riduzione delle armoniche, ed al tempo stesso di "trasformatore" per le onde distorte prodotte da apparecchiature a frequenza variabile come ad esempio i variatori di velocità o i gruppi di continuità, ecc., che a seconda della frequenza di commutazione o del tipo di transistore, producono armoniche che possono danneggiare il funzionamento di altri carichi presenti nell'impianto. L'avvolgimento a zig-zag delle tre fasi induce le correnti ben sei volte tra le fasi (collegando il flusso di R con quello di S, quello di S con Te quello di T con R, ed infine alla fase neutra). In questo modo la prima linea risulta avvolta alla prima ed alla seconda colonna secondo un verso opposto; la seconda linea è connessa alla parte superiore della seconda colonna; quindi, è connessa con la parte centrale della seconda colonna, con la colonna centrale ed infine è collegata alla linea neutra. Il verso degli avvolgimenti nella seconda e nella terza colonna risulta opposto. La terza linea è connessa con la parte superiore della terza colonna, quindi alla parte centrale della prima colonna, poi alla terza colonna ed infine alla linea neutra. Il verso degli avvolgimenti nella prima e terza colonna risulta opposto. Grazie a questo principio il flusso magnetico è uguale in ogni fase, ma le direzioni degli avvolgimenti risultano opposte, ed ottenendo quindi il risparmio energetico,

riducendo il consumo di energia compensando i consumi per ogni singola fase, e controllando che tale consumo sia omogeneo. Tutti i circuiti elettrici normalmente risultano sbilanciati, soprattutto se ci sono delle combinazioni di carichi monofase e trifase. Enerkeeper tende a rifasare tensione e corrente, e le tre fasi insieme, inducendo a stabilizzare il consumo.

Qualcosa di simile accade con gli avviatori di motore dotati di autotrasformatore, in cui una fase è attraversata una volta per attenuare i consumi ed evitare squilibri, ma per far ciò sarebbe necessario installare per ogni motore, un autotrasformatore; grazie all'installazione di un solo Enerkeeper® della capacità del trasformatore o del contatore, questo effetto si ottiene con maggiore efficienza e sull'intero sistema.

In buona sostanza il rendimento dell'Enerkeeper® è tanto maggiore quanto maggiore è la complessità del carico e lo sfasamento esistente. Anche in impianti elettrici dove le fasi risultano abbastanza equilibrate, si verificano sempre scompensi dovuti all'utilizzo dell'impianto. Una semplice spiegazione matematica è data a livello numerico dalla seguente formula:

$$P = V \times I \times \cos \varphi = I \times R^2 \quad (6.2)$$

dove la resistenza è la stessa, ma in una situazione di equilibrio tra le fasi la somma dei quadrati delle intensità sarà sempre inferiore rispetto al caso in cui le fasi fossero sbilanciate.

6.2.3 RIDUZIONE DELLA POTENZA REATTIVA

L'Enerkeeper® non è destinato a compensare la potenza reattiva, come farebbe una batteria di condensatori, semplicemente il suo impiego consente una minor produzione di kVAR.

Grazie all'impiego del sistema Enerkeeper® si ottiene il rifasamento tra tensione e corrente, in modo da ottenere il miglior fattore di potenza possibile, che corrisponde ad 1. Pertanto, alla diminuzione dello sfasamento tra V e I, corrisponde la riduzione in proporzione della potenza reattiva. Riducendo quindi la potenza attiva e quella apparente, si riduce anche la reattiva, secondo lo stesso principio.

6.2.4 DIMINUZIONE DELLA TENSIONE TRA NEUTRO E MASSA

Il dispositivo riduce anche la tensione tra neutro e terra e le armoniche presenti nel neutro a terra. Secondo le norme europee, il neutro va collegato direttamente al trasformatore in modo che la tensione tra il neutro e la terra sia 0 V. Normalmente i disallineamenti generati nei circuiti appaiono come "spazzatura" nel neutro: l'EnerKeeper® agisce anche per eliminare questi disturbi. Le cause che aumentano la tensione tra neutro e terra possono essere:

- impedenza del sistema di messa a terra;
- alta impedenza dei conduttori di fase e neutro in circuiti molto lunghi con conduttori di piccolo calibro;

- neutro gravato da alti livelli di corrente e armoniche omopolari (6n-3) perché sono proprio quelle armoniche che creano queste correnti nel neutro;
- squilibri di corrente o tensione nei quadri e nei trasformatori.

6.2.5 RIDUZIONE DEI GAP

L'autotrasformatore Enerkeeper® riduce le micro-interruzioni di tensione che si verificano negli impianti elettrici in misura del 30% circa. Gli effetti nocivi causati dalle cadute di tensione o micro-interruzioni possono essere:

Danni elettronica di potenza.

Possono avvenire in due modi:

- quando cade la tensione, i condensatori si scaricano e si possono perdere i dati memorizzati, fermare orologi, videoregistratori, ricevitori TV, danneggiare hard disk, programmi PLC, ecc.;
- quando ritorna la tensione, vi è un forte sbalzo causato dalla carica dei condensatori ed è, questo, è un problema ricorrente, che fa saltare fusibili ed altre protezioni, ed i condensatori stessi; la causa principale è da ricercarsi nella mancata o ritardata attivazione della protezione automatica presente in tutti i dispositivi elettronici, posta proprio per limitare la corrente di picco nella ricarica dei condensatori, ma che in occasione delle micro-interruzioni spesso non fa in tempo ad intervenire se non dopo che il danno si è verificato.

Danni ai motori.

Il danno può essere prodotto sia da effetti meccanici che elettrici:

- a. Motori asincroni: influenza la velocità, la corrente o la coppia del motore, a seconda del tempo di riconnessione.
- b. Motori sincroni: gli effetti possono essere più gravi, perché il motore può perdere la sincronizzazione ed arrestarsi.

6.3 VANTAGGI DELL'ENERKEEPER

6.3.1 VANTAGGI TECNICI

Grazie al miglioramento sostanziale della qualità dell'energia elettrica correggendo squilibri, potenza reattiva ed armoniche, il ciclo di vita delle apparecchiature collegate al sistema è incrementato di circa il 30%.

Problemi di malfunzionamento causati da surriscaldamento dei trasformatori e dei cablaggi, e malfunzionamenti meccanici, sono risolti con alta efficienza e migliorando la qualità dell'alimentazione.

6.3.2 VANTAGGI ECONOMICI

L'impiego dell'Enerkeeper® riduce i consumi di energia di un minimo compreso mediamente tra il 7% e il 35%.

Il ritorno economico sull'investimento è compreso tra i 16 ed i 28 mesi.

La vita operativa dell'Enerkeeper è di oltre 30 anni e non necessita di alcuna manutenzione.

6.3.3 VANTAGGI AMBIENTALI

L'elettricità contribuisce alla produzione delle emissioni di anidride carbonica per il 46% del totale; pertanto, uno dei modi più efficaci per combattere il cambiamento climatico conseguenza dell'effetto serra è quello di intervenire sul risparmio dell'energia elettrica e il sistema migliore e più economico per ottenere energia pulita è... non consumarne. L'EnerKeeper è riconosciuto come sistema che contribuisce a limitare le emissioni per kWh risparmiato e costituisce quindi una forma utile ed intelligente di risparmio.



Figura 44 – ENERKEEPER: esempio di installazione in cabina di trasformazione MT/bt

7. ENERGIA SOLARE

INDICE CAPITOLO

7.1	I PANNELLI FOTOVOLTAICI	63
7.1.1	DEFINIZIONE DELL'EFFETTO FOTOVOLTAICO	63
7.1.2	STRUTTURE E TIPOLOGIE DI PANNELLI FOTOVOLTAICI.....	63
7.1.3	DALLA CELLA AL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	64
7.1.4	INTEGRAZIONE DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI IN ARCHITETTURA.....	65
7.1.5	MODELLAZIONE MATEMATICA DI UN PANNELLO FOTOVOLTAICO	66
7.2	IMPIANTO FOTOVOLTAICO PROGETTATO E INSTALLATO	70
7.2.1	PREMESSA	70
7.2.2	TERMINI E DEFINIZIONI	70
7.2.3	SCELTE PROGETTUALI	72
7.2.4	MATERIALI E COMPOSIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	72
7.2.5	DATI DI PROGETTO	72
7.2.6	PRODUTTIVITÀ ENERGETICA DELL'IMPIANTO.....	73
7.2.7	BILANCI DI POTENZA ED ENERGIA	73
7.2.8	IMPIANTO FOTOVOLTAICO	76
7.3	PROBLEMATICHE ANTINCENDIO	83
7.4	VALUTAZIONE ECONOMICA	85
7.5	PRODUZIONE DELL'IMPIANTO DA DATI REAL TIME.....	88

L'energia solare in ambito edilizio può essere sfruttata con due approcci attraverso l'impiego di tecniche e tecnologie differenti. Questi si distinguono in due categorie: solare attivo e solare passivo. I sistemi passivi sono quelli che si avvalgono di mezzi e accorgimenti strettamente integrati negli edifici e che per il loro funzionamento non richiedono impianti aggiuntivi. Ad esempio, sono quelli che prevedono un adeguato orientamento dell'edificio, l'utilizzo oculato di superfici vetrate come di serre, lucernari, frangisole, superfici riflettenti, oppure strutture ad elevata inerzia termica, quali i muri di Trombe, i muri a cambiamento di fase o le pareti ad acqua. I sistemi attivi sono invece quelli che si avvalgono di impianti tecnici di supporto, con mezzi per captare, convertire, trasportare e utilizzare l'energia solare. Sono in pratica tutti quei sistemi che utilizzano direttamente la radiazione solare per trasformarla in energia termica o elettrica.

Come si è schematizzato in Figura 45, l'energia solare viene trasformata nel caso del solare attivo in energia termica o energia elettrica. Nella trasformazione si hanno rendimenti sempre minori dell'unità e nel caso del fotovoltaico anche di molto. Tra energia termica ed energia elettrica sono possibili ulteriori conversioni tramite apposite macchine con un ulteriore abbattimento della resa. Gli impianti necessari alla captazione dell'energia solare e alla loro trasformazione sono costituiti nei loro elementi fondamentali da pannelli

fotovoltaici o collettori termici, esistono anche sistemi ibridi, ma sono nettamente meno diffusi. I pannelli fotovoltaici trasformano direttamente l'energia solare in energia elettrica. I pannelli o (collettori) termici trasformano l'energia solare in calore che può essere sfruttato, ad esempio, per attivare turbine di cogenerazione elettrica, oppure per eseguire trattamenti specifici in alcuni settori industriali o agricoli, oppure ancora per produrre acqua calda sanitaria e riscaldare gli ambienti in base al sistema di concentrazione adottato e quindi alle temperature di funzionamento.

Le tecnologie a bassa temperatura comprendono i sistemi che usano un collettore solare per riscaldare un liquido o l'aria. Lo scopo è captare e trasferire energia solare per produrre acqua calda o riscaldare gli ambienti. Con la denominazione "bassa temperatura" ci si riferisce a fluidi scaldati al di sotto dei 100°C o comunque non superiori ai 150°C in condizioni di regime per i tubi sottovuoto. Tale limitazione tecnica viene chiarita al punto 5.1.4, dove si mostrerà come il rendimento di questa tecnologia è fortemente dipendente dalla differenza di temperatura tra fluido termovettore nel sistema e l'ambiente.

Le tecnologie a media/alta temperatura sono relative a sistemi a concentrazione parabolici, lineari o puntuali con temperature anche superiori a 300 °C. Questa tecnologia oggi rimane comunque ancora impiegata quasi esclusivamente per centrali sperimentale di produzione di energia elettrica anche se i recenti sviluppi tecnologici fanno prevedere un rilancio applicativo di questa tecnologia sia per la generazione di energia elettrica su piccola scala, sia per la produzione di calore di processo per l'industria, sia per applicazioni in ambito domestico per l'affiancamento a sistemi tradizionali. Tutto ciò trova conferma nei recenti studi svolti attualmente anche in Italia dall'ENEA con il progetto Archimede.

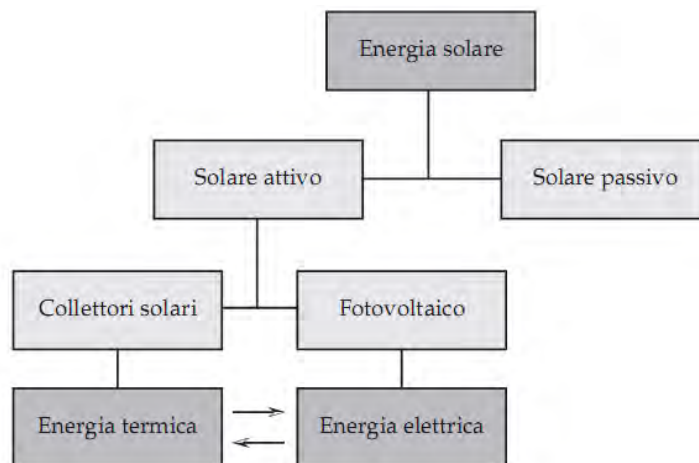


Figura 45 - Rappresentazione logica energie nei sistemi ad energia solare.

Altro utilizzo attualmente in grande sviluppo applicativo è quello del *Solar Cooling*, che prevede l'accoppiamento di sistemi captanti termici (collettori solari) e di macchine ad assorbimento il raffrescamento di ambienti.

Ad oggi i sistemi largamente diffusi a livello residenziale sono quelli a bassa temperatura, principalmente utilizzati per la produzione di acqua calda e per l'integrazione del riscaldamento, e i sistemi fotovoltaici. Negli ultimi anni si segnala l'interessante presenza sul mercato di collettori solari a concentrazione e macchine ad assorbimento di piccole dimensioni pensati per l'installazione in piccoli impianti nel settore terziario o residenziale.

7.1 I PANNELLI FOTOVOLTAICI

7.1.1 DEFINIZIONE DELL'EFFETTO FOTOVOLTAICO

L'effetto fotovoltaico consiste nella conversione dell'energia solare in energia elettrica. Questo processo è reso possibile dalle proprietà fisiche di alcuni elementi definiti semiconduttori come il silicio. Nel 1839 il fisico francese Alexandre Edmund Becquerel (1820-1891) osservò che l'intensità della corrente tra due elettrodi di platino immersi in una soluzione conduttrice di nitrato di piombo (cella elettrolitica), contenuta in un cilindro di vetro, aumentava se si esponeva la pila così composta alla luce del Sole. Studi successivi condotti intorno al 1876 da Smith, Adamse Day, portarono alla realizzazione della prima cella fotovoltaica costituita dalla giunzione del selenio (semiconduttore) con alcuni ossidi metallici. Nel 1954 negli USA studi presso i laboratori Bell portarono alla realizzazione delle prime celle fotovoltaiche commerciali in silicio monocristallino. In questo periodo la tecnologia fotovoltaica trovò applicazione in campo aerospaziale. Solo a partire dal 1970 con il manifestarsi delle crisi energetiche di portata mondiale, si iniziò a trasferire la tecnologia fotovoltaica anche nel settore delle costruzioni civili.



Figura 46 – Pannelli fotovoltaici.

7.1.2 STRUTTURE E TIPOLOGIE DI PANNELLI FOTOVOLTAICI

L'elemento che sta alla base della tecnologia fotovoltaica è la cella che è costituita da un materiale semiconduttore, il silicio, di spessore estremamente ridotto (0,3 mm), che viene trattato mediante operazione di "drogaggio" che consiste nel trattare il silicio con atomi di fosforo e boro al fine di ottenere correnti elettriche stabili all'interno della cella. Allo strato di silicio vengono

applicati mediante sistema serigrafico dei contatti elettrici metallici (in argento o alluminio) che sono costituiti da una superficie continua sul fronte posteriore ed una griglia sul lato anteriore della cella. La loro funzione è quella di captare il maggior flusso elettrico possibile e convogliarlo all'esterno. La cella viene poi rivestita da uno strato antiriflettente di ossido di titanio per minimizzare la componente di radiazione solare riflessa. Il parametro più importante della cella è il suo rendimento che rappresenta il rapporto tra la massima potenza $P_{max} [W_p]$ che si ottiene dalla cella e la potenza totale della radiazione incidente sulla superficie frontale. Il livello del rendimento diminuisce all'aumentare della temperatura delle celle, poiché la temperatura ostacola il passaggio degli elettroni nel semiconduttore.

$$\eta = \frac{P_{cella}}{P_{max}}$$

Celle a silicio monocristallino

Hanno un grado di maggior purezza del materiale e garantiscono le migliori prestazioni in termini di efficienza, avendo il rendimento più alto pari al 15%. Si presentano di colore blu scurissimo uniforme e hanno forma circolare o ottagonale, di dimensione dagli 8 cm ai 12 cm di diametro e 0,2 mm ÷ 0,3 mm di spessore.

Celle a silicio policristallino

Hanno una purezza minore condizione che comporta una minor efficienza; il loro rendimento si aggira tra l'11 % e il 14%. Si presentano di un colore blu intenso cangiante dovuto alla loro struttura policristallina. Hanno forma quadrata o ottagonale e di spessore analogo al precedente tipo.

Silicio amorfo

Si tratta della deposizione di uno strato sottilissimo di silicio cristallino (1÷2 mm) su superfici di altro materiale, ad esempio vetri o supporti plastici. In questo caso è improprio parlare di celle, in quanto possono essere ricoperte superfici anche consistenti in modo continuo. L'efficienza di questa tecnologia è sensibilmente più bassa, nell'ordine del 5 % ÷ 7 % ed è soggetta a un decadimento consistente (-30 %) delle proprie prestazioni nel primo mese di vita (effetto Stabler-Wronsky) che impone quindi un sovradimensionamento della superficie installata, in modo da consentire in fase di esercizio la produzione di energia elettrica preventivata in sede di progetto.

7.1.3 DALLA CELLA AL SISTEMA FOTOVOLTAICO

I moduli fotovoltaici sono costituiti da diversi strati sovrapposti:

1. lastra di vetro temprato di spessore variabile che ha una duplice funzione: di assicurare una buona trasmittanza termica (> 90%) ed una resistenza meccanica, considerato il fatto che le celle fotovoltaiche sono molto fragili e si rompono facilmente;

2. primo foglio sigillante trasparente in EVA (acetato vinile etilenico) che ha la funzione di garantire la tenuta agli agenti esterni ed un buon isolamento dielettrico;
3. celle fotovoltaiche;
4. secondo foglio sigillante in EVA per l'isolamento posteriore;
5. chiusura posteriore che può essere in vetro, con la funzione di favorire lo scambio termico e consentire una parziale trasparenza del modulo, o in Polivinilfluoruro (PVF) noto commercialmente come Tedlar® che viene impiegato in fogli nell'assemblaggio dei moduli fotovoltaici per le sue particolari caratteristiche anti-umidità.

Il sandwich viene posto in forno di laminazione in cui, tramite riscaldamento a circa 150 °C, dove si realizza la sigillatura dei componenti, l'EVA diviene trasparente e si eliminano dall'interno della stratificazione l'aria e il vapore contenuti tra gli interstizi in modo da evitare possibili processi di corrosione. Realizzato il laminato il modulo è completato da cornici di alluminio, anche se le recenti realizzazioni propendono per soluzioni prive di cornice, che sono più leggere e preferite in campo architettonico. Nella parte posteriore del modulo fotovoltaico è collegata la scatola di giunzione per i collegamenti elettrici necessari per l'installazione.

I sistemi fotovoltaici possono essere di due tipi:

- sistemi isolati (stand alone);
- sistemi connessi alla rete (grid - connected).

I primi devono coprire la totalità della domanda energetica dell'utenza, che non deve essere connessa alla rete, e prevedono per questo un sistema di accumulo a batterie che garantisca l'erogazione di corrente anche nelle ore di minore illuminazione o di buio. Il sistema isolato è costituito da:

- pannelli fotovoltaici;
- regolatore di carica;
- batteria;
- inverter.

I sistemi connessi alla rete cedono ad essa l'eccedenza di energia generata nelle ore di sole e ne acquistano nelle ore in cui il generatore non è sufficiente a coprire il fabbisogno energetico dell'utenza. I sistemi connessi alla rete dispongono perciò di due contatori per contabilizzare i flussi di energia elettrica nelle due direzioni. Nel complesso un sistema connesso è composto dagli stessi componenti descritti per un sistema isolato tranne che per le batterie di accumulo, di cui non ha bisogno dato che può erogare o assorbire potenza direttamente dalla rete elettrica dell'ente distributore.

7.1.4 INTEGRAZIONE DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI IN ARCHITETTURA

I pannelli fotovoltaici ultimamente sono oggetto di grande interesse da parte di architetti e progettisti che ne progettano l'inserimento in vario modo all'interno di nuove realizzazioni o di edifici da riqualificare. Per uniformare il lessico usato in tale tipologia di intervento di seguito si definiscono gli interventi

di integrazione dei sistemi fotovoltaici negli edifici e la loro generale suddivisione in tre categorie a seconda di quale è l'oggetto dell'intervento:

- interventi retrofit; si definiscono quando il sistema fotovoltaico è integrato nella struttura di un edificio esistente. Sono interventi complessi perché non sempre sono soddisfatti tutti i requisiti che garantiscono un'ottima collocazione della superficie dell'impianto. Inoltre, tali interventi spesso rendono difficile l'integrazione dell'impianto con la struttura dell'edificio esistente e quindi è necessario intervenire impiegando telai autonomi da addossare all'edificio.
- integrazione su nuovi edifici; si definisce quando il sistema fotovoltaico è integrato alla struttura di un edificio che deve essere costruito, in questo caso è possibile curare contemporaneamente gli aspetti impiantistici ed estetici del progetto.
- integrazione su elementi di arredo urbano; si definisce quando il sistema fotovoltaico è integrato alla struttura di elementi che appartengono all'arredo urbano che possono essere ad esempio lampioni stradali, percorsi pedonali coperti, pensiline per il ricovero di biciclette, ecc.

7.1.5 MODELLAZIONE MATEMATICA DI UN PANNELLO FOTOVOLTAICO

Il comportamento di un pannello fotovoltaico è influenzato dalla quantità e dalla angolazione della radiazione solare incidente e dalla temperatura di funzionamento. Una sua modellazione matematica è stata studiata da Townsend (1989) e da Duffie e Beckman (1991). Il modello è quello di Eckstein (1990). Tale modello elettrico a 4 parametri concentrati (Figura 47) si basa sull'ipotesi seguente:

$$\frac{dI}{dV} \Big|_{V=0} = 0 \quad (7.1)$$

e genera la curva I-V (intensità di corrente/intensità di tensione) caratteristica del sistema in date condizioni di funzionamento (irraggiamento e temperatura). Da essa è possibile dedurre I e V in output dal modulo fotovoltaico e determinare il punto a massima potenza sulla curva:

$$P_{max} = I_{mp} V_{mp} \quad (7.2)$$

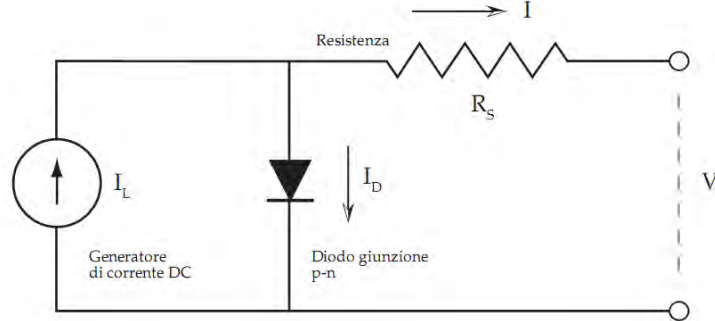


Figura 47 - Schematizzazione circuito elettrico a 4 parametri per modulo fotovoltaico.

con I_{mp} e V_{mp} i corrispondenti valori di corrente e tensione rispettivamente.

Facendo uso delle ben note leggi della teoria dei circuiti e dell'equazione del diodo ideale di Shockley:

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{qV_D}{\eta kT}} - 1 \right) \quad (7.3)$$

$$I = I_L + I_0 \left(e^{\frac{q}{\eta kT}(V + IR_s)} - 1 \right) \quad (7.4)$$

dove q è la carica elementare pari a $1,602 \times 10^{-19}C$, T è la temperatura assoluta del modulo, k la costante di Boltzmann pari a $1,3806 \times 10^{-23}J/K$ e η il coefficiente di emissione. Il valore dell'intensità di corrente di saturazione del diodo I dipende dalla temperatura secondo la seguente relazione cubica:

$$I_0 = I_{0,rif} \left(\frac{T_C}{T_{C,rif}} \right)^3 \quad (7.5)$$

La corrente fotovoltaica prodotta è, invece, funzione lineare dell'irraggiamento solare:

$$I_L = I_{L,rif} \left(\frac{G_T}{G_{T,rif}} \right)^3 \quad (7.6)$$

con $I_{0,rif}$, $I_{L,rif}$, $T_{C,rif}$, $G_{T,rif}$ i valori assunti nelle condizioni di riferimento.

Si fa notare che l'equazione 7.4 è fortemente non lineare e richiede l'impiego di metodi numerici per la sua risoluzione (metodo iterativo alla Newton-Raphson).

Per un pannello fotovoltaico prodotto dalla *Q-cell* è stata ricavata la curva I-V caratteristica (Figura 48) per la situazione di riferimento con irraggiamento e temperatura ambiente pari rispettivamente a 1000 W/m^2 e 25° C e i seguenti dati forniti dal produttore:

	$I_{sc}[A]$	$I_{mp}[A]$	$V_{oc}[V]$	$V_{mp}[V]$
Q.Pro 210	8,09	7,57	35,83	28,35

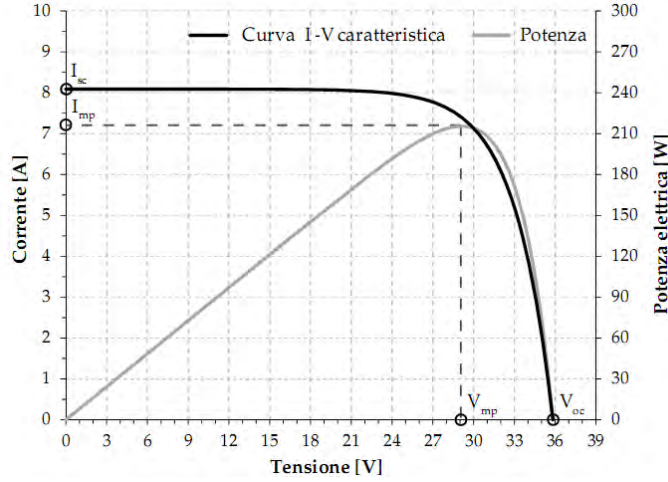


Figura 48 - Esempio Curva caratteristica I-V e relativa curva di Potenza.

CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEL MODULO

Vengono utilizzati i dati della temperatura secondo i calcoli suggeriti dalla norma NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) per calcolare la temperatura del modulo fotovoltaico T_c a ogni istante. La temperatura NOCT ($T_{c,NOCT}$) è definita come la temperatura di funzionamento del modulo con una velocità del vento di 1 m/s, nessun carico elettrico applicato e una data insolazione e temperatura ambiente che usualmente sono fissate rispettivamente a 800 W/m^2 e 20° C . Il calcolo si articola attraverso la determinazione della seguente costante:

$$\frac{\tau_\alpha}{U_L} = \frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{G_{T,NOCT}} \tag{7.7}$$

e di seguito della temperatura del modulo ad ogni istante:

$$T_c = T_a + \frac{1 - \eta_c / \tau_\alpha}{G \tau_\alpha / U_L} \tag{7.8}$$

dove η_c è il coefficiente di efficienza di conversione del modulo variabile con le condizioni dell'ambiente. $T_{c,NOCT}$, $T_{a,NOCT}$, $G_{T,NOCT}$ sono noti, τ_α è costante, oppure variabile e calcolabile in funzione dell'angolo di incidenza della radiazione solare.

CALCOLO COEFFICIENTI MODELLO ELETTRICO

Dai dati forniti dal produttore (I_{sc} , I_{mp} , V_{oc} , V_{mp}) vengono calcolati i valori dei parametri elettrici del modello (I_L , I_0 , R_S).

Gli stessi tramite le seguenti correlazioni vengono ricondotti ai parametri impiegati nel modello elettrico:

$$I_{L,rif} \approx I_{sc,rif} \tag{7.9a}$$

$$\eta = \frac{q(V_{mp,rif} - V_{oc,rif} + I_{mp,rif}R_s)}{kT_{c,rif} \ln\left(1 - \frac{I_{mp,rif}}{I_{sc,rif}}\right)} \quad (7.9b)$$

$$I_{0,rif} = I_{sc,rif} e^{\frac{qV_{oc,rif}}{\eta k T_{c,rif}}} \quad (7.9c)$$

$$\frac{\partial V_{oc}}{\partial T_c} = \frac{\eta k}{q} \left[\frac{\partial V_{sc}}{\partial T_c} \frac{T_c}{I_{sc,rif}} + \ln\left(\frac{I_{sc,rif}}{I_{0,rif}}\right) - \frac{\varepsilon q N_s}{\eta k T_{c,rif}} - 3 \right] \quad (7.9d)$$

con N_s il numero di celle fotovoltaiche di cui è costituito il modulo, ε la banda proibita del semiconduttore espressa in eV. L'equazione 7.9d di natura differenziale sfrutta la correlazione tra tensione e temperatura e i relativi parametri forniti dal produttore. Anche in questo caso la risoluzione dell'equazione è ottenuta con successive iterazioni considerando come limiti fisici $0 \leq R_s \leq R_s^*$ avendo indicato con R_s^* il valore che assume R_s quando $\eta = N_s$.

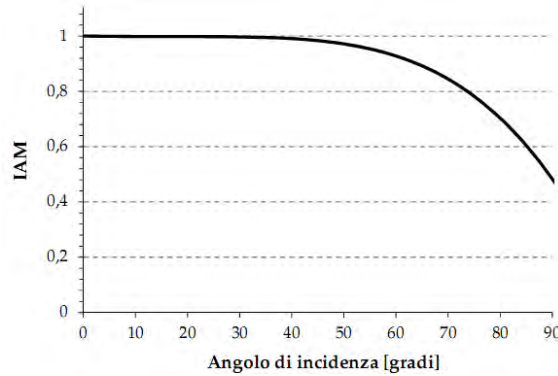


Figura 49 - Correlazione IAM pannello fotovoltaico

CORREZIONE PER ANGOLAZIONE.

Ulteriore precisazione va fatta sulla possibilità di approssimare ulteriormente il risultato calcolando le perdite dovute alla variazione dell'angolo di incidenza della radiazione solare. La correlazione usata è quella di King (1997) riportata anche in Figura 49:

$$\frac{(\tau\alpha)_b}{(\tau\alpha)_n} = 1 - b_1\theta - b_2\theta^2 + b_3\theta^3 - b_4\theta^4 \quad (7.10)$$

con θ l'angolo di incidenza espresso in gradi, $b_1 = 1,098 \times 10^{-4}$, $b_2 = 6,267 \times 10^{-6}$, $b_3 = 6,583 \times 10^{-7}$, $b_4 = 1,4272 \times 10^{-8}$.

7.2 IMPIANTO FOTOVOLTAICO PROGETTATO E INSTALLATO

7.2.1 PREMESSA

Per compiere un altro grande passo nella direzione dell'efficientamento energetico, per la Struttura Sanitaria in oggetto è stato progettato e poi installato un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 234 kWp, destinato a operare in parallelo alla rete elettrica di distribuzione ENEL. L'impianto è stato dimensionando considerando un autoconsumo molto elevato, di circa il 95%, perché in assenza di incentivi, non è economicamente valido produrre/vendere energia elettrica da fotovoltaico per venderla in rete.

Il grande vantaggio economico sta nel non dover acquistare l'energia elettrica, specialmente in questo periodo di "caro bollette".

L'impianto è stato previsto e poi realizzato sulla copertura piana dell'edificio "E" (Centro Diurno).

Per quanto riguarda la stima di producibilità, essendo l'irraggiamento solare una sorgente di energia aleatoria e quindi solo statisticamente prevedibile, si fa riferimento a raccolta dati, pubblicazioni ufficiali di siti, istituzioni scientifiche (Enea, Atlante Solare, piattaforma PV GIS) che raccolgono ed elaborano dati acquisiti, in campagne di rilievi su lungo periodo, fornendo così medie statistiche raccolte in tabelle di anni-tipo con rappresentazione di elaborati grafici e report. Le stime di producibilità dell'impianto sono state calcolate utilizzando il programma PVGIS Sarah (Photovoltaic Geographical Information System) del JRC di Ispra (Commissione Europea).

L'impianto è costituito dai seguenti componenti principali:

- Strutture di supporto moduli
- Moduli fotovoltaici
- Inverter
- Quadro BT di parallelo e interfaccia
- Misuratore di energia
- Quadro di scambio rete in MT

L'impianto è collegato alla rete locale del distributore Enel al livello di tensione 20 kV sul punto di connessione esistente attraverso la rete MT interna (cabina di trasformazione MT/BT) della struttura.

La cabina esistente attualmente è costituita da una protezione generale DG CEI 0-16 e due partenze trasformatori con due trasformatori in parallelo di potenza unitaria da 1600 kVA 20000/400 Volt $V_{cc} = 6\%$ più il quadro generale di cabina BT, su cui verrà allacciato il quadro di parallelo dell'impianto fotovoltaico. Il sistema elettrico è di tipo TN-S.

7.2.2 TERMINI E DEFINIZIONI

- Cella fotovoltaica: Dispositivo semiconduttore che genera elettricità quando è esposto alla luce solare.

- Modulo fotovoltaico: assieme di celle fotovoltaiche elettricamente collegate e protette dagli agenti atmosferici, anteriormente mediante vetro e posteriormente con vetro e/o materiale plastico. Il bordo esterno è protetto da una cornice in alluminio anodizzato.
- Pannello fotovoltaico: un gruppo di moduli fissati su un supporto metallico.
- Stringa fotovoltaica: un gruppo di moduli elettricamente collegati in serie. La tensione di lavoro dell'impianto è quella determinata dal carico elettrico "equivalente" visto dai morsetti della stringa.
- Campo fotovoltaico: un insieme di stringhe collegate in parallelo e montate su strutture di supporto, generalmente realizzate con profilati in acciaio zincato.
- Corrente di cortocircuito di un modulo o di una stringa: corrente erogata in condizioni di cortocircuito, ad una particolare temperatura e radiazione solare.
- Tensione a vuoto di un modulo o di una stringa: tensione generata ai morsetti a circuito aperto, ad una particolare temperatura e radiazione solare.
- Caratteristica corrente - tensione di un modulo o di una stringa: corrente erogata ad una particolare temperatura e radiazione, tracciata quale funzione della tensione di uscita.
- Potenza massima di un modulo o di una stringa: potenza erogata, ad una particolare temperatura e radiazione, nel punto della caratteristica corrente - tensione dove il prodotto corrente - tensione ha il valore massimo.
- Condizioni standard di funzionamento di un modulo o di una stringa: un modulo opera alle "condizioni standard" (STC) quando la temperatura delle giunzioni delle celle è di 25 °C, la radiazione solare incidente è 1.000 W/m² e la distribuzione spettrale della radiazione solare è quella standard (AM 1,5).
- Condizioni operative di funzionamento di un modulo o di una stringa: un modulo lavora in "condizioni operative" quando la temperatura ambiente è di 20°C, la radiazione solare di 800 W/m² e la velocità del vento di 1 m/s.
- Potenza di picco: potenza erogata nel punto di potenza massima alle condizioni standard STC
- Efficienza di conversione di un modulo: rapporto tra la potenza massima del modulo ed il prodotto della sua superficie per la radiazione solare, espresso come percentuale.
- Convertitore CC/CA (Inverter): convertitore statico in cui viene effettuata la conversione dell'energia elettrica da continua ad alternata, tramite un trasformatore e un ponte a semiconduttori, opportuni dispositivi di controllo, che permettono di ottimizzare il rendimento del campo fotovoltaico.

7.2.3 SCELTE PROGETTUALI

Ai fini di un corretto funzionamento di un impianto fotovoltaico e dell'ottimizzazione dei rendimenti, la fase progettuale gioca un ruolo fondamentale. Infatti, scegliere in maniera corretta la struttura dell'impianto e le caratteristiche dei suoi componenti è determinante per ottimizzare la produzione di energia, limitando i fuori servizi, e aumentare, di conseguenza, la redditività dell'investimento.

Quindi i punti fondamentali sui quali focalizzare l'attenzione in questa fase di progetto sono:

- scelta dei componenti: individuare apparecchiature idonee alle esigenze dell'impianto che si va a progettare;
- scelta della struttura: ubicazione dell'impianto;
- dimensionamento impianto: scelta delle taglie ottimali delle apparecchiature da utilizzare in modo da ottimizzare il rapporto qualità/prezzo.

7.2.4 MATERIALI E COMPOSIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Sul mercato sono presenti ormai molteplici prodotti che in maniera più o meno affidabile possono essere utilizzati per la realizzazione di un impianto fotovoltaico.

Fra le tipologie di pannelli disponibili sul mercato, si è stato scelto il silicio monocristallino, per le migliori prestazioni e alta efficienza a parità di superficie occupata.

Il numero totale dei pannelli è 520 da 450 W cad., suddivisi in 40 stringhe da 13 moduli cad..

Per gli inverter, si è optato per una conversione distribuita in campo mediante macchine trifase di potenza pari a 100 kW.

Sono stati previsti n. 2 inverter da 100 kW cad.; ogni inverter ha 10 MPPT che possono alloggiare fino a massimo n. 2 stringhe per MPPT.

Per quanto riguarda invece le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici, si sono scelte delle strutture metalliche montate su zavorre di cemento con possibilità di regolazione della inclinazione.

Inoltre, è stato previsto un quadro di parallelo fotovoltaico da alloggiare in cabina elettrica di trasformazione.

7.2.5 DATI DI PROGETTO

- Località: San Martino al Cimino (VT)
- Coordinate Geografiche: Latitudine 42.368 - Longitudine 12.128
- Orientamento: Sud-Ovest
- Ombre / Ostacoli: assenti nelle zone interessate
- Tipologia della superficie di appoggio moduli FV: orizzontale
- Tipologia di installazione: su copertura
- Tensione di consegna in rete: 20 kV – 50 Hz

7.2.6 PRODUTTIVITÀ ENERGETICA DELL'IMPIANTO

Come riportato nell'allegato 1 del Decreto Ministeriale del 19 febbraio 2007, tutti i componenti dell'impianto, oltre a essere provati e verificati in laboratori accreditati in conformità alle norme UNI CEI EN ISO/IEC 17025, devono osservare le seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0,85 P_{nom} \frac{G_p}{G_{stc}}$$

$$P_{ca} > 0,9 P_{cc}$$

Dove:

- P_{cc} = Potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico con precisione migliore del $\pm 2\%$
- P_{nom} = Potenza nominale del generatore fotovoltaico
- G_p = Irraggiamento in W/m^2 misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$
- $G_{stc} = 1.000 W/m^2$ è l'irraggiamento in condizioni di prova standard
- P_{ca} = Potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, con precisione migliore del $\pm 2\%$

La misura della potenza P_{cc} e della potenza P_{ca} deve essere effettuata in condizioni di irraggiamento sul piano dei moduli (G_p) superiore a $600 W/m^2$.

Va considerato poi un decremento nel tempo dell'efficienza dei moduli dovuta al degrado dei componenti o all'insorgere di problemi di laminazione. Sulla base di risultati sperimentali ottenuti da enti europei di ricerca (JRC di Ispra, LEEE-TiSo), si è valutata una perdita della producibilità massima del 10% al ventesimo anno di vita dell'impianto ed una perdita media del 5% nell'arco dei 20 anni di vita dell'impianto, con un'equivalente riduzione dell'energia prodotta.

7.2.7 BILANCI DI POTENZA ED ENERGIA

I moduli sono stati installati mediante un'apposita struttura metallica secondo la seguente configurazione al fine di massimizzare l'energia elettrica producibile:

- Inclinazione modulo rispetto al piano orizzontale: 10°
- Orientamento AZIMUT: $+26^\circ$

Come per qualsiasi impianto di energia rinnovabile, la fonte di energia primaria risulta essere aleatoria, e quindi solo statisticamente prevedibile. Per avere riferimenti oggettivi sui calcoli di prestazione dei sistemi, si fa riferimento a pubblicazioni ufficiali che raccolgono le elaborazioni di dati acquisiti sul lungo periodo, fornendo così medie statistiche raccolte in tabelle di anni-tipo. Le stime di producibilità dell'impianto sono state calcolate utilizzando il programma PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) del JRC di Ispra (Commissione Europea).

Di seguito si riportano le tabelle relative alla producibilità calcolata per il campo fotovoltaico:

- Luogo: Coordinate Geografiche: Latitudine: 42.368; Longitudine: 12.128

- Perdite Sistema: 14%
- Angolo inclinazione pannello: 10°
- Orientamento Azimut: +26°
- Potenza nominale del generatore: 234 kW_p

Si ricavano dalla stima secondo PVGIS:

- ✓ La variazione di produzione a causa di:
 - Temperatura e basso irradianza [%]: -10,96
 - Effetti spettrali [%]: 0,95
 - Angolo di incidenza [%]: - 3,39

per un totale delle perdite pari al – 25,31 %

- ✓ Irraggiamento annuale nel piano (kWh/m²): 1.662,55
- ✓ Variabilità da un anno all'altro (kWh): 12.857,02
- ✓ Produzione annuale FV (kWh): 290.552,98

Dai dati rilevati, elaborati e da calcoli inerenti la stima dell'irraggiamento sul piano fotovoltaico, si ricavano i dati riportati nella seguente tabella relativa alla produzione di energia elettrica stimata attesa, i grafici della produzione di energia e irraggiamento medio mensile:

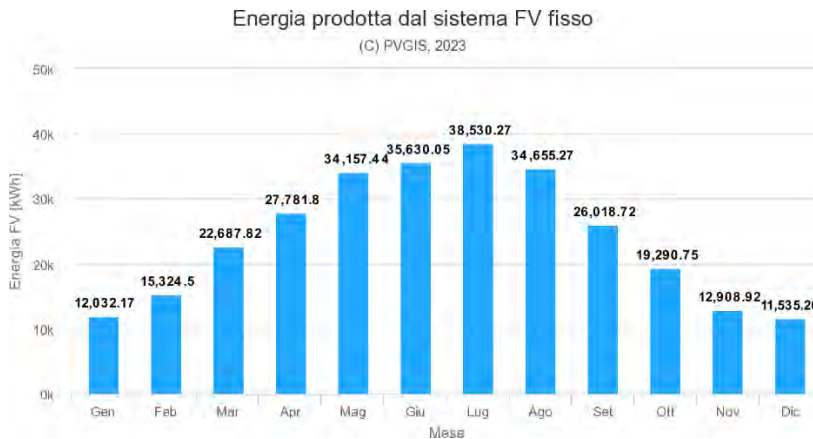


Figura 50 – Energia prodotta dal sistema FV.

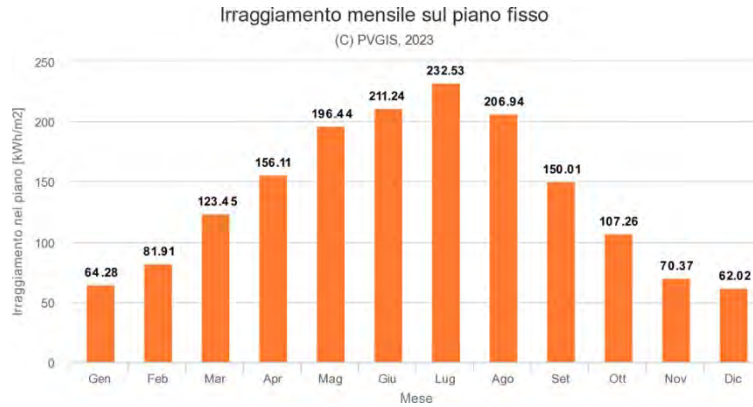


Figura 51 – Irraggiamento mensile sul piano fisso.

Grafico dell'orizzonte

(C) PVGIS, 2023

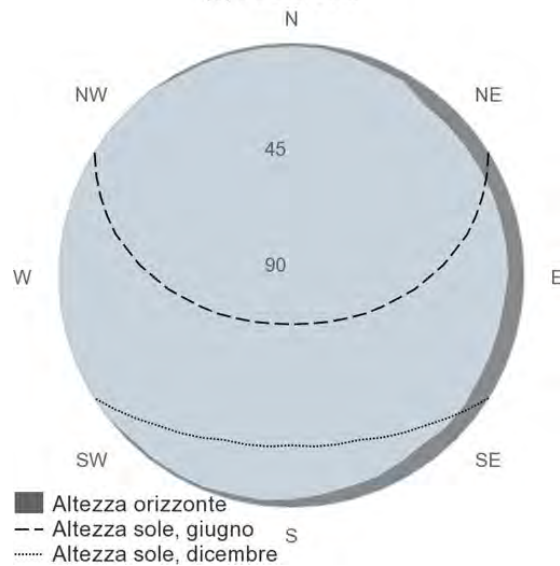


Figura 52 – Diagramma solare.

Mese	Sistema Fisso TILT 10° - AZIMUT +26°		
	Irraggiamento nel piano [kWh/m²]	Produzione Media Giornaliera [kWh]	Produzione Mensile[kWh]
Gennaio	64,28	388,13	12.032,17
Febbraio	81,91	547,3	15.324,50
Marzo	123,45	731,87	22.687,82
Aprile	156,11	926,06	27.781,80

Maggio	196,44	1101,85	34.157,44
Giugno	211,24	1187,67	35.630,05
Luglio	232,53	1242,91	38.530,27
Agosto	206,94	1117,91	34.655,27
Settembre	150,01	867,29	26.018,72
Ottobre	107,26	622,28	19.290,75
Novembre	70,37	430,3	12.908,72
Dicembre	62,02	372,11	11.353,26
Media Annuale	138,55	796,04	24.212,75
Totale annuale [kWh]			290.552,98
Produzione Elettrica media [kWh/kW_p]			1.241,68

Tabella 3 – Produzione di energia annuale e media dal sistema FV

7.2.8 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Impianto Base

L'impianto è stato realizzato sulla copertura dell'edificio E ed è costituito da 520 moduli da 450 W_p cad., per una potenza complessiva installata di 234 kW_p. L'impianto è stato appena terminato ed è in fase di test, in attesa che si concluda l'iter amministrativo di allaccio alla rete Enel. Al termine di questo paragrafo verranno ripotati i grafici della produzione ottenuti in questa fase di test, durante la quale si stanno utilizzando i 2 inverter uno alla volta. Di seguito si riporta il layout dell'impianto realizzato.



Figura 53 – layout impianto FV realizzato sul terrazzo del Centro Diurno.

I moduli sono divisi in 40 stringhe, ciascuna costituita da 13 moduli in serie, che a gruppi di 20 stringhe confluiscono rispettivamente a 2 inverter da 100 kW cad. Dagli inverter partono le linee elettriche che si attestano sul quadro di parallelo e di interfaccia di bassa tensione, di nuova realizzazione, contenente tutti i dispositivi necessari a proteggere l'impianto.

Le stringhe sono disposte ad una distanza tra di loro minima di 2,90 metri per evitare gli ombreggiamenti reciproci.

L'impianto è connesso in MT alla rete pubblica di distribuzione Enel attraverso la propria cabina di trasformazione MT/bt della struttura, ove è previsto il DG e la protezione generale PG, previa la realizzazione di opere di adeguamento dell'impianto, quale il distacco di uno dei due trasformatori MT/bt di cabina, in considerazione dell'ampio margine di sicurezza in termini di potenza installata rispetto alla richiesta e di adeguamento degli impianti all'Allegato A70.

Moduli Fotovoltaici

I moduli fotovoltaici previsti per tale impianto sono marchiati VDS Power tipo VDS-S144/M6H in silicio monocristallino 166 mm della potenza di 450 Wp. Il modulo è costituito da 144 (6*24) celle collegate in serie. La struttura del modulo fotovoltaico è completata da una cornice in alluminio anodizzato. Ciascun modulo è dotato, sul retro, di n. 1 scatola di giunzione a tenuta stagna IP68 contenente diodi di by-pass e tutti i terminali elettrici ed i relativi contatti per la realizzazione dei cablaggi.

Le caratteristiche costruttive e funzionali dei pannelli sono rispondenti alle Normative CE.

Caratteristiche pannelli scelti alle condizioni STC:

- Potenza di picco: 450 W_p
- Tensione nominale: 41,40 V
- Corrente alla potenza massima: 10,87 A
- Tensione a circuito aperto: 49,20 V
- Corrente di corto circuito: 11,61 A
- Tensione massima di sistema: 1.500 VDC (IEC)
- Coefficiente Temperatura P_{max}: -0,34%/°C
- Coefficiente Temperatura V_{oc}: -0,25%/°C
- Coefficiente Temperatura I_{sc}: 0,040%/°C

Inoltre, i pannelli sono a doppio isolamento ed hanno classe di reazione al fuoco pari ad 1.

Inverter

L'impianto è dotato di 2 inverter distribuiti marca SOLIS modello Solis-100K-5G, conformi alle direttive nazionali ed europee per la sicurezza e l'immissione in rete degli impianti fotovoltaici.

Le caratteristiche degli inverter scelti sono riportate di seguito:

- Ingresso DC
- Tensione massima in ingresso: 1100 V
- Tensione nominale: 600V
- Tensione di avviamento: 195 V
- Gamma di tensioni MPPT: 180 ÷ 1000 V
- Corrente massima in ingresso: 10*26A
- Corrente massima di c.to c.to: 10*40A
- Numero MPPT/Numero massimo di stringhe: 10/20
- Uscita AC
- Potenza in uscita nominale: 100 kW
- Potenza apparente massima in uscita: 110 kVA
- Potenza massima in uscita: 110 kW
- Tensione di rete nominale: 3/N/PE, 220 V / 380 V, 230 V / 400 V
- Frequenza di rete nominale: 50 Hz / 60 Hz
- Corrente in uscita di rete nominale: 152.0 A / 144.3 A
- Corrente massima in uscita: 167.1 A
- Fattore di Potenza: > 0,99 (0,8 in testa - 0,8 in ritardo)
- THDi: <3%

Gli inverter sono posizionati a quota marciapiede di fronte il cavedio attualmente presente che collega l'edificio con la cabina. Ovviamente bisognerà realizzare delle barriere di protezione per evitare manomissioni agli inverter.

Dall'uscita lato CA di ciascuno inverter partono le linee elettriche di alimentazione/collegamento che si attestano sul quadro BT di parallelo e di interfaccia.

Gli inverter sono protetti da un magnetotermico con differenziale di tipo B opportunamente regolato seguendo anche le indicazioni del costruttore.

Dimensionamento del generatore fotovoltaico

Il dimensionamento del generatore fotovoltaico è stato eseguito secondo quanto indicato nella norma CEI 82-25.

Il modulo fotovoltaico scelto per lo sviluppo del presente progetto è il seguente: Tecnologia: Mono-cristallino- Monofacciale.

Produttore: VDS Power VDS-S144/M6H 3455-460 W

Modello: modello scelto da 450 Wp

L'inverter scelto per il presente progetto è il seguente: Produttore: Solis

Modello: 400V: Solis 100K 5GLe condizioni di dimensionamento da rispettare sono le seguenti:

- la massima tensione a vuoto del generatore fotovoltaico $V_{oc,max}$, corrispondente alla minima temperatura ipotizzabile, non deve superare la massima tensione di ingresso tollerata dall'inverter;
- la minima tensione V_{mp} del generatore fotovoltaico, valutata alla massima temperatura di esercizio dei moduli, non deve essere inferiore alla minima tensione di funzionamento dell'MPPT dell'inverter;
- La massima tensione V_{mp} del generatore fotovoltaico, valutata alla minima temperatura di esercizio dei moduli, non deve superare la massima tensione di funzionamento dell'MPPT dell'inverter;
- la massima corrente del generatore fotovoltaico in condizioni di corto-circuito non deve superare la massima corrente di corto-circuito d'ingresso dell'MPPT;
- la massima corrente del generatore fotovoltaico nel funzionamento MPP non deve superare la massima corrente di ingresso tollerata dall'inverter.

Si riportano di seguito i valori analitici delle grandezze elettriche che definiscono l'accoppiamento tra modulo e generatore fotovoltaico.

Le stringhe sono costituite da 13 moduli e sono in numero di 20 per ogni inverter. Ogni inverter ha dieci canali MPPT e su ogni MPPT sono collegate 2 stringhe.

Seguendo le condizioni analitiche precedentemente riportate, si determinano i dati di output del calcolo analitico e le specifiche verifiche:

V_{mpp} (V)	$T=T_{min}$	$T=25^{\circ}C$ (STC)	$T=T_{max}$	Massima tensione operativa inverter	MMP High	Minima tensione operativa inverter	MPP Low
	[°C]		[°C]	[V]	[V]	[V]	
pannello	45,02	41,40	36,74				
stringa SC1	585,29	538,20	477,65	1000	ok	180	ok

Max tensione (V_{oc}) generatore [V]	Max V in ingresso inverter [V]	compatibilità in tensione
695,57	1100	ok

Max corrente generatore [A]	Max corrente in ingresso inverter (totale) [A]	compatibilità in corrente
217,40	400	ok

Max corrente generatore I_{sc} [A]	Max corrente in ingresso inverter [A]	compatibilità in corrente
232,40	260	ok

Oltre alle condizioni sopra verificate, per l'inverter in oggetto sussiste un limite di potenza DC in ingresso per ogni MPPT di 18 kW.

Per il progetto in esame ogni MPPT ha in ingresso una potenza pari a 11,7 kW, per cui la condizione sopra riportata è verificata.

Quadro Bassa Tensione di Parallelo e Interfaccia

Tra il sistema di conversione e il trasformatore di potenza MT/bt di cabina è stato progettato e installato un quadro elettrico (QPFV) di bassa tensione che ha il compito di realizzare il parallelo fra i sistemi di conversione e nel quale è installato il dispositivo d'interfaccia. In tale quadro sono installati i TA facenti parte del gruppo di misura (AdM) dell'energia elettrica prodotta ai fini fiscali UTF.

Il quadro elettrico QPFV è costituito più colonne ed è realizzato in carpenteria metallica modulare standard; le parti portanti sono realizzate con lamiere e profilati metallici di spessore non inferiore ai 2 millimetri; mentre le pannellature di chiusura e le segregazioni potranno essere anche di spessore inferiore.

Il quadro è suddiviso in due sezioni:

- Sezione potenza/parallelo
- Sezione Ausiliari

La carpenteria è realizzata con grado di protezione minimo IP 30.

La struttura, le pannellature interne e i pannelli frontali, sono verniciati in forno con ciclo alle polveri epossidiche del colore a standard del fornitore. I collegamenti principali di potenza possono essere realizzati sia in barra nuda che in barra rivestita e isolata, che in cavo, in funzione della loro posizione all'interno del quadro, mentre i collegamenti in uscita e quelli ausiliari sono tutti realizzati in cavo, contenuti in apposite canaline di cablaggio ed attestati ad idonee morsettiere modulari componibili di collegamento.

Tutti i cavi di cablaggio, i rispettivi morsetti di attestazione e le relative morsettiere sono correttamente identificati e numerati con uno dei sistemi di numerazione componibile standard disponibile sul mercato.

Le canaline di cablaggio sono in resina noryl e i cavi FS17 450/750 V del tipo a ridottissima emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi (CPR Cca-s3,d1,a3).

Il quadro è dotato di barra generale di messa a terra in piatto di rame e, ove necessario, di morsetti di terra giallo-verde in corrispondenza delle uscite in morsettiera. Le morsettiere di collegamento sono contenute in uno o più cavedi laterali. L'accesso dei cavi avviene esclusivamente dal basso in corrispondenza delle asolature nel pavimento. Gli interruttori di arrivo gruppi di conversione, di interfaccia e generale quadro sono di tipo scatolato; mentre gli altri interruttori sono di tipo modulare con fissaggio su guida DIN.

Protezione d'interfaccia

Nel quadro bassa tensione (QPFV) appena descritto è installato il dispositivo d'interfaccia con la relativa protezione. Esso è costituito da un interruttore scatolato con bobina di apertura a minima tensione e in esso è installata una protezione SEB. Il relè di protezione voltmetrico multifunzione è impiegato come protezione d'interfaccia in accordo alle prescrizioni della norma CEI 0-16 e a quelle ENEL e conformemente alla norma CEI 11-20. Esso comprende in un'unica apparecchiatura tutte le protezioni che ogni utente attivo, operante in parallelo con la rete di distribuzione pubblica, deve installare a protezione di quest'ultima. In tal modo viene impedito che:

- per mancanza di alimentazione dalla rete di distribuzione l'auto produttore continui ad alimentare la rete stessa con valori di tensione e frequenza non consentiti;
- in caso di guasto sulla rete di distribuzione l'auto produttore possa continuare ad alimentare il guasto stesso;
- in caso di richiuse automatiche o manuali di interruttori del Distributore, il generatore possa trovarsi in discordanza di fase con la rete di distribuzione.

Oltre alle funzioni richieste dalla specifica ENEL sono presenti le funzioni di presenza/mancanza tensione, derivata di frequenza e di salto di fase.

Nel relè sono implementate le seguenti funzioni di Protezione e Controllo:

- 27 Minima tensione
- 27T Mancanza tensione
- 59 Massima tensione
- 59N Protezione di massima tensione omopolare
- 59T Presenza tensione
- 81 Minima – Massima frequenza
- 81 V Protezione frequenza sblocco voltmetrico

Pur non essendo obbligatorio in quanto l'impianto fotovoltaico ha una potenza inferiore ai 400 kWp, si prevede il rinalzo per mancata apertura del DDI. Tale rinalzo si porterà sui DDG ovvero le protezioni dei due inverter.

Collegamenti Elettrici

Tutti i collegamenti elettrici sono realizzati per mezzo di cavi tipo FG16OR16 0.6/1 kV (conduttore a corda rotonda flessibile di rame rosso ricotto,

isolante gomma qualità G16, guaina: PVC qualità R16, colore verde, CPR Cca - s1b,d1,a1).

Le stringhe dei moduli sono realizzate con cavi interposti fra le scatole di terminazione di ciascun modulo e staffati sulle strutture di sostegno. Il collegamento fra stringa ed inverter è realizzato con cavo solare tipo H1Z2Z2 – K, a corda flessibile unipolare di rame stagnato classe 5, isolante e guaina in mescola LSOH di gomma reticolata speciale di qualità conforme alla norma EN 50618. I cavi sono doppio isolamento.

L'equipotenzialità dei componenti è garantita mediante giunzioni meccaniche e cavallotti di messa a terra.

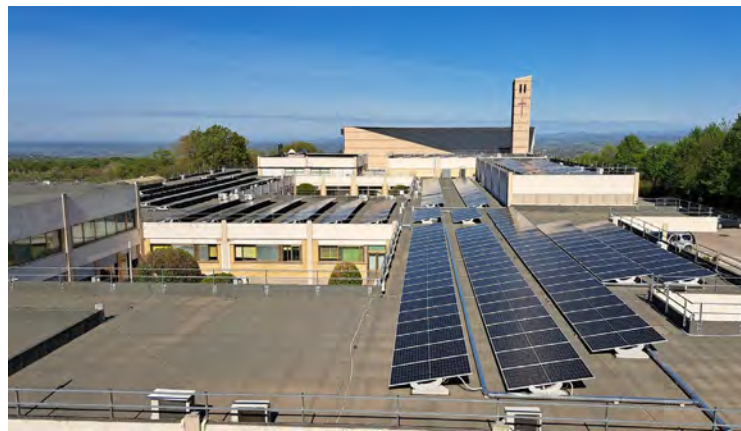


Figura 54. Vista della disposizione dei pannelli installati in copertura del Centro Diurno.



Figura 55. Vista della disposizione dei pannelli installati in copertura del Centro Diurno.



Figura 56 - Inverter

7.3 PROBLEMATICHE ANTINCENDIO

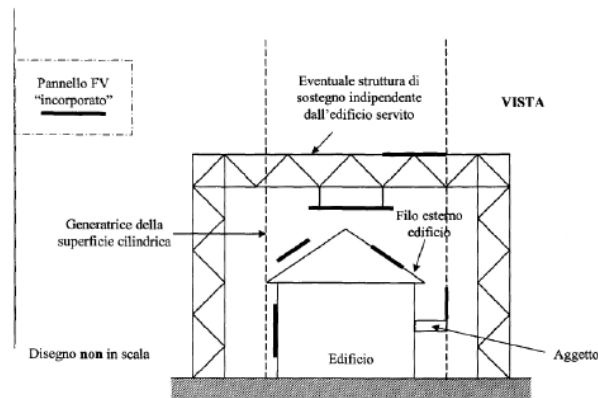
La circolare n. 1324 del 07/02/2012 "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici - Edizione Anno 2012" recepisce i contenuti del D.P.R. 1° agosto 2011, n. 151 e tiene conto delle varie problematiche emerse a seguito delle installazioni di impianti fotovoltaici su strutture interessate dalla presenza di attività soggette a controllo per la sicurezza antincendio.

L'installazione di un impianto fotovoltaico (FV), in funzione delle caratteristiche elettriche/costruttive e/o delle relative modalità di posa in opera, può comportare un aggravio del preesistente livello di rischio di incendio.

In generale, si dovrà pertanto tenere in conto:

- dell'interferenza con il sistema di ventilazione;
- dell'eventuale ostacolo alle operazioni di raffreddamento/estinzione di tetti combustibili;
- del rischio di propagazione delle fiamme all'esterno o verso l'interno del fabbricato.

Per "impianto fotovoltaico a servizio di un'attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi" si intende un impianto incorporato nell'attività soggetta, indipendentemente dall'utilizzatore finale, intendendo per "incorporato" un impianto i cui moduli ricadono, anche parzialmente, nel volume delimitato dalla superficie cilindrica verticale avente come generatrice la proiezione in pianta del fabbricato, inclusi aggetti e sporti di gronda secondo lo schema di seguito riportato:



Si fa riferimento a:

- Nota DCPREV prot. n. 1324 del 7 febbraio 2012: «Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici - Edizione Anno 2012»
- Nota prot. n. 6334 del 4 maggio 2012: «Chiarimenti alla nota prot. DCPREV 1324 del 7 febbraio 2012 "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici - Edizione 2012"».
- Nota prot. EM 622/867 del 18 febbraio 2011: «Procedure in caso di intervento in presenza di pannelli fotovoltaici e sicurezza degli operatori vigili del fuoco».

La modalità di installazione può essere:

- su superfici realizzate con materiali incombustibili;
- su strati con materiali incombustibili in grado di garantire almeno una tenuta EI 30.

I suddetti materiali, riconosciuti ai fini della progettazione antincendio come "incombustibili" possono appartenere alla Classe 0, secondo il D.M. 26/06/1984 oppure Classe A1, secondo il D.M. 10/03/2005)

È comunque necessario verificare, qualora non si possano garantire installazione e tipologia di materiale come quanto detto in precedenza, che l'installazione dell'impianto non crei un aggravio di rischio ai fini della sicurezza antincendio. In questi casi è richiesto di allegare alla pratica anche una valutazione del rischio incendio, comprovante l'assenza di aggravio di rischio.

L'ubicazione dei moduli e delle condutture elettriche dovrà inoltre sempre consentire il corretto funzionamento e la manutenzione di eventuali evacuatori di fumo e di calore (EFC) presenti.

Anche la presenza di vie di veicolazione di incendi (lucernari, camini, ecc.) dovrà essere presa in considerazione nell'installazione dell'impianto fotovoltaico.

Se l'impianto viene installato su strutture che vanno ad interessare elementi verticali di compartimentazione antincendio, posti all'interno dell'attività sottostante al piano di appoggio dell'impianto fotovoltaico, lo stesso dovrà distare almeno 1 m dalla proiezione di tali elementi.

In caso di presenza di gas, vapori, nebbie infiammabili o polveri combustibili, al fine di evitare i pericoli determinati dall'innesco elettrico, è

necessario installare la parte di impianto in corrente continua, compreso l'inverter, all'esterno delle zone classificate ai sensi del D.lgs. 81/2008 - allegato XLIX.

7.4 VALUTAZIONE ECONOMICA.

L'installazione dell'impianto fotovoltaico avrà risvolti economici considerevoli in relazione alle notevoli dimensioni dell'Edificio oggetto di studio.

L'energia totale annua prodotta dall'impianto è 290.553 kWh.

In Figura 57 si riporta l'energia prodotta mensilmente:

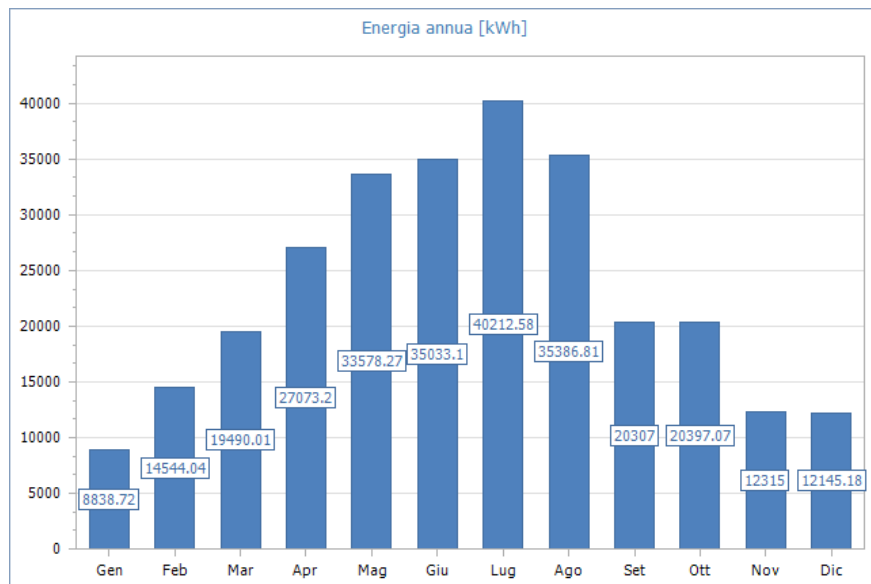


Figura 57 - Energia mensile stimata prodotta dall'impianto.

Mentre nelle Figure 58 e 59 sono riportate rispettivamente la copertura dei consumi e il bilancio energetico mensile.

Considerando:

- il costo di realizzazione di impianto pari a €187.910,00
- il costo di acquisto dell'energia elettrica dell'Ente Erogatore
- le imposte e l'ammortamento
- il consumo di energia elettrica dell'edificio (Figura 60)

si ottiene un piano di ammortamento caratterizzato dal flusso di cassa di Figura 61.

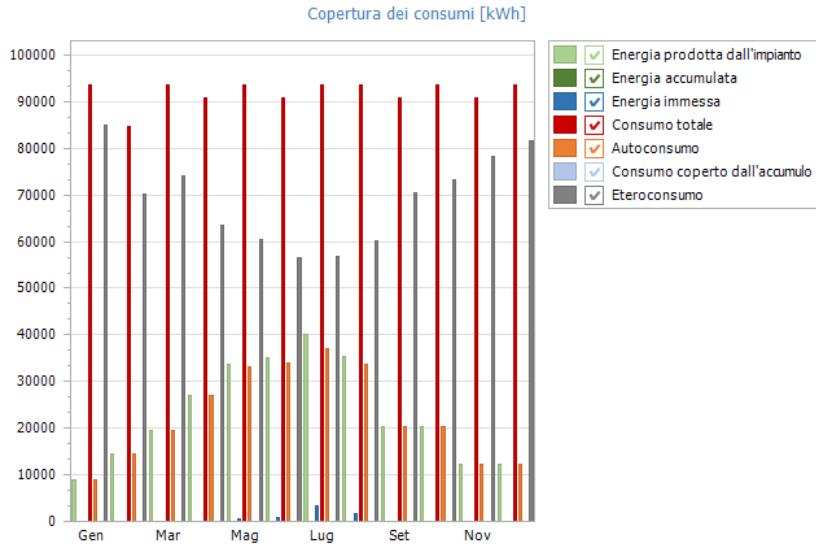


Figura 58 - Copertura dei consumi

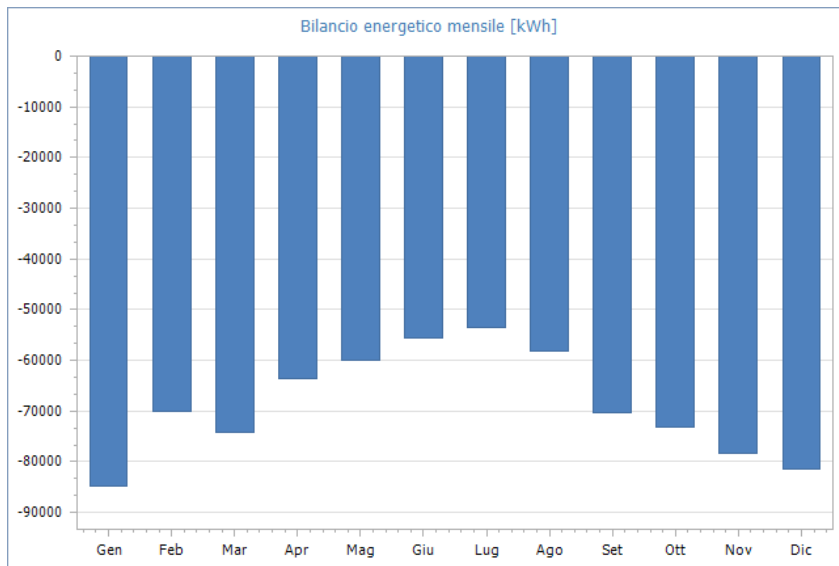


Figura 59 - Bilancio energetico mensile

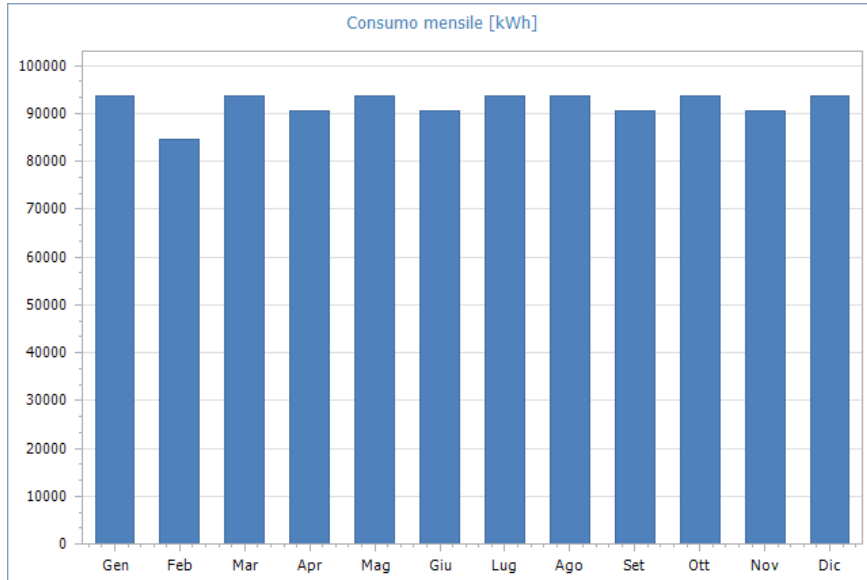


Figura 60 – Consumo di energia elettrica mensile

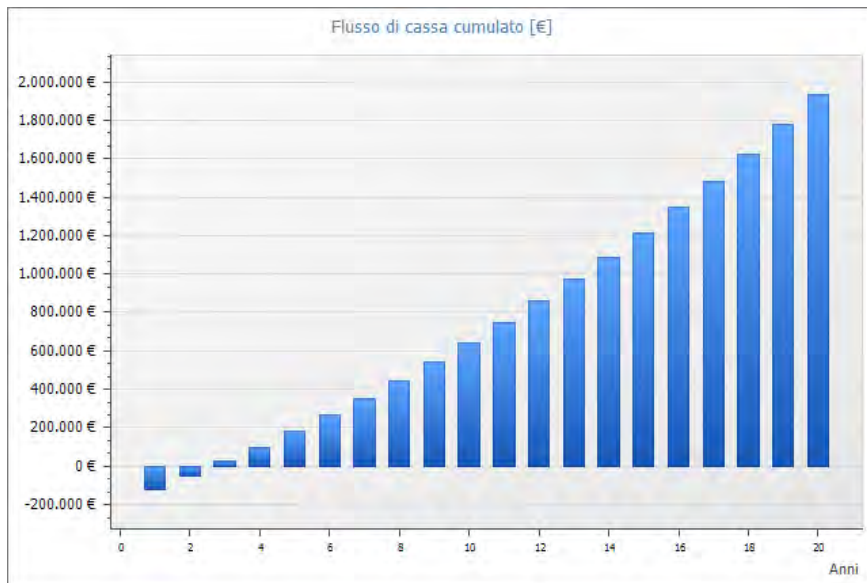


Figura 61 – Flusso di cassa

Il numero di anni necessario per compensare l'investimento iniziale attraverso flussi di cassa annui positivi è 3. Ciò rende l'investimento altamente vantaggioso.

7.5 PRODUZIONE DELL'IMPIANTO DA DATI REAL TIME

Attraverso l'interfaccia web degli inverter è possibile visualizzare dal portale della Solis casa produttrice, i vari report su base annuale, mensile (Figura 62 e Figura 63), giornaliera (Figura 64 e Figura 65) e in tempo reale con le condizioni e benefici ambientali (Figura 66).

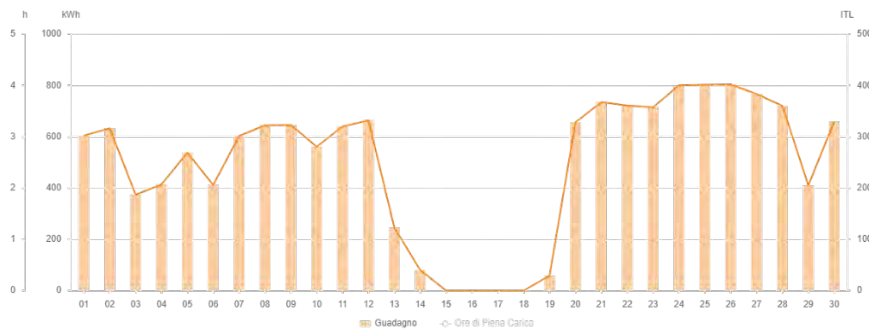


Figura 62 - Report di produzione mese di giugno 2023 inverter 1

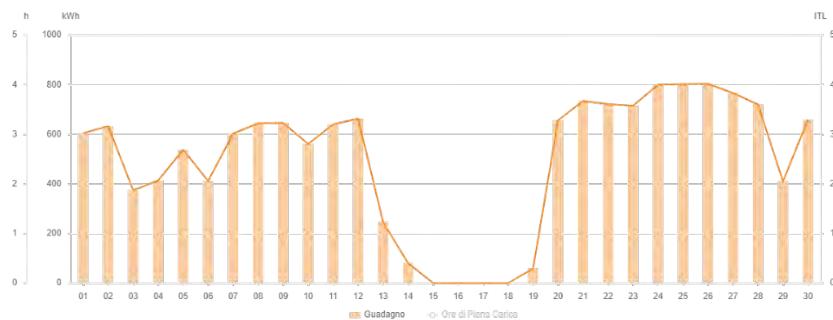


Figura 63 - Report di produzione mese di giugno 2023 inverter 2

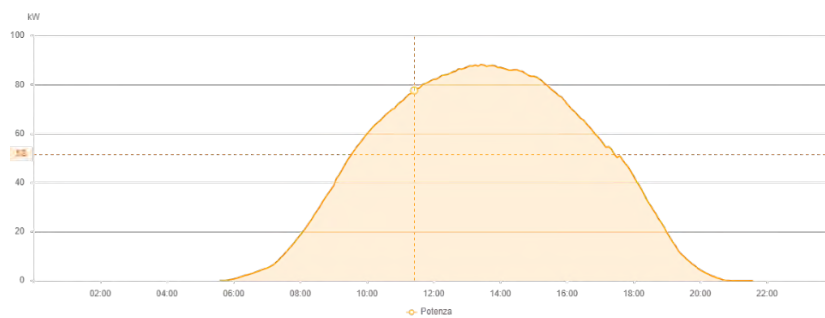


Figura 64 - Report di produzione giorno 16 giugno 2023 inverter 1

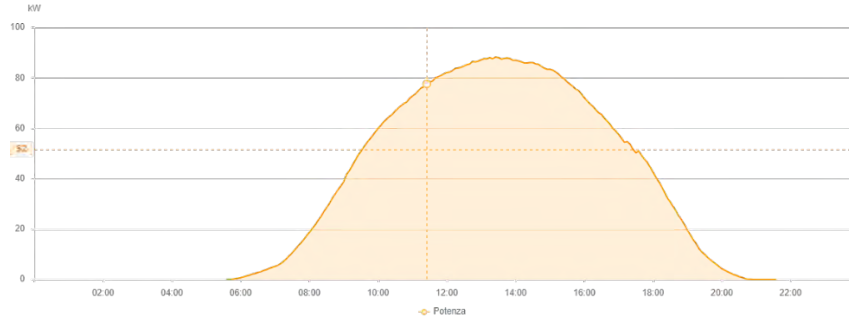


Figura 65 - Report di produzione giorno 16 giugno 2023 inverter 2

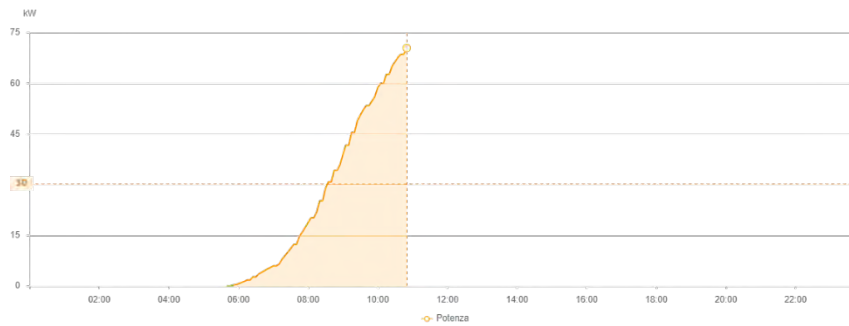


Figura 66 – Dati real time: produzione, condizioni metereologiche e benefici ambientali

8. EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

INDICE CAPITOLO

8.1	STUDIO ILLUMINOTECNICO DEGLI AMBIENTI CONFINATI.	97
8.1.1	CONSUMI ELETTRICI PER ILLUMINAZIONE DELLA STRUTTURA SANITARIA	97
8.1.2	STUDIO ILLUMINOTECNICO DI AMBIENTI "TIPO": STATO PRE-INTERVENTO.....	98
8.1.3	STUDIO ILLUMINOTECNICO DEGLI AMBIENTI "TIPO": SOSTITUZIONE DELLE LAMPADE FLUORESCENTI CON LAMPADE LED..	120
8.1.4	VALUTAZIONE ENERGETICA.	127
8.1.5	VALUTAZIONE ECONOMICA.	128

L'attenzione ai consumi elettrici dovuti ai sistemi di illuminazione degli edifici è stata posta a livello internazionale con la Direttiva Europea 2002/91/CE inerente alle prestazioni energetiche degli edifici. Nella Direttiva è precisato che la valutazione dei consumi energetici degli edifici deve essere condotta considerando il fabbisogno energetico per la climatizzazione invernale degli ambienti, il fabbisogno energetico per il riscaldamento dell'acqua per gli usi igienico-sanitari, il fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva degli ambienti e (limitatamente agli edifici pubblici o ad uso pubblico) il fabbisogno energetico per l'illuminazione artificiale. Per la valutazione di questi fabbisogni sono state prodotte a livello europeo normative tecniche specifiche adottate poi in Italia (Tabella 4).

Numero	Titolo
UNI EN ISO 13790	Prestazione energetica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento
UNI/TS 11300-1	Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
UNI/TS 11300-2	(...) Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
UNI/TS 11300-3	(...) Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva
UNI/TS 11300-4	(...) Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
UNI EN 15193	Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione

Tabella 4 - Elenco sintetico delle principali norme tecniche inerenti le prestazioni energetiche degli edifici.

In particolare, per quanto riguarda il fabbisogno energetico dovuto all'illuminazione artificiale degli ambienti interni di lavoro occorre fare riferimento alla Norma europea EN 15193 (in Italia UNI EN 15193, settembre 2021), con la quale è stato introdotto l'indice di efficienza energetica del sistema

di illuminazione, LENI (*Lighting Energy Numeric Indicator*). La valutazione dell'indice LENI può essere condotta, per edifici esistenti o di nuova costruzione, secondo varie metodologie:

- misurazioni degli effettivi consumi elettrici; per esempio, attraverso la lettura, con modalità opportunamente specificate, dei contatori al servizio del sistema elettrico di alimentazione dell'utenza considerata, per periodi temporali di volta in volta precisati;
- metodo di calcolo di tipo rapido (*quick method*) per periodi temporali annuali, basato essenzialmente sull'uso di tabelle e valori standard di riferimento dei principali parametri considerati;
- metodo di calcolo di tipo completo (*comprehensive method*) per periodi temporali annuali o per periodi temporali significativi più brevi (per esempio mensili, giornalieri, orari), basato sul calcolo analitico e dettagliato dei vari parametri considerati.

Nella UNI EN 15193 i due metodi di calcolo dell'indice LENI sono descritti compiutamente per varie destinazioni d'uso degli edifici, in particolare: scuole, uffici, ospedali, alberghi, ristoranti, impianti sportivi, edifici commerciali, edifici artigianali e industriali; nel seguito si farà riferimento in particolare alle prime tre destinazioni d'uso. È utile osservare che nella definizione dei vari parametri utilizzati per il calcolo dell'indice LENI sono considerati i seguenti aspetti: modalità di utilizzo e gestione dei sistemi di illuminazione artificiale; disponibilità di luce naturale all'interno degli ambienti; consumi dovuti ai sistemi di illuminazione di emergenza. Sono inoltre considerati, almeno in parte, aspetti relativi alla qualità del progetto illuminotecnico inerenti i requisiti minimi indicati nella UNI EN 12464-1 sull'illuminazione artificiale degli ambienti interni di lavoro.

Fabbisogno energetico per l'illuminazione artificiale

Per il calcolo dell'indice LENI si può procedere nel modo seguente. Il fabbisogno di energia necessaria al sistema di illuminazione, W (kWh/anno), può essere calcolato con la relazione (UNI EN 15193):

$$W = W_L + W_P \quad (8.1)$$

con:

- W_L fabbisogno energetico necessario agli apparecchi di illuminazione per garantire le condizioni di illuminazione fissate in sede progettuale, per esempio in relazione ai valori medi di illuminamento indicati nella UNI EN 12464-1;
- W_P fabbisogno di energia necessario all'alimentazione dei dispositivi di illuminazione di emergenza e dei vari sistemi di controllo dell'illuminazione eventualmente presenti.

La relazione (8.1) può essere riferita ad ambienti, o zone dell'edificio oppure a tutto l'edificio ed a qualsiasi periodo temporale. I fabbisogni W_L e W_P sono calcolati con le relazioni (UNI EN 15193):

$$W_L = \frac{P_N F_C F_0 (t_D F_D + t_N)}{1000} \quad (8.2)$$

$$W_P = \frac{P_{PC} (t_Y - t_0) + P_{em} t_{em}}{1000} \quad (8.3)$$

Il significato dei parametri introdotti nelle relazioni (8.2) e (8.3), le relative unità di misura e i valori standard di riferimento assunti convenzionalmente, sono precisati nelle Tabelle 5, 6 e 7. I valori delle potenze elettriche P_N , P_{PC} e P_{em} sono ottenuti dal calcolo illuminotecnico. In particolare, con riferimento ai consumi relativi all'illuminazione di emergenza degli edifici esistenti, nei casi in cui questi non sono noti o facilmente determinabili, il fabbisogno energetico specifico viene stimato nella UNI EN 15193 pari a 6 kWh/m²anno, (di cui 1 kWh/m²anno per l'illuminazione di emergenza e 5 kWh/m²anno per i sistemi di controllo automatico ove presenti).

Simbolo	Unità di misura	Significato	Valori di riferimento
P_N	W	(<i>total installed lighting power</i>) potenza elettrica complessivamente installata per l'illuminazione dell'edificio (o dell'ambiente) in esame	v. Tab. 6
P_{PC}	W	(<i>total installed parasite power of the controls</i>) potenza elettrica necessaria all'alimentazione dei vari sistemi di controllo (emergenza, standby, ...) eventualmente presenti	v. i criteri progettuali precisati in [9]
P_{em}	W	(<i>total installed charging power of the emergency lighting luminaires</i>) potenza elettrica necessaria alla ricarica delle batterie dei dispositivi di illuminazione di emergenza eventualmente presenti	v. i criteri progettuali precisati in [9]
t_D	h	(<i>daylight time usage</i>) tempo di accensione del sistema di illuminazione durante le ore diurne nel periodo di calcolo considerato	v. Tab. 3
t_N	h	(<i>non-daylight time usage</i>) tempo di accensione del sistema di illuminazione durante le ore serali e notturne nel periodo di calcolo considerato	
t_0	h	(<i>annual operating time</i>) tempo di accensione del sistema di illuminazione in un anno	
t_Y	h	(<i>standard year time</i>) numero di ore di lavoro presenti in un anno	$t_Y=8760$ h
t_{em}	h	(<i>emergency lighting charge time</i>) tempo necessario alla ricarica delle batterie dei dispositivi di illuminazione di emergenza eventualmente presenti	v. i criteri progettuali precisati in [9]
F_C	adim.	(<i>constant illuminance factor</i>) coefficiente di correzione per valutare l'effetto della presenza di eventuali sistemi di controllo per mantenere livelli di illuminamento costanti nel tempo (sistemi CTE)	$F_C=1$ (senza sistemi CTE) $F_C=0,9$ (con sistemi CTE)
F_0	adim.	(<i>occupancy dependance factor</i>) coefficiente di correzione per valutare l'effetto della presenza di persone all'interno dell'edificio (o dell'ambiente) in esame	v. Tab. 4
F_D	adim.	(<i>daylight dependance factor</i>) coefficiente di correzione per valutare il contributo dell'illuminazione naturale nell'edificio (o nell'ambiente) in esame	

Tabella 5 - Significato dei parametri introdotti nelle relazioni (8.2) e (8.3).

Tempi di accensione		Scuole	Uffici	Ospedali
t_D (h)	tempo di accensione ore diurne	1800	2250	3000
t_N (h)	tempo di accensione ore serali e notturne	200	250	2000
t_0 (h)	tempo di accensione complessivo	2000	2500	5000

Tabella 6 - Esempi di valori standard dei tempi t_0 , t_D e t_N riferiti ad un periodo annuale.

Più complessa risulta la valutazione dei coefficienti F_C , F_0 e F_D ; in questo caso con il metodo rapido si possono utilizzare i valori standard di riferimento riportati nelle tabelle precedenti. Per il calcolo dell'indice LENI con il metodo completo occorre invece procedere come segue.

Il coefficiente F_C può essere espresso in funzione del coefficiente di manutenzione, MF (*Maintenance Factor*) secondo la relazione:

$$F_C = \frac{1 + MF}{2} \quad (8.4)$$

L'introduzione del coefficiente di manutenzione (MF) permette di considerare che, per mantenere in un dato ambiente l'illuminamento medio (E_m) precisato nella normativa tecnica (Tabella 11), l'illuminamento iniziale dovrà risultare maggiorato di un fattore $1/MF$ ($0 < MF \leq 1$). Ciò per considerare il decadimento del flusso luminoso delle lampade, l'invecchiamento degli apparecchi e degli ambienti, in particolare legato all'impolveramento delle superfici esposte.

	Tipo di controllo	Scuole	Uffici	Ospedali
F_O	Manuale	1		
	Automatico (negli uffici e nelle scuole si intende un carico elettrico collegato non inferiore al 60% del totale, negli ospedali si intende che soltanto alcuni comandi siano automatici)	0,9		0,8
F_D	Manuale	1		
	Regolazione delle fotocellule con rilevamento della luce diurna	0,8	0,9	0,8

Tabella 7 - Esempi di valori standard dei coefficienti F_O ed F_D .

$0 \leq F_A < 0,2$	$0,2 \leq F_A \leq 0,9$	$0,9 \leq F_A \leq 1$			
(a) $F_O = 1 - 0,5 \cdot F_A (1 - F_{OC})$	(b) $F_O = 0,2 + F_{OC} \cdot F_A$	(c) $F_O = (F_A - 1) \cdot (7 - 10 \cdot F_{OC})$			
Valori di riferimento per il coefficiente F_{OC}					
Sistemi senza rilevamento automatico di presenza	Accensione e spegnimento manuale		Accensione e spegnimento manuale (con segnale di spegnimento generale automatico)		
	1		0,95		
Sistemi con rilevamento automatico di presenza	Accensione e regolazione automatica	Accensione e spegnimento automatico	Accensione manuale, regolazione e spegnimento automatico		
	0,95	0,90	0,80		
Valori di riferimento per il coefficiente F_A (per l'intero edificio e per alcuni ambienti tipo)					
Scuole	Uffici		Ospedali		
0,2			0		
Aula	0,25	Ufficio (1 pers.)	0,4	Corsia/letto	0
Sala lettura	0,4	Ufficio (2-6 pers.)	0,3	Esami/trattamento	0,4
Corridoio	0,6	Corridoio	0,4	Corridoio	0
Palestra	0,3	Ingresso	0	Ingresso	0
Mensa	0,2	Conferenze	0,5	Sala operatoria	0
Magazzino	0,4	Bagno	0,9	Laboratorio	0,2

Tabella 8 - Relazioni per il calcolo del coefficiente F_O .

Il coefficiente F_O introduce ulteriore complessità al problema di determinare i fabbisogni energetici relativi all'illuminazione degli ambienti. In particolare, nella UNI EN 15193 è precisato un metodo di calcolo per "fornire un apprezzamento rudimentale" di tale coefficiente in funzione del tipo di sistema di controllo dell'illuminazione (attraverso il coefficiente F_{OC} , Tabella 8) e del livello

di assenza degli occupanti dall'ambiente considerato (attraverso il coefficiente F_A , Tabella 8). In altre parole, l'introduzione del coefficiente F_O ha permesso di richiamare l'attenzione su aspetti legati alla Building Automation, negli ultimi anni di più frequente applicazione in particolare negli edifici pubblici o ad uso pubblico. Il coefficiente F_O assume valori compresi nell'intervallo: $0 \leq F_O \leq 1$. Si considera: $F_O=1$, nei casi in cui è presente un sistema di accensione/spengimento delle lampade centralizzato (manuale o automatico) oppure quando la superficie in pianta dell'ambiente, illuminata da un gruppo di lampade controllate da un singolo dispositivo di accensione, sia maggiore di 30 m^2 (ad eccezione delle sale riunioni). In tutti gli altri casi risulterà: $0 \leq F_O < 1$ e il coefficiente F_O potrà essere calcolato con le relazioni riportate in Tab. 5. Nelle relazioni di Tabella 8 il coefficiente F_{OC} (*Occupancy Dependent Lighting Control System Factor*) tiene conto del tipo di accensione, spegnimento e regolazione del sistema di illuminazione, il coefficiente F_A (*absence factor*) tiene conto della effettiva presenza degli occupanti durante il periodo temporale di riferimento ed è espresso in relazione alla destinazione d'uso dell'edificio (o dell'ambiente) considerato.

Il coefficiente F_D permette di esprimere il risparmio energetico conseguente alla disponibilità di luce naturale nell'edificio (o ambiente) considerato, quindi al minore utilizzo di illuminazione artificiale per mantenere i requisiti di illuminamento medio richiesto. La valutazione dettagliata del coefficiente F_D , in relazione alla profondità di penetrazione della luce nell'ambiente, alla presenza di ostruzioni o schermature esterne e agli eventuali sistemi di controllo. Si noti che in assenza di luce naturale si può assumere: $F_D=1$.

Indice prestazionale relativo al fabbisogno per illuminazione

Indicato con W il fabbisogno di energia per illuminazione calcolato con la relazione (9.1), l'indice LENI ($\text{kWh/m}^2\text{anno}$) è definito come (UNI EN 15193):

$$LENI = \frac{W}{A} \quad (8.5)$$

dove A (m^2) è la superficie utile dell'edificio (o dell'ambiente) in esame, esclusi ovviamente gli spazi non illuminati (e quelli non abitabili). Si noti che per congruità con i fabbisogni energetici per la climatizzazione degli edifici può risultare opportuno, per edifici non residenziali, esprimere l'indice LENI per unità di volume lordo climatizzato.

La determinazione dell'indice LENI con il metodo rapido si esegue utilizzando valori di riferimento relativi ad ambienti con caratteristiche analoghe a quello in esame (Tabella 9). In particolare, in Tabella 9 sono precisati: la destinazione d'uso dell'ambiente (o più in generale dell'edificio), la potenza elettrica specifica (P), la classe di qualità dell'illuminazione (Tabella 11), la presenza/assenza di sistemi CTE, la presenza/assenza di sistemi automatici per l'accensione e lo spegnimento degli apparecchi di illuminazione.

Destinazione d'uso	P (W/m ²)	Classe di qualità	Indice LENI (kWh/m ² -anno)			
			Assenza di sistemi CTE		Presenza di sistemi CTE	
			Accensione/spengimento			
			Manuale	Automatica	Manuale	Automatica
Scuole	15	*	34.9	27.0	31.9	24.8
	20	**	44.9	34.4	40.9	31.4
	25	***	54.9	41.8	49.9	38.1
Uffici	15	*	42.1	35.3	38.3	32.2
	20	**	54.6	45.5	49.6	41.4
	25	***	67.1	55.8	60.8	50.6
Ospedali	15	*	70.6	55.9	63.9	50.7
	25	**	115.6	91.1	104.4	82.3
	35	***	160.6	126.3	144.9	114

Tabella 9 - Valori indicativi dell'indice LENI con il metodo rapido per alcune destinazioni d'uso

Prestazioni illuminotecniche

Le prestazioni illuminotecniche che devono essere garantite negli ambienti interni di lavoro sono precisate nella edizione di settembre 2021 della UNI EN 12464-1. Questa recente versione della Norma ha sostituito la precedente dell'luglio 2011 introducendo significative integrazioni e modifiche inerenti all'illuminazione artificiale degli ambienti di lavoro. Nella UNI EN 12464-1 vengono definiti i requisiti illuminotecnici essenziali affinché in un ambiente (interno) di lavoro con data destinazione d'uso i compiti visivi, previsti in relazione alle attività lavorative svolte, siano condotti nel rispetto della salute e della sicurezza del lavoratore con particolare attenzione ai livelli di comfort visivo ed alle esigenze della prestazione visiva.

In Tabella 10 sono riportati i valori di riferimento dei requisiti illuminotecnici minimi richiesti nel caso di alcune destinazioni d'uso significative: uffici, scuole, ospedali. A titolo esemplificativo, per un ambulatorio con superficie utile pari ad 20 m², l'illuminamento medio mantenuto relativo a compiti visivi di lettura e scrittura ($E_m=500$ lx) può essere soddisfatto utilizzando un sistema di illuminazione caratterizzato da una potenza elettrica installata $P_N=336$ W ed una potenza specifica $P=16.8$ W/m².

Tipo di ambiente		E_m (lx)	U_0	UGRL	R_a	
Corridoi e zone di circolazione all'interno di edifici, in genere ¹		100	0.40	28	40	
Scale all'interno di edifici, in genere ²		100	0.40	25	40	
Sale di attesa, in genere		100	0.40	22	80	
Bagni (toilets, WC, ...), in genere ³		200	0.40	25	80	
Uffici	Lettura, scrittura, ... ⁴	500	0.60	19	80	
	Disegno tecnico	750	0.70	16	80	
	Postazioni CAD ⁴	500	0.60	19	80	
	Sale conferenze / sale riunioni ⁵	500	0.60	19	80	
	Reception	300	0.60	22	80	
	Archivi	200	0.40	25	80	
Scuole	Zone di ingresso	200	0.40	22	80	
	Corridoi (zone di circolazione)	100	0.40	25	80	
	Scale	150	0.40	25	80	
	Aule scolastiche (in genere)	300	0.60	19	80	
	Aule comuni per studenti	200	0.40	22	80	
	Aule comuni per insegnanti	300	0.60	19	80	
	Palestre ⁶	300	0.60	22	80	
Ospedali	Sale di attesa	200	0.40	22	80	
	Corridoi ⁷	di giorno	100	0.40	22	80
		di notte	50	0.40	22	80
		pulizia	100	0.40	22	80
		per usi diversi	200	0.60	22	80
	Sale per il personale	300	0.60	19	80	
	Illuminazione generale	Reparto maternità	100	0.40	19	80
		Ambulatori ⁸	500	0.60	19	90
Illuminazione notturna (terapia intensiva)	20	–	19	90		

Tabella 10 - Valori minimi di illuminamento medio mantenuto (E_m) relativi ad alcuni tipi di ambienti di lavoro, raccomandati nella UNI EN 12464-1. Per completezza sono riportati: i valori minimi dell'uniformità di illuminamento (U_0), i valori massimi dell'indice di abbagliamento (UGRL), i valori massimi dell'indice di resa cromatica (R_a) delle lampade.

Note alla Tabella 10

L'illuminamento si intende al piano del pavimento; l'illuminazione in prossimità degli ingressi e delle uscite deve prevedere una zona di transizione per evitare improvvisi cambiamenti dovuti al passaggio dall'interno all'esterno (sia di giorno che di notte); la resa cromatica e l'indice UGR devono comunque risultare analoghi a quelli delle zone adiacenti.

- 1- È richiesto di incrementare il contrasto sui gradini.
- 2- Requisiti da realizzare in ogni singolo bagno se incluso in uno spazio più grande.
- 3- 4-Per il lavoro al videoterminale (*DSE, Display Screen Equipment*) si rimanda ad una specifica sezione della UNI EN 12464-1.
- 4- L'illuminazione dovrebbe essere regolabile.
- 5- Occorre soddisfare i pertinenti requisiti illuminotecnici raccomandati nella UNI EN 12193 per gli impianti sportivi.
- 6- L'illuminamento si intende al piano del pavimento fatta eccezione nel caso di usi diversi per i quali si intende sul compito visivo ovvero relativo alla specifica attività.

- 7- Sono compresi per esempio: gli ambulatori per esami generali, gli ambulatori oculistici, gli ambulatori otorino, gli ambulatori dentistici, i laboratori e le farmacie; nei primi due casi le lampade devono avere temperatura di colore compresa tra 4000 e 5000 K.

Risulta interessante osservare che le classi di qualità dell'illuminazione indicate nella UNI EN 15193 (Tabella 9) sono strettamente collegate ai requisiti illuminotecnici precisati nella UNI EN 12464-1, tale legame è meglio evidenziato in Tabella 11. Più in dettaglio: alla classe di qualità dell'illuminazione "inferiore", indicata con il simbolo (*), corrisponde un soddisfacimento "di base" dei requisiti illuminotecnici della UNI EN 12464-1 alla classe di qualità dell'illuminazione "intermedia", indicata con il simbolo (**), corrisponde un soddisfacimento "buono" dei requisiti illuminotecnici della UNI EN 12464-1; alla classe di qualità dell'illuminazione "superiore", indicata con il simbolo (***), corrisponde un soddisfacimento "completo" dei requisiti illuminotecnici della UNI EN 12464-1.

Tipo di criterio	Classe di qualità		
	(*)	(**)	(***)
Illuminamento medio mantenuto sui compiti visivi orizzontali (E_m)	■	■	■
Controllo appropriato dell'abbagliamento molesto (UGR)	■	■	■
Prevenzione di sfarfallamento ed effetti stroboscopici	□	□	□
Controllo appropriato di riflessioni velanti e abbagliamento riflesso		□	□
Resa migliorata del colore (Ra)		■	■
Prevenzione delle ombre dure o delle luci troppo diffuse per fornire un buon modellato		□	□
Corretta distribuzione della luminanza nel locale		□	□
Attenzione speciale alla comunicazione visiva con adeguato illuminamento dei volti			□
Attenzione speciale alle questioni legate alla salute			□

Tabella 11 - Classe di qualità del progetto illuminotecnico. Il quadrato nero è riferito al soddisfacimento dei requisiti indicati in Tabella 10, il cerchio bianco è riferito agli altri requisiti indicati nei paragrafi della UNI EN 12464-1

8.1 STUDIO ILLUMINOTECNICO DEGLI AMBIENTI CONFINATI.

8.1.1 CONSUMI ELETTRICI PER ILLUMINAZIONE DELLA STRUTTURA SANITARIA

Nella Figura 67 sono riportati i consumi elettrici relativi al biennio 2013-14.

Da un censimento di dettaglio dei corpi illuminanti installati, le lampade erano del tipo a tubi fluorescenti.

Il dato fornito è stato sufficiente per effettuare una stima di massima della potenza assorbita dal servizio generale "illuminazione". In particolare, si hanno:

- N. 269 tubi fluorescenti da 90 cm, allestite con 2 tubi fluorescenti con potenza di 36 W cad. posti in testa ai letti dei degenti. Si sono stimati 42.415 kWh/anno di consumo per tali corpi illuminanti;
- N. 395 plafoniere 60 cm x 60 cm, allestite con 4 tubi fluorescenti da 60 cm con potenza di 18W cad., per un totale di 1580 corpi illuminanti responsabili di un assorbimento di 103.806 kWh/anno;

- N. 60 plafoniere 30 cm x 120 cm, allestite con 2 tubi da 120 cm, con potenza di 58 W cad., per un totale di 120 corpi illuminanti responsabili di un assorbimento di 25.404 kWh/anno.

Per quanto riguarda i corpi illuminanti installati nella Chiesa e nell'università, tenendo conto dello scarso utilizzo della chiesa, dell'utilizzo parziale dell'università (da ottobre a giugno) e delle superfici delle stesse si è ipotizzato che il consumo per l'illuminazione di queste zone ammonti circa al 17,0% del consumo totale specifico delle altre zone. Tale valore rappresenta una stima di massima ed è pari a 34.375 kWh/anno.

Il consumo totale imputabile all'illuminazione ammonta a **206.000 kWh/anno**.

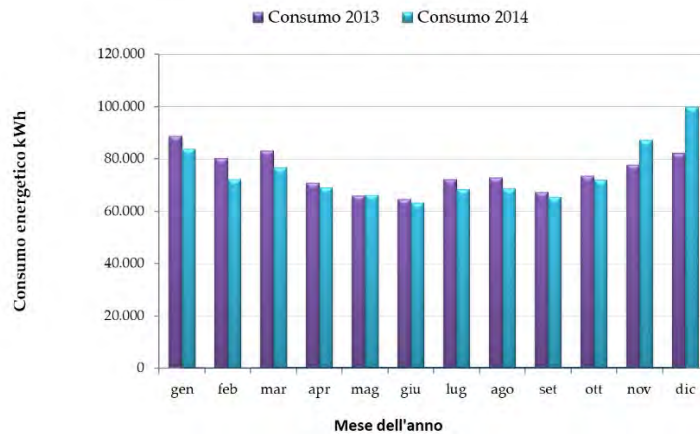


Figura 67 - Consumi elettrici relativi al biennio 2013-14.

CONSUMI TOTALI ELETTRICITA' 2013	<u>898.321 kWh</u>	CONSUMI TOTALI ELETTRICITA' 2014	<u>891.767 kWh</u>
INCIDENZA ILLUMINAZIONE SUL CONSUMO TOTALE	<u>22,9 %</u>	INCIDENZA ILLUMINAZIONE SUL CONSUMO TOTALE	<u>23,1 %</u>

Tabella 12 - Incidenza consumi illuminazione sul consumo totale d'elettricità

8.1.2 STUDIO ILLUMINOTECNICO DI AMBIENTI "TIPO": STATO PRE-INTERVENTO

L'edificio in esame ha la destinazione d'uso "sanitaria", per cui si vuole effettuare uno studio illuminotecnico di ambienti "tipo" in modo da poter valutare tutti i parametri illuminotecnici e quelli energetici introdotti nella parte introduttiva del capitolo. Gli ambienti "tipo" oggetto di studio sono essenzialmente di tre tipologie:

- ambiente camera di degenza;

- ambiente sala pranzo;
- ambiente palestra.

CAMERA DI DEGENZA

Le camere di degenza presentano nella maggior parte dei casi una pianta rettangolare e caratteristiche che possono essere riassunte ed individuate in Figura 68, in Figura 69 e Figura 70.

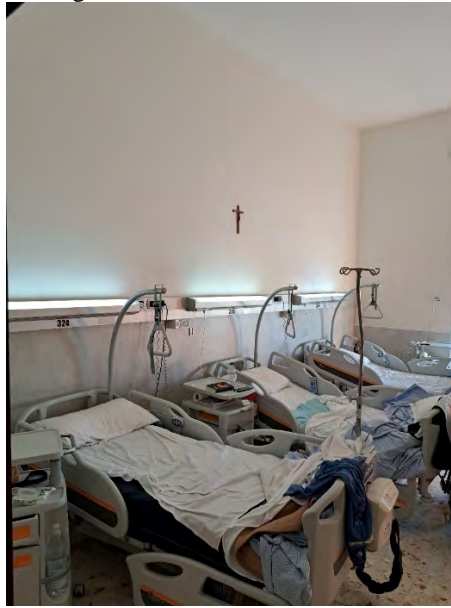


Figura 68 – Camera di degenza.

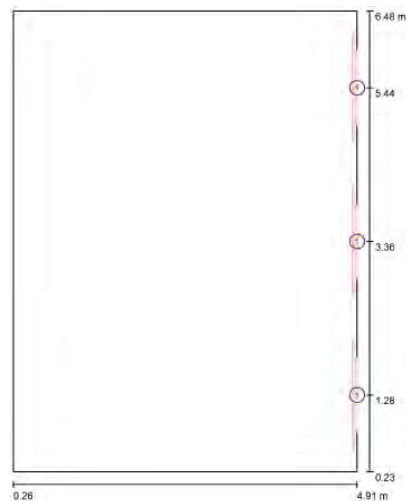


Figura 69 – Caratteristiche geometriche della camera di degenza e posizione corpi illuminanti.

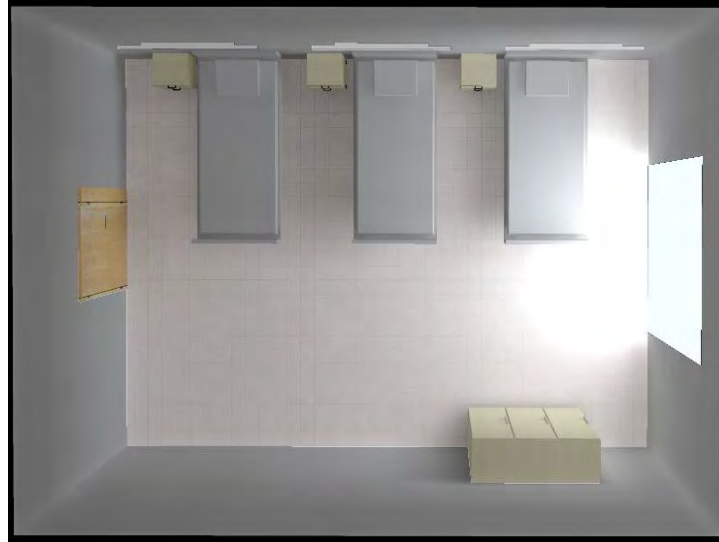


Figura 70 - Rendering 3D della camera di degenza

Fattore di Luce Diurna.

La prima verifica effettuata riguarda il Fattore di Luce Diurna, D , in grado di descrivere le prestazioni luminose dell'involucro edilizio, la quale non dipende dal livello di illuminamento esterno, ma solo dalle relazioni geometriche tra punto considerato all'interno dell'ambiente e volta celeste. Tale grandezza è definita come:

“il rapporto tra l'illuminamento, E , che si realizza su di una superficie orizzontale posta all'interno dell'ambiente considerato grazie alla luce proveniente dalla volta celeste (non si considera la radiazione diretta proveniente dal sole), e quello che contemporaneamente si ha su di una superficie orizzontale posta all'esterno senza alcuna ostruzione, E_0 ” (Figura 71).

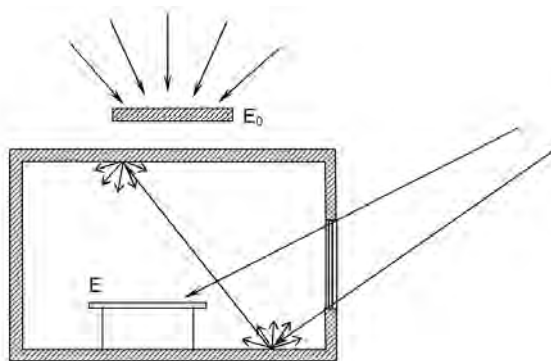


Figura 71 – Definizione del Fattore di luce diurna, D .

In base a tale definizione il fattore di luce diurna può essere calcolato con la relazione seguente:

$$D = \frac{E}{E_0} \quad (8.6)$$

Da un semplice esame dei diversi fenomeni coinvolti si evidenzia come esso risulta funzione delle seguenti grandezze:

- area delle aperture finestrate;
- coefficiente di trasmissione nel visibile del materiale trasparente che costituisce le finestre;
- area dei diversi elementi che costituiscono l'involucro e che sono presenti all'interno del locale (pareti, pavimenti, soffitti, arredi, ecc.);
- coefficiente di riflessione nel visibile delle superfici dei vari elementi presenti all'interno del locale;
- presenza di ostruzioni di qualsiasi genere, esterne od interne, che limitino la vista della volta celeste;
- stato di manutenzione delle superfici vetrate e delle superfici interne.

Si deve ricordare inoltre come il valore del fattore di luce diurna varia da punto a punto all'interno di un ambiente. Si introduce allora il **fattore medio di luce diurna, D_m** , dove per medio si intende mediato su più punti di misura. Tale parametro consente di valutare la capacità delle aperture trasparenti e dell'involucro di uno spazio chiuso di garantire condizioni di illuminazione naturale confortevoli e un accettabile sfruttamento della luce naturale. Per raggiungere questi obiettivi esso deve essere superiore ad un certo valore, fissato come valore di soglia al di sotto del quale non sono verificate le condizioni di illuminazione naturali sufficienti alle specifiche esigenze di benessere fisico e psicologico. Uno schema di valutazione indicativo è il seguente:

- $D_m < 0,3\%$ insufficiente
- $0,3\% < D_m < 2\%$ discreto
- $2\% < D_m < 4\%$ buono
- $4\% < D_m$ ottimo

Per valutare il fattore medio di luce diurna nel caso dell'ambiente confinato prima definito, ci si avvale del software DIALux per simulare la scena di luce naturale. I risultati di tale simulazione sono riportati nelle Figura 72, 73 e 74.

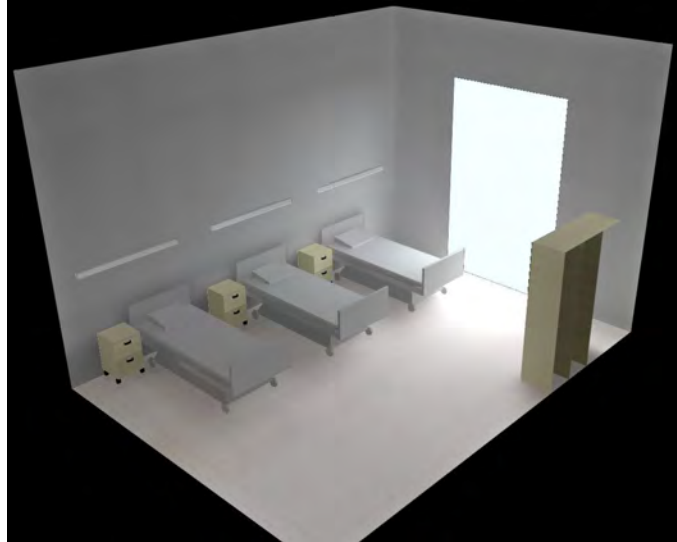


Figura 72 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: Rendering.

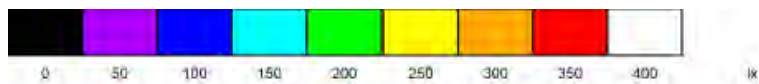
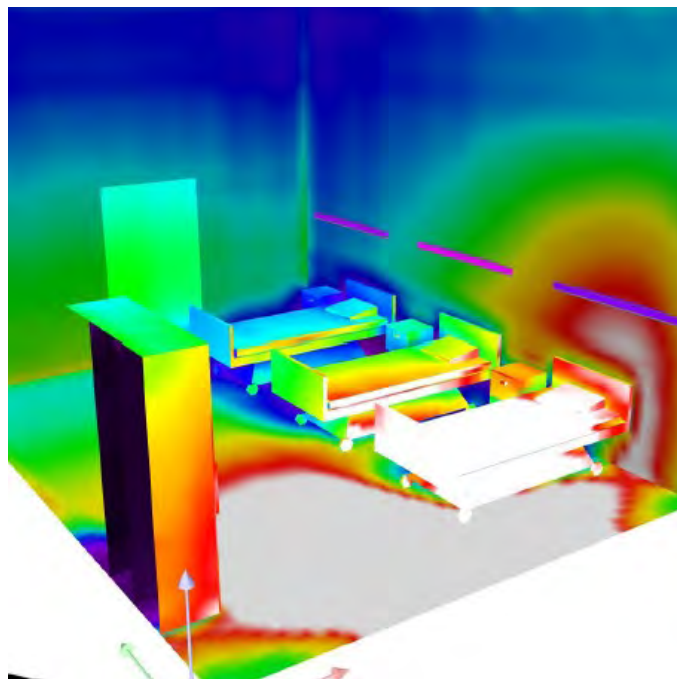


Figura 73 – Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: Rendering colori sfalsati.

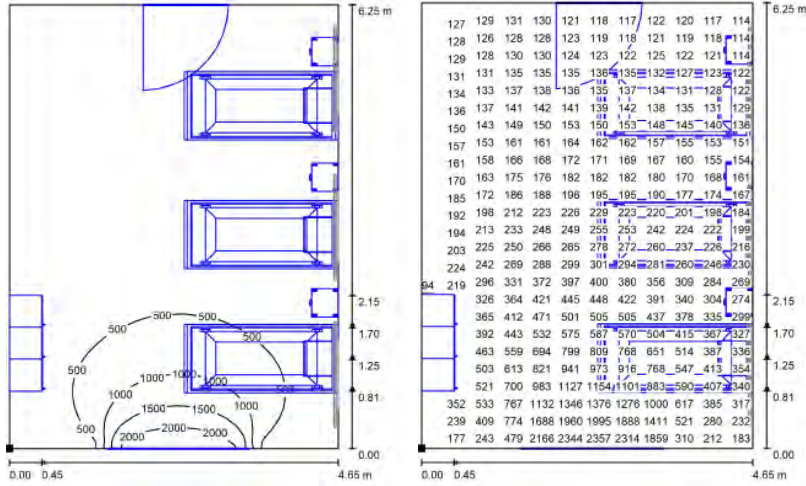
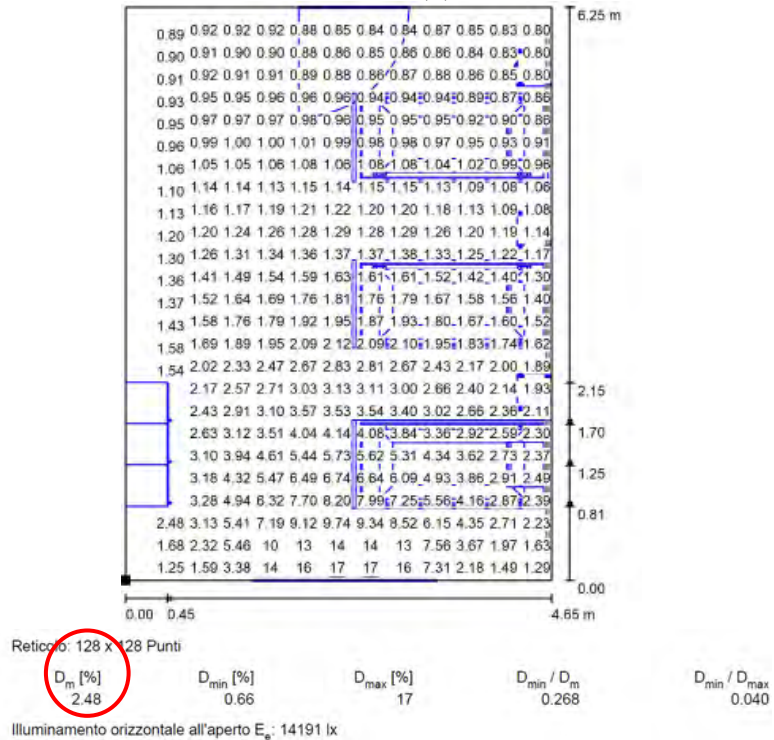


Figura 74 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: isolinee e grafica dei valori di illuminamento E (lx).



Si nota che il valore D_m per l'ambiente è 2,48% che implica un buon livello di illuminazione naturale.

Caratteristiche dei corpi illuminanti: stato pre-intervento.

Una volta valutato il livello di illuminazione naturale, si passa allo studio dell'illuminazione artificiale nello stato pre-intervento.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle lampade dei corpi illuminanti installati prima dell'intervento di sostituzione di tutte le lampade fluorescenti con lampade LED (Figura 75):

Trave testaletto: 2 Lampade fluorescenti da 36W

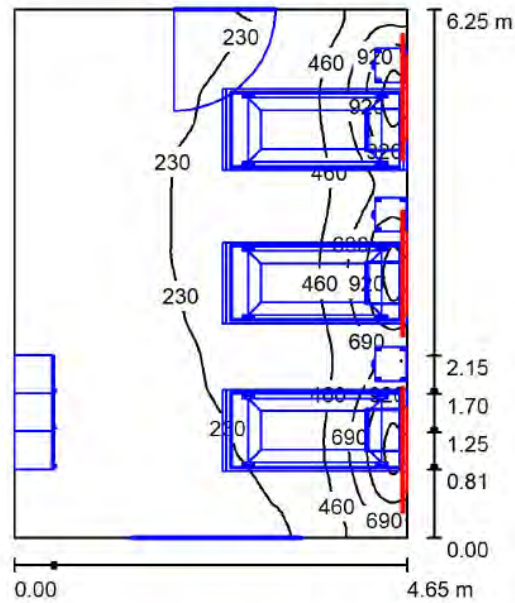
Caratteristiche Lampada:

- Alimentazione: 230V AC
- Attacco: 2 pin / G13 roteabili di 90°
- Potenza: 36 W
- Gradazioni di colore: WW 2.700-3.000K / NW 4.000-4.500K / CW 6.000-6.500K
- Durata vita media: 5.000 h



Figura 75 – Disposizione corpi illuminati allo stato di pre-intervento.

Attraverso la simulazione in DIALux si ottengono i risultati riportati nelle Figura 76 e 77.



Degenza / Scena luce Artificiale / Risultati illuminotecnici

Flusso luminoso sferico: 19500 lm
 Potenza totale: 216.0 W
 Fattore di manutenzione: 0.80
 Zona margine: 0.000 m

Superficie	Illuminamenti medi [lx]			Coefficiente di riflessione [%]	Luminanza medio [cd/m ²]
	diretto	indiretto	totale		
Superficie utile	109	237	346	/	/
Pavimento	26	138	164	67	35
Soffitto	128	186	314	73	73
Parete 1	70	201	271	78	67
Parete 2	241	184	425	78	106
Parete 3	65	203	268	78	67
Parete 4	24	169	193	78	48

Regolarità sulla superficie utile
 E_{min} / E_{max} : 0.311 (1:3)
 E_{min} / E_{max} : 0.087 (1:11)

Figura 76 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di pre-intervento: risultati illuminotecnici.

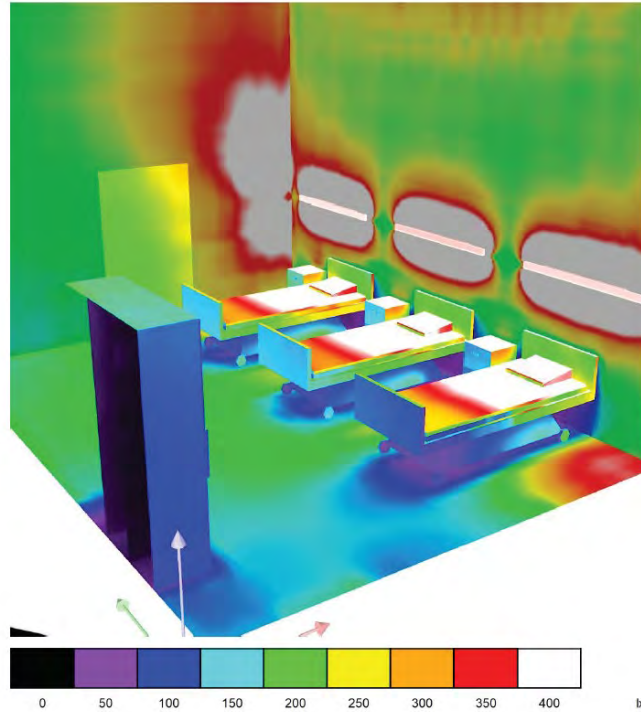


Figura 77 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di pre-intervento: Rendering colori sfalsati.

I risultati ottenuti mostrano che il livello di illuminamento supera abbondantemente quello limite imposto dalla UNI EN 12464-1 (300 lux), ma nell'ambiente è presente un certo grado di disuniformità di illuminazione (grado di uniformità U_0 inferiore a 0,3).

SALA PRANZO

A differenza della camera di degenza, la sala pranzo presenta una forma irregolare e caratteristiche che possono essere riassunte ed individuate nelle Figure 78, 79 e 80.



Figura 78 – Sala da pranzo.

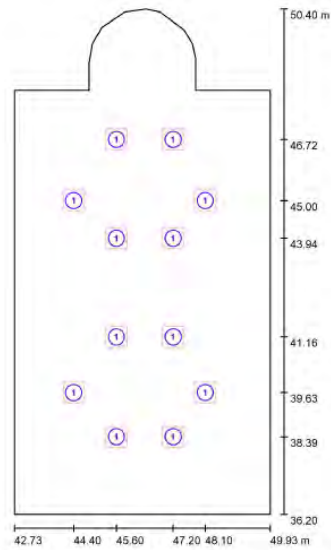


Figura 79 - Caratteristiche geometriche della sala da pranzo e disposizione dei corpi illuminanti.



Figura 80 - Rendering 3D della sala pranzo.

Fattore di Luce Diurna.

Si riportano i risultati ottenuti dalla simulazione in DIALux (Figure 81, 82 e 83).

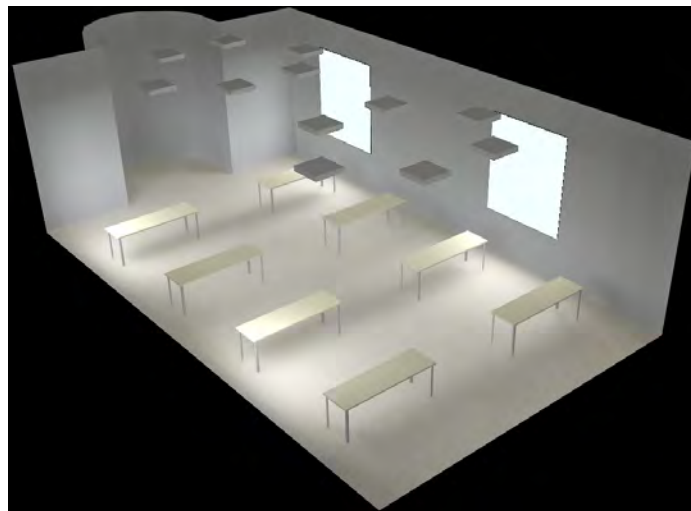


Figura 81 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: Rendering.

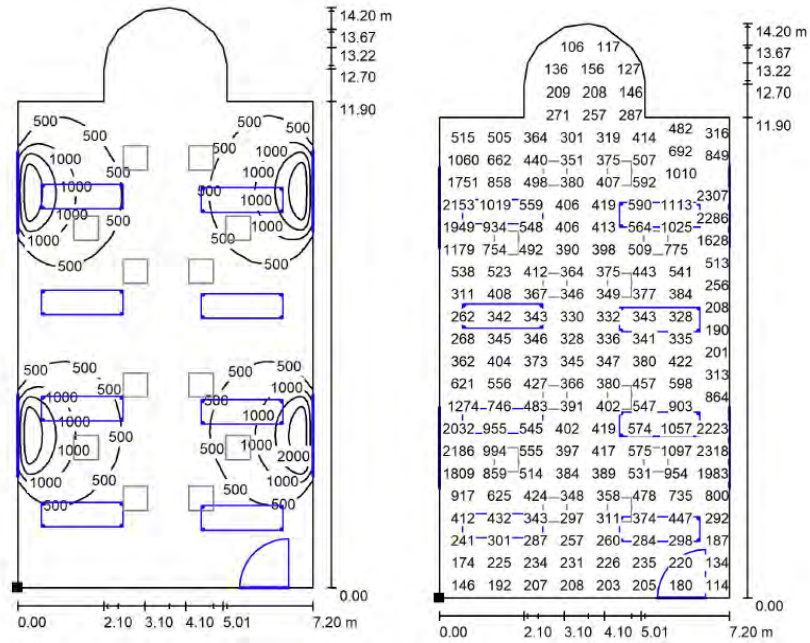


Figura 82 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: isolinee e grafica dei valori di illuminamento E (lx).

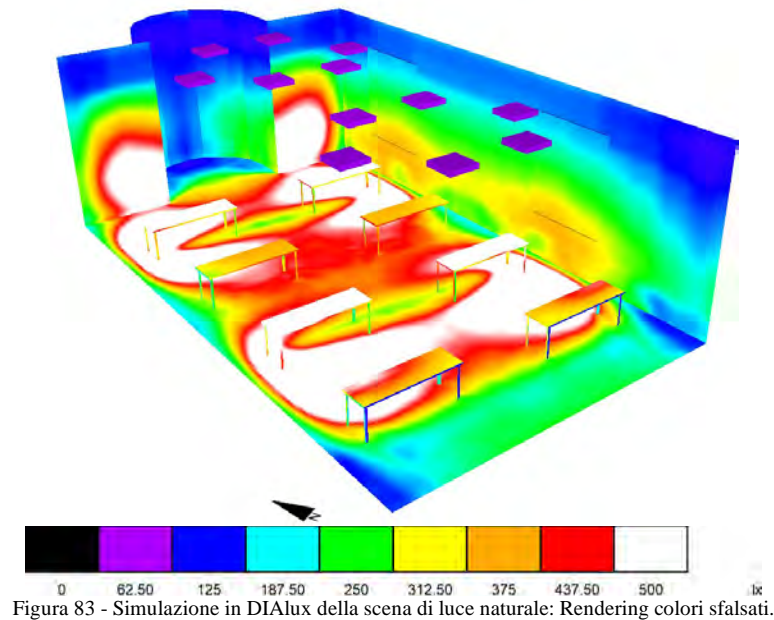
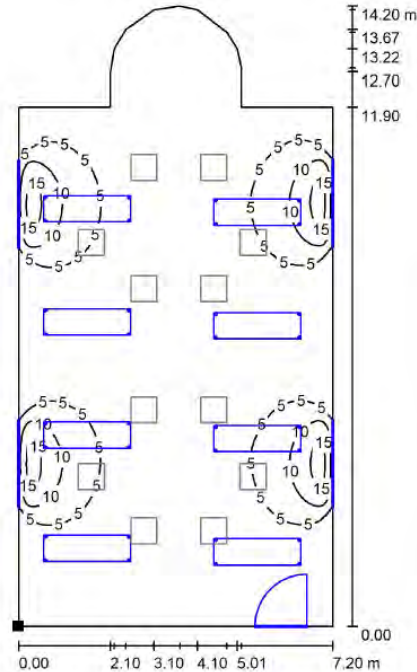


Figura 83 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: Rendering colori sfalsati.



Reticolo: 120 x 128 Punti

D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
3.83	0.66	17	0.173	0.038

Illuminamento orizzontale all'aperto E_a : 14191 lx

Anche in questo caso si nota che il valore D_m per l'ambiente è 3,83% che implica un buon livello di illuminazione naturale.

Caratteristiche dei corpi illuminanti: stato pre-intervento.

Una volta valutato il livello di illuminazione naturale si passa allo studio dell'illuminazione artificiale nello stato pre-intervento.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle lampade dei corpi illuminanti installati prima dell'intervento di sostituzione delle lampade fluorescenti con lampade LED:

Corpo illuminante da incasso: 4 Lampade fluorescenti da 18W

Caratteristiche Lampada:

- Alimentazione: 230V AC
- Attacco: 2 pin / G13 roteabili di 90°
- Potenza: 18 W
- Gradazioni di colore: WW 2.700-3.000K / NW 4.000-4.500K / CW 6.000-6.500K
- Durata vita media: 5.000 h

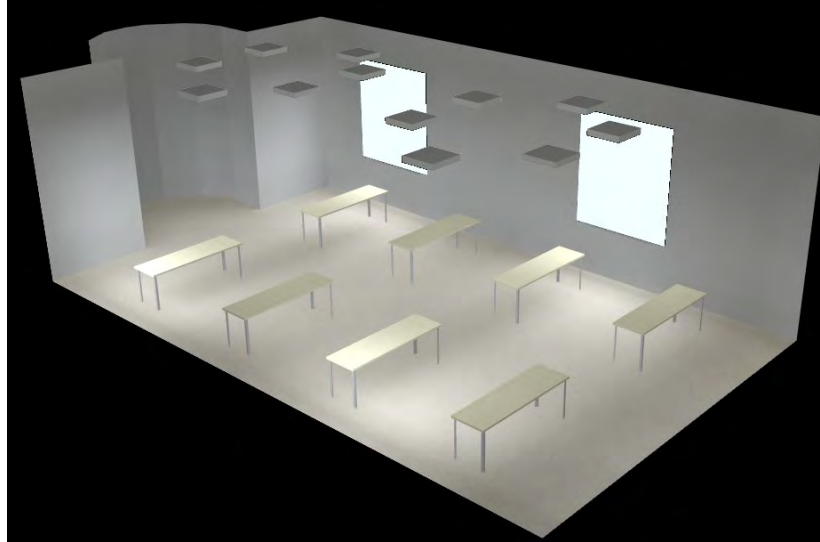
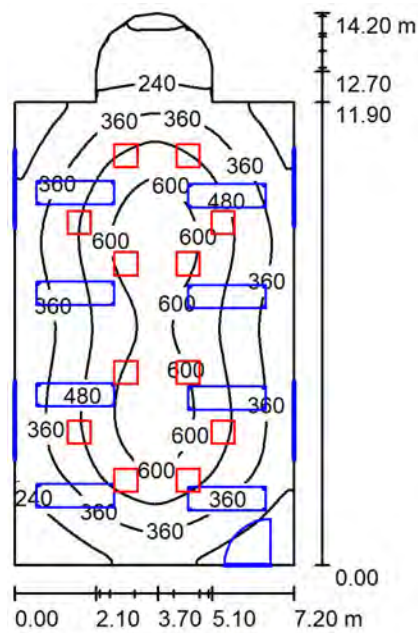


Figura 84– Disposizione corpi illuminati allo stato di pre-intervento.

Attraverso la simulazione in DIALux si ottengono i risultati riportati nelle Figure 85 e 86.



Flusso luminoso sferico: 44180 lm
 Potenza totale: 864,0 W
 Fattore di manutenzione: 0,80
 Zona margine: 0,000 m

Superficie	Illuminamenti medi [lx]			Coefficiente di riflessione [%]	Luminanza medio [cd/m ²]
	diretto	indiretto	totale		
Superficie utile	333	75	408	/	/
Pavimento	255	83	338	56	60
Soffitto	0,00	122	122	70	27
Parete 1	51	102	154	50	24
Parete 2	55	117	171	50	27
Parete 3	54	103	156	50	25
Parete 4	35	86	121	50	19
Parete 5	26	77	103	50	16
Parete 6	28	81	109	50	17
Parete 7	25	83	109	50	17
Parete 8	24	80	104	50	17
Parete 9	24	83	106	50	17
Parete 10	25	85	110	50	18
Parete 11	26	82	108	50	17
Parete 12	26	81	107	50	17
Parete 13	38	85	123	50	20
Parete 14	49	102	152	50	24
Parete 15	52	112	164	50	26

Regolarità sulla superficie utile
 E_{max} / E_{m} : 0,275 (1:4)
 E_{min} / E_{max} : 0,162 (1:6)

Figura 85 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di pre-intervento: risultati illuminotecnici.

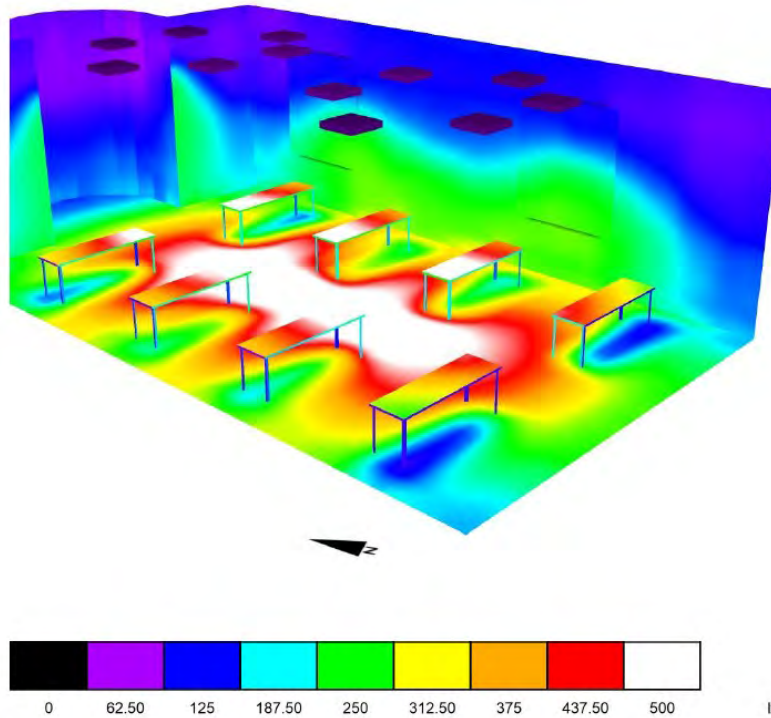


Figura 86 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di pre-intervento: Rendering colori sfalsati.

I risultati ottenuti mostrano che il livello di illuminamento supera abbondantemente quello limite imposto dalla UNI EN 12464-1 (300 lux), ma nell'ambiente è presente un certo grado di disuniformità di illuminazione (grado di uniformità U_0 inferiore a 0,3).

PALESTRA

La palestra presenta una pianta rettangolare e caratteristiche che possono essere riassunte ed individuate nelle Figura 87, 88 e 89.



Figura 87 – Palestra.

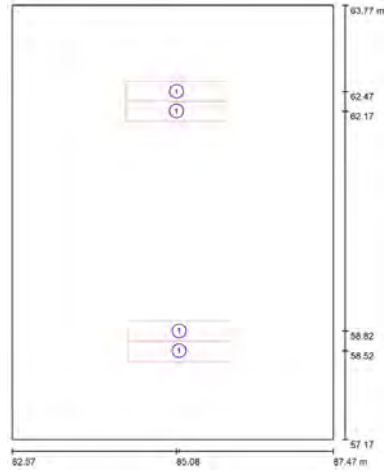


Figura 88 – Caratteristiche geometriche della palestra e disposizione dei corpi illuminanti.



Figura 89 - Rendering 3D della palestra.

Fattore di Luce Diurna.

Si riportano i risultati ottenuti dalla simulazione in DIALux (Figura 90, Figura 91 e Figura 92):

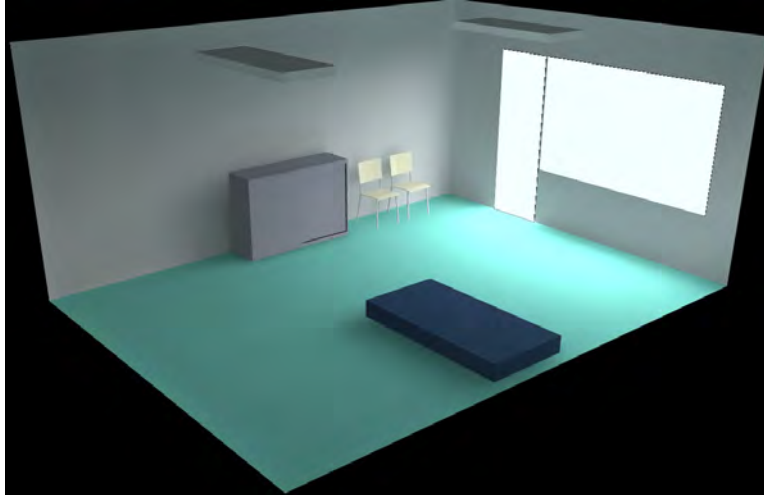


Figura 90 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: Rendering.

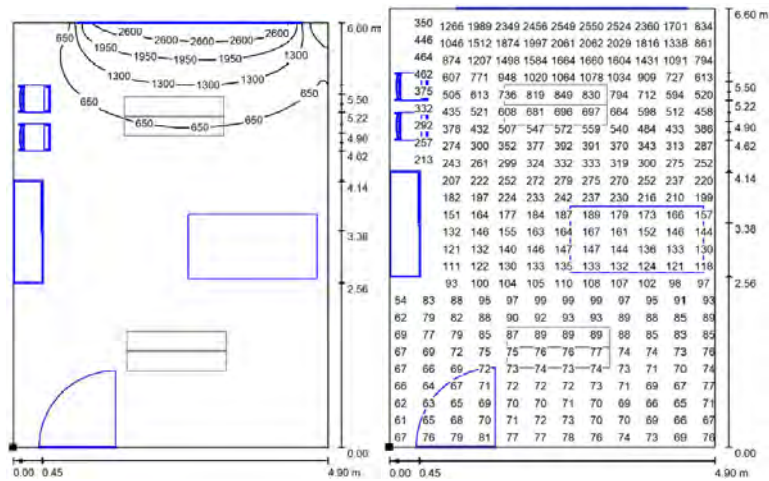


Figura 91 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: isolinee e grafica dei valori di illuminamento E (lx).

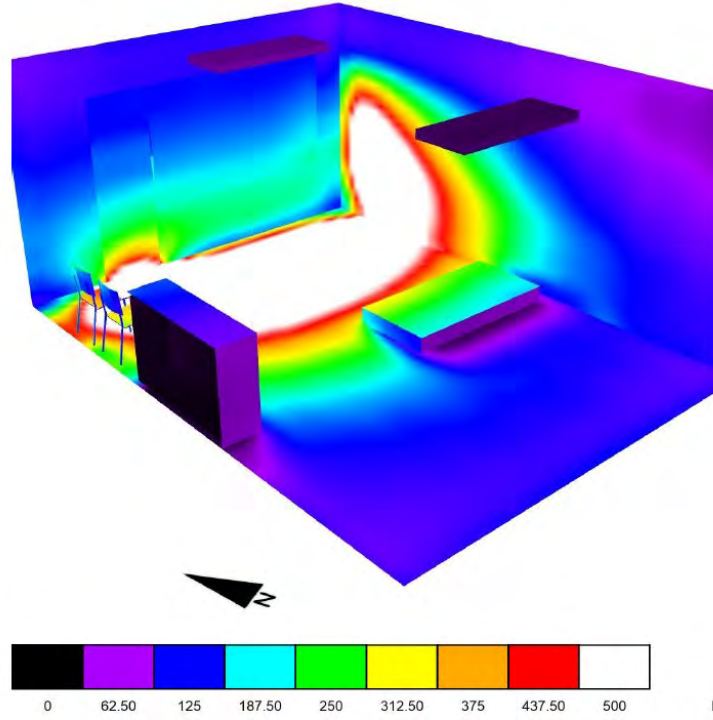
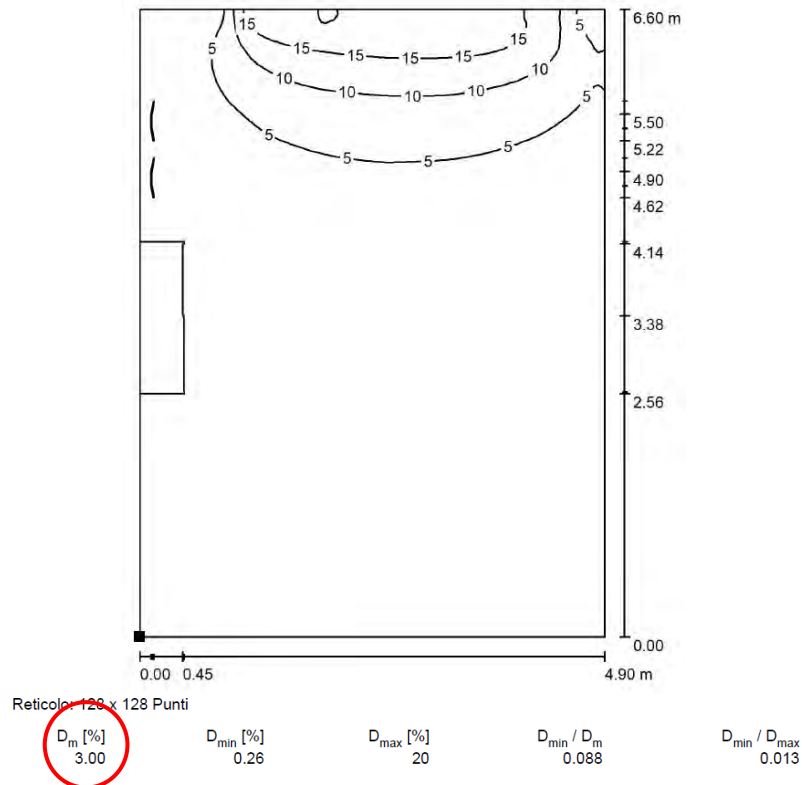


Figura 92 - Simulazione in DIALux della scena di luce naturale: Rendering colori sfalsati.



Anche in questo caso, si nota che il valore D_m per l'ambiente è 3,00% che implica un buon livello di illuminazione naturale.

Caratteristiche dei corpi illuminanti: stato pre-intervento.

Una volta valutato il livello di illuminazione naturale si passa allo studio dell'illuminazione artificiale nello stato pre-intervento.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle lampade dei corpi illuminanti installati prima dell'intervento di sostituzione delle lampade fluorescenti con lampade LED:

Corpo illuminante a plafone: 2 Lampade fluorescenti da 36W

Caratteristiche Lampada:

- Alimentazione: 230V AC
- Attacco: 2 pin / G13 roteabili di 90°
- Potenza: 36 W
- Gradazioni di colore: WW 2.700-3.000K / NW 4.000-4.500K / CW 6.000-6.500K
- Durata vita media: 5.000 h

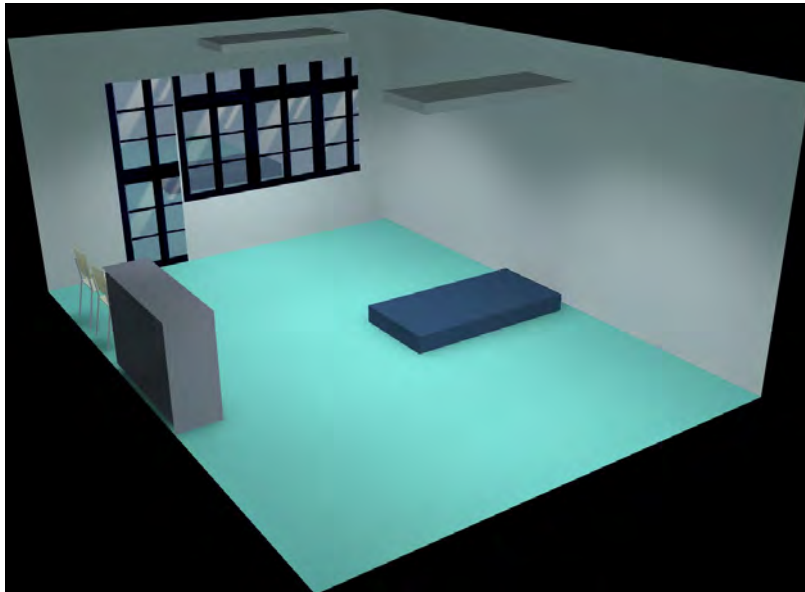
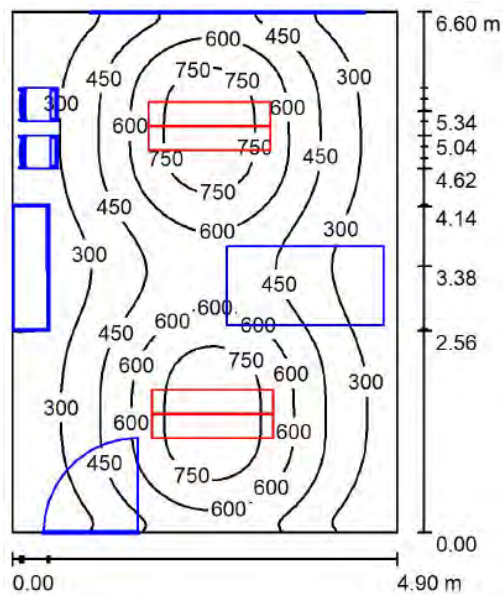


Figura 93 - Disposizione corpi illuminati allo stato di pre-intervento.

Attraverso la simulazione in DIALux si ottengono i risultati riportati nelle Figure 94 e 95.



Flusso luminoso sferico: 19474 lm
 Potenza totale: 288.0 W
 Fattore di manutenzione: 0.80
 Zona margine: 0.000 m

Superficie	Illuminamenti medi [lx]			Coefficiente di riflessione [%]	Luminanza medio [cd/m²]
	diretto	indiretto	totale		
Superficie utile	413	55	468	/	/
Pavimento	290	62	352	44	49
Soffitto	0.00	94	94	50	15
Parete 1	87	91	178	50	28
Parete 2	67	87	153	50	24
Parete 3	71	87	158	50	25
Parete 4	42	75	117	50	19

Regolarità sulla superficie utile
 E_{min} / E_m : 0.294 (1:3)
 E_{min} / E_{max} : 0.160 (1:6)

Figura 94 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di pre-intervento: risultati illuminotecnici.

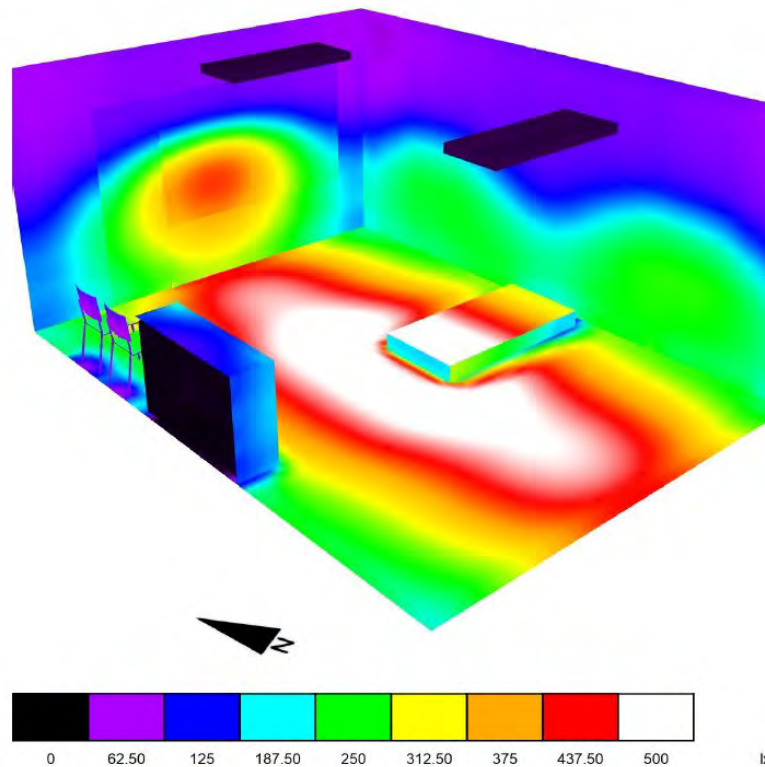


Figura 95 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di pre-intervento: Rendering colori sfalsati.

I risultati ottenuti mostrano che il livello di illuminamento supera abbondantemente quello limite imposto dalla UNI EN 12464-1 (300 lux), ma

nell'ambiente è presente un certo grado di disuniformità di illuminazione (grado di uniformità U_0 inferiore a 0,3).

8.1.3 STUDIO ILLUMINOTECNICO DEGLI AMBIENTI “TIPO”: SOSTITUZIONE DELLE LAMPADE FLUORESCENTI CON LAMPADE LED.

Si propone a questo punto uno studio illuminotecnico basato su corpi illuminanti a tecnologia LED in modo da effettuare una comparazione di prestazioni illuminotecniche con quelli a fluorescenza che sono state poi tutte sostituite.

CAMERA DI DEGENZA

Caratteristiche dei corpi illuminanti: stato di progetto.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle lampade dei corpi illuminanti a tecnologia LED proposti e la loro disposizione:

Trave testaleto: 2 Lampade a LED da 18W

Caratteristiche Lampada:

- Alimentazione: 230V AC
- Attacco: 2 pin / G13 roteabili di 90°
- Potenza: 18W
- Flusso luminoso: 1.800 Lumen
- Gradazioni di colore: WW 2.700-3.000K / NW 4.000-4.500K / CW 6.000-6.500K
- Durata vita media: 50.000 h

Attraverso la simulazione in DIALux si ottengono i risultati riportati nelle Figure 96 e 97

Flusso luminoso sferico: 10800 lm
Potenza totale: 108.0 W
Fattore di manutenzione: 0.80
Zona margine: 0.000 m

Superficie	Illuminamenti medi [lx]			Coefficiente di riflessione [%]	Luminanza medio [cd/m ²]
	diretto	indiretto	totale		
Superficie utile	60	129	190	/	/
Superficie di calcolo 1	148	171	319	/	/
Pavimento	14	76	91	67	19
Soffitto	71	102	173	73	40
Parete 1	39	110	148	78	37
Parete 2	135	100	236	78	59
Parete 3	36	111	147	78	36
Parete 4	13	93	107	78	26

Regolarità sulla superficie utile
 E_{min} / E_m : 0.382 (1:3)
 E_{min} / E_{max} : 0.105 (1:9)

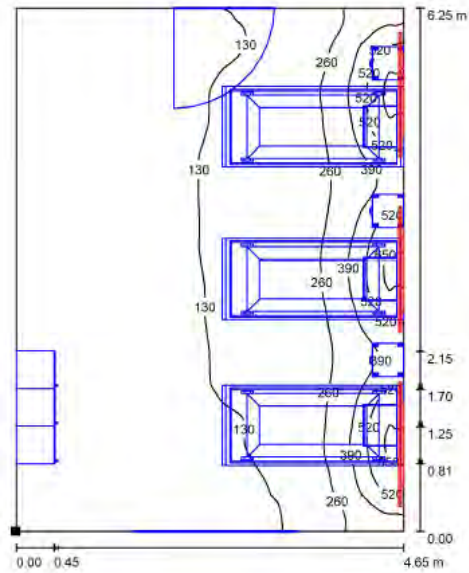


Figura 96 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di intervento: risultati illuminotecnici.

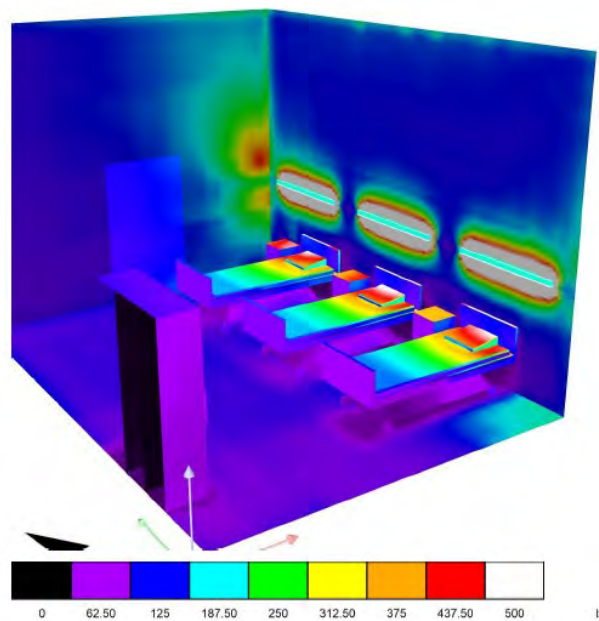


Figura 97 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di intervento: Rendering colori sfalsati.

I risultati ottenuti mostrano che il livello di illuminamento supera quello limite imposto dalla UNI EN 12464-1 e in questo caso, nell'ambiente è presente un grado di uniformità U_0 leggermente superiore a 0,3.

Si può quindi affermare che, nel caso in esame, a parità di numero di corpi illuminanti, le lampade a tecnologia LED da 18W permettono livelli di illuminamento sostanzialmente uguali a quelli prodotti da lampade fluorescenti da 36W, con la sostanziale differenza che il grado di uniformità di illuminamento dell'ambiente è leggermente superiore; a questa peculiarità si aggiunge ovviamente quella del consumo energetico ridotto del 50% e quella di durata di vita media dieci volte superiore. Si precisa che l'intervento proposto e poi realizzato di sostituzione delle lampade, ha riguardato appunto la sola sostituzione delle lampade, mantenendo in uso le plafoniere. Ovviamente si sono dovute ricablare le plafoniere, eliminando lo starter e il reattore, così facendo si è sostenuto solo il costo della lampada (mediamente € 3,00) oltre al costo di un elettricista per circa 5÷10 minuti a plafoniera.

SALA DA PRANZO

Caratteristiche dei corpi illuminanti: stato di progetto.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle lampade dei corpi illuminanti a tecnologia LED proposti e la loro di disposizione:

Corpo illuminante da incasso: 4 Lampade a LED da 9 W

Caratteristiche Lampada:

- Alimentazione: 230V AC
- Attacco: 2 pin / G13 roteabili di 90°
- Potenza: 9 W
- Gradazioni di colore: WW 2.700-3.000K / NW 4.000-4.500K / CW 6.000-6.500K
- Durata vita media: 50.000 h

Attraverso la simulazione in DIALux si ottengono i risultati riportati nelle Figure 88 e 89.

Flusso luminoso sferico: 35998 lm
Potenza totale: 432.0 W
Fattore di manutenzione: 0.80
Zona margini: 0.500 m

Superficie	Illuminamenti medi [lx]			Coefficiente di riflessione [%]	Luminanza medio [cd/m²]
	diretto	indiretto	totale		
Superficie utile	298	62	360	/	/
Pavimento	198	68	266	56	47
Soffitto	0.00	97	97	70	22
Parete 1	43	82	125	50	20
Parete 2	52	93	146	50	23
Parete 3	46	83	129	50	21
Parete 4	31	69	100	50	16
Parete 5	23	64	86	50	14
Parete 6	24	67	91	50	14
Parete 7	21	67	87	50	14
Parete 8	18	65	83	50	13
Parete 9	18	67	85	50	14
Parete 10	20	69	89	50	14
Parete 11	22	67	89	50	14
Parete 12	23	65	88	50	14
Parete 13	33	68	102	50	16
Parete 14	43	82	125	50	20
Parete 15	50	90	140	50	22

Regolarità sulla superficie utile
 E_{min} / E_{max} : 0.312 (1:3)
 E_{min} / E_{max} : 0.213 (1:5)

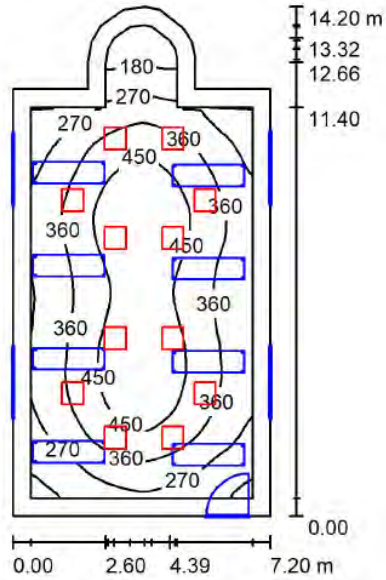


Figura 98 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di intervento: risultati illuminotecnici.

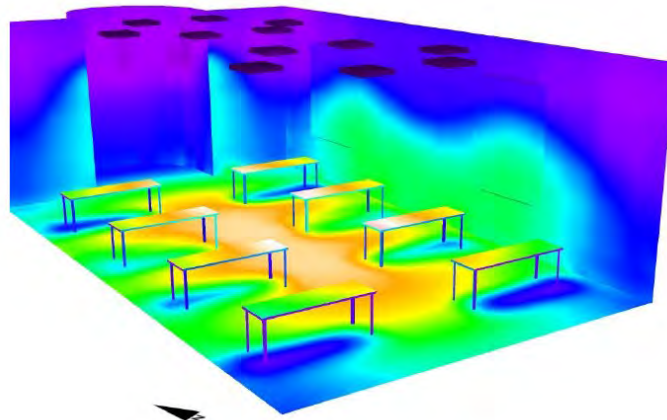


Figura 99 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di intervento: Rendering colori sfalsati.

I risultati ottenuti mostrano che il livello di illuminamento supera quello limite imposto dalla UNI EN 12464-1 e anche in questo caso, nell'ambiente è presente un grado di uniformità U_0 leggermente superiore a 0,3.

Le lampade a tecnologia LED da 9W permettono livelli di illuminamento sostanzialmente uguali a quelli prodotti da lampade fluorescenti da 18W con le stesse considerazioni fatte prima relativamente al consumo energetico, alla durata di vita e alla modalità di intervento.

PALESTRA

Caratteristiche dei corpi illuminanti: stato di progetto.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle lampade dei corpi illuminanti a tecnologia LED proposti e la loro di disposizione:

Corpo illuminante a plafone: 2 Lampade a LED da 18W

Caratteristiche Lampada:

- Alimentazione: 230V AC
- Attacco: 2 pin / G13 roteabili di 90°
- Potenza: 18 W
- Gradazioni di colore: WW 2.700-3.000K / NW 4.000-4.500K / CW 6.000-6.500K
- Durata vita media: 50.000 h

Attraverso la simulazione in DIALux si ottengono i risultati riportati nelle Figure 100 e 101.

Flusso luminoso sferico: 14022 lm					
Potenza totale: 144,0 W					
Fattore di manutenzione: 0,80					
Zona margine: 0,500 m					
Superficie	Illuminamenti medi [lx]			Coefficiente di riflessione [%]	Luminanza medio [cd/m ²]
	diretto	indiretto	totale		
Superficie utile	342	40	382	/	/
Pavimento	204	46	249	44	35
Soffitto	0,00	74	74	50	12
Parete 1	65	67	132	50	21
Parete 2	51	64	115	50	18
Parete 3	52	63	114	50	18
Parete 4	32	55	88	50	14
Regolarità sulla superficie utile					
E_{\min} / E_m : 0,458 (1:2)					
E_{\min} / E_{\max} : 0,299 (1:3)					

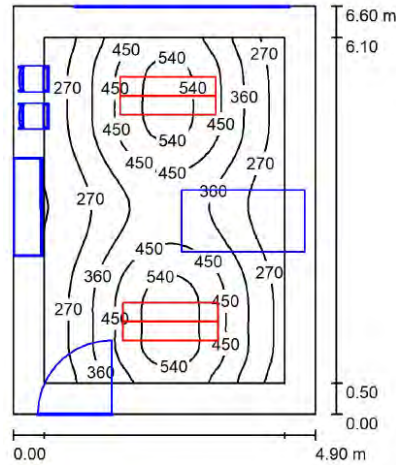


Figura 100 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di intervento: risultati illuminotecnici.

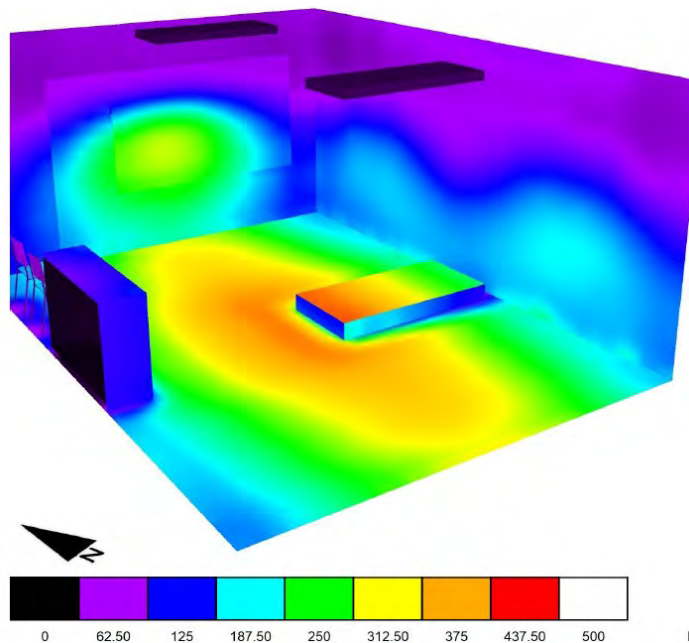


Figura 101 - Simulazione in DIALux della scena di luce artificiale allo stato di intervento: Rendering colori sfalsati.

I risultati ottenuti mostrano che il livello di illuminamento supera quello limite imposto dalla UNI EN 12464-1 e in questo caso, nell'ambiente si assiste a un netto miglioramento del grado di uniformità U_0 superiore a 0,4.

Le lampade a tecnologia LED da 18W permettono livelli di illuminamento sostanzialmente uguali a quelli prodotti da lampade fluorescenti da 36W, con le

stesse considerazioni fatte prima relativamente al consumo energetico, alla durata di vita e alla modalità di intervento.

8.1.4 VALUTAZIONE ENERGETICA.

Si può quindi effettuare una valutazione energetica delle due tecnologie a confronto valutando gli indici:

- **LENI** (*Lighting Energy Numeric Indicator*):

$$LENI = \frac{W}{A} \left[\frac{kWh}{m^2 \text{ anno}} \right]$$

- **EP_{ill}** (*Lighting Energy Performance*):

$$EP_{ill} = LENI \cdot \frac{S}{V} \cdot 2,17 \left[\frac{kWh}{m^3 \text{ anno}} \right]$$

con S/V fattore di forma dell'edificio/ambiente in studio.

I risultati ottenuti per l'ambiente in studio (ad esempio la sala pranzo) sono riportati nelle Figure 102 e 103

Data la proporzionalità diretta tra indice LENI e indice EP_{ill} si deduce che quest'ultimo si è ridotto del 50% con l'utilizzo della tecnologia LED.

Le considerazioni fatte possono essere estese a questo punto a tutto l'Edificio oggetto degli interventi di riqualificazione energetica.

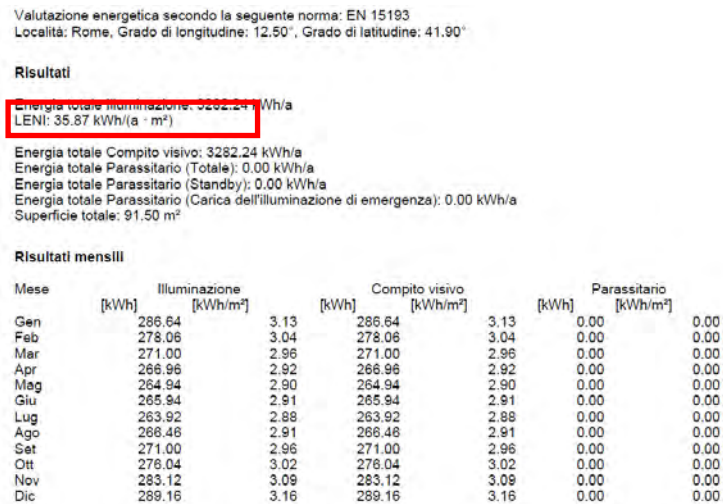


Figura 102 – Valutazione energetica: lampade fluorescenti.

Valutazione energetica secondo la seguente norma: EN 15193

Risultati

Energia totale Illuminazione: 1641.12 kWh/a

LENI: 17.94 kWh/(a · m²)

Energia totale Compito visivo: 1641.12 kWh/a

Energia totale Parassitario (Totale): 0.00 kWh/a

Energia totale Parassitario (Standby): 0.00 kWh/a

Energia totale Parassitario (Carica dell'illuminazione di emergenza): 0.00 kWh/a

Superficie totale: 91.50 m²

Risultati mensili

Mese	Illuminazione		Compito visivo		Parassitario	
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[kWh/m ²]
Gen	143.32	1.57	143.32	1.57	0.00	0.00
Feb	139.04	1.52	139.04	1.52	0.00	0.00
Mar	135.50	1.48	135.50	1.48	0.00	0.00
Apr	133.48	1.46	133.48	1.46	0.00	0.00
Mag	132.46	1.45	132.46	1.45	0.00	0.00
Giu	132.98	1.45	132.98	1.45	0.00	0.00
Lug	131.96	1.44	131.96	1.44	0.00	0.00
Ago	133.22	1.46	133.22	1.46	0.00	0.00
Set	135.50	1.48	135.50	1.48	0.00	0.00
Ott	138.02	1.51	138.02	1.51	0.00	0.00
Nov	141.56	1.55	141.56	1.55	0.00	0.00
Dic	144.58	1.58	144.58	1.58	0.00	0.00

Figura 103 - Valutazione energetica: lampade LED.

8.1.5 VALUTAZIONE ECONOMICA.

Assieme alle valutazioni illuminotecniche ed energetiche, la valutazione economica occupa un posto di notevole importanza. A tal riguardo l'uso della tecnologia LED può avere risvolti economici considerevoli in relazione alle notevoli dimensioni dell'Edificio oggetto di studio.

Si parte con alcune considerazioni preliminari:

- la tecnologia LED permette una riduzione del consumo di circa il 50%
- la tecnologia LED permette bassi costi di manutenzione, vista la durata di vita media molto superiore a quella a fluorescenza
- la tecnologia LED, se ci riferiamo solo alle lampade, attualmente non è più costosa rispetto a quella a fluorescenza.

Un'analisi economica efficace deve essere in grado, al di là dei puri concetti di matematica finanziaria, di poter correlare questi aspetti in maniera corretta; si cercherà in questa sezione di unire questi aspetti per capire l'effettiva efficacia dell'investimento.

Appurato lo stato di fatto dell'impianto di illuminazione si è proposto l'intervento di sostituzione dei tubi a fluorescenza con tubi a tecnologia LED, lasciando inalterato il corpo illuminante.

Prima di affrontare il caso proposto è opportuno fare delle considerazioni sia sul mercato dell'energia elettrica e sia sul mercato delle lampade LED.

Nella trattazione economica di seguito proposta verrà utilizzata per quanto concerne i costi dell'energia elettrica, la tariffa di mercato libero per utenti non domestici e specifica per strutture sanitarie².

² ENI Plenitude Mercato Libero

Per quanto concerne invece il costo dei tubi LED si fa riferimento all'offerta della Ditta che si è occupata della sostituzione di tutte le lampade e di seguito riportata:

Lampade LED per Edifici A ed E	U.M.	Quantità	Costo unitario	Costo totale
Fornitura LED da 60 cm (9 W) – Ed. E	n	1136	€ 3,10	€ 3.521,60
Fornitura LED da 120 cm (18 W) – Ed. E	n	425	€ 3,24	€ 1.377,00
Fornitura LED da 150 cm (22 W) – Ed. E	n	126	€ 4,42	€ 556,92
Fornitura LED da 60 cm (9 W) – Ed. A	n	1400	€ 3,10	€ 4.340,00
Fornitura LED da 120 cm (18 W) – Ed. A	n	663	€ 3,24	€ 2.148,12
Posa in opera di tutte le lampade, compreso lo smaltimento delle vecchie lampade	a corpo	1	€ 5.250,00	€ 5.250,00
Totale				€ 17.193,64

Tabella 13 – Costi della sostituzione delle lampade fluorescenti con lampade a LED.

Si ottiene un piano di ammortamento caratterizzato dal flusso di cassa di Figura 104:

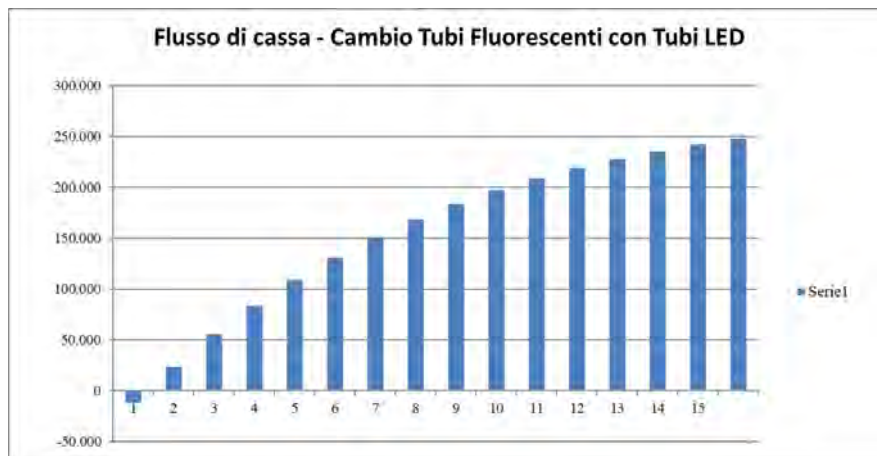


Figura 104 - Flusso di cassa – Caso di sostituzione solo dei tubi a fluorescenza con tubi LED.

Come si può notare, il rientro dell'investimento si verifica dopo un anno.

9. ANALISI ENERGETICA A SEGUITO DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

INDICE CAPITOLO

9.1	RIEPILOGO DEGLI INTERVENTI.....	130
9.2	IL NUOVO MODELLO ENERGETICO.....	131
9.2.1	GENERALITÀ.....	131
9.2.2	RISULTATI DELLA MODELLAZIONE.....	131

9.1 RIEPILOGO DEGLI INTERVENTI

Nei Capitoli 5, 6, 7 e 8 sono stati messi in evidenza gli interventi di riqualificazione energetica che si è avuta la fortuna, una volta ipotizzati e progettati, di veder realizzati nell'ambito dello studio di "Efficientamento Energetico della Struttura Sanitaria" intrapreso nel lavoro di tesi di dottorato. Questi interventi si possono di così riepilogare:

- Sostituzione di tutte le lampade fluorescenti con lampade LED
- Eliminazione della centrale termica a vapore e collegamento dell'Edificio A alla centrale termica che serviva solo l'Edificio E.
- Chiusura di 203 radiatori su un totale di 263 (77%) dell'Edificio A, riscaldando lo stesso con l'utilizzo delle pompe di calore Daikin installate in copertura, molto più performanti dal punto di vista energetico.
- Sostituzione dell'UTA dell'Università con una di portata inferiore e quindi meno energivora.
- Modifica all'UTA della Chiesa, con l'eliminazione della presa d'aria esterna, che riscalda ora solo aria di ricircolo, piuttosto che aria esterna molto più fredda.
- Eliminazione di due sistemi di pressurizzazione dell'acqua, facendo capo ora solo a un solo impianto autoclave per tutto il complesso sanitario.
- Sostituzione in cucina dei bollitori a vapore con bollitori a gas da 200 litri cad.
- Installazione di condizionatori del tipo split negli spogliatoi uomini del Centro Diurno, che consentono di non dover accendere il riscaldamento centralizzato in funzione del "cambio turno" mattutino e serale, che avviene in orari al di fuori del periodo di riscaldamento.
- Disattivazione di uno dei due boiler per ACS da 1500 litri a servizio del Centro Diurno.
- Installazione di un impianto fotovoltaico da 234 kWp di picco sulla copertura dell'Edificio E.

- Installazione di due caldaie di 34 kW cad. per il funzionamento dei boiler dell'acqua calda sanitaria dell'Edificio A, e di una caldaia di 34 kW a servizio dell'ACS dell'Edificio E.
- Installazione di un sistema Enerkeeper in cabina elettrica per migliorare la qualità dell'energia elettrica utilizzata e ridurre quindi il consumo del 10%.

9.2 IL NUOVO MODELLO ENERGETICO POST-OPERAM

9.2.1 GENERALITÀ

A seguito degli interventi di efficientamento energetico effettuati che sopra sono stati elencati, è stato possibile ricostruire il modello 3D con le stesse modalità dello stato ante-operam, considerando che:

- a) non si sono apportate modifiche all'involucro edilizio,
- b) gli interventi effettuati sono stati tutti di natura impiantistica.

9.2.2 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

Definite così le caratteristiche dell'involucro disperdente e degli impianti, si può costruire il modello energetico e quantificare i risultati ottenuti nelle condizioni post-operam (da Figura 105 a Figura 111).

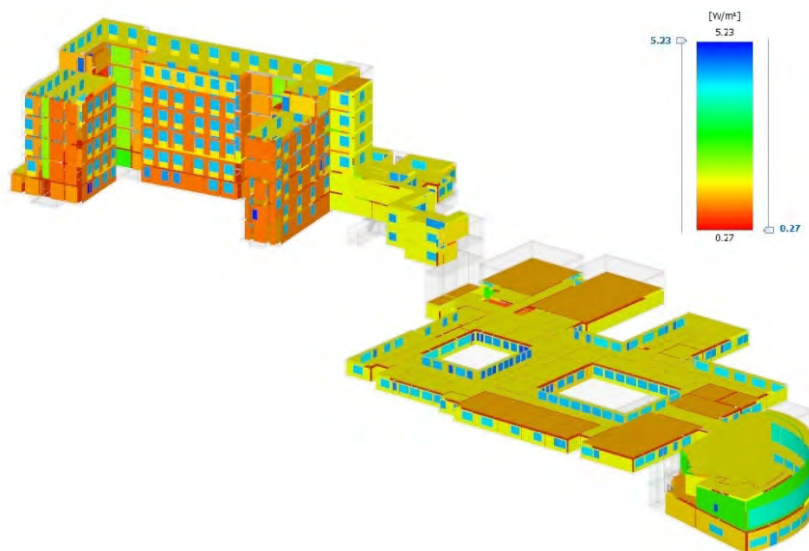


Figura 105 – Dispersioni per trasmissione – post-operam.

FABBISOGNI DI ENERGIA PRIMARIA PER SINGOLO SERVIZIO

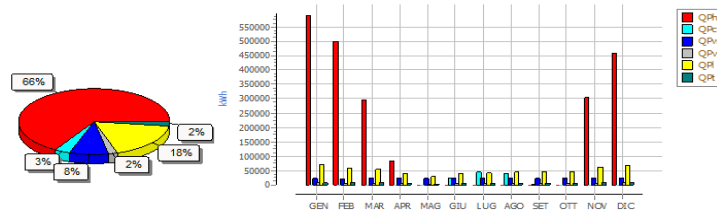


Figura 106 – Fabbisogni di energia primaria per i servizi di riscaldamento (QP_h), raffrescamento (QP_c), acqua calda sanitaria (QP_w), ventilazione meccanica (QP_v), illuminazione artificiale (QP_i), trasporto cose e persone (QP_t) – post-operam.

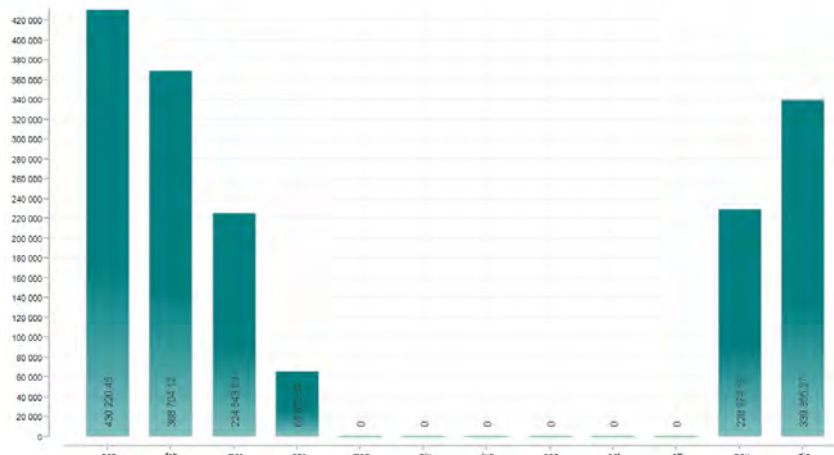


Figura 107 - Q_h [kWh] - Fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento – post-operam.

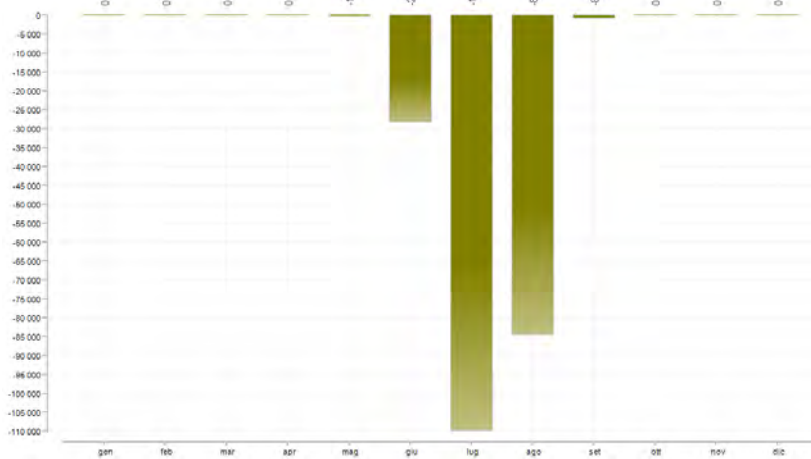


Figura 108 - Q_c [kWh] - Fabbisogno di energia termica utile per raffrescamento – post-operam.

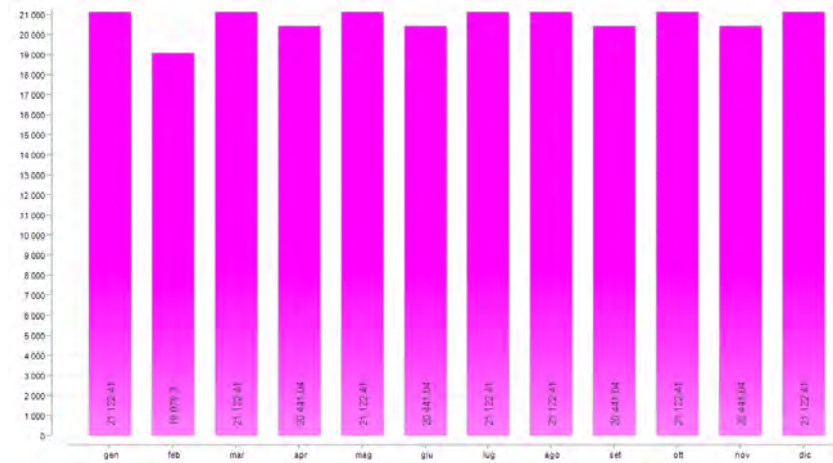


Figura 109 - Qw [kWh] - Fabbisogno di energia termica per acqua calda sanitaria – post-operam.

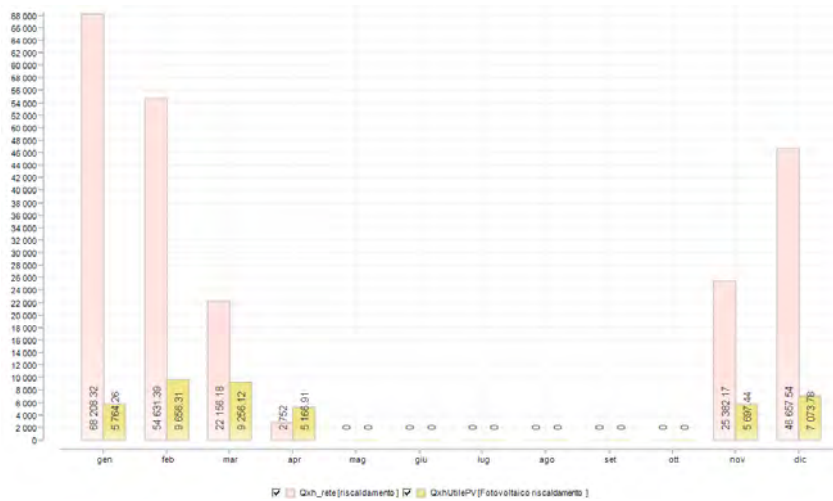


Figura 110 - Qh_rete [kWh] - Fabbisogno di energia elettrica prelevata dalla rete per riscaldamento e QhUtilePV [kWh] - Energia elettrica prodotta e utilizzata per il riscaldamento – post-operam.

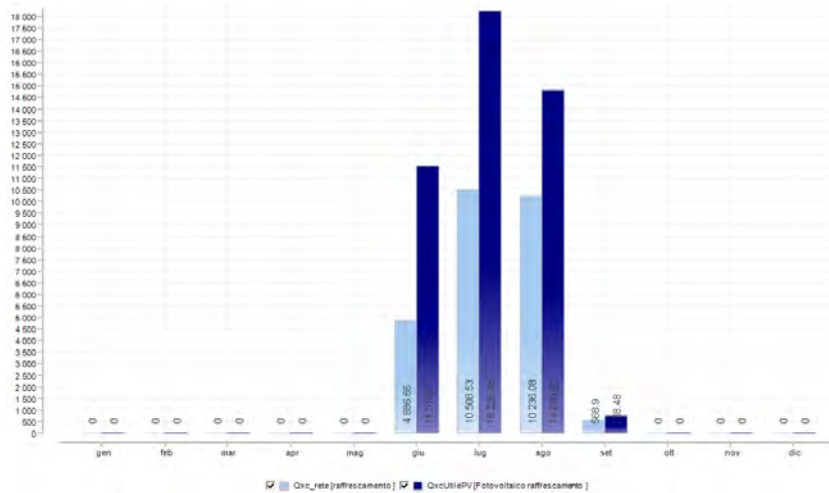
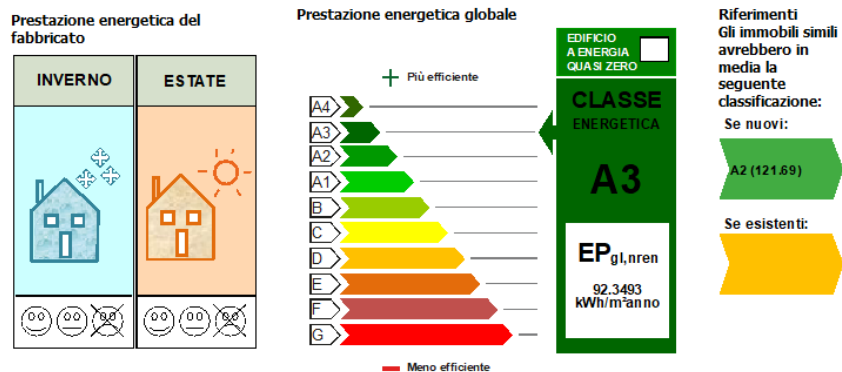


Figura 111 - Qc_rete [kWh] - Fabbisogno di energia elettrica prelevata dalla rete per raffrescamento e QcUtilePV [kWh] - Energia elettrica prodotta e utilizzata per il raffrescamento – post-operam.

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO



SERVIZI ENERGETICI PRESENTI

- Climatizzazione invernale
- Ventilazione meccanica
- Illuminazione
- Climatizzazione estiva
- Prod. acqua calda sanitaria
- Trasporto di persone o cose

Figura 112 – Classificazione Energetica della Struttura – post-operam.

La prestazione energetica globale e la classificazione energetica post-operam è riportata in Figura 112; mentre i dati di riepilogo sono riportati in Figura 113.

La classificazione energetica ottenuta mostra che i soli interventi impiantistici hanno migliorato notevolmente la prestazione energetica globale, consentendo un salto di Classe Energetica di ben 5 Classi (da D ad A3).

DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO		
Volume lordo		69'516.78 [m ³]
Superficie lorda disperdente		28'852.48 [m ²]
Rapporto di forma S/V		0.42 [1/m]
Volume netto		52'673.43 [m ³]
Superficie netta calpestabile		13'676.46 [m ²]
Capacità termica totale		2'996'990.99 [kJ/K]
INDICI DI PRESTAZIONE		
Classe energetica		A3
Indice di prestazione energetica globale		245.43 [kWh/m ² anno]
Indice di prestazione termica utile per riscaldamento		122.438 [kWh/m ² anno]
Indice di prestazione termica utile per raffrescamento		16.143 [kWh/m ² anno]
Indice di prestazione energetica per riscaldamento		163.11 [kWh/m ² anno]
Indice di prestazione energetica per raffrescamento		7.95 [kWh/m ² anno]
Indice di prestazione energetica per acs		20.52 [kWh/m ² anno]
Indice di prestazione energetica per ventilazione		4.52 [kWh/m ² anno]
Indice di prestazione energetica per illuminazione		43.68 [kWh/m ² anno]
Indice di prestazione energetica per trasporti		5.65 [kWh/m ² anno]
FABBISOGNI		
Riscaldamento	Fabbisogno di energia termica utile	1'657'468.2 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	2'230'833.0 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	1'739'867.9 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	490'965.10 [kWh]
Raffrescamento	Fabbisogno di energia frigorifera utile	223'150.99 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	108'707.68 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	57'617.35 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	51'090.34 [kWh]
Acqua calda sanitaria	Volumi di ACS	8'317.11 [m ³]
	Fabbisogno di energia termica utile	248'699.30 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	280'638.82 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	672.21 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	279'966.60 [kWh]
Ventilazione meccanica	Fabbisogno di energia elettrica	35'040.00 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	61'799.32 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	25'052.37 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	36'746.95 [kWh]
Illuminazione	Fabbisogno di energia elettrica	336'427.81 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	597'322.79 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	239'051.51 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	358'271.27 [kWh]
Trasporti	Fabbisogno di energia elettrica	43'836.28 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	77'313.14 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	31'341.40 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	45'971.74 [kWh]

Figura 113 - Riepilogo dei risultati dell'analisi post-operam..

Questo risultato dà lo spunto per una riflessione più ampia sugli interventi di efficientamento energetico degli edifici, ma sarebbe più corretto parlare di sistema edificio-impianto, qualunque sia la loro destinazione d'uso, specialmente dopo la stagione del Superbonus 110%, che ha portato alla spesa di denaro pubblico per più di 100 miliardi di euro. Con il Superbonus, infatti, si sono

realizzati “sistemi a cappotto” di 14 cm ÷ 15 cm di spessore con materiale isolante dalla dubbia resistenza meccanica, sicuramente non garantita negli anni a venire, quando ci si poteva almeno inizialmente dedicare all'efficientamento degli impianti e all'utilizzo di fonti rinnovabili.

Tornando al caso di studio, la scelta dell'utilizzo della tecnologia a pompa di calore per i servizi di riscaldamento e raffrescamento ha permesso di avere prestazioni di impianto nettamente più efficienti, tanto più che si è potuta realizzare senza investimenti, tenuto conto che l'impianto era esistente. Gli studi effettuati hanno convinto la Struttura a cambiare la gestione dell'impianto nel periodo di riscaldamento. Si è così ottenuto a “costo zero” il contemporaneo risparmio di gas naturale, vista la totale dismissione delle caldaie a vapore obsolete ed altamente energivore e l'utilizzo più efficace dell'energia elettrica, ora prodotta in quantità considerevole dall'impianto fotovoltaico. Un ulteriore e importante risparmio di energia elettrica si è ottenuto con la sostituzione di tutte le lampade fluorescenti con lampade a LED, che, come visto, forniscono analoghe prestazioni illuminotecniche con potenza elettrica impegnata dimezzata. Contemporaneamente l'installazione di un impianto fotovoltaico di media potenza permette di alimentare in gran parte (in estate) e in misura minore (in inverno) il fabbisogno di energia elettrica per il raffrescamento e il riscaldamento.

10. INTERVENTI FUTURI (IPOTIZZATI, PROGETTATI, E PROPOSTI COME “DI FUTURA REALIZZAZIONE”)

INDICE CAPITOLO

10.1 IL SOLARE TERMICOERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

10.1.1 COLLETTORI A BASSE TEMPERATUREERRORE. **IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.1.2 COLLETTORI AD ALTE TEMPERATUREERRORE. **IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.1.3 PARAMETRI CARATTERISTICI DEI COLLETTORI.ERRORE. **IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.1.4 SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTAERRORE. **IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.2 IL MONITORAGGIO ENERGETICOERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

10.2.1 MONITORAGGIO ENERGETICO: STRUTTURAERRORE. **IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.2.2 I BENEFICI DEL MONITORAGGIO ENERGETICOERRORE. **IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.2.3 MONITORAGGIO CONSUMI NELLE AZIENDE: LE NORMATIVE ERRORE. **IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.2.4 LA NORMA INTERNAZIONALEERRORE. **IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.2.5 MONITORAGGIO ENERGETICO PER LE AZIENDEERRORE. **IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.2.6 MONITORAGGIO ENERGETICO CON SENSORISTICA IN CAMPO **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.2.7 MONITORAGGIO CONSUMI PER LE AZIENDE: LE INFRASTRUTTURE **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.2.8 MONITORAGGIO DELL'ENERGIA ELETTRICAERRORE. **IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.2.9 MONITORAGGIO ENERGETICO: LA PIATTAFORMA . **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.2.10 BEMS PER GESTIRE L'ENERGIA DI UN EDIFICIOERRORE. **IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

10.1 IL SOLARE TERMICO

Uno dei prossimi interventi che si realizzeranno presso la Struttura Sanitaria oggetto di questo studio è l'installazione di un impianto solare termico per la produzione di Acqua Calda sanitaria (ACS). In questa tipologia di impianti, il collettore è senza dubbio l'elemento più importante, anche se non l'unico. È qui che l'energia solare della radiazione solare riscalda il fluido termovettore

realizzando il passaggio da energia solare a energia termica. Questo impianto, quindi, mira a convertire in maniera il più efficace possibile l'irraggiamento solare in calore, e a fornire questo calore con le minori perdite possibili agli utenti. I collettori si distinguono per qualità, prestazioni, costruzione e costi. Nei paragrafi seguenti si descriveranno le tipologie di collettori disponibili in commercio e le caratteristiche e i parametri quantitativi che ne individuano prestazioni e funzionalità. Una lista completa di tutti i valori caratteristici fa parte di una corretta definizione tecnica delle proprietà di un collettore, non è possibile alcuna analisi o paragone tra collettori se mancano alcuni di questi dati chiave che sono regolamentati in Europa dalla norma EN12975. L'attuale offerta tecnologica è molto variegata e propone come sistemi a bassa temperatura:

- Collettori a piastra;
- Collettori a tubi sottovuoto;
- Collettori monoblocco e/o sferici;
- Collettore non vetrato;
- Collettore ad aria;

e come sistemi ad alta temperatura:

- Collettore a concentrazione;

I sistemi sono caratterizzati in modo determinante dalla loro filosofia costruttiva e la scelta di un sistema piuttosto che un altro deve scaturire da un'attenta e consapevole analisi del luogo di installazione e delle finalità di utilizzo. La temperatura di circolazione del liquido termovettore al loro interno è un parametro analiticamente determinante.

10.1.1 COLLETTORI A BASSE TEMPERATURE

Una prima schematizzazione di questi collettori solari può essere così proposta:

- **Assorbitore:** ha la funzione di assorbire la radiazione solare (piastra metallica);
- **Copertura trasparente:** limita le perdite per convezione-irraggiamento e permette il passaggio della radiazione solare fino all'assorbitore;
- **Fluido termovettore:** fluido con determinati valori di capacità termica (acqua, glicole, miscela acqua-glicole o aria);
- **Tubi metallici;**
- **Coibentazione** con materiale ad alta trasmittanza della base e dei lati;
- **Involucro metallico.**

La piastra captante (assorbitore) è in genere realizzata con materiali buoni conduttori di calore (rame, alluminio). Per incrementare la quantità di energia solare assorbita vengono spesso impiegati assorbitori dotati di un cosiddetto strato selettivo, con un alto coefficiente di assorbimento ($\alpha > 0,95$) nel campo della lunghezza d'onda della radiazione solare e un basso coefficiente di remissività ($\epsilon < 0,1$) in quello delle lunghezze d'onda della radiazione termica.

Gli strati selettivi possono essere ottenuti con procedimento galvanico (cromo, alluminio con pigmentazione al nickel) oppure applicati sottovuoto.



Figura 114 – Collettore solare a piastra piana.

Collettore a piastra piana

I collettori a piastra o collettori piani (Figura 114) presentano un ottimo rapporto qualità prezzo e hanno una durata superiore ai 20 anni. Sono utilizzati per la produzione di acqua calda sanitaria e/o per l'integrazione con il riscaldamento domestico, ideale anche per l'incasso nel tetto. Tali collettori possono essere a superficie selettiva o non selettiva a seconda dell'utilizzo. Per un uso prevalentemente estivo si può prendere in considerazione l'utilizzo di un collettore non selettivo; mentre per l'utilizzo annuale si deve preferire un assorbitore selettivo. La selettività della superficie assorbente assume una particolare importanza nel rendimento del collettore nonché nel rendimento dell'intero sistema.

Nei collettori piani, l'assorbitore solare è protetto dalle perdite di calore da materiali isolanti, principalmente lana di vetro e lastre di vetro. Il vetro usato oggi come copertura per collettori di alta qualità è progettato espressamente per una bassa riflessione, temprato estremamente trasparente (con pochissimo ferro). Per le cornici laterali si ricorre per lo più a lamiere in alluminio o zinco. Per la parte posteriore si usano materiali isolanti, feltri per tetto oppure lastre d'alluminio, zinco o acciaio inossidabile. I telai possono essere in alluminio, plastica o acciaio inox. Dal punto di vista della forma strutturale, vi è una differenza tra piccoli collettori (circa 2 m²) completamente prefabbricati e grandi collettori (5-12 m²) che vengono assemblati direttamente sui tetti oppure, quelli

prefabbricati, installati con la gru. In Italia i collettori piani sono sicuramente i più usati. I vantaggi dei collettori piani sono:

- struttura semplice e robusta;
- tecnologie mature;
- rapporto qualità/prezzo favorevole;
- attraenti dal punto di vista estetico grazie alla superficie piana.

Nel dettaglio, i collettori si distinguono in funzione di numerose caratteristiche, dalla struttura e la copertura degli assorbitori, la circuitazione idraulica e le perdite di carico, ai tipi di connessione, lo spessore e la qualità dell'isolamento e del telaio, la copertura trasparente, le guarnizioni, fino ai tipi di lavorazione e di assemblaggio dei sistemi, i dispositivi per facilitare il trasporto, l'aspetto estetico e la durata in esercizio.

Collettori a tubi sottovuoto

Al fine di ridurre le perdite di calore per convezione e conduzione, questi tubi sottovuoto sono simili a dei termos (Figura 115). L'entità del vuoto è di importanza decisiva per l'interruzione del meccanismo di trasmissione del calore (convezione e conduzione). La pressione deve scendere ben al disotto della pressione atmosferica per ottenere una riduzione dei coefficienti di perdita di calore (a_0 , a_1 , a_2) nel collettore. Per cui una variante di tubi prodotti vengono riempiti con Xenon, analogamente ai collettori piani contenenti gas inerte, in modo da ottenere una riduzione significativa dei coefficienti di perdita di calore anche solo con una leggera depressione. Basse depressioni permettono risparmi considerevoli nell'uso di materiali e nella loro costruzione. Poiché i collettori sottovuoto possono raggiungere temperature sostanzialmente più alte di quelle dei collettori piani, il carico termico sull'isolamento dei tubi, sui sensori di controllo e sul fluido termovettore può essere molto alto. L'isolamento termico delle tubazioni deve resistere in modo durevole a temperature anche superiori ai 150°C. Nei sistemi a tubi sottovuoto si può ricorrere soltanto a fluidi termovettori espressamente progettati per questo tipo di funzionamento. Il tipo di connessione delle tubazioni deve poter resistere alle temperature nel circuito collettore (fino a 160°C). Inoltre, è necessario assicurarsi che il fluido termovettore abbia la possibilità di evaporare anche nelle tubazioni del collettore, specialmente in presenza di bassa pressione e alte temperature.

I vantaggi dei tubi sottovuoto:

- possibilità di raggiungere temperature di esercizio più alte rispetto a quelle dei collettori piani. Questo può essere utile per la generazione di calore di processo (ad es. per l'industria o il raffrescamento solare);
- perdite termiche ridotte nei confronti dei collettori piani grazie all'eccellente isolamento termico.



Figura 115 – Collettore solare a tubi sottovuoto.

Gli svantaggi dei tubi sottovuoto:

- alte temperature di stagnazione con corrispondente carico su tutti i materiali vicini al pannello e al fluido termovettore;
- formazione maggiore di vapore in caso di stagnazione;
- costi più elevati per il calore solare utile a temperature di esercizio medie. Vantaggi economici solo per temperature di esercizio più alte;
- installazione ad incasso sul tetto non consentita.

Tubi sottovuoto a flusso diretto. In questo modello il fluido termovettore attraversa direttamente i tubi sottovuoto dell'assorbitore. In questo modo si possono raggiungere rendimenti alti grazie alla diretta trasmissione di calore. A seconda delle necessità (ad esempio nel caso di montaggio su facciata), l'assorbitore può essere meglio orientato verso il sole, tramite rotazione dei singoli tubi al momento dell'installazione. I tubi sottovuoto a flusso diretto hanno un vantaggio addizionale rispetto ai tubi sottovuoto usuali. Essi possono infatti essere montati direttamente su tetti piani, ma solo nelle regioni con poca neve. Ciò significa che il costo per la struttura sottostante può essere minimizzato. L'impatto visivo è basso con questo tipo di montaggio.

Tubi sottovuoto secondo il principio del tubo di calore. Secondo il principio del tubo di calore, quando c'è depressione, una piccolissima quantità di acqua (o altro fluido, a seconda delle esigenze di temperatura, evapora nel tubo dell'assorbitore, sale nel condotto assorbitore, si condensa nel condensatore e ritorna in forma liquida nell'assorbitore. Il condensatore trasferisce il calore al mezzo termovettore che circola nel collettore. A differenza dei tubi a flusso

diretto, questo principio richiede un'inclinazione minima del tubo assorbitore, compresa in genere tra i 20° e 30°. Temperature nel condensatore superiori a quella di evaporazione del fluido nell'assorbitore provocano un'evaporazione completa. Questo può succedere in caso di raggiungimento della temperatura di stagnazione per consumo di calore insufficiente. In questo caso, non c'è più trasmissione di calore dall'assorbitore al condensatore. Questo limite intrinseco di temperatura può avere un effetto positivo nei sistemi che sono soggetti a frequenti, ma brevi fasi di stagnazione. In caso di periodi di stagnazione più lunghi, la temperatura nel condensatore raggiungerebbe valori molto elevati e di conseguenza anche il fluido termovettore del circuito collettore, a causa della conduzione termica dall'assorbitore al condensatore e nonostante il limite di temperatura teorico. A causa della trasmissione di calore supplementare tra il condensatore e il fluido termovettore del circuito collettore, la temperatura di esercizio di questo tipo di collettori è in principio leggermente inferiore a quella dei tubi a flusso diretto.

Tubi sottovuoto CPC. Al fine di evitare perdite di vuoto a livello della connessione vetro/metallo nei collettori a tubo, è stato progettato il tubo "Sydney" che consiste semplicemente in un tubo a doppia parete di vetro. In questo tipo di tubo la superficie di assorbimento si trova direttamente all'interno del tubo di vetro. A causa della forma rotonda dell'assorbitore, si rende necessario l'impiego di un riflettore al fine di poter comunque utilizzare la parte della superficie non direttamente esposta al sole. Questi riflettori sono di solito usati come concentratori da cui il nome CPC (Compound Parabolic Concentrator), con il quale i collettori a tubi "Sydney" sono commercializzati. L'azione dei riflettori non protetti da apposita copertura può diminuire con il tempo a causa degli agenti atmosferici. Durante gli interventi di manutenzione, comunque necessari, è importante quindi che i riflettori siano controllati e puliti. Questo tipo di tubi ha raggiunto una buona posizione sul mercato a causa del prezzo basso e nonostante il rendimento inferiore rispetto ad altri tipi di tubo impiegati per i piccoli impianti. Per paragonare i differenti tipi di sistemi si devono tenere in debito conto le indicazioni circa la superficie di riferimento. I collettori CPC presentano grazie ai riflettori una superficie di apertura in genere maggiore e una superficie assorbitore relativamente piccola.

Collettori monoblocco e/o sferici.

Hanno un serbatoio in acciaio INOX esposto al sole, servito da un collettore piano. Il serbatoio è dipinto di nero, termicamente isolato e coperto da una lastra di materiale trasparente termoisolante. Si può ritenere un sistema completo e per questo semplice da installare. È un sistema utile per la sola produzione di acqua calda sanitaria e per un uso prevalentemente estivo per le singole famiglie.

I collettori sferici, invece, sono dei collettori con la medesima funzionalità dei collettori monoblocco ma con forma sferica in modo da poter limitare l'impatto visivo e poterli inserire in un giardino come elementi decorativi oltre che funzionali.

Collettori non vetrati.

Sono collettori piani privi del vetro esterno, caratterizzati da un costo decisamente inferiore. Visto il loro scarso rendimento sono utilizzati prevalentemente per un uso estivo e limitati a applicazioni con basse differenze di temperature con l'ambiente esterno come, ad esempio, piscine esterne per uso privato.

Collettori ad aria.

Sono simili ai normali pannelli vetrati ma in questo caso il fluido vettore è aria anziché acqua, che può circolare fra vetro e assorbitore oppure fra assorbitore e fondo del pannello. I campi di applicazione sono tipicamente quelli di riscaldamento dell'aria per la climatizzazione ambientale e, in campo industriale, per il processo di essiccazione di prodotti alimentari. Il loro utilizzo è stato sperimentato con successo in Germania per la climatizzazione di ampi edifici pubblici.

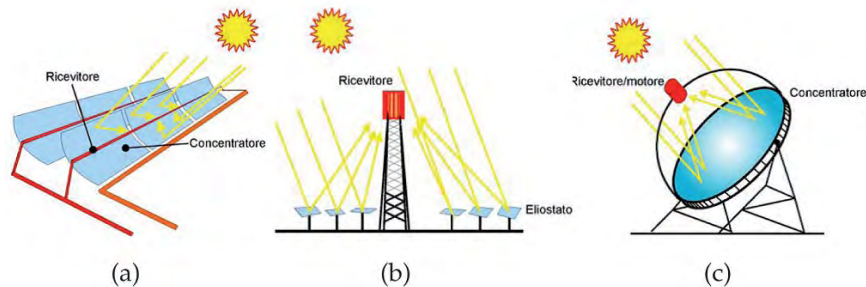


Figura 116 – Schemi di collettori a concentrazione solare: parabolici lineari (a), a torre con ricevitore centrale (b), a disco (c).

10.1.2 COLLETTORI AD ALTE TEMPERATURE

Il componente alla base delle tecnologie e dei sistemi solari termici a concentrazione è un “collettore concentratore”, vale a dire un dispositivo in grado di raccogliere e convogliare la radiazione solare verso un ricevitore. Il ricevitore può essere di tipo termico, ma anche fotovoltaico o termo-fotovoltaico. In relazione alla geometria e alla disposizione del concentratore rispetto al ricevitore si hanno i concentratori parabolici lineari, a torre con ricevitore centrale e i concentratori parabolici puntuali o a disco (Figura 116). Soprattutto negli ultimi anni, i sistemi solari a concentrazione sono stati oggetto di profonde innovazioni che ne hanno migliorato le prospettive, rendendo superati quei luoghi comuni secondo i quali tali sistemi risulterebbero inadatti alle alte latitudini o inaffidabili a causa dei complicati sistemi di inseguimento del sole. L'energia termica prodotta può efficacemente essere utilizzata per produrre vapore per un ciclo Rankine, spesso inserendola in parallelo ad un impianto a ciclo combinato turbogas-turbina a vapore che ne assicuri la continuità. Sistemi con un rapporto non troppo elevato di concentrazione possono venire utilizzati anche per la generazione di freddo tramite l'inserimento in cicli frigoriferi ad assorbimento. I più recenti sistemi solari a concentrazione sono molto diversi da quelli prodotti appena qualche anno or sono. L'affidabilità sta aumentando e concentrazioni elevate della radiazione solare possono essere ottenute anche con

sistemi completamente statici. L'applicazione dell'ottica senza immagini ha svolto un ruolo determinante nel migliorare la qualità delle tecnologie utilizzate. Questa disciplina scientifica ha aperto la strada alla realizzazione di sistemi a concentrazione sempre più versatili, più economici e più efficienti - fino a 3 o 4 volte di quelli progettati e costruiti sulla base della più nota e tradizionale ottica con immagini. Con l'applicazione combinata dell'ottica con immagini e dell'ottica senza immagini, la radiazione solare può essere, attraverso fasi successive, intensificata fino e oltre a 10.000 soli anche in sistemi molto compatti.

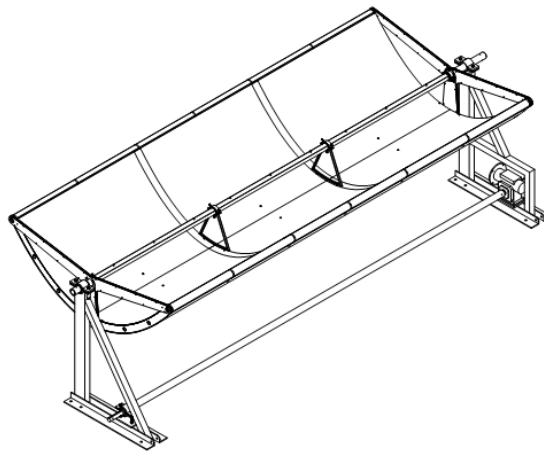


Figura 117 - Rappresentazione CAD 3D di un MicroCPS Sopoty SopoNova™.

Anche la recente disponibilità di nuovi materiali (alcuni utilizzati finora solo nell'industria spaziale) ha consentito di migliorare le prestazioni dei sistemi a concentrazione: rivestimenti a film sottile, nuovi materiali riflettenti, metalli ultraleggeri, materiali resistenti alle elevate temperature (importanti per la costruzione di ricevitori capaci di operare a temperature dell'ordine di 1.000-2.000 °C e di alimentare sistemi per la produzione di energia elettrica e reattori chimici). Infine, innovazioni di rilievo riguardano le architetture degli impianti, studiate per ridurre al minimo le complicazioni impiantistiche e massimizzare le efficienze dei vari componenti. In Italia, come già sottolineato in precedenza, il tema del solare a concentrazione è di grande attualità scientifica data la notevole disponibilità di energia solare che questa tecnologia potrebbe sfruttare con le costruzioni di centrali nell'Italia Meridionale.

Impianti con collettori parabolici lineari.

In cui specchi di forma parabolica che ruotano su un solo asse riflettono e concentrano i raggi del sole su un tubo (tubo ricevitore) al cui interno scorre un opportuno fluido "termovettore"; questo fluido, generalmente costituito da oli sintetici, trasferisce il calore a un generatore di vapore per la successiva produzione di elettricità tramite un turboalternatore. Attualmente questa tipologia presenta la maggiore diffusione commerciale, dimostrata dall'esperienza di

esercizio degli impianti SEGS (Solar Electric Generating Systems), in funzione da metà degli anni Ottanta a Kramer Junction nel deserto del Mojave (California), con nove unità per una potenza complessiva di 354 MWe. Questi impianti hanno complessivamente prodotto e immesso in rete ad oggi più di 13 TWh (miliardi di kWh). Tali sistemi offrono fattori di concentrazione più bassi (200) e rendimenti del 12-16%. Rendimenti, prestazioni e costi dipendono in misura significativa dal fluido termo-vettore e dal sistema di accumulo termico. L'olio diatermico a 390 °C consente di produrre vapore a temperature modeste mentre i sali fusi (550°C) consentono di produrre vapore a 540°C per cicli termici con rendimento elevato ed efficienti sistemi di accumulo termico.

Questa tecnologia è oggetto di applicazioni anche su piccoli impianti (con il nome di MicroCPS) finalizzati all'impiego quasi domestico o comunque di medio-piccole dimensioni. In Figura 117 è riportata la rappresentazione 3D cad di un sistema abbastanza innovativo prodotto dalla Sopogy con queste finalità chiamato SopoNova.

Impianti a torre centrale.

In cui un sistema di specchi indipendenti (eliostati) insegue il sole e concentra i suoi raggi su un ricevitore fisso posto alla sommità di una struttura a torre. Dal ricevitore un fluido opportuno trasferisce il calore a un generatore di vapore, che alimenta un turboalternatore. Con questo sistema si possono raggiungere fattori di concentrazione, e quindi temperature, superiori rispetto ai collettori parabolici lineari. Uno dei principali impianti realizzati con questa tipologia è il Solar Two negli Usa, da 10 MWe, che ha operato come impianto sperimentale dal 1996 al 1999 a Daggett, California. L'impianto Solar Two è stato il primo a impiegare come fluido termovettore una miscela di sali fusi, costituita da un 60% di nitrato di sodio (NaNO_3) e un 40% di nitrato di potassio (KNO). I fattori di concentrazione raggiungibile con questa tecnologia sono molto elevati (500-2000), le temperature di esercizio fino a 1000°C e rendimenti del 16-17%. La taglia dell'impianto è limitata a potenze dell'ordine di 50 MWe dalla precisione e dal costo dei sistemi di puntamento nel caso di grande distanza tra specchi e torre.

Impianti con collettori a disco parabolico. Costituiti da un pannello riflettente di forma parabolica che insegue il sole, con un movimento di rotazione attorno a due assi ortogonali, e concentra la radiazione solare su un ricevitore montato nel suo punto focale. Il calore ad alta temperatura viene normalmente trasferito ad un fluido ed utilizzato in un motore, posizionato al di sopra del ricevitore, dove viene prodotta direttamente energia meccanica o elettrica. Questi sistemi forniscono fattori di concentrazione superiori a 2000 che permettono di ottenere alte temperature e rendimenti pari al 30%.

10.1.3PARAMETRI CARATTERISTICI DEI COLLETTORI.

Efficienza del collettore.

L'efficienza del collettore rappresenta il rendimento energetico del collettore. Generalmente espresso in % è definito così:

$$\eta = \frac{Q_u}{AI_T} \quad (10.1.)$$

dove Q_u rappresenta l'energia prodotta (calore) in uscita dal collettore, I_T la radiazione totale incidente sulla superficie e A l'area captante del collettore stesso.

Capacità termica e perdite di carico del collettore.

La capacità termica del collettore è determinata nei test secondo la norma EN 12975-4. Essa misura l'inerzia termica e pertanto il comportamento del collettore quando si riscalda e si raffredda. In presenza di un clima variabile, tipico dell'Europa centrale, si consiglia l'impiego di collettori con una bassa capacità termica. Secondo la norma le perdite di carico nel collettore sono determinate in funzione di diverse portate in un test che può essere eseguito con acqua oppure con una miscela in percentuale variabile di acqua/glicole e tenuta in considerazione la variazione di densità della miscela per il calcolo delle perdite di carico.

Temperatura di stagnazione.

Nel collettore si stabilisce un equilibrio tra apporti d'energia e perdite di calore. Ad una determinata temperatura (temperatura d'arresto o di stagnazione), il flusso energetico nel collettore si arresta. La temperatura d'arresto è tanto maggiore quanto maggiore è l'intensità radiazione solare. Una bassa temperatura d'arresto può significare che l'assorbitore cede, già a basse temperature, un'elevata quantità di calore all'ambiente (insufficiente isolamento termico), oppure che gli apporti solari sono troppo bassi. Quando l'energia utile non viene prelevata, il collettore solare si riscalda fino al punto in cui le perdite di calore raggiungono il livello dell'energia solare assorbita. In questo caso la temperatura raggiunta dal fluido termovettore nel collettore assume un valore tale, definito Temperatura di stagnazione (T_{stag}) che porta ad un rendimento nullo il sistema. La T_{stag} aumenta con l'aumento degli apporti solari e dipende dai valori di trasmittanza e assorbimento.

La superficie captante del collettore

L'individuazione della superficie captante in modo chiaro e univoco ha grande importanza nella determinazione dell'efficienza energetica del collettore e non solo. Si invita per tanto a informarsi sempre in merito ogni qualvolta ci si trova di fronte ad un nuovo prodotto. In aiuto vengono le definizioni che si trovano in normativa anche se a volte anch'esse in contrasto tra di loro. Nell'appendice della norma EN 12975-2 i valori caratteristici del collettore si riferiscono alla superficie di apertura. Secondo la norma ISO 9806-1 del 1994, invece, essi si riferiscono alla superficie dell'assorbitore.

Partendo da alcune definizioni generali si cercherà qui di fare chiarezza in merito:

- Superficie lorda del collettore o totale è la superficie compresa nei bordi esterni del collettore, generalmente quelli del telaio del collettore.
- Superficie di apertura indica la superficie di apertura del collettore in base all'incidenza, verticale o angolare, della radiazione solare, generalmente si tratta della superficie vetrata visibile, compresa nel riquadro sigillato. Nel caso di collettori a tubi sottovuoto senza riflettore, essa risulta dal prodotto del diametro interno dei tubi per la lunghezza interna del cilindro non ombreggiato per il numero dei tubi. Nel caso di riflettori applicati sul rovescio o nel collettore, essa è determinata dalla proiezione della superficie formata dall'assorbitore e dal riflettore sul piano del collettore. Usata nella norma EN 12975-2.
- Superficie assorbitore corrisponde alla superficie dell'assorbitore per i collettori piani. Per i collettori a tubo, essa corrisponde alle alette dell'assorbitore più la proiezione dei tubi sul piano del collettore. Per i collettori con riflettori essa corrisponde alla superficie in grado di assorbire la radiazione. Usata nella norma ISO 9606-1.
- Superficie assorbitore attiva generalmente corrisponde alla superficie dell'assorbitore A_a . Alcuni collettori, comunque, sono costruiti in modo tale che la superficie assorbitore sotto l'intelaiatura del collettore sia più grande della superficie di apertura. La superficie assorbitore attiva è pertanto l'area dell'assorbitore non interessata dall'ombreggiamento dell'intelaiatura (in questo caso è pari alla superficie di apertura). Le norme EN 12975 non fanno uso di questo concetto.

I parametri non sono sempre direttamente comparabili in quanto, a seconda dei vari istituti di collaudo, le dimensioni di un collettore sono correlate in parte a superfici differenti. Si ribadisce quindi che è importante conoscere quali dimensioni di riferimento sono state scelte per i rispettivi valori caratteristici. Inoltre, nel passato e a seconda dello standard, furono utilizzate per i test procedure differenti riportate in una varia presenza normativa, il che portò a notevoli divergenze dei valori caratteristici. Si dovrebbe quindi sempre indicare nelle curve e tavole dei valori caratteristici il tipo di procedura applicata per le misurazioni e la superficie di riferimento utilizzata.

I risultati dei test da parte dell'Istituto per la Tecnologia Solare SPF in Rapperswil (Svizzera) sono presentati in modo esemplare in quanto viene fatta una distinzione sia tra le procedure per i test sia tra le superfici di riferimento³

Una volta l'Istituto SPF effettuava le misurazioni secondo proprie procedure, il che portava a dei risultati (solo apparentemente) migliori rispetto a quelli effettuati secondo le norme EN o ISO. Essendo la superficie di apertura sempre chiaramente definita per tutti i collettori (anche per quelli con riflettori), essa è

³ Si consiglia di far riferimento quindi ai suoi test reperibili sul suo sito web alla pagina <http://www.solarenergy.ch>

stata prescelta come superficie di riferimento nella norma EN 12975. Nel caso la resa di un impianto solare sia calcolata usando programmi di simulazione, allora i risultati (nell'ambito delle stesse misurazioni) sono uguali per tutti i casi se, oltre alla corretta superficie del collettore, sono usati anche i suoi corrispondenti valori caratteristici. Ciò nonostante, in tutti i documenti di offerta, dovrebbe essere indicata una superficie di riferimento standard.

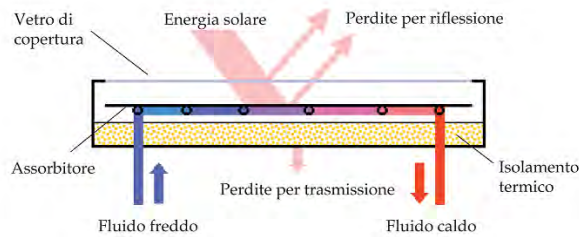


Figura 118 - Schema di funzionamento collettore solare piano.

Le efficienze del collettore, misurate nel corso del test, sono riportate in diagrammi di efficienza/differenza di temperatura come per il diagramma in Figura 119. I dati misurati sono introdotti in un modello computerizzato che calcola i valori caratteristici, a_1 e a_2 e traccia la curva caratteristica completa. I resoconti dei test secondo gli standard EN rappresentano l'efficienza in base al quoziente della differenza di temperatura e l'irraggiamento perché così ne risulta una unica curva caratteristica per tutti gli irraggiamenti.

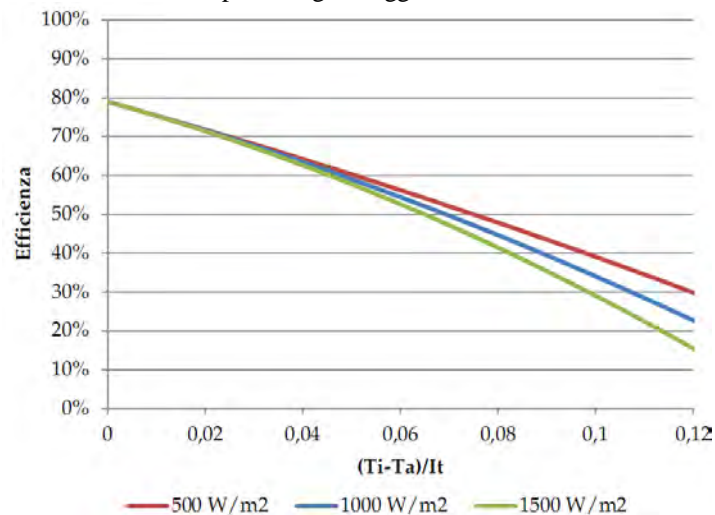


Figura 119 - Efficienza del collettore solare al variare dell'irraggiamento.

Se invece si rappresenta l'efficienza in funzione direttamente della differenza di temperatura tra il collettore e l'ambiente circostante, e se si usa l'irraggiamento come parametro, si ottiene, per ogni irraggiamento, una curva caratteristica differente. Un esempio di insieme di curve caratteristiche è

mostrato nella Figura 120. In base ad esse si può facilmente desumere quali condizioni di irraggiamenti e quali temperature di esercizio portano ad una data efficienza. La figura mostra chiaramente che l'efficienza del collettore diminuisce con:

- il diminuire della radiazione solare;
- l'aumentare della differenza tra le temperature tra collettore e ambiente esterno.

La descrizione di qualsiasi collettore comprende la curva caratteristica, la quale però non può sostituire la lista completa di tutti i valori caratteristiche del collettore.

In generale come si avverte chiaramente dalla Figura 110 ogni collettore ha una curva di rendimento che può differenziarsi anche notevolmente. In questa figura vengono tracciate le curve per collettori solari presenti in commercio appartenenti a tre tipologie differenti per evidenziare il concetto esposto.

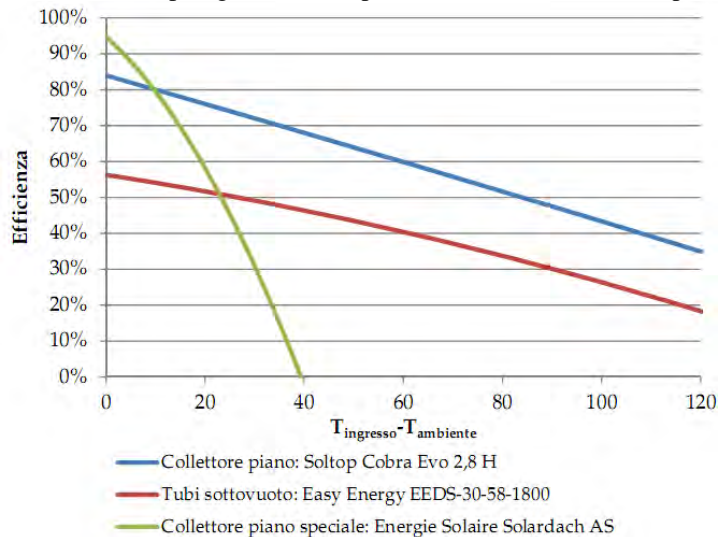


Figura 120 - Efficienza del collettore con irraggiamento di 1000 W/m² per diversi collettori

Le curve di efficienza dei collettori solari, sino ad ora illustrate, sono valide nel caso di un'incidenza verticale dei raggi solari sulla copertura in vetro del collettore. La trasmissione massima di luce (fattore di trasmissione) della copertura del collettore dipende dalle proprietà del vetro e quindi dalla radiazione assorbita dal vetro così come dalla sua riflessione. Se un raggio solare colpisce la superficie del vetro verticalmente, allora soltanto una piccola parte dell'energia è riflessa dal vetro. Più l'angolo d'incidenza rispetto al piano è basso, maggiore è la riflessione. Con un'incidenza parallela al vetro, la trasmissione tende verso lo zero e il vetro si comporta come uno specchio.

10.1.4 SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTA

Il caso di studio si riferisce a una Struttura Sanitaria, che per sua natura si presta molto bene a sfruttare al meglio l'energia solare termica utilizzata per la produzione di acqua calda sanitaria.

Infatti, di tante altre destinazioni d'uso, la Struttura Sanitaria mantiene costante nei 12 mesi dell'anno le sue esigenze di ACS, cosa che per ovvi motivi non accade per le residenze, le scuole, gli uffici, ecc.

Con la realizzazione dell'impianto solare termico, si intende conseguire pertanto un significativo risparmio energetico per la struttura servita, mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole. Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- la compatibilità con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- un risparmio di combustibile fossile;
- una produzione di energia senza emissioni di sostanze inquinanti.

Normativa di riferimento.

Gli impianti e i relativi componenti devono rispettare, ove di pertinenza, le prescrizioni contenute nelle seguenti norme di riferimento, comprese eventuali varianti, aggiornamenti ed estensioni emanate successivamente dagli organismi di normazione citati.

- Legge 09/01/91, n. 10, "Norma per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia".
- D.P.R. 26/08/93, n. 412, "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10".
- D. Lgs. 29/12/03, n. 387: attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- D. Lgs. 19/08/05, n. 192: attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
- D. Lgs. 29/12/06, n. 311: disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
- D.lgs. 03/03/11 n. 28, "Attuazione della Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE".
- Decreto 28/12/12, Incentivazione della produzione di energia termica da fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni.
- Decreto interministeriale 16 febbraio 2016, aggiornamento delle discipline per l'innovazione dei piccoli interventi di incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili cui al DM 28 dicembre 2012.

- Piani Energetici Comunali e Regionali.
- UNI 8211:1981 - Impianti di riscaldamento ad energia solare – Terminologia, funzioni, requisiti e parametri per l'integrazione negli edifici.
- UNI 10349-1:2016 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici. Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata.
- UNI 10349-2:2016 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici. Parte 2: Dati di progetto.
- UNI 10349-3:2016 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici. Parte 3: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno) ed altri indici sintetici.
- UNI EN ISO 9488:2001 - Energia solare – Vocabolario.
- UNI EN 12976-1:2006 - Impianti solari termici e loro componenti. Impianti prefabbricati. Parte 1: Requisiti generali.
- UNI EN 12976-2:2006 - Impianti solari termici e loro componenti. Impianti prefabbricati. Parte 2: Metodi di prova.
- UNI/TS 11300-2:2014, Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali.
- UNI/TS 11300-4:2016 - Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 4: utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.
- UNI EN 15316-4-3:2008 - Impianti di riscaldamento degli edifici. Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto. Parte 4-3: Sistemi di generazione del calore, sistemi solari termici.
- UNI EN 12975-1:2011 - Impianti solari termici e loro componenti. Collettori solari. Parte 1: Requisiti generali.
- UNI EN 12977-1:2012 - Impianti solari termici e loro componenti. Impianti assemblati su specifica. Parte 1: Requisiti generali per collettori solari ad acqua e sistemi combinati.
- UNI EN 12977-2:2012 - Impianti solari termici e loro componenti. Impianti assemblati su specifica. Parte 2: Metodi di prova per collettori solari ad acqua e sistemi combinati.
- UNI EN 12977-3:2012 - Impianti solari termici e loro componenti. Impianti assemblati su specifica. Parte 3: Caratterizzazione delle prestazioni dei serbatoi di stoccaggio acqua per impianti di riscaldamento solare.
- UNI EN ISO 9806:2014 - Energia solare. Collettori solari termici. Metodi di prova.
- D.lgs. 81/2008 (Testo Unico Sicurezza): misure di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

- D.M. 37/2008: sicurezza degli impianti elettrici all'interno degli edifici.

Premessa.

Il dimensionamento dell'impianto è stato effettuato, come di seguito descritto, tenendo conto, oltre che della disponibilità economica, di:

- disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto;
- disponibilità della fonte solare;
- fattori morfologici e ambientali (ombreggiamento e albedo).

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati "UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Montefiascone" relativi a valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale.

Per la località sede dell'intervento, ovvero il comune di Viterbo (VT) avente latitudine 42°.4181 N, longitudine 12°.1067 E ed altitudine di 326 m s.l.m., i valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale stimati sono pari a:

Tabella 14 - Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [kWh/m²] Fonte dei dati: UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Montefiascone

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1.42	2.61	3.36	4.97	6.11	6.67	7.36	6.33	3.67	3.33	2.00	1.81



Figura 121 - Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [kWh/m²] - Fonte dei dati: UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Montefiascone.

Procedura di calcolo.

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto solare termico è quello di ottimizzare il rapporto fra costi di realizzazione ed energia prodotta, tenendo conto dei dati relativi a:

- fabbisogni dell'utente;
- orientamento e inclinazione delle superfici;
- condizioni climatiche;
- globalità del progetto.

Nella generalità dei casi, l'impianto è esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud e evitando fenomeni di ombreggiamento. In funzione degli eventuali vincoli architettonici della struttura che ospita l'impianto stesso, sono comunque adottati orientamenti diversi e sono ammessi fenomeni di ombreggiamento, purché adeguatamente valutati.

Poiché i collettori solari termici variano molto in termini di costo e di prestazioni, ed essendo l'energia solare una fonte aleatoria, i collettori sono realisticamente considerati integrativi rispetto alle tecnologie tradizionali, ovvero forniscono direttamente solo una parte dell'energia necessaria all'utenza, quella percentuale che prende il nome di percentuale di copertura del fabbisogno energetico annuo.

Aumentando la percentuale di copertura, il costo dell'impianto cresce; mentre l'energia prodotta aumenta meno rapidamente: per questo motivo occorre bilanciare attentamente i costi da sostenere e l'energia prodotta e un impianto solare termico difficilmente sarà progettato per soddisfare il 100 % del fabbisogno energetico.

L'impianto sarà utilizzato per la produzione di acqua calda ad uso sanitario; di seguito sono descritti i fabbisogni dell'utenza presi a riferimento per i calcoli delle componenti dell'impianto.

Tabella 15 - Temperatura acqua di rete [°C]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
11.5	10.8	10.7	12.6	13.8	15.6	16.8	17.7	17.6	16.2	15.0	12.7

Tabella 16 – Fabbisogno ACS mensile [kWh]

Fabbisogno (Diretto)					
Temperatura di utilizzo ACS			42 °C		
Descrizione			Dati da diagnosi stato di fatto		
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
21.122,4	19.078,3	21.122,4	20.441,0	21.122,4	20.441,0
Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
21.122,4	21.122,4	20.441,0	21.122,4	20.441,0	21.122,4

L'impianto sarà composto da 60 collettori a tubi sottovuoto disposti in copertura (Figura 123), 2 serbatoi di accumulo da 2000 l e da due caldaie a metano della potenza nominale di 35 kW ciascuna.

La Figura 122 riporta lo schema funzionale di massima dell'impianto.

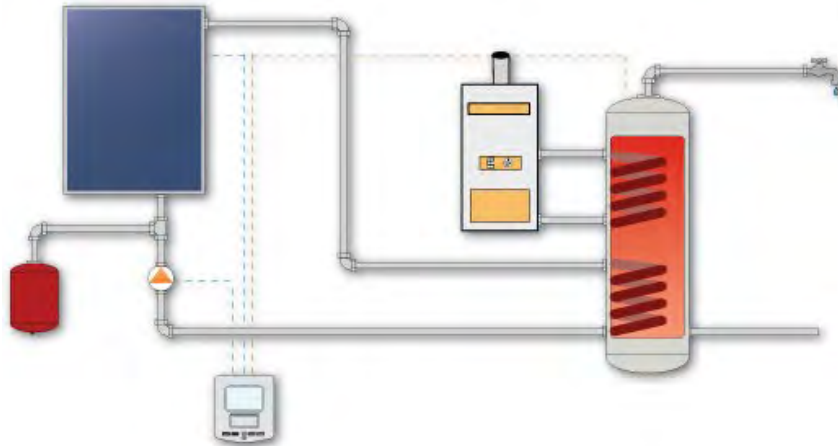


Figura 122 - Schema funzionale di massima dell'impianto solare termico previsto.

La tabella 17 riporta invece le principali caratteristiche mentre la Tabella 18, riporta i principali risultati attesi.

Tabella 17 – Principali caratteristiche di impianto solare termico proposto.

Dati generali dell'impianto	
Latitudine	42°.4181 N
Longitudine	12°.1067 E
Altitudine	326 m
Superfici	
Numero superfici disponibili	1
Estensione totale disponibile	340.89 m ²
Superficie collettori	174.00 m ²
Posizionamento dei collettori sulle superfici	Non complanare
Caratteristiche impianto	
Numero collettori	60
Numero serbatoi	1
Volume di accumulo totale	4 000 l
Volume di accumulo specifico	25.4 l/m ²
Posizionamento e irradiazione sul piano dei collettori	
Orientazione dei collettori (Azimut)	25°
Inclinazione dei collettori (Tilt)	20°
Irradiazione solare annua	1 660.39 kWh/m ²
Totali	
Irradiazione annua totale	288 907.86 kWh
Fabbisogno energetico annuo	248 699.1 kWh
Energia fornita annua	152 806.2 kWh
Efficienza dell'impianto	52.9 %
Copertura del fabbisogno	61.4 %

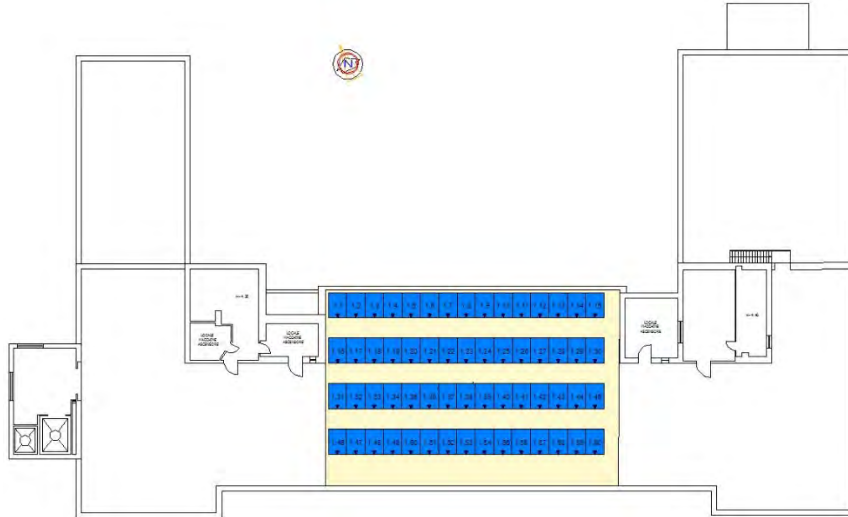


Figura 123 – Disposizione collettori solari a tutti sottovuoto in copertura.

Tabella 18 – Risultati di calcolo dell'impianto solare termico.

Mese	Irradiazione [kWh]	Fabbisogno [kWh]	Energia Fornita [kWh]	Copertura [%]	Efficienza [%]
Gennaio	10 032.84	21 122.4	5 344.0	25.3	53.3
Febbraio	16 077.60	19 078.3	8 890.5	46.6	55.3
Marzo	20 497.20	21 122.4	11 427.2	54.1	55.8
Aprile	27 613.80	20 441.0	14 738.0	72.1	53.4
Maggio	33 227.04	21 122.4	17 299.2	81.9	52.1
Giugno	34 243.20	20 441.0	17 558.8	85.9	51.3
Luglio	39 538.02	21 122.4	19 686.1	93.2	49.8
Agosto	35 708.28	21 122.4	18 228.6	86.3	51.0
Settembre	20 932.20	20 441.0	11 569.6	56.6	55.3
Ottobre	22 439.04	21 122.4	12 335.5	58.4	55.0
Novembre	14 250.60	20 441.0	7 828.9	38.3	54.9
Dicembre	14 348.04	21 122.4	7 899.8	37.4	55.1
Totale	288 907.86	248 699.1	152 806.2	61.4	52.9

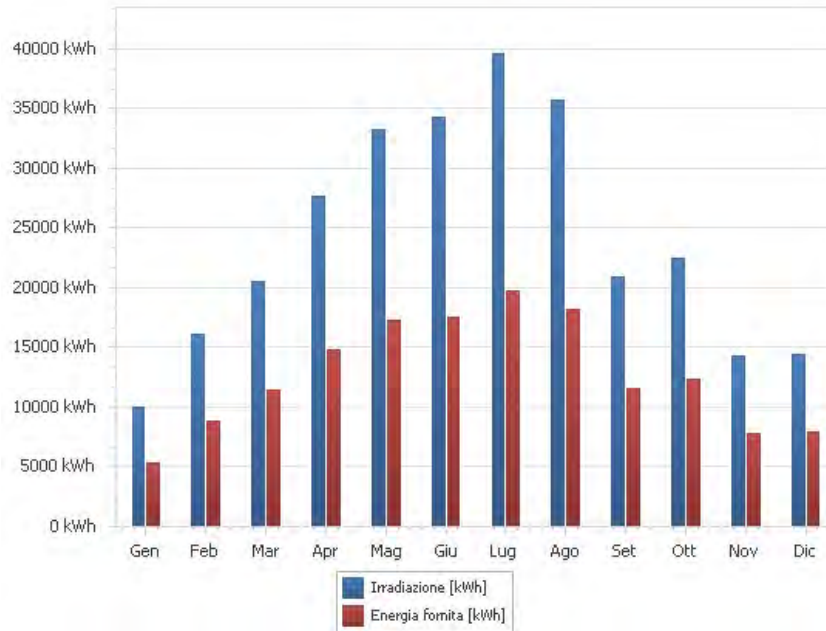


Figura 124 – Correlazione tra radiazione incidente ed energia fornita dall'impianto solare termico.

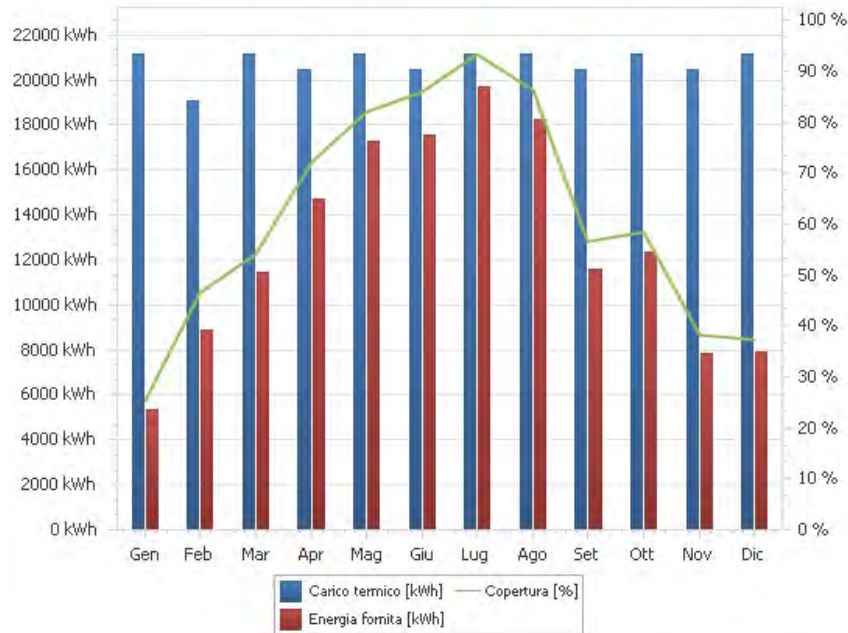


Figura 125 – Correlazione tra fabbisogno di energia per la produzione di ACS, energia fornita dall'impianto e copertura del fabbisogno da parte dell'impianto solare termico.

10.2 IL MONITORAGGIO ENERGETICO

Il monitoraggio energetico raccoglie e analizza i dati energetici di un bene per potenziarne l'efficienza. Vista l'incalzante crisi climatica e i prezzi dell'energia in aumento, occorre assolutamente chiedersi se esiste un metodo efficace per potenziare l'efficienza energetica degli immobili e per limitarne l'impatto ambientale. La risposta sta nel realizzare un preciso e puntuale monitoraggio energetico. Esistono specifici energy management software in grado di potenziare questo processo e raggiungere prima i risultati sperati.

Vediamo allora insieme come realizzare il monitoraggio energetico di un bene e che vantaggi comporta questa fase dell'energy management.

Il monitoraggio energetico, altrimenti detto "energy monitoring", è un processo di raccolta, registrazione e analisi dei dati sui consumi energetici. Questo processo può riguardare ed essere applicato su un singolo impianto oppure sull'intero asset. Dopo aver realizzato il monitoraggio energetico si passa alla fase successiva che è quella del management. Dunque, un primo step prevede l'analisi dei dati energetici e un secondo step prevede invece la gestione dei consumi in base a quanto rilevato dalla precedente fase di monitoring.

Realizzare un accurato monitoraggio energetico è uno step fondamentale in un'ottica di risparmio ed efficientamento di un bene. Questa fase consente infatti di individuare:

- inefficienze, come ad esempio un eccessivo riscaldamento o raffrescamento di aree in generale, oppure di aree poco utilizzate;

- guasti e malfunzionamenti in impianti o parti di essi;
 - apparecchi con scarsa efficienza energetica.
- Agire in base a quanto rilevato dall'energy monitoring permette quindi di:
- fornire informazioni dettagliate sulle esigenze operative di un bene;
 - ridurre i consumi energetici;
 - aumentare l'efficienza energetica;
 - ridurre le emissioni e quindi l'impatto ambientale.

Va inoltre aggiunto che il monitoraggio continua anche dopo eventuali interventi di gestione. In questo caso l'obiettivo è quello di verificare se le soluzioni e le tecnologie implementate stanno dando gli effetti desiderati, oppure se è necessario rivedere la progettazione delle migliorie apportate in precedenza.

Il monitoraggio energetico fornisce informazioni importanti per il controllo dei consumi energetici e per limitare l'impatto che gli edifici con i loro impianti hanno sull'ambiente, aspetti oggi fondamentali per le aziende e per la società tutta. Ma vediamo nel dettaglio le quattro principali ragioni per cui questa fase è così importante:

1. Misurazione accurata: grazie al monitoraggio energetico ed all'utilizzo di specifici software per la gestione energetica degli asset è possibile reperire misurazioni estremamente dettagliate che consentono poi valutazioni su eventuali migliorie.
2. Identificazione dei problemi: monitorare un asset in modo efficiente vuol dire individuare problematiche e malfunzionamenti di apparecchiature e/o impianti, o parti di essi, e ridurre quindi i consumi energetici.
3. Monitoraggio in tempo reale: il monitoraggio in tempo reale consente ad esempio di intervenire su un guasto che si è appena verificato in modo da limitare il più possibile gli sprechi o ancora consente di realizzare una manutenzione predittiva in modo che le risorse possano continuare a funzionare in modo efficiente e con meno guasti.
4. Analisi dell'andamento dei consumi: il monitoraggio continuo dei consumi energetici facilita l'identificazione di momenti di particolare utilizzo e di quelli invece di fermo impianto. In questo modo gli energy manager possono determinare le migliori soluzioni per ridurre i consumi e le possibili opzioni di pianificazione per un utilizzo equilibrato delle risorse.

L'importanza del monitoraggio energetico

La fase di monitoraggio energetico, inserita in quella più ampia dell'energy management, permette di risparmiare sui consumi e quindi sulle bollette e allo stesso tempo di ridurre l'impatto che il nostro bene ha sull'ambiente. A questi aspetti, che sarebbero già sufficienti a farci capire quanto l'energy monitoring sia vantaggioso, possono essere aggiunti:

- riduzione dell'impronta di carbonio delle aziende;
- risparmio sui costi del consumo energetico;
- misurazioni precise e in realtime;
- miglioramento delle prestazioni degli impianti e degli asset in generale;

- identificazione dei picchi di utilizzo e del consumo eccessivo.

Potenziare l'efficienza energetica è estremamente importante per un'azienda, perché permette da un lato di ridurre le spese e dall'altro di limitare l'impatto ambientale. Alcuni studi hanno evidenziato come la maggior parte delle aziende ha le potenzialità per ridurre i consumi energetici di una percentuale variabile tra il 10 e il 20%, attraverso semplici azioni individuabili proprio grazie all'energy monitoring.

Vediamo di seguito tre semplici steps:

- monitoraggio e analisi: per migliorare l'efficienza energetica, è necessario prima di tutto identificare le inefficienze all'interno del nostro asset. Per fare ciò è necessario implementare una soluzione di monitoraggio dell'energia efficace, in cui si monitorerà ogni apparecchiatura, impianto o l'intero asset e si evidenzieranno eventuali anomalie.
- implementazione di migliorie: una volta raccolti e analizzati i dati energetici sarà possibile individuare le inefficienze e le migliorie da implementare per trarre i migliori benefici.
- monitoraggio e valutazione costante: dopo l'implementazione di ogni cambiamento, è importante monitorare i risultati e il livello di miglioramento raggiunto in modo da poter determinare quali cambiamenti sono i più efficaci e se ci sono ulteriori migliorie da apportare. Per garantire un costante livello di efficienza energetica, è dunque fondamentale affinare costantemente le strategie di energy monitoring e management.

Che cos'è il monitoraggio energetico

Il monitoraggio energetico è un sistema che permette di misurare qualsiasi grandezza o vettore energetico utilizzato da un'impresa. Monitorare un ambiente significa quindi raccogliere, tramite sensori e strumenti di misura, informazioni in un'area, salvare e visualizzare i dati per analizzarli e attuare eventuali strategie di intervento in base alle necessità. È l'obiettivo che determina quali siano i dati necessari al monitoraggio.

I vettori oggetto di monitoraggio possono essere: acqua, energia elettrica e termica, gas, aria compressa, parametri ambientali. Il monitoraggio dei consumi è declinato principalmente in contesto industriale, anche se le sue applicazioni si estendono a tutti gli ambiti complessi dell'ambiente costruito, dove può diventare lo strumento di raccordo tra contabilizzazione, termoregolazione, automazioni, comfort.

10.2.1 MONITORAGGIO ENERGETICO: STRUTTURA

Il monitoraggio energetico si compone essenzialmente di tre elementi: infrastruttura fisica (sensori e strumenti di monitoraggio), infrastruttura di rete (cablata o wireless), piattaforma software per la raccolta e la gestione dei dati rilevati.

Le misurazioni possono essere effettuate con misuratori standard o di tipologia MID: questi ultimi certificano la misurazione e permettono l'accesso a

forme di incentivazione per l'efficientamento energetico (per esempio, i Certificati bianchi).

Rispondono ai requisiti della direttiva MID (Measuring Instruments Directive 2014/32/UE), che definisce regole tecniche condivise e comuni e che si applica agli strumenti metrici per misure a valore legale.

Le soluzioni per raccogliere e analizzare le misurazioni eseguite sono diverse: di solito i misuratori sono connessi a un'unità centrale che raccoglie le misure e le invia in un database in cloud per effettuare le successive analisi su piattaforme dedicate all'efficienza energetica.

10.2.2I BENEFICI DEL MONITORAGGIO ENERGETICO

Il monitoraggio è un servizio per le imprese di ogni settore e dimensione: oltre a essere uno strumento utile per quelle tenute a rispondere agli obblighi normativi, permette a tutte di ottimizzare i consumi migliorando la produzione attraverso una migliore gestione e distribuzione dell'energia, diminuendo i costi di manutenzione grazie all'impostazione di azioni correttive, e attraverso il controllo e la gestione delle anomalie.

L'uso ragionato dei dati rilevati, elaborati dalla piattaforma di monitoraggio, è l'inizio di ogni strategia di ottimizzazione delle risorse energetiche e ambientali.

Contare su un sistema di monitoraggio permette di migliorare a livello gestionale la vita aziendale. Ciò si traduce nell'ottimizzare i consumi migliorando la produzione attraverso una efficace gestione e distribuzione dell'energia, diminuendo i costi di manutenzione grazie all'impostazione di interventi che vanno a correggere eventuali anomalie.

Monitorare i consumi significa ridurre le emissioni di CO₂, ma si traduce anche in un'ottimizzazione dei parametri ambientali interni dell'azienda: sempre grazie alla raccolta e all'elaborazione dei dati è possibile avere sempre informazioni tempestive su luminosità, temperatura, tasso di umidità, fino a considerare anche la qualità stessa dell'aria indoor.

La gestione dei consumi energetici e il relativo monitoraggio sono strumenti preziosi per cercare di centrare gli obiettivi di efficienza energetica posti dalla Unione Europea: almeno il 32,5% da raggiungere nel 2030, con una clausola di revisione al rialzo entro il 2023.

Ma le soluzioni e le tecnologie per il monitoraggio hanno benefici ancora più estesi, permettendo di trasformare il business model delle aziende, ottimizzando l'uso dell'energia, rendendo ecosostenibile la produzione, migliorando la salubrità e la sicurezza dei luoghi del lavoro, diminuendo i costi di gestione e manutenzione.

10.2.3MONITORAGGIO CONSUMI NELLE AZIENDE: LE NORMATIVE

Nell'ambito del monitoraggio energetico, la legge italiana di riferimento è il D.Lgs. 4 luglio 2014 n. 102, recepimento della direttiva europea EED 2012/27/UE

Quali sono gli obiettivi di questa legge? Innanzitutto, quello di stabilire un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'efficienza energetica.

Persegue l'obiettivo nazionale di risparmio energetico, in coerenza con la Strategia Energetica Nazionale (SEN), e detta norme finalizzate a rimuovere gli ostacoli sul mercato dell'energia e a superare quelle carenze del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura e negli usi finali dell'energia.

Ricordiamo che la Strategia Energetica Nazionale (SEN) si inquadra in un approccio complessivo alla gestione dell'energia, che ha come obiettivi la diminuzione complessiva dei consumi. Tali obiettivi hanno a che fare con l'efficienza energetica, la gestione delle fonti rinnovabili, la decarbonizzazione, la dipendenza energetica dall'estero, il settore petrolifero, la mobilità sostenibile e le reti di approvvigionamento.

La Strategia Energetica Nazionale (SEN) si inquadra in un approccio complessivo alla gestione dell'energia (Figura 126).

In particolare, all'interno della legge 102, il comma 1 dell'articolo 8 precisa che le grandi imprese – quelle con oltre 250 dipendenti, quelle con fatturato annuo al di sopra di 50 milioni di euro e le imprese energivore – sono tenute a fare la diagnosi energetica nei siti produttivi localizzati sul territorio nazionale entro il 5 dicembre 2015 (questa è stata la prima scadenza prevista dalla Legge), con rinnovo ogni quattro anni. In caso di non ottemperanza, sono previste sanzioni.

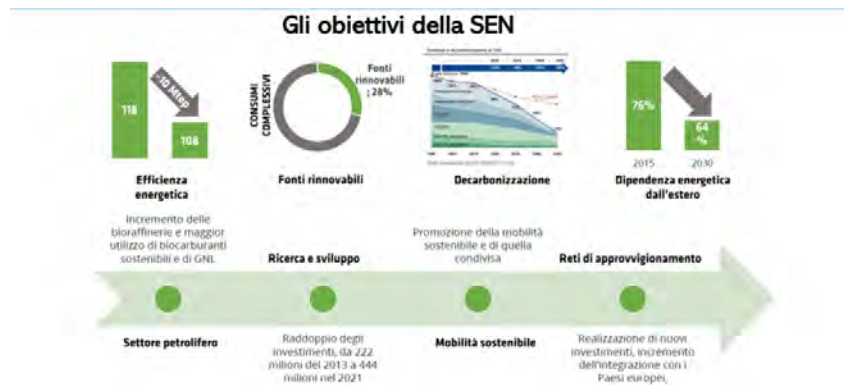


Figura 126 – Strategia SEN.

Chi ha l'obbligo della diagnosi energetica?

Hanno l'obbligo di effettuare la diagnosi energetica le grandi imprese e le imprese energivore. Le imprese energivore sono quelle iscritte nell'elenco annuale istituito presso la Cassa per i Servizi Energetici e Ambientali (CSEA), ai sensi del decreto interministeriale 21 dicembre 2017.

Le piccole e le medie imprese non eleggibili al riconoscimento del beneficio come energivore, non sono soggette all'obbligo di diagnosi. Tuttavia, è importante precisare che l'impresa esonerata dall'obbligo di diagnosi energetica deve comunque adottare sistemi di gestione volontaria, di cui all'articolo 8, comma 1 (EMAS, ISO 50001, EN ISO 14001), a condizione che tale sistema di gestione includa un audit energetico, realizzato in conformità con i criteri elencati all'allegato 2 al decreto legislativo 102/2014.

Resta fermo, ad ogni modo – che vi sia o non vi sia l'obbligo di diagnosi – l'obbligo di comunicare a ENEA l'esito della diagnosi condotta nell'ambito del sistema di gestione.

10.2.4 LA NORMA INTERNAZIONALE

La norma internazionale di riferimento è la ISO 50001, standard internazionale che supporta le organizzazioni nell'implementazione di un Sistema di Gestione dell'Energia (SGE), fornendo i requisiti per un sistematico processo di miglioramento continuo delle proprie prestazioni energetiche. Tra le novità della nuova versione 2018:

- o monitoraggio: tra i dati da raccogliere, si includono per la prima volta le caratteristiche operative legate agli usi energetici significativi. Si richiede di determinare i metodi adottati per monitoraggio, misurazione, analisi e valutazione

- o miglioramento continuo: oltre a dare esplicita definizione di "miglioramento delle prestazioni energetiche", la nuova norma pone un accento particolare su come e in quali tempi il miglioramento continuo possa essere perseguito e dimostrato

10.2.5 MONITORAGGIO ENERGETICO PER LE AZIENDE

Il monitoraggio dei consumi non riguarda semplicemente l'installazione di strumentazioni o l'acquisizione di dati, ma si colloca all'interno di un processo che porta a un progetto ad hoc che ogni singola azienda o realtà deve sviluppare.

Per potere fare questo, c'è bisogno di una relazione fondamentale: tra l'azienda che si occupa di queste tematiche – che ha le competenze e le capacità per farlo – e le esigenze dell'azienda cliente. Che cosa bisogna fare per le aziende che decidono di dotarsi di sistemi di monitoraggio energetico? Innanzitutto, bisogna raccogliere e verificare la loro documentazione tecnica. Una volta stabilito quali sono i vettori oggetto del monitoraggio richiesto, vanno raccolte tutte le informazioni, al fine di poter valutare quale sia la strumentazione più idonea da proporre.

10.2.6 MONITORAGGIO ENERGETICO CON SENSORISTICA IN CAMPO

Per arrivare a una maggiore efficienza da un punto di vista energetico, occorre conoscere al meglio il fabbisogno di apparati e dispositivi.

In questo, ci vengono incontro i sistemi di monitoraggio energetico basati, che rendono possibile collegare alla rete tutti i dispositivi che consumano energia e visualizzare le informazioni su comode app dedicate.

Da un punto di vista tecnologico, il funzionamento del monitoraggio energetico è ormai relativamente semplice e standard.

Gran parte dei sistemi di monitoraggio e controllo utilizza, infatti, il protocollo ModBus: semplificando al massimo, ogni apparecchio, dotato di un'apposita sensoristica wireless, grazie al protocollo Modbus diventa in grado di comunicare i propri dati relativi ai consumi energetici che, a intervalli regolari, sono trasmessi a un gateway.

Da qui i dati sono successivamente trasmessi, via cavo, a un server (cloud oppure on premise), dove restano a disposizione per le interrogazioni successive

da parte dei database tradizionali o dei sistemi di big data o di intelligenza artificiale, magari integrati alle sempre più diffuse piattaforme di gestione dell'energia.

10.2.7 MONITORAGGIO CONSUMI PER LE AZIENDE: LE INFRASTRUTTURE

Il cuore delle infrastrutture di monitoraggio energetico è il gateway, che deve essere inteso come un vero e proprio punto di raccordo per la trasmissione dei dati. Esistono gateway focalizzati sulle esigenze specifiche di un'azienda – ad esempio, capaci di integrare delle soluzioni di building automation – oppure le schede di espansione.

Altre componenti base di una infrastruttura di monitoraggio possono essere anche dei semplici moduli umts dotati di connettività wi-fi oppure i ripetitori, che servono ad amplificare il segnale in caso di presenza di distanze importanti. Su quest'ultimo punto c'è da sottolineare che, oggi, le tecnologie wireless consentono di superare anche muri piuttosto importanti dal punto di vista dello spessore; in più, ormai, abbiamo a disposizione gli strumenti di ripetizione che permettono, spendendo cifre non certo considerevoli, di avere a disposizione una rete efficace.

In estrema sintesi, nell'infrastruttura di rete sono ospitati apparecchi molto diversi tra loro –gateway, ripetitori, modbus, conta impulsi – che sono collegati alle sonde che rilevano direttamente i parametri oggetto di misurazione. Inoltre, in una infrastruttura per il monitoraggio sono integrati relè e driver che si occupano della fase di attuazione, cioè della trasformazione del dato rilevato in un'azione che deve essere intrapresa, ad esempio tramite l'accensione o spegnimento delle luci di un edificio.

Un altro snodo fondamentale dell'infrastruttura di rete è rappresentato dal concentratore dei dati, che si occupa, con modalità definite, di raccogliere i parametri – ambientali ed elettrici – necessari al monitoraggio. Le informazioni raccolte, via ethernet o via wireless, passano al gateway, per poi essere trasferite al server e al cloud, cioè dove risiede il cuore software della piattaforma di monitoraggio.

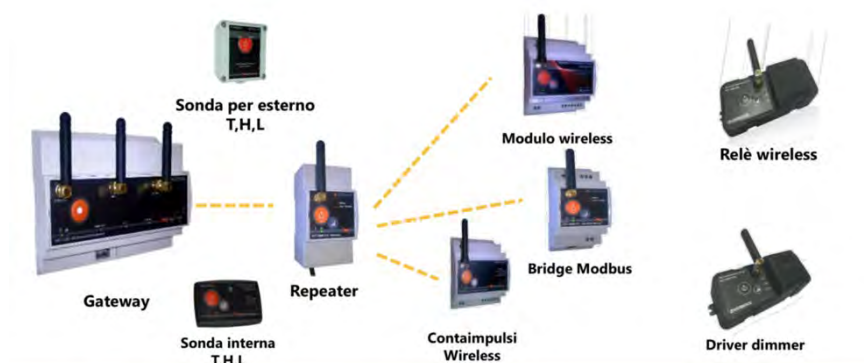


Figura 127 – Infrastruttura di rete.

10.2.8 MONITORAGGIO DELL'ENERGIA ELETTRICA

Concentrandoci, in particolare, sul monitoraggio dell'energia elettrica, che rappresenta il vettore fondamentale del fabbisogno aziendale, è possibile evidenziare come, oggi, in commercio esistano tante tipologie di misuratori, che possono essere suddivisi in base ad altrettante differenti caratteristiche.

Quello che si può dire è che, praticamente, ad ogni necessità di misura corrisponde un diverso strumento di acquisizione dei dati. Dunque, tali strumenti vanno adeguatamente selezionati in base alle specifiche necessità di monitoraggio di ciascuna azienda.

Oggi il monitoraggio dei consumi elettrici è diventato uno strumento fondamentale per il cambiamento di business aziendale in ottica di una maggiore efficienza, ma non si può dire altrettanto dei parametri ambientali.

Nell'ottica di una visione Human Centric più evoluta, occorre tenere in considerazione questi aspetti per integrare sostenibilità ambientale della produzione, risparmio energetico, ottimizzazione della produzione, comfort e salubrità degli ambienti di lavoro e, in generale, di relazione.

Tutto questo può anche permettere di rispondere alla Direttiva europea 2018/844 EPBD (Energy Performance of Building Directive), che stabilisce che "... i requisiti minimi di rendimento energetico per gli edifici devono tener conto delle condizioni generali del clima degli ambienti interni, al fine di evitare eventuali effetti negativi".

I parametri ambientali maggiormente considerati sono luce, CO₂, polveri sottili, VOC, umidità, gas nocivi. Oggi, insomma, esiste la possibilità di monitorare tutto quello che si genera all'interno degli edifici, sia in ambito industriale che civile. Per verificare il rispetto di questi parametri, esistono numerose tipologie di sensori e di attuatori, così come in ambito elettrico.

10.2.9 MONITORAGGIO ENERGETICO: LA PIATTAFORMA

I dati e i parametri raccolti dagli strumenti di monitoraggio energetico sono di norma estremamente numerosi e, soprattutto, sottoposti a continue variazioni nel corso del tempo. Per poterli tenere costantemente monitorati, occorre contare su una soluzione che permetta di tradurre i dati grezzi rilevati dagli strumenti fisici in informazioni facilmente visualizzabili e comprensibili.

Questo compito è affidato alle piattaforme per il monitoraggio energetico, che costituiscono l'indispensabile fase finale di qualsiasi soluzione in materia. Più nel dettaglio, la piattaforma per il monitoraggio energetico può essere definita come uno strumento analitico costituito da una serie di servizi che assicurano la ricezione dei dati, la loro memorizzazione su database, la gestione degli allarmi in caso di mancata ricezione dai dispositivi remoti, l'esportazione automatica programmata e servizi di supporto e manutenzione.

Proprio nell'ottica di facilitare l'analisi delle informazioni necessaria, la piattaforma per il monitoraggio deve possedere un'interfaccia utente che renda il sistema semplice e intuitivo, da utilizzare da parte di più utenti. Inoltre, la piattaforma deve essere accessibile via Web tramite browser, preferibilmente ospitata in sistemi in Cloud, così da assicurare la fruizione anche via mobile.

Ogni dashboard contiene una serie di componenti grafici, detti widget, che possono rappresentare istantaneamente o nel tempo una determinata misura.



Figura 128 – Dashboard.

La dashboard

Il vero e proprio cuore di una piattaforma di monitoraggio energetico è costituito dalla dashboard, o cruscotto che, in ambito informatico, definisce la rappresentazione visiva delle informazioni necessarie a raggiungere uno o più obiettivi, il tutto su un singolo schermo in modo da facilitare il monitoraggio delle informazioni a colpo d'occhio da parte dell'operatore.

Le dashboard devono anche consentire la visualizzazione di più impianti, correlandoli tra loro. Ovviamente, le dashboard possono essere molteplici e suddivise secondo le effettive necessità di ogni azienda, che può avere necessità di visualizzare maggiormente alcuni aspetti dei propri impianti rispetto ad altri. Dunque, diventa cruciale la possibilità di realizzare delle dashboard personalizzate, così anche da non essere legati per qualsiasi operazione al fornitore della piattaforma stessa.

Ad accomunare tutte le dashboard è la presenza una serie di componenti grafici, che possono rappresentare istantaneamente, o nel corso del tempo, la misura di un determinato parametro oggetto di analisi.

Naturalmente, le modalità di rappresentazione possono essere modificate in base all'informazione che il dato fornisce, mentre gli stessi widget a disposizione degli utenti variano a seconda della piattaforma prescelta. Molto utile può risultare la presenza di mappe sotto forma di disegni o immagini, su cui possono essere posizionati degli indicatori visivi sul funzionamento degli apparati monitorati (verde=OK, giallo=warning, rosso=critical).

Nell'ambito delle funzioni richieste a una piattaforma, infatti, c'è anche la supervisione dei carichi oggetto di monitoraggio. In questo senso, è necessario configurare delle soglie su ciascuna specifica misura, a cui possono essere eventualmente associati degli allarmi che – attraverso la piattaforma – possono essere inviati via mail, via sms, via messaggio vocale ecc. agli utenti incaricati del controllo.

Le piattaforme consentono di effettuare analisi anche più di lungo termine, utili per comprendere la dinamica dei consumi energetici: per avere una valutazione completa dello stato di una grandezza sotto controllo è necessario

esaminarne l'andamento in un determinato periodo sotto forma di grafico, al fine di effettuare un confronto immediato.

Particolarmente utilizzati, a questo scopo, sono gli istogrammi, che permettono di rilevare i mutamenti di una grandezza nel corso di periodi differenti, oppure di confrontare grandezze differenti nel corso dello stesso periodo. L'intervallo di tempo tra istogrammi di norma può essere selezionabile per favorire una visualizzazione più o meno dettagliata dell'analisi stessa.

Un'altra possibilità a disposizione degli Energy Manager è il grafico sotto forma di Multireport, mostrando cioè l'andamento nel tempo di più grandezze differenti in uno stesso grafico. Infine, per il corretto funzionamento della piattaforma, occorre prevedere un sistema di permessi differenziati per ogni utente abilitato, che ne circoscriva l'ambito di azione, così anche da garantire una maggiore sicurezza complessiva da un punto di vista informatico. Per ogni utente, dunque, deve essere definito quali grandezze possono essere visualizzate e quali invece no.

Per monitorare i consumi e ridurre i costi in un'ottica di gestione efficiente dell'energia, esistono diverse soluzioni sul mercato. Attraverso l'uso di algoritmi di Machine Learning e Intelligenza Artificiale, queste soluzioni permettono di avere una visibilità precisa e affidabile su costi e consumi, sia in tempo reale sia in chiave previsionale.

La piattaforma offre numerose funzionalità, tra cui la notifica di alert in caso di consumi troppo elevati o inattesi e il confronto delle prestazioni energetiche tra utenze simili o siti produttivi/sedi aziendali che consentono di individuare facilmente le inefficienze energetiche ed eliminare gli sprechi. Funzionalità più avanzate consentono poi di trovare delle relazioni causa-effetto tra il consumo energetico e le variabili esterne come la temperatura per poter poi confrontare il consumo reale con il modello ideale di consumo e tenere così sotto controllo la propria spesa energetica.

10.2.10 BEMS PER GESTIRE L'ENERGIA DI UN EDIFICIO

In qualsiasi tipo di edificio, sia esso di tipo residenziale, sanitario, commerciale o industriale, per effettuare un monitoraggio energetico completo bisogna affidarsi a un BEMS (Building Energy Management System), ovvero a sistema di gestione dell'energia di un edificio.

Tale sistema ha come obiettivo principale quello di eliminare gli sprechi, ridurre i consumi e di conseguenza ridurre sia i costi in bolletta sia le emissioni di CO₂ nell'aria. Ma ha anche l'obiettivo di migliorare la vivibilità degli ambienti attraverso il controllo continuo di microclima, temperatura e umidità, e monitorare in maniera costante gli impianti e i macchinari presenti nello smart building, al fine di garantirne l'ottimizzazione lungo tutto il ciclo di vita.

Diverse sono le aziende che propongono Sistemi per la Gestione Energetica degli Edifici sofisticati e personalizzabili perché garantiscano la raccolta e l'elaborazione dei dati in tempo reale, il monitoraggio energetico, il controllo dei diversi sistemi (apparecchiature elettriche ed elettroniche, macchinari, sistemi per il condizionamento o riscaldamento, soluzioni di building automation, lighting ecc.).

Il BEMS rappresenta una piattaforma al cuore di ogni smart building che si pone come obiettivo quello di assicurare il massimo risparmio energetico andando a gestire i sistemi e gli impianti in funzione del loro reale utilizzo, nonché di offrire comfort e benessere agli utenti che vivono gli ambienti indoor. La sigla BEMS, Building Energy Management System, è immediatamente comprensibile anche ai non addetti ai lavori. Quando si legge questo acronimo stiamo parlando di un sistema di gestione energetica dell'edificio, che ha l'obiettivo di perseguire il minor consumo di energia durante il funzionamento e per l'intero ciclo di vita. Un obiettivo che non è sicuramente trascurabile, considerato che all'interno degli edifici trascorriamo la maggioranza delle nostre ore e dove dunque, inevitabilmente, consumiamo una buona fetta della nostra domanda energetica.

Secondo la direttiva europea sul rendimento energetico nell'edilizia (EPBD), gli edifici sono responsabili di circa il 40% del consumo energetico e del 36% delle emissioni di CO₂ nell'UE. Dal momento che l'energia è un bene che ha un suo costo, un utilizzo eccessivo e superfluo può avere degli impatti economici considerevoli su famiglie e imprese, oltre che presentare delle conseguenze ambientali per la società nel suo complesso. Al contrario, una gestione dell'energia abilitata dall'impiego di un BEMS può consentire una gestione accurata e automatizzata dei sistemi e dell'approvvigionamento energetico, aprendo la strada alla realizzazione degli Smart Building.

Fondamentalmente i BEMS sono soluzioni ICT estremamente sofisticate, capaci di integrare hardware, software e servizi ICT così da assicurare il monitoraggio, l'automazione, la gestione e il controllo del fabbisogno energetico degli edifici. In particolare, diventa possibile monitorare e controllare automaticamente apparecchiature elettriche e meccaniche che consumano energia come termostati, sistemi di HVAC e di illuminazione all'interno di un singolo edificio o di un gruppo di edifici, consentendo migliorare l'efficienza energetica e il comfort. Impianti come condizionatori d'aria, illuminazione, caldaie, scaldabagni, macchine elevatrici, macchine di scarico, impianti idraulici e sanitari possono essere controllati tramite i BEMS. In particolare, sulla base delle informazioni ricevute, diventa possibile controllare da un'unica piattaforma centralizzata i tempi di accensione / spegnimento degli impianti, nonché parametri come umidità e temperatura.

Ovviamente, i BEMS, più sul lungo termine, permettono di verificare anche le fluttuazioni dei consumi energetici nel corso del tempo. Permettendo così di impostare strategie di ottimizzazione energetica fondate su dati reali e concreti. In linea di massima i BEMS tendono a essere collegati e integrati con i BMS (sistemi di gestione degli edifici) e i BAS (sistemi di automazione degli edifici), altri due software standard per il funzionamento dei moderni Smart building. Quando questi sistemi sono già presenti nell'edificio in questione, con tutta probabilità non esiste la necessità di realizzare una sensoristica ad hoc per il BEMS. Inoltre, attraverso tale integrazione, il BEMS può raccogliere e analizzare ulteriori dati, ottenendo così una visione più completa e precisa sull'uso dell'energia in un edificio, spesso e volentieri appoggiandosi a tecnologie di tipo cloud.

Oltre al già citato vantaggio della riduzione dei costi in bolletta, legato alla possibilità di efficientamento energetico, esistono tutta un'altra serie di benefici legati all'adozione dei BEMS. Innanzitutto, la disponibilità del BEMS è un elemento che può aiutare gli edifici a ottenere una certificazione di sostenibilità e di efficienza. Il BEMS fornisce ai facility manager visibilità in tempo reale sulle tendenze del consumo energetico, rendendo possibile l'avvio di azioni mirate al miglioramento del comfort e della sicurezza delle persone presenti.

Inoltre, il BEMS abilita una più facile identificazione delle anomalie degli impianti, con la conseguente riduzione del rischio di picchi di corrente, arresti e guasti alle apparecchiature elettriche e meccaniche.

In prospettiva futura, l'implementazione del BEMS in un edificio può essere un tassello importante per le Smart City: i BEMS potrebbero sovrintendere allo stoccaggio e successivo rilascio dell'energia elettrica accumulata in eccesso, magari prodotta dagli impianti da fonti rinnovabili installati in loco, contribuendo così alla migliore regolazione della rete elettrica su base locale.

Chiaramente, è molto difficile immaginare al momento una applicazione dei BEMS in un normale edificio privato, come ad esempio un condominio, anche se naturalmente esiste la possibilità teorica e tecnica. I BEMS sono utilizzati principalmente in edifici commerciali, ospedali, hotel, istituti scolastici, grandi uffici, centri commerciali e industrie. Secondo una recente analisi di ResearchAndMarkets.com, i BEMS sono però destinati a conoscere un grande sviluppo nel post pandemia, perché considerati un'arma utile a rispondere alla domanda di sostenibilità e sicurezza. In particolare, il giro d'affari globale legato ai BEMS raggiungerà gli 8,4 miliardi di dollari entro il 2027, con un tasso medio di crescita annuale del +12,4% nel periodo 2020-2027.

Anche i dati rilasciati dall'ultimo Digital Energy Efficiency Report 2023 parlano di un tasso elevato di diffusione di questi sistemi, sempre più adottati per migliorare l'efficientamento energetico degli edifici.

11. INTERVENTI IPOTIZZATI, PROGETTATI, MA POI ABBANDONATI DOPO ATTENTI APPROFONDIMENTI

INDICE CAPITOLO

11.1	LA COGENERAZIONE DI PICCOLA TAGLIA.....	169
11.1.1	PREMESSA.....	169
11.1.2	SITUAZIONE ATTUALE	171
11.1.3	SITUAZIONE FUTURA.....	173
11.1.4	DEFINIZIONE E VALUTAZIONE DEI RISPARMI.....	178

11.1 LA COGENERAZIONE DI PICCOLA TAGLIA

Analizzati i consumi elettrici e termici della Struttura Sanitaria, sono stati ipotizzati due impianti:

- un impianto dotato di macchina da 50 kWe
- un impianto dotato di macchina da 70 kWe

Al fine di comprendere meglio e comparare i benefici derivanti dall'uno piuttosto che dall'altro impianto, sono stati elaborati i report all'interno dei quali sono illustrati profili di consumo ante e post per le due configurazioni.

Si può vedere bene che, sulla base del profilo di consumo totale analizzato, la configurazione da 70 kWe ha un rapporto costi benefici nettamente migliore. Si parla infatti di un beneficio economico (al netto dei vari costi di manutenzione) di 37.334 €/anno per il 50 kWe contro i 49.841 €/anno per il 70 kWe. Il tutto con un differenziale di costo di poco più di 12.000 € sull'investimento iniziale.

Sulla basi di questi numeri infatti, senza prendere in considerazione i vantaggi del super ammortamento, l'impianto da 70 kWe rientrerebbe in poco più di tre anni (3,16 per la precisione).

11.1.1PREMESSA

Lo scopo del presente rapporto è quello di fornire una valutazione preliminare delle potenzialità di risparmio energetico correlate all'installazione di un sistema di cogenerazione (CHP) presso La Struttura Sanitaria di Viterbo.

Con il termine cogenerazione si intende la produzione combinata di energia elettrica/meccanica e di energia termica (calore) ottenute in appositi impianti utilizzando la stessa energia primaria.

Per produrre la sola energia elettrica si utilizzano generalmente centrali termoelettriche, che disperdono parte dell'energia primaria nell'ambiente: questa è energia termica di scarso valore termodinamico essendo a bassa temperatura. Diversamente, per produrre la sola energia termica tradizionalmente si usano delle caldaie che convertono l'energia primaria contenuta nei combustibili, di

elevato valore termodinamico, in energia termica di ridotto valore termodinamico.

Di conseguenza, se un'utenza richiede contemporaneamente energia elettrica ed energia termica, anziché installare una caldaia ed acquistare elettricità dalla rete, si può pensare di realizzare un ciclo termodinamico per produrre questa energia sfruttando i livelli termici più alti, cedendo il calore residuo a più bassa temperatura per soddisfare le esigenze termiche. Da questo punto di vista la cogenerazione può dare un risparmio energetico, che però non è scontato: si tratta allora di valutare quando è davvero vantaggiosa e rispetto a quale alternativa. L'obiettivo fondamentale che si vuole perseguire con la cogenerazione è quindi quello di sfruttare al meglio l'energia contenuta nel combustibile: a ciò consegue un minor consumo energetico e di conseguenza un minor impatto ambientale.

Rispetto alla produzione separata delle stesse quantità di energia elettrica e calore, la produzione combinata, se efficace, comporta:

- un risparmio economico, conseguente al minor consumo di combustibile;
- una riduzione dell'impatto ambientale, dovuto sia alla riduzione delle emissioni e sia al minor rilascio di calore residuo nell'ambiente (minor inquinamento atmosferico e minor inquinamento termico);
- minori perdite di trasmissione e distribuzione per il sistema elettrico nazionale, legate alla localizzazione degli impianti in prossimità dei bacini di utenza o all'autoconsumo dell'energia prodotta;
- la sostituzione di modalità di fornitura del calore meno efficienti e più inquinanti, come caldaie – sia per usi civili sia industriali – caratterizzate da più bassi livelli di efficienza, elevato impatto ambientale e scarsa flessibilità relativamente all'utilizzo di combustibili.

Per chiarire il significato di risparmio energetico connesso ad un impianto cogenerativo rispetto alla produzione separata delle medesime quantità di energia utile, si illustra l'esempio riportato in Figura 1. Supponendo che un impianto cogenerativo, per produrre 35 unità di energia elettrica e 50 unità di calore utile, consumi 100 unità di combustibile, il rendimento termodinamico complessivo di conversione, inteso come rapporto tra l'energia utile prodotta (35+50) e l'energia primaria del combustibile utilizzato (100), risulta dell'85%. Se si considera invece il caso di produzione separata, supponendo di produrre 35 unità di energia elettrica con una centrale termoelettrica avente un rendimento elettrico di ca. il 40% e 50 unità di calore utile con una caldaia avente un rendimento termico pari a ca. l'80%, si avrebbe un consumo di combustibile pari a ca. 148 unità. Nel caso di produzione separata delle stesse quantità di energia elettrica e calore, risulterebbe quindi un consumo di 140 unità di combustibile anziché le 100 richieste dall'impianto di cogenerazione. Il risparmio di energia primaria conseguibile con la cogenerazione è dunque pari al 33%.



Figura 129 - Flussi energetici nel caso di cogenerazione e di produzione separata delle energie.

11.1.2 SITUAZIONE ATTUALE

L'attuale Centrale Termica presente presso la Struttura è alimentata a gas naturale da rete ed è costituita da caldaie di tipo tradizionale per la produzione di acqua calda ad uso riscaldamento e sanitario. In base ai dati consegnati, si registra un consumo di combustibile, relativo all'anno solare tipo, pari a quello riportato in Tabella 19, il cui andamento viene evidenziato nel successivo Figura 130. Il costo unitario medio di acquisto del combustibile, utilizzato ai fini della presente analisi, è stato definito sulla base del contratto di fornitura stipulato con il Fornitore.

1. L'imposizione fiscale del gas naturale è composta da:
2. Accisa: differenziata per impiego, ubicazione geografica dell'utenza e consumo.
3. Addizionale regionale all'accisa: istituita nelle regioni a statuto ordinario e determinata da ciascuna regione.

Nel caso specifico l'entità della prima componente è pari ad 0,012498 €/Smc; mentre la seconda è pari a 0,006249 €/Smc in quanto la Struttura è situata nella regione Lazio.

Tabella 19 - Consumo di combustibile, relativo all'anno solare tipo

Mese	Giorni	Consumo di combust. [Smc]	Imponibile[€]	Accise [€]	Costo unitario con accise [€/Smc]	Costo unitario escl. accise [€/Smc]
Gennaio	31	41.456	€ 12.851,22	€ 777,17	€ ,31	€ 0,2913
Febbraio	28	22.792	€ 7.065,52	€ 427,28	€ ,31	€ 0,2913
Marzo	31	22.792	€ 7.065,52	€ 427,28	€ ,31	€ ,2913
Aprile	30	22.792	€ 7.065,52	€ 427,28	€ 0,31	€ 0,2913
Maggio	31	9.883	€ 3.063,58	€ 185,27	€ 0,31	€ 0,2913

Giugno	30	9.883	€ 3.063,58	€ 185,27	€ 0,31	€ 0,2913
Luglio	31	6.699	€ 2.076,69	€ 125,59	€ 0,3100	€ 0,2913
Agosto	31	7.543	€ 2.338,33	€ 141,41	€ 0,3100	€ 0,2913
Settembre	30	7.783	€ 2.412,73	€ 145,91	€ 0,3100	€ 0,2913
Ottobre	31	9.988	€ 3.096,28	€ 187,25	€ 0,3100	€ 0,2913
Novembre	30	18.188	€ 5.638,28	€ 340,97	€ 0,3100	€ 0,2913
Dicembre	31	37.482	€ 11.619,42	€ 702,68	€ 0,3100	€ 0,2913
Totale	365	217.280	€ 67.356,66	€ 4.073,34	€ 0,3100	€ 0,2913

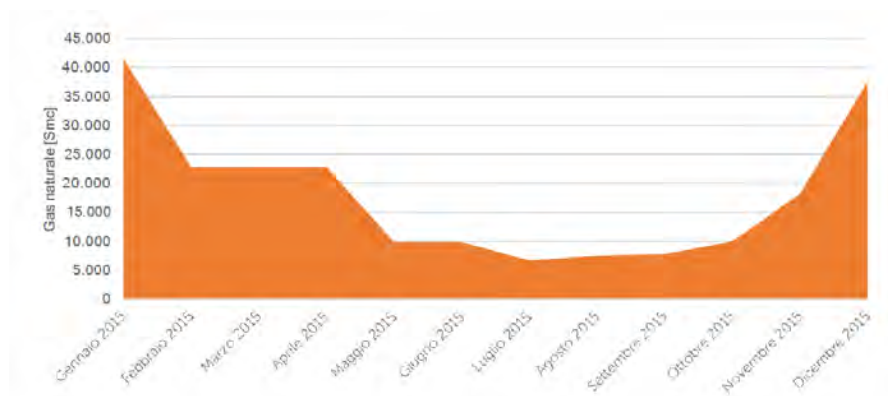


Figura 130 - Andamento consumo di combustibile, relativo all'anno solare tipo.

Considerando che, ai sensi dell'allegato A alla delibera dell'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI) n. EEN 9/11 del 30/10/2011, il Potere Calorifico Inferiore (PCI) del gas naturale è pari ad 8.250 kcal/Smc, ovvero 9,59 kWh/Smc, ipotizzando un rendimento di generazione termica da parte delle attuali caldaie installate pari a circa l'80%, il costo medio dell'energia termica utilizzata dalla Struttura per assolvere alle proprie esigenze è pari a 40,39 €/MWh.

Dall'analisi delle curve di carico consegnate, la Struttura ha registrato un consumo di energia elettrica per l'anno solare tipo pari a quello riportato in Tabella 20, il cui andamento viene evidenziato nel successivo Figura 131.

Il costo unitario medio di acquisto dell'energia elettrica, utilizzato ai fini della presente analisi, è stato ricavato sulla base del contratto di fornitura stipulato con il Fornitore.

L'imposizione fiscale dell'energia elettrica è composta da un'unica accisa calcolata su base nazionale pari a 0,0125 €/kWh, per consumi fino a 200.000 kWh/mese, e 0,0075 €/kWh per consumi superiori e fino a 1.200.000 kWh/mese.

Tabella 20 - Consumo di energia elettrica per l'anno solare tipo.

Mese	Giorni	Consumo di energia elettrica [kWh]	Imponibile[€]	Accise[€]	Costo unitario con accise [€/kWh]	Costo unitario escl. accise [€/kWh]
Gennaio	31	81.134	€ 11.918,53	€ 1.014,17	€0,1469	€0,1344
Febbraio	29	75.391	€ 11.075,00	€ 942,39	€0,1469	€0,1344
Marzo	31	74.519	€ 10.946,87	€ 931,49	€0,1469	€0,1344
Aprile	30	70.148	€ 10.304,68	€ 876,85	€0,1469	€0,1344
Maggio	31	66.164	€ 9.719,49	€ 827,05	€0,1469	€0,1344
Giugno	30	60.945	€ 8.952,79	€ 761,81	€0,1469	€0,1344
Luglio	31	76.609	€ 11.253,86	€ 957,61	€0,1469	€0,1344
Agosto	31	67.584	€ 9.928,12	€ 844,80	€0,1469	€0,1344
Settembre	30	57.942	€ 8.511,68	€ 724,28	€0,1469	€0,1344
Ottobre	31	78.311	€ 11.503,89	€ 978,89	€0,1469	€0,1344
Novembre	30	78.787	€ 11.573,81	€ 984,84	€0,1469	€0,1344
Dicembre	31	83.676	€ 12.292,00	€ 1.045,95	€0,1469	€0,1344
Totale	365	871.21	€ 127.980,72	€ 10.890,12	€0,1469	€0,1344

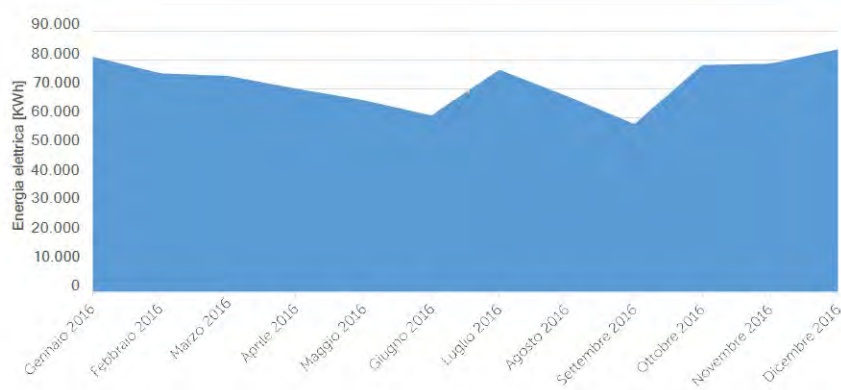


Figura 131 - Andamento consumo di energia elettrica per l'anno solare tipo.

11.1.3 SITUAZIONE FUTURA

Sulla base dei consumi di gas naturale ed energia elettrica descritti ed al profilo termico dell'utenza, è stato simulato il comportamento di un modulo di cogenerazione calcolando il bilancio termico ed elettrico della Struttura. Le caratteristiche tecniche della macchina individuata sono di seguito riportate :

Motore:	MAN --
Modello:	E 0836 E 302 --
Combustibile:	Gas Naturale --
Potenza elettrica lorda:	70 kWe

Percentuale di autoconsumo:	2,5 %
Potenza elettrica netta:	68,3 KWe
Potenza termica:	109,0 kWt
Potenza in ingresso:	204,0 kWt
Efficienza elettrica lorda:	34,3 %
Efficienza elettrica netta:	33,5 %
Efficienza termica:	53,4 %
Efficienza complessiva:	87,8 %
Indice elettrico:	0,626 kW/kWt
Consumo specifico:	0,312 Smc/kWe

L'inserimento del modulo di cogenerazione è stato concepito nella modalità "termico comanda", cioè viene assecondata la richiesta termica della Struttura, evitando ogni forma di dissipazione del calore prodotto; l'eventuale energia termica, necessaria per la copertura del fabbisogno, verrà fornita dall'attuale centrale termica.

La simulazione del modulo di cogenerazione sull'utenza produce il bilancio termico riportato in Tabella 21, il cui andamento viene evidenziato nel successivo Figura 132

Tabella 21 - Simulazione del modulo di cogenerazione: bilancio termico

Mese	Fabbisogno termico in acqua calda [kWh]	Ore utilizzo CHP [ore]	Energia termica da CHP [kWh]	Consumo gas naturale CHP [Smc]	Energia termica da caldaie [kWh]	Consumo gas naturale caldaie [Smc]	Integrazione caldaie [%]
Gennaio	318.147	744	81.096	15.826	237.051	30.888	75%
Febbraio	174.915	672	73.248	14.295	101.667	13.248	58%
Marzo	174.915	744	81.096	15.826	93.819	12.225	54%
Aprile	174.915	720	78.480	15.316	96.435	12.566	55%
Maggio	75.842	626	68.258	13.321	7.584	988	10%
Giugno	75.842	626	68.258	13.321	7.584	988	10%
Luglio	51.411	424	46.270	9.030	5.141	670	10%
Agosto	57.888	478	52.099	10.168	5.789	754	10%
Settembre	59.730	493	53.757	10.491	5.973	778	10%
Ottobre	76.652	633	68.987	13.463	7.665	999	10%
Novembre	139.582	720	78.480	15.316	61.102	7.962	44%
Dicembre	287.653	744	81.096	15.826	206.557	26.915	72%
TOTALE	1.667.494	7.625	831.125	162.200	836.369	108.981	50%

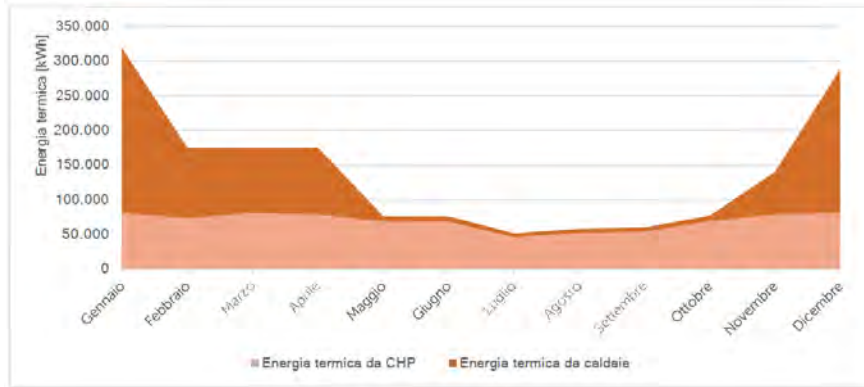


Figura 132 - Andamento simulazione del modulo di cogenerazione: bilancio termico.

In termini percentuali, l'inserimento del modulo di cogenerazione riesce a coprire circa il 50% dell'energia termica necessaria alla Struttura, per soddisfare il proprio fabbisogno in acqua calda, come meglio evidenziato nel successivo Figura 133.



Figura 133 - Copertura fabbisogno energia termica.

La produzione elettrica del modulo di cogenerazione avviene conseguentemente alla produzione di energia termica, indipendentemente dalla reale richiesta della Struttura; l'energia elettrica necessaria alla copertura del fabbisogno viene prelevata dalla rete. L'eventuale produzione elettrica non eccedente al fabbisogno e non autoconsumata contestualmente alla produzione, viene immessa in rete e, per potenze inferiori a 200 kWe, valorizzata dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE) SpA attraverso il meccanismo dello Scambio Sul Posto (SSP). La simulazione del modulo di cogenerazione sull'utenza produce il bilancio elettrico riportato in Tabella 22, il cui andamento viene evidenziato nel successivo Figura 134.

Tabella 22 - Simulazione del modulo di cogenerazione: bilancio elettrico.

Mese	Fabbisogno elettrico attuale [kWh]	Energia elettrica prodotta da CHP [kWh]			Energia elettrica prelevata da rete [kWh]	Accise su nuovo fabbisogno elettrico [€]
		Totale	Autoconsumata	Imnessa in rete		
Gennaio	81.134	75.442	66.087	9.355	15.047	€ 1.014,17
Febbraio	75.391	68.141	59.691	8.449	15.700	€ 942,39
Marzo	74.519	75.442	66.087	9.355	8.432	€ 931,49
Aprile	70.148	73.008	63.955	9.053	6.193	€ 876,85
Maggio	66.164	51.450	45.070	6.380	21.094	€ 827,05
Giugno	60.945	51.450	42.949	8.501	17.996	€ 761,81
Luglio	76.609	34.876	30.552	4.325	46.057	€ 957,61
Agosto	67.584	39.270	34.401	4.870	33.184	€ 844,80
Settembre	57.942	40.520	32.158	8.362	25.784	€ 724,28
Ottobre	78.311	51.999	45.551	6.448	32.760	€ 978,89
Novembre	78.787	73.008	63.955	9.053	14.832	€ 984,84
Dicembre	83.676	75.442	66.087	9.355	17.589	€ 1.045,95
Totale	871.210	710.047	616.542	93.504	254.667	€ 10.890,12

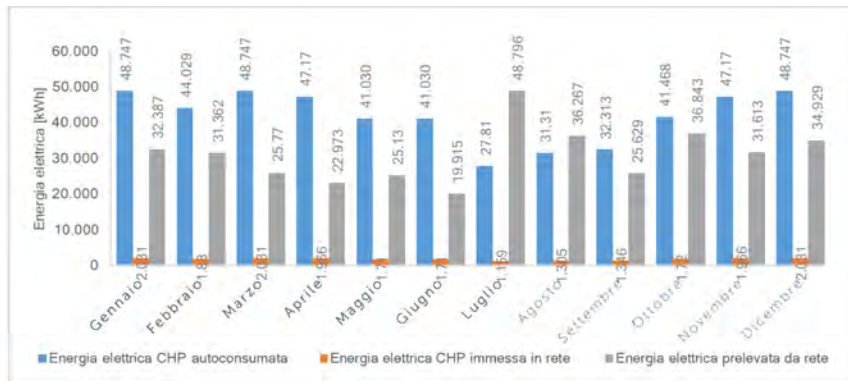


Figura 134 - Andamento simulazione del modulo di cogenerazione: bilancio elettrico.

In termini percentuali, l'inserimento del modulo di cogenerazione riesce a coprire circa il 57% del fabbisogno di energia elettrica della Struttura, come meglio evidenziato nel successivo Figura 135.



Figura 135 - Copertura fabbisogno energia elettrica.

La cogenerazione produce notevoli benefici in termini di risparmio energetico, i quali vengono valorizzati attraverso il riconoscimento da parte del Gestore dei Servizi Energetici (GSE) SpA di Titoli di Efficienza Energetica (TEE) – meglio noti come “certificati bianchi” – secondo quanto stabilito dal D.M. 5 Settembre 2011 e ss.mm.ii.. L’entità di tale contributo economico e la relativa metodologia di calcolo viene di seguito riportata.

Produzione elettrica lorda unità CHP	533,75	MWh/anno
Energia termica utile	831,13	MWh/anno
Energia in ingresso	1.555,50	MWh/anno
Tipologia di combustibile	Gas naturale	--
Zona climatica	B	--
Tensione di collegamento alla rete	12-50	kV
Percentuale di autoconsumo	96,00	%
Rendimento globale	87,75	%
PES	22,47	%
CHP Heta	53,43	%
CHP Eeta	34,31	%
Ref Heta	92,00	%
fatt 1	53,00	%
fatt 2	-0,00104	--
fatt 3 imm	0,935	--
fatt 3 aut	0,914	--
Ref Eeta	48,39	%
RISP	616,23	MWh/anno
Certificati Bianchi	74	TEE
EtaE rif	42,08	%
EtaT rif	92,00	%

Pertanto, l’impianto di cogenerazione, così come applicato al caso specifico, comporta un risparmio di energia primaria (PES) del 22,47%, calcolato rispetto alla produzione tradizionale di energia termica ed elettrica. Questo permette la possibilità di ottenere il riconoscimento di n. 74 Titoli di Efficienza Energetica (TEE) all’anno, per un periodo complessivo di 10 anni..

Un’unità di cogenerazione, producendo energia elettrica, richiede tutta una serie di adempimenti mensili ed annuali obbligatori all’esercizio dell’impianto. In particolare:

- comunicazioni mensili ed annuali UTF;
- dichiarazione annuale energia elettrica autoconsumata (EDI) e calcolo ratei accisa;
- coordinamento agli obblighi autorizzativi;
- gestione corrispettivi energia immessa in rete;

- pratica CAR;
- pratica SSP;
- Fuel-MIX.

Inoltre, come per un'automobile, un cogeneratore per funzionare correttamente necessita di una manutenzione costante e precisa, che permetta di mantenere in efficienza l'impianto. Programmando le fermate e sostituendo preventivamente i componenti di maggiore usura si garantisce la funzionalità dell'impianto per tutta la sua vita utile, che supera abbondantemente le 100.000 ore.

Attraverso un contratto di servizio "full service" (Tabella 23), è possibile delegare a terzi la gestione ordinaria e straordinaria dell'unità, corrispondendo un costo fisso generalmente commisurato alla produzione elettrica od alle ore di funzionamento. Il contratto comprende sia la gestione tecnico-amministrativa, che la manutenzione ordinaria e straordinaria, inclusa la manodopera, la fornitura dei consumabili (es. olio motore) e dei pezzi di ricambio, nonché il monitoraggio in continuo dei principali parametri di funzionamento dell'impianto.

Tabella 23 – Contratto full-service

Energia elettrica netta prodotta da CHP	520.407 kWh/anno
Gestione tecnico-amministrativa	0,0025 €/kWh
Manutenzione full-service	0,0350 €/ kWh
Monitoraggio energetico e funzionale	0,0025 €/ kWh
Contratto di servizio full-service	0,0400 €/ kWh

11.1.4 DEFINIZIONE E VALUTAZIONE DEI RISPARMI

In base all'analisi dei fabbisogni energetici dello Stabilimento, si presenta di seguito l'entità dei risparmi energetici ed economici ottenibili attraverso l'installazione di un modulo di cogenerazione alimentato a gas naturale per la produzione combinata di energia elettrica e termica.

Tabella 24 - Situazione ante intervento.

I.A. Energia termica	
Tipologia di combustibile utilizzato	Gas Naturale --
Consumo annuo di combustibile caldaie tradizionali	217.280 Smc/anno
Potere calorifico del combustibile (delib. AEEG n. EEN 9/11 all. A)	8.250 Kcal/Smc
Fattore di conversione kcal/kWh	0,001163 kWh/kcal
Fattore di conversione kWh/tep (D.M. 20/07/2004)	0,000086 kWh/tep
Energia primaria del combustibile	2.084.743 kWh 179,29 tep
Efficienza termica caldaie tradizionali	80,0 %
Fabbisogno termico dell'utenza	1.667.494 kWh

	143,40 tep
Costo medio unitario del combustibile	0,3100 €/Smc
Totale costo combustibile	67.357 €/anno
2.A. Energia elettrica	
Consumo annuo di energia elettrica	871.210 kWh/anno
Fattore di conversione kWh/tep (delib. AEEG n. EEN 3/08)	0,000187 tep/kWh
	162,92 tep
Costo medio unitario energia elettrica - accise escl.	0,1344 €/kWh
Accise	10.890 €/anno
Totale costo energia elettrica	127.981 €/anno

Tabella 25 - Situazione post intervento.

1.B. Energia termica	
Tipologia di combustibile utilizzato	Gas Naturale --
Consumo di combustibile unità CHP	162.200 Smc/anno
<i>Quantità combustibile per autoproduzione energia elettrica</i>	<i>117.425 Smc/anno</i>
<i>Quantità combustibile non defiscalizzata (>0,22 mc/kWh)</i>	<i>44.775 Smc/anno</i>
Consumo di combustibile residuo caldaie tradizionali	108.981 Smc/anno
Potere calorifico del combustibile (delib. AEEG n. EEN 9/11 all. A)	8.250 Kcal/Smc
Fattore di conversione kcal/kWh	0,001163 kWh/kcal
Fattore di conversione kWh/tep (D.M. 20/07/2004)	0,000086 tep/kWh
Energia primaria del combustibile	2.601.920 kWh/anno
	223,77 tep/anno
Fabbisogno termico dell'utenza	1.667.494 kWh/anno
Efficienza termica unità CHP	53,43 %
Fabbisogno termico coperto dall'unità CHP	831.125 kWh/anno
Efficienza termica caldaie tradizionali	80,00 %
Fabbisogno termico coperto da caldaie tradizionali	836.369 kWh/anno
Costo medio unitario gas naturale escluso accise	0,2913 €/Smc
Costo medio unitario gas naturale per produzione di energia elettrica	0,2914 €/Smc
Costo medio unitario gas naturale con accisa industriale	0,3100 €/Smc
Agevolazione distribuzione gas	1.771 €/anno
per maggior consumoTotale	80.109 €/anno
costo combustibile	
2.B. Energia elettrica	
Fabbisogno elettrico attuale	871.210 kWh/anno
Energia elettrica lorda prodotta da unità CHP	533.750 kWh/anno

Autoconsumo di energia elettrica unità CHP		2,50 %
Energia elettrica netta prodotta da unità CHP	520.407	kWh/anno
Energia elettrica auto-consumata	499.590	kWh/anno
Energia elettrica immessa in rete	20.816	kWh/anno
Fattore di conversione kWh/tep (Delib. AEEG n. EEN 3/08)	0,000187	tep/kWh
Energia elettrica prelevata da rete	371.620	kWh/anno
	69,49	tep/anno
Costo medio unitario energia elettrica – escl. accise	0,1342	€/kWh
Costo medio unitario energia elettrica in conto scambio	0,05998	€/kWh
Contributo in conto scambio		1.249 €/anno
Accise	10.890	€/anno
Totale costo energia elettrica	59.513	€/anno

Tabella 26 - Gestione, manutenzione, monitoraggio, TEE e risparmio

1.D. Gestione, manutenzione e monitoraggio		
Energia elettrica netta prodotta da CHP	520.407	kWh/anno
Gestione tecnico-amministrativa	1.300	€/anno
Manutenzione full-service	18.214	€/anno
Monitoraggio energetico e funzionale	1.300	€/anno
Totale costi di gestione, manutenzione e monitoraggio	20.814	€/anno
1.E. Titoli di Efficienza Energetica (TEE)		
Numero di TEE riconoscibili	74	TEE/anno
Prezzo medio ponderato TEE (*)	230,32	€/TEE
Contributo amministrativo GSE (D.M. 24/12/2014)	250	€/TEE
Gestione portfolio TEE	-10	%
Totale valore TEE	15.114	€/anno
1.C. Risparmi energetici ed economici		
Risparmio Energetico Atteso (RNA)	48,95	tep/anno
	14,30	%
Risparmio Economico Atteso (REA)	49.841	€/anno
	25,54	%

Si riportano di seguito le principali voci di costo in relazione all'offerta fricevuta:

1.	Pratiche autorizzative	€9.000
2.	Fornitura e posa in opera	€157.820
3.	Trasporto e commissioning	€3.500
4.	Manutenzione ordinaria, straordinaria e pronto intervento	€/h 2,50
5.	Telecontrollo	€/anno 1.300
6.	Gestione tecnico-amministrativa	€/anno 1.300
7.	Gestione portfolio TEE	% 10



Figura 136 - Macchina da 70 kW

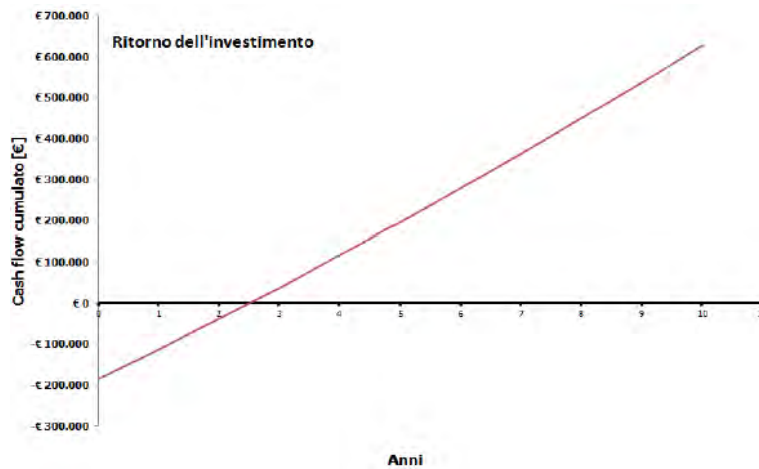


Figura 137 – Flusso di cassa dell'investimento.

In conclusione, sebbene i valori energetici e di costo siano molto interessanti, basti pensare ai tempi di ritorno dell'investimento di 2,5 anni, si è deciso di non procedere con l'installazione della cogenerazione per la Struttura Sanitaria in esame.

L'abbandono del "progetto cogenerazione" è dovuto essenzialmente a un'organizzazione della Struttura Sanitaria che mal si adattava al progetto proposto.

12. ASPETTI CULTURALI E COMPORAMENTALI FINALIZZATI AL RISPARMIO ENERGETICO E AL MIGLIORAMENTO DELLA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE

INDICE CAPITOLO

12.1	PILE.....	182
12.2	PLASTICA.....	187
12.3	RICAMBI DELL'ARIA NEGLI AMBIENTI.....	195
12.4	VARIAZIONE DELLA TEMPERATURA INTERNA DEGLI AMBIENTI IN INVERNO	206
12.5	EDUCAZIONE ALLA SOSTENIBILITÀ, UN'AREA DI APPRENDIMENTO TRASVERSALE.....	208
12.5.1	PEDAGOGIA DELL'AMBIENTE, AGENDA 2030, SOSTENIBILITÀ DEL BENESSERE. NEXT GENERATION EU, GIUSTIZIA, RESISTENZA EDUCATIVA - COORDINATORI: BIRBES CRISTINA, DEL GOBBO GIOVANNA, PARRICCHI MONICA.....	212

12.1 PILE

Le pile sono una vera bomba ecologica: cosa fare?

Una Struttura Sanitaria come quello oggetto di questo lavoro di tesi di dottorato, fa un uso notevole di pile di diversi formati e caratteristiche. Infatti, sono numerosi gli elettromedicali a funzionare con le pile, come: holter pressori, holter cardiaci, termometri, pulsossimetri, ecc.

Venivano consumate circa 20 Pile, di vari formati, a settimana; vale a dire che venivano utilizzate più di 1.000 pile all'anno, con un costo annuo di circa € 1.300, ma soprattutto con un enorme impatto ambientale. Grazie alla sensibilizzazione sul tema derivato da questo studio, sono adottate pile ricaricabili, che hanno ridotto enormemente, praticamente azzerato, questa tipologia di rifiuto. Rifiuto che inoltre veniva smaltito insieme al resto dei rifiuti "non riciclabili", perché il Comune di Viterbo non è organizzato con la raccolta differenziata delle pile esauste per le aziende.

Di seguito si parlerà di pile, per sottolineare la loro importanza, ma anche la loro pericolosità ambientale e per sottolineare ancora una volta come le scelte adottate dovrebbero fare scuola.

Le pile, innovazione straordinaria, ci hanno liberato da fili e cavetti prendendo sede in tantissimi oggetti di uso domestico e rendendoci la vita molto più facile.

Nelle nostre case ne abbiamo, nascoste agli occhi, ovunque: nei telecomandi, nelle sveglie, nelle radio, nei giocattoli, nei telefoni cordless e in tanti altri

piccoli elettrodomestici, malgrado molti oggetti di questi stiano sempre di più diventando ricaricabili tramite USB.

Sono diventate indispensabili collaboratori della tecnologia; infatti, ne esistono di vari tipi e dimensioni, adatte a soddisfare qualunque esigenza e qualunque meccanismo necessiti la loro carica. Ma perché è indispensabile smaltirle in modo più che accurato? E cosa contengono veramente?

Ancora pochi tra noi sono consapevoli del fatto che esse sono vere bombe ecologiche. Durante gli anni di certo abbiamo imparato a “differenziarle” dai rifiuti (quando possibile), ma molti tra noi le gettano ancora nel sacco nero o dove capita e non di rado accade di trovarle nelle pinete, nei boschi e anche sulle spiagge: male, molto male.

Poche cose create per uso domestico infatti sono inquinanti al pari delle pile; sintetizzando si potrebbe dire che sono un vero e proprio concentrato di sostanze tossiche messe liberamente nelle mani di chiunque.

Cosa c'è nelle pile. Entriamo nel dettaglio. La maggior parte delle pile contiene una miscela composta di metalli pesanti, per esempio nichel (Ni), cadmio (Cd) e zinco (Zn); quelle di prima generazione addirittura mercurio (Hg) e piombo (Pb), ma fortunatamente negli ultimi anni il loro impiego è stato vietato, fatta eccezione per le batterie a maggiore amperaggio, come quelle delle auto, delle quali però non ci occupiamo in questo contesto.

I metalli pesanti sono sostanze estremamente inquinanti che incidono soprattutto sugli ecosistemi terrestri, proprio a causa della nostra cattiva abitudine di abbandonare pile e batterie ovunque. Oggi c'è una maggiore attenzione generale sul tema, ma pensiamo a quante pile in passato sono state seppellite in qualunque angolo della natura.

Si parla sempre con maggiore enfasi d'inquinamento atmosferico e delle acque; mentre sullo stato di salute del suolo che calpestiamo si dice poco, forse perché i danni non sono quantificabili a breve termine.

Ricordiamoci, però, che inquinare il suolo significa deteriorare tutto ciò che la natura produce, dai fiori agli alberi, ma non solo, lo stesso cibo di cui ci nutriamo, che sia di origine animale o vegetale, è intaccato dalle sostanze tossiche rilasciate dalla decomposizione delle pile.

Quanto inquinano i metalli pesanti delle pile. Inoltre, dal suolo i metalli pesanti filtrano nelle falde acquifere, provocando ulteriori effetti devastanti sia nelle falde sotterranee che nei corsi d'acqua, laghi o mari in cui le acque contaminate confluiscono. Basti pensare che una sola pila allo zinco di seconda generazione, abbandonata e deteriorata, può arrivare a inquinare 30000 litri d'acqua; una al mercurio di prima generazione può rendere non potabili addirittura 30 milioni di litri d'acqua.

I pesci, i crostacei, le stesse alghe mostrano evidenti segni di cadmio, nichel, mercurio e piombo. Bioaccumulo che coinvolge anche noi, tramite biomagnificazione. In parole semplici, il passaggio tra organismi di sostanze tossiche lungo la catena alimentare: noi uomini ci intossichiamo di mercurio mangiando un pesce che prima di noi si è intossicato della stessa sostanza.

Attenzione: concentrazioni elevate di queste sostanze sono tanto dannose per il sistema nervoso, quanto per fegato e reni; possono indurre patologie simili a Parkinson e saturnismo, oltre a disturbi psichici.

Cosa fare allora per limitare i danni ed evitare di avvelenare ambiente, animali e noi stessi? Come prima cosa smaltire le pile come rifiuti tossici e pericolosi, riponendole quindi negli appositi contenitori.

Nel caso in cui dovessimo vedere disperse nell'ambiente delle pile, poi, sarebbe ancora più importante rispetto ad altri rifiuti intervenire: ok, non è "colpa nostra" ma quella pila sta avvelenando anche noi!

Si potrebbe anche tentare di affidarci quando possibile a strumentazioni a energia solare e utilizzare sempre pile ricaricabili: possiamo riutilizzarle un migliaio di volte riducendo così di altrettante volte il nostro contributo all'inquinamento. È questa appunto la strada che questo studio ha fatto intraprendere alla Struttura Sanitaria di cui si parla.

Le pile e gli accumulatori esausti sono inquinanti per i metalli pesanti che contengono, quali il piombo, il cromo, il cadmio, il rame e lo zinco, ma soprattutto il mercurio, il più pericoloso. Le quantità di mercurio contenute nelle pile sono minime, ma se vanno in discarica, o peggio, se sono gettate nell'ambiente il rischio di inquinamento, in particolare delle acque è molto alto. Una pila contiene circa un grammo di mercurio, quantità più che sufficiente per inquinare 1.000 litri di acqua. Le batterie al piombo, come quelle utilizzate per tutti i mezzi di trasporto dalle automobili alle barche o per alimentare i gruppi di continuità di ospedali, centrali elettriche o telefoniche, una volta esaurite, possono costituire un potenziale pericolo per l'ambiente, in quanto contengono componenti di elevata tossicità: il piombo, un metallo pesante e quindi tossico nocivo e l'elettrolita, ossia l'acido solforico, liquido particolarmente corrosivo e inquinato da piombo.

Ogni anno, circa 800.000 tonnellate di batterie per auto, 190.000 tonnellate di batterie industriali e 160.000 tonnellate di pile portatili (di cui 30% ricaricabili) vengono immesse sul mercato nella Unione Europea. Attualmente, la raccolta, il trattamento e il riciclo delle pile usate in Europa sono frammentari, mentre quasi la metà di tutte le batterie è stata smaltita in inceneritori o in discariche. Solo Austria, Belgio, Francia, Germania, Paesi Bassi e Svezia dispongono di un sistema nazionale di raccolta di tutti i tipi di batterie usate destinate al riciclo.

In Italia già da vent'anni viene effettuato sistematicamente il recupero e il riciclo delle batterie piombose cioè quelle presenti nelle automobili, trattori, barche e simili. Esse contengono sostanze nocive che se disperse nell'ambiente possono contaminarlo per cui devono essere demolite seguendo un opportuno processo. Inoltre, è possibile estrarre il piombo per riutilizzarlo riducendo così gli sprechi. Tale raccolta è stata realizzata fin da subito con successo visto che le batterie esaurite vengono abitualmente lasciate agli elettrauti i quali si occupano poi di avviarle verso lo smaltimento e il recupero. Questa seconda fase è invece affidata al Cobat (Consorzio Obbligatorio per le Batterie al Piombo Esauste e i Rifiuti Piombosi), ente istituito nel 1988 tramite legge nazionale, proprio per far fronte a queste esigenze.

Dal 1° gennaio 2009, in virtù del D.lgs. 188, datato 20 novembre 2008, è stato esteso in Italia l'obbligo di recupero alle pile e agli accumulatori non basati sull'uso di piombo, bensì sull'impiego di altri metalli o composti. Tale decreto recepisce e rende effettiva la direttiva europea 2006/66/CE.

Ad essere incluse sono:

- le batterie primarie (cioè le pile non ricaricabili) di tipo:
 - Zinco-Carbone (per apparecchi a basso consumo, per es. sveglie)
 - Alcalino-Manganese (per apparecchi ad elevato fabbisogno di energia, per es. walkman)
 - Litio (ad esempio, per fotocamere, orologi da polso o calcolatrici tascabili)
 - Zinco-Aria (batterie per usi specifici, ad esempio apparecchi acustici)
 - Ossido d'Argento (celle a bottone, ad esempio per orologi o calcolatrici tascabili)

- le batterie secondarie/ricaricabili (vale a dire accumulatori):
 - Piombo (utilizzati per l'alimentazione di automobili e camion)
 - Nichel-Cadmio (batterie economiche per apparecchi ad elevato consumo di energia)
 - Nichel-Idruro metallico (per giocattoli, videocamere, apparecchi radio; meno nocive degli accumulatori al nichel-cadmio)
 - Ioni e polimeri di litio (per cellulari, notebook o fotocamere digitali).

Il D.lgs. 188/08 introduce il principio, ormai diffuso nella normativa comunitaria, che i costi di raccolta e riciclo vengano posti a carico dei produttori di pile e accumulatori, che dovranno organizzarsi in Consorzi o Sistemi collettivi e che ha portato, di fatto, all'abolizione del consorzio obbligatorio (Cobat).

Il Decreto ha infatti previsto la costituzione di un Centro di coordinamento Pile ed Accumulatori (CdcPA) che avrà il compito di garantire l'efficacia e l'efficienza dell'intero sistema. Il CdcPA non ha fini di lucro e avrà il compito di ottimizzare le attività dei sistemi collettivi dei produttori di pile e accumulatori per incrementare costantemente le percentuali di raccolta e di riciclo di pile e accumulatori a fine vita; dovrà dare inoltre garanzia dell'obiettivo primario di tutela ambientale, salvaguardando l'economicità del servizio per tutti i soggetti coinvolti, dai cittadini, agli operatori ecologici, dalle imprese alle istituzioni tutte.

Con l'attuazione del Decreto sopraccitato, lo smaltimento in discarica o mediante incenerimento dei rifiuti delle pile e degli accumulatori industriali e per autoveicoli sarà vietato, fatti salvi i residui di pile e accumulatori che sono stati sottoposti sia a trattamento e sia a riciclo. In assenza di un mercato finale disponibile, le pile e gli accumulatori contenenti cadmio, mercurio o piombo potranno però essere smaltiti in discarica o stoccati sottoterra. Le batterie potranno anche essere smaltite mediante questi sistemi nel quadro di una strategia di graduale eliminazione dei metalli pesanti, ma solo qualora una

valutazione dettagliata delle conseguenze ambientali, economiche e sociali dimostri che tale opzione di smaltimento è preferibile al riciclo.

Recupero Pile ed Accumulatori. Le pile e gli accumulatori esausti, da sottoporre a trattamento, devono essere caratterizzati e separati per singola tipologia (portatili ricaricabili, portatili non-ricaricabili, industriali, per veicoli) e, qualora possibile, per caratteristiche chimiche al fine di identificare la specifica metodologia di trattamento. Il trattamento deve comprendere, preventivamente, la rimozione di tutti i fluidi e gli acidi. Qualsiasi stoccaggio e fase di trattamento deve avere luogo in siti provvisti di superfici impermeabili e idonea copertura resistente alle intemperie o in idonei contenitori.

Tutti gli impianti di trattamento devono adottare le migliori tecniche disponibili, in termini di tutela della salute e dell'ambiente. I processi di riciclaggio dovranno poi conseguire le seguenti efficienze minime di riciclo:

- 65% in peso medio di pile e accumulatori al piombo/acido e massimo riciclaggio del contenuto di piombo che sia tecnicamente possibile evitando costi eccessivi
- 75% in peso medio di pile e accumulatori al nichel-cadmio e massimo riciclaggio del contenuto di cadmio che sia tecnicamente possibile, evitando costi eccessivi
- 50% in peso medio degli altri rifiuti di pile e accumulatori

Perché le pile ricaricabili convengono rispetto alle monouso.

Le batterie ricaricabili permettono di risparmiare nel lungo termine, evitando di immettere nell'ambiente elevate quantità di rifiuti elettronici.

Le utilizziamo quotidianamente, sperando che possano sempre nascondere una minima quantità di carica residua e alimentare i nostri apparecchi elettronici. Sono le pile, che possono essere trovate nei negozi in due categorie differenti: quelle alcaline monouso e quelle ricaricabili. Le prime vanno per la maggiore per comodità, ma le seconde presentano notevoli vantaggi da non sottovalutare, sia in termini ambientali che economici.

La mole di batterie esaurite. Nel suo ultimo rapporto, il Centro di coordinamento nazionale pile e accumulatori (CdcnPA) ha reso noto che nel 2020 sono stati raccolti 11,1 milioni di chilogrammi di batterie e pile esaurite, con un tasso di raccolta pari al 39,4%. Ciò significa che nel 2020 solo quattro pile su dieci sono state correttamente recuperate e gettate nei rifiuti: la quantità totale di quelle immesse ha infatti superato i 28 milioni di chilogrammi. Recita il rapporto: "Il 2020 ha visto anche aumentare sensibilmente la quantità di batterie nuove immesse sul mercato con un balzo in avanti di oltre il 9%, probabilmente dovuto al maggior utilizzo di dispositivi elettronici portatili per le attività in lavoro agile e didattica a distanza. Questo aumento ha avuto un riflesso sul tasso di raccolta sull'anno solare e sul triennio precedente che risultano in leggero calo".

Mentre nel riciclo della carta e della plastica l'Italia è tra i Paesi leader del continente con tassi più elevati rispetto alla media, sul fronte delle pile la Penisola fatica ad ingranare. Nel 2020 il tasso di raccolta si è fermato al 39,4%

contro il 42,65% dell'Unione europea. Bisogna tornare al 2018 per ritrovare l'Italia sopra l'Ue, con un 43,1% di raccolta contro il 42,01% dell'Ue.

Una pila ricaricabile ogni quattro monouso. Stando ad una stima condotta dal New York Times, le pile ricaricabili grazie alla loro longevità permettono potenzialmente di ridurre lo spreco di materiali e l'acquisto di batterie monouso, che dopo essersi esaurite finiscono dritte nella spazzatura. Il quotidiano cita uno studio risalente al 2012, nel quale si ipotizzava la spedizione di circa 4 miliardi di pile nei soli Stati Uniti. Un numero tanto alto che suddiviso per singola famiglia tipo ci si ritrova con l'acquisto di 47 batterie ogni anno. Ebbene, passando alle batterie ricaricabili sarebbe sufficiente acquistarne 12 una volta ogni quattro anni, invece di ben 188 monouso di cui si dovrebbe avere bisogno ad ogni sostituzione. Dato che le pile ricaricabili possono essere riutilizzate per circa quattro anni, sarebbe possibile acquistare una singola batteria ricaricabile invece di 15 batterie alcaline che si sarebbero consumate ed esaurite nello stesso tempo.

Le batterie ricaricabili, sebbene dal costo iniziale più elevato rispetto a quelle monouso, visti i loro numerosi cicli di carica e scarica ripagano "l'investimento" in sole cinque/sei ricariche.

Si vuole concludere questo paragrafo dedicato alle scelte sostenibili riferite alle pile, ricordando che per aumentare la sostenibilità ambientale della Struttura Sanitaria in oggetto, sono state introdotte le pile ricaricabili in sostituzione di quelle tradizionali.

La scelta fatta riduce notevolmente i costi correlati, ma soprattutto riduce notevolmente l'impatto ambientale; infatti, arrivati al punto in cui siamo, non basta più passare attraverso la raccolta differenziata dei rifiuti, al loro riciclo e riuso, occorre soprattutto lavorare per la loro drastica riduzione.

Infine, la scelta effettuata sulle pile è oltremodo valida, perché si sono installati pannelli fotovoltaici per ricaricare le "nuove pile ricaricabili".

12.2 PLASTICA

Bottiglie di plastica: da oggetti miracolosi a rifiuti inquinanti: la trasformazione delle bottiglie di plastica in flagello per l'ambiente.

È difficile identificare con precisione il momento in cui le bottiglie di plastica hanno cambiato il nostro modo di bere. Nel giorno in cui le supermodelle di New York hanno iniziato a portare in passerella delle bottiglie di Evian, messe in mostra come accessorio fashion a fine anni Ottanta è stato dato sicuramente un segnale del futuro che ci attendeva.

Miliardi di bottiglie sono state vendute con la promessa che l'acqua imbottigliata facesse bene alla salute, fosse più sana delle bibite analcoliche e più sicura dell'acqua di rubinetto. E non ci è voluto molto perché i consumatori accettassero l'idea che ovunque andassero, avessero bisogno di bottiglie d'acqua a portata di mano.

Quello che distingue le bottiglie dagli altri oggetti di plastica nati nell'era consumistica del secondo Dopoguerra è la velocità impressionante alla quale

queste, oggi onnipresenti sul pianeta, si sono trasformate da comodità in maledizione. Una transizione avvenuta nel giro di una generazione.

“La bottiglia di plastica ha trasformato l'industria delle bevande e, in diversi modi, anche le nostre abitudini” dice Peter Gleick, co-fondatore e presidente emerito del Pacific Institute di Oakland, California, nonché autore di *Bottles and Sold: The Story Behind Our Obsession with Bottled Water*.

“Siamo diventati una società in cui sembra che, se non abbiamo una bottiglia d'acqua a portata di mano, può succedere qualcosa di terribile. È una cosa veramente stupida. Come se prima le persone morissero ogni giorno di sete”.

Dal 2016, l'anno in cui la vendita annuale di acqua in bottiglia negli Stati Uniti ha ufficialmente superato quella delle bibite analcoliche, il mondo si è svegliato all'alba di una crisi dei rifiuti di plastica. La reazione a questo eccesso di bottiglie scartate che intasano i corsi d'acqua, inquinano gli oceani e sporcano l'entroterra è stata rapida. All'improvviso, andare in giro con una bottiglia di plastica d'acqua è diventato fuori moda.

È di tendenza, invece, indossarle: la moda hip si traduce in abiti firmati realizzati a partire da bottiglie di plastica riciclate. C'è persino un mercato del lusso in crescita, bottiglie di acciaio inox riutilizzabili, compresa una in edizione limitata ricoperta da migliaia di cristalli Svarovsky, in vendita al prezzo di quasi 2000 dollari.

Le bottiglie e i tappi di plastica sono rispettivamente il terzo e il quarto oggetto più raccolto nel corso delle campagne annuali di pulizia delle spiagge organizzate da Ocean Conservancy in oltre cento Paesi. Gli attivisti stanno puntando tutto perché le bottiglie diventino il prossimo oggetto vietato dopo lo shopper monouso. Le piccole città di Concord, Massachusetts, e Bundanoon, Australia, le hanno già vietate. Lo stesso hanno fatto parchi pubblici, musei, università, zoo sia in Europa che in Australia.

Nel mondo in via di sviluppo, dove secondo le Nazioni Unite sono 2,2 miliardi le persone che non hanno accesso all'acqua potabile e quella in bottiglia è spesso l'unica opzione sicura, si sta cercando di risolvere il problema. A giugno il Kenya ha annunciato il divieto alla plastica monouso in spiagge e parchi nazionali, foreste e aree tutelate che è entrata in vigore dal giugno 2020, il municipio di Nuova Delhi ha messo al bando le bottiglie d'acqua usa e getta in tutti i suoi uffici pubblici.

Una breve storia

È da oltre un secolo che consumiamo bibite in bottiglia. All'inizio erano di vetro, poi in acciaio e, più tardi, lattine di alluminio. Le prime bottiglie di plastica sono state presentate come un'alternativa più leggera, ma rilasciavano sostanze chimiche e non riuscivano a contenere bibite gassate. Quando la bottiglia non esplodeva, le bollicine svanivano. Fino a quando, negli anni Settanta, non arrivò una plastica miracolosa denominata PET che cambiò le carte in tavola.

Il polietilene tereftalato è in giro dal 1941. Furono gli scienziati della DuPont a svilupparlo mentre stavano conducendo degli esperimenti sui polimeri per farne tessuti. Nel 1973 Nathaniel Wyeth, un altro scienziato della DuPont,

brevettò la prima bottiglia in PET. Era leggera, sicura, costava poco ed era riciclabile. In altre parole, era il contenitore perfetto per gettare le basi della grande abbuffata di bottiglie che sarebbe arrivata di lì a poco.

In quel periodo Perrier ed Evian attraversano l'Atlantico, lanciando la nuova moda dell'acqua in bottiglia. Alla fine, anche PepsiCo ha fatto il suo ingresso nel business dell'acqua introducendo Aquafina nel 1994, seguita da Coca Cola nel 1999 con Dansani. Entrambe utilizzano acqua di rubinetto filtrata. Tra il 1994 e il 2017 le vendite di acqua negli Stati Uniti sono cresciute del 284%. I dati, pubblicati dal Wall Street Journal, sono della Beverage Marketing Corp.

Secondo il libro *Bottlemania* di Elizabeth Royte, che cita dati del Container Recycling Institute, tra il 1960 e il 1970 una persona, in media, acquistava tra le 200 e le 250 bibite confezionate all'anno. La maggior parte di queste, continua l'autrice, erano riutilizzabili. Secondo i dati del rapporto di Euromonitor International riportati da The Guardian nel 2017, a livello globale, ogni minuto sono state comprate un milione di bottiglie di plastica. Oggi negli Stati Uniti bottiglie e barattoli rappresentano il 75% del peso di tutti i contenitori di plastica. Lo dice Plastics Industry Association.

Ramani Narayan, ingegnere chimico e docente alla Michigan State University, avverte che concentrarsi esclusivamente su questi numeri e sull'abuso delle bottiglie di plastica significa non cogliere l'essenza del problema.

“C'è un uso eccessivo di bottiglie di plastica che deve essere ridotto”, dice. “Ma il problema è l'utilizzo sbagliato di queste bottiglie al termine della loro vita. Il tema è recuperare il prodotto e incentivarne il riciclo, così come l'impegno da parte dei regolatori e delle aziende a usare solo bottiglie che contengano almeno il 50% di plastica riciclata. O il 60%. E questo impegno non se lo stanno prendendo”.

Una nuova vita per le bottiglie

A mano a mano che l'attenzione pubblica si concentra sul problema dei rifiuti di plastica, il mondo si fa sempre più ricco di soluzioni. In genere ricadono in due categorie: gli sforzi per ridurre l'uso delle bottiglie di plastica e gli sforzi per trovare nuovi modi per gestirle una volta buttate.

A Londra i tentativi di ridurre le bottiglie di plastica abbondano. Il sindaco Sadiq Khan ha annunciato un progetto per costruire 100 nuovi distributori di acqua per riempire le bottiglie. La scorsa primavera ai runner della maratona di Londra sono state consegnate piccole borse di alghe edibili, al 37esimo chilometro, con dentro degli sport drink per dissetarsi.

Selfridges, il centenario grande magazzino di Londra, ha tolto di mezzo le bottiglie di plastica dalla propria area ristorazione a favore di bottiglie di vetro, lattine di alluminio e punti in cui poter riempire i propri contenitori.

Una volta che le bottiglie si sono trasformate in rifiuto, imprese in tutto il mondo le trasformano in cartucce per stampanti, pali per recinzioni, tegole, tappeti, pavimentazioni e barche, solo per fare alcuni esempi. Con le bottiglie sono state persino costruite delle case. L'ultima è un'abitazione moderna su tre livelli sulle rive del fiume Meteghan in Nuova Scozia che, secondo la pubblicità,

è in grado di resistere a un uragano di categoria 5. Per realizzarla sono servite solo 612.000 bottiglie.

I laboratori “sformano” di continuo nuove versioni di bottiglie vendute come biodegradabili o compostabili, i chimici che lavorano nell'industria della plastica stanno sperimentando il “riciclo chimico” che consiste nel far tornare i polimeri al loro stato originale di monomeri, facendo in modo che possano essere usati più volte per fare nuove bottiglie di plastica.

Molte di queste soluzioni non sono replicabili a livelli che potrebbero fare una significativa differenza e molte di queste - comprese quelle biodegradabili - richiedono ancora che si metta in pratica la parte più elementare, ma meno funzionale nel corso della vita di una bottiglia: che qualcuno le raccolga tutte.

Le percentuali di riciclo rimangono basse. Nel 2016 sono state raccolte meno della metà delle bottiglie acquistate nel mondo. Susan Collins, direttore esecutivo del Container Recycling Institute, dice che negli Stati Uniti le nuove bottiglie in PET contengono solo il 7% di materiale riciclato.

Sebbene i consumatori di bevande analcoliche abbiano consciamente restituito le bottiglie di vetro e preso il rimborso nei decenni precedenti all'invenzione del PET, le aziende produttrici di bibite hanno promosso da tempo, e con forza, il riciclaggio e si sono opposte vigorosamente alle leggi sul vuoto a rendere, sostenendo che queste norme gli costerebbero troppi soldi.

Le aziende del settore si sono impegnate a utilizzare più bottiglie riciclate nel processo produttivo, un obiettivo che mira a ridurre la produzione di nuova resina e aumenta le percentuali di riciclo, aggiungendo valore al recupero delle bottiglie.

PepsiCo si è impegnata ad aumentare il materiale riciclato in tutti i suoi involucri di plastica del 25% entro il 2025. Nestle Waters ha promesso di rendere riciclabili tutte le sue confezioni dal 2025 e di aumentare il contenuto di materiale riciclato fino al 35% a livello globale, sempre entro il 2025 e fino al 50% negli Stati Uniti, concentrandosi sul marchio Poland Spring. In più, il contenuto riciclato aumenterà fino al 50% per tutti i marchi venduti in Europa.

Coca Cola si è impegnata a riciclare una bottiglia o una lattina usata per ogni bottiglia o lattina venduta dal 2030 e di incrementare i materiali riciclati nelle bottiglie di plastica al 50% entro lo stesso anno.

Far pagare i consumatori?

Mark Murray, direttore esecutivo di Californians Against Waste, dice che il recupero della plastica non migliorerà di molto fin quando non gli verrà attribuito maggior valore, un obiettivo che si potrebbe raggiungere aumentando il costo del prodotto.

“Se un'azienda decide di vendermi un prodotto in un contenitore usa e getta, bisogna che io paghi il costo di quell'acqua messa in quel contenitore usa e getta, che comprende il recupero di quel contenitore nel momento in cui diventa rifiuto. Tutti questi sforzi fatti in modo spontaneo sono belli. Ma la chiave è: trovare il prezzo giusto”.

Ben Jordan, direttore senior della policy ambientale in Coca Cola, dice che la sua azienda sta rivalutando i programmi di vuoto a rendere in tutto il mondo, ma

anche cinque grandi sistemi di riciclaggio diffusi a livello globale in modo da poter determinare in che modo, a livello locale, si possa massimizzare il recupero dei rifiuti di plastica. E ha fatto notare che a Città del Messico Coca Cola ricicla praticamente il 100% del PET.

“Su questo tema siamo tutti d'accordo”, dice, “Ci sono metodi che non richiedono l'uso di alcuna confezione? Ci sono luoghi in cui è possibile portare i propri contenitori? Per tutte le bottiglie e le lattine lì fuori, come possiamo fare perché siano più sostenibili rispetto a com'è stato fino ad ora?”.

Bart Elmore, professore alla Ohio State University e autore di *Citizen Coke: The Making of Coca-Cola Capitalism*, dice che le aziende del settore dovrebbero avere la saggezza di imparare dalla propria storia. Dai un prezzo a una bottiglia, e questa ti tornerà indietro.

Bottiglie di plastica addio. La Struttura Sanitaria oggetto dello studio, in perfetta linea con il proprio percorso di sostenibilità ambientale, ha accettato di eliminare l'acqua in bottiglia di plastica per il consumo interno. Si tratta dell'eliminazione di bottiglie di plastica, sostituendole con un servizio di distributori di acqua potabile, su cui vengono effettuate delle analisi microbiologiche con frequenza mensile. Questo passo ha consentito di eliminare il consumo giornaliero di 700 bottiglie di plastica da ½ litro, che andrebbero moltiplicate per 365 per avere una produzione annuale di rifiuto pari a 255.500 bottiglie di plastica da ½ litro.

I bevitori con possibilità di refrigerazione eliminano le impurità mantenendo inalterata la qualità dell'acqua, e contribuiscono alla salvaguardia ambientale grazie all'eliminazione totale della plastica e a una drastica riduzione dei trasporti e, di conseguenza, una forte riduzione della produzione di CO2 nell'aria. Ai Dipendenti e ai Pazienti sono state consegnate borracce personalizzate.

L'eliminazione delle bottiglie di plastica anticipa e supera la scadenza stabilita dal Parlamento europeo che, nella sua direttiva per dire addio alla plastica monouso, ha approvato che entro il 2025 le bottiglie di plastica dovranno contenere almeno il 25 per cento di materiale riciclato. Percentuale che entro il 2030 dovrà diventare del 30 per cento.

La direttiva europea, va ricordato, vieta dal 2021 l'utilizzo di alcuni articoli come piatti, posate, cannuce e bastoncini per palloncini e prevede che già dallo scorso anno gli Stati membri raccolgano attraverso la differenziata il 90 per cento delle bottiglie di plastica.

In realtà su questo fronte la normativa europea è molto lenta, perché siamo ormai giunti ad un punto in cui non è più sufficiente riciclare la plastica, specialmente quella delle bottiglie per le bevande, ma deve assolutamente essere ridotto il loro utilizzo.

Stop alla plastica monouso: entra in vigore la direttiva Ue

Dal 14 gennaio 2022 è in vigore la direttiva SUP (Single Use Plastic), il provvedimento voluto dall'Unione europea per ridurre il consumo di plastica monouso e a limitare la sua dispersione nell'ambiente e negli oceani. Stop a bastoncini cotonati, cannuce, bicchieri, palloncini e vaschette per il cibo: questi

oggetti non potranno essere messi in commercio se prodotti con plastica tradizionale. Anche su questo punto si è riusciti a far cambiare abitudine alla Struttura Sanitaria oggetto di studio, facendo eliminare tutta la plastica monouso dal “Servizio ristorazione” (mensa Dipendenti e pasto dei Pazienti), sostituendola con piatti, scodelle e bicchieri in melamina e con posate di acciaio, il tutto riutilizzabile all’infinito.

È entrato in vigore il Decreto legislativo n.196 del 8 novembre 2021 per l’attuazione in Italia della direttiva (UE) 2019/904, ovvero la direttiva SUP sulle plastiche monouso. SUP sta per “Single-Use Plastic” e comprende una vasta gamma di prodotti che troppo spesso finiscono per inquinare l’ambiente e soprattutto i mari e le spiagge. Oltre l’80% dei rifiuti marini rinvenuti sulle spiagge europee sono di plastica; di questi, il 50% sono oggetti di plastica monouso e il 27% sono attrezzatura collegata alle attività di pesca.

La messa al bando di prodotti monouso

L’obiettivo di riduzione della plastica monouso e della sua dispersione nell’ambiente passa anche dal divieto, riduzione o dalla regolamentazione del consumo degli oggetti di plastica monouso che più frequentemente si rinvencono sulle spiagge dell’Unione europea:

- Bastoncini cotonati (già vietati in Italia).
- Piatti, posate, cannucce, agitatori per bevande e bicchieri (aggiunti nel recepimento italiano).
- Palloncini e aste per palloncini.
- Contenitori in polistirene per asporto e consumo diretto di alimenti.

Questi prodotti non potranno più essere commercializzati se sono fatti di plastica tradizionale: è consentita la presenza sul mercato solo fino a esaurimento delle scorte.

L’apertura italiana ai prodotti biodegradabili e compostabili

Rispetto a quanto previsto dalla direttiva UE, il recepimento italiano prevede che possano essere immessi in commercio prodotti monouso realizzati in materiale biodegradabile e compostabile, purché certificati conformi allo standard europeo UNI EN 13432 (se sono imballaggi) o UNI EN 14995 (se sono altri manufatti in plastica). Queste alternative biodegradabili e compostabili devono anche avere percentuali crescenti di materia prima rinnovabile: almeno il 40% da subito e almeno il 60% a partire dal 1° gennaio 2024.

Il recepimento italiano prevede il ricorso alle soluzioni biodegradabili e compostabili solo in alcuni casi specifici:

- quando l’uso di alternative riutilizzabili non sia possibile
- quando l’impiego avvenga in circuiti controllati, con destinazione dei rifiuti alla raccolta differenziata (es. mense, ospedali)
- quando le alternative riutilizzabili non offrono adeguate garanzie di igiene e sicurezza
- nei casi in cui si ha presenza di un elevato numero di persone (es. sagre, fiere...)

- in tutti i casi in cui le alternative riutilizzabili abbiano un impatto ambientale peggiore delle soluzioni biodegradabili e compostabili (sulla base di analisi del ciclo di vita da parte del produttore).

Questa apertura all'uso delle soluzioni biodegradabili e compostabili che è stata da più parti criticata e rischia ancora di portare l'Italia a una procedura di infrazione da parte della Commissione UE, poiché sono state prese decisioni diverse da quelle individuate con le Linee Guida di orientamento delle Commissione UE per l'applicazione della Direttiva SUP.

Oltre a indebolire gli obiettivi di riduzione al ricorso ai prodotti monouso, in favore di soluzioni riutilizzabili, l'apertura italiana ai prodotti biodegradabili e compostabili lascia anche qualche perplessità in merito alla sicurezza di nuovi prodotti nel contatto con alimenti.

Bottiglie di plastica: dal 2024 solo con tappo vincolato

Cambio di rotta anche per le bottiglie in plastica. A partire dal 3 luglio 2024, le bottiglie fino a 3 litri di volume potranno essere commercializzate esclusivamente se il loro tappo di plastica rimane attaccato alla bottiglia dopo l'apertura, per la durata dell'uso previsto del prodotto. Le bottiglie per bevande in PET, inoltre, dovranno contenere almeno il 25% di PET riciclato entro il 2025 e almeno il 30% a partire dal 2030.

Ambiziosi anche i target di raccolta e riciclo per le bottiglie, più restrittivi rispetto ad altri imballaggi in plastica: in Italia, così come negli altri paesi UE si dovrà raccogliere il 90% di quanto immesso al consumo entro il 2029, con una tappa intermedia del 77% entro il 2025.

Il ruolo fondamentale dei consumatori

La partecipazione attiva dei consumatori continua a essere un nodo cruciale per la completa attuazione della direttiva SUP e la riduzione della dispersione della plastica nell'ambiente. Anche le istituzioni devono però continuare a fare la loro parte, mettendo in atto strategie che tutelino la salute dei consumatori. Laddove i prodotti monouso rimangono necessari e insostituibili, è urgente che questi siano anche resi sicuri per i cittadini e per la protezione dell'ambiente. Insomma, la direttiva SUP non porterà mai ai risultati attesi se i consumatori non vengono adeguatamente informati sulla presenza di plastica nei prodotti e sulle corrette modalità di smaltimento. In quest'ottica un'ottimizzazione dell'etichettatura ambientale dei prodotti (in Italia già avviata e obbligatorio dal 2022) e ogni possibile iniziativa per facilitare il corretto smaltimento dei prodotti monouso è fondamentale per contribuire all'effettiva riduzione dei rifiuti di plastica.

Capire perché ogni italiano beve 224 litri di acqua minerale l'anno, collocandosi al secondo posto nella classifica mondiale, è difficile. È vero che i messicani arrivano a 234 litri, ma questo perché la rete dell'acqua potabile è inefficiente e spesso inesistente. L'altro fattore da considerare riguarda le bottiglie. Noi ne utilizziamo più o meno 11 miliardi di plastica e 2,45 miliardi in vetro; mentre in Messico l'acqua viene commercializzata prevalentemente in boccioni da 20 litri con vuoto a rendere e i numeri sono molto più bassi. Per

rendersi conto basta dire che tutte queste bottiglie allineate formerebbero un serpentine di circa 4 milioni di km, pari a dieci volte la distanza che separa la terra dalla luna.

L'esagerato consumo di acqua minerale non piace ai media, che trattano questo problema solo una volta l'anno e in modo distratto, anche se i numeri sono da paura. Facendo i conti in tasca agli italiani, si scopre che le persone abituate a pasteggiare con la minerale spendono da 50/60 sino a 110 €/anno. C'è di più, il consumo non è collegato alla classe sociale, all'età, alla scolarità, al territorio; tutti i cittadini della penisola bevono in modo esagerato indipendentemente dalla qualità dell'acqua di rubinetto. Il settore è in crescita da 40 anni e siamo così affezionati all'acqua in bottiglia che, nonostante il calo del 10% dei consumi registrato negli anni 2008-2016, nello stesso periodo il settore ha registrato un incremento del 3% (Censis). Adesso la situazione è fuori controllo visto che otto italiani su 10 ne bevono almeno mezzo litro al giorno, e possiamo considerarci il primo Paese al mondo che affoga nelle bollicine.

Solo i messicani bevono più di noi, ma nel paese una parte rilevante della popolazione non ha accesso all'acqua potabile

Considerando che il 69% delle persone consuma acqua minerale senza bollicine, la scelta degli italiani non trova conforto nemmeno appellandoci all'attenuante del gusto. Il motivo di tanto entusiasmo è che i cittadini non si fidano del rubinetto, e scelgono l'acqua in bottiglia perché la considerano buona, salutare, oltre che comoda, sicura e poco costosa. Anche sapere che un litro costa 0,0015 centesimi e che oltre il 99% del prezzo di acquisto serve a coprire le spese di plastica, trasporto, commercializzazione e Iva non disincentiva l'acquisto.

In questi mesi, diversi giornali portano avanti campagne contro l'invasione della plastica e pubblicano storie molto belle, focalizzando l'attenzione su bottiglie che, non gestite correttamente, rappresentano una componente importante dei rifiuti abbandonati. Tutti i media hanno ripreso con enfasi la decisione europea di sostituire stoviglie di plastica, con prodotti realizzati in materiale compostabile. Un anno fa è anche cambiato il materiale dei sacchetti usati per l'acquisto della frutta e la verdura nei supermercati, creando una certa confusione per l'incapacità del governo di comunicare un'iniziativa intelligente, e per la miopia di diverse catene di supermercati che volevano speculare facendo pagare i nuovi sacchetti il doppio o il triplo rispetto al prezzo di acquisto.

Solo il 40% delle bottiglie di acqua minerale di plastica finisce nel circuito della raccolta differenziata

In un contesto dove le iniziative per sostituire la plastica si inseguono a ritmo sostenuto, nessuno punta il dito contro l'esagerato consumo di acqua minerale. Se la sensibilità e l'attenzione degli italiani per le problematiche ambientali è così elevata, come mai si dimenticano 11 miliardi di bottiglie di plastica e 2 miliardi di vetro che ogni anno finiscono nel ciclo dei rifiuti? Si tratta di 250 mila tonnellate di plastica (pet) di cui solo il 40% finisce nel circuito della raccolta differenziata. A questa esagerata quantità bisogna sommare la plastica che avvolge i cestelli da sei bottiglie vendute nei supermercati. Farsi delle domande è legittimo. Qualcuno ipotizza che la lobby dei produttori attraverso

ingenti investimenti pubblicitari contribuisca a non stimolare i direttori dei giornali e gli editori a focalizzare l'attenzione sul fenomeno.

Dobbiamo far capire alle persone che l'acqua di rete è nella stragrande maggioranza dei casi buona e controllata, che non esistono motivi in grado di giustificare 13,4 miliardi di litri di minerale in un paese dove il 99,9% della popolazione ha accesso all'acqua potabile.

12.3 RICAMBI DELL'ARIA NEGLI AMBIENTI

Per fare un ulteriore passo nella direzione della riduzione dei consumi energetici presso la Struttura Sanitaria in oggetto, si è voluto approfondire il tema del ricambio d'aria negli ambienti, e in particolare nelle stanze di degenza.

Si è già detto che, sebbene da poco installate, sono state disattivate le due UTA da 18.000 mc/h cad. a servizio dell'Edificio A delle degenze, demandando il ricambio dell'aria all'apertura delle finestre

Quanto sopra esposto è stato deciso vista l'importanza di concentrarsi sull'adozione di soluzioni di riscaldamento/raffrescamento sostenibili per affrontare efficacemente la riduzione dell'inquinamento atmosferico e dei consumi energetici. Ciò potrebbe comportare interventi di riqualificazione energetica, come la sostituzione degli impianti di riscaldamento/raffrescamento più vecchi e meno efficienti, con modelli più moderni e strategie/misure sostenibili nel settore impiantistico.

La qualità interna agli ambienti dell'aria (Indoor Air Quality) verrà garantita sfruttando il fattore di aerilluminazione e facendo considerazioni sul risparmio energetico che ne consegue.

In questo progetto si è cercato di aggiornare quanto sino ad ora si è pensato relativamente al comfort ambientale, da Fanger (1970) in poi. Infatti, in considerazione delle problematiche energetiche e ambientali dei ns. giorni, occorre rivedere la teoria del benessere ambientale e soprattutto la filosofia impiantistica da applicare per il suo raggiungimento.

Uno studio condotto nell'ambito della presente tesi di dottorato ha consentito di rivalutare con forza la ventilazione naturale che si ottiene aprendo le finestre, per ottenere importanti risparmi energetici.

Lo studio condotto di fluidodinamica computazionale (CFD) con il software Ansys Fluent, di cui di seguito si riportano i risultati principali, ha dimostrato che in inverno sono sufficienti 2÷3 minuti di apertura della finestra per ricambiare totalmente l'aria in un ambiente.

Volendo affidarsi alla ventilazione naturale, anziché a quella meccanica, si è cercato di dare una risposta alla domanda: *quanto tempo occorre lasciare aperte le finestre in inverno, per ottenere un efficace ricambio d'aria in ambiente?*

Ovviamente il tema della salubrità dell'aria ambiente cozza con il risparmio energetico nel periodo in cui è in funzione un impianto di climatizzazione; pertanto, abbiamo cercato di dare una risposta rigorosa alla domanda sopra riportata, ricorrendo all'analisi computazionale e all'utilizzo del software Fluent.

La fluidodinamica computazionale o numerica (Computational Fluid Dynamics, da cui CFD) è un metodo che utilizza l'analisi numerica e algoritmi per risolvere e analizzare i problemi di fluidodinamica mediante l'utilizzo del computer.

Teorizzata per la prima volta da Francis Harlow (22 gennaio 1928 – 1° luglio 2016), la CFD viene utilizzata nel campo dell'industria e della ricerca per tutte le problematiche che coinvolgono l'azione di fluidi (forze aerodinamiche, motori, pompe, impianti chimici, comfort ambientale, modelli di dispersione in atmosfera, ecc.). Esistono oggi numerosi software commerciali che risolvono in questa maniera le equazioni della fluidodinamica. Tra i più noti troviamo ANSYS Fluent, che è un software commerciale per la fluidodinamica computazionale (CFD) di largo utilizzo in molti settori dell'industria e del mondo accademico, basato sul metodo ai volumi finiti.

Viene associato ai software collegati Gambit e TGrid per la generazione delle griglie di calcolo.

Attualmente è tra i software leader mondiali del mercato per la CFD.

Il principale utilizzo della CFD è quello di risolvere le equazioni di Navier-Stokes e le equazioni a esse collegate. La risoluzione per via analitica di queste equazioni è fattibile solamente in casi semplici con flussi laminari, e geometrie semplici (sfere, lastre piane), mentre le risoluzioni di casi reali, in cui compaiono di frequente flussi turbolenti, richiedono necessariamente un approccio numerico. Esistono quindi diversi metodi per risolvere le equazioni di Navier-Stokes, e poiché generalmente sono operazioni dall'elevato costo computazionale, si sono sviluppati approcci via via più raffinati basati su modelli:

- Simulazione numerica diretta (DNS): è l'approccio concettualmente più semplice, si discretizzano lo spazio e il tempo con griglie della dimensione voluta e si eseguono i calcoli su esse. È l'approccio che restituisce i risultati più accurati, ma ha un costo computazionale elevatissimo, devono essere impiegati dei supercomputer. Per le applicazioni industriali risulta quindi troppo dispendioso, viene utilizzato soprattutto nello studio degli aspetti più fondamentali della turbolenza.
- Equazioni di Navier-Stokes mediate (RANS): si basano sull'assunzione che si possa vedere il moto turbolento come formato da un moto medio e da una sua fluttuazione nel tempo. Le grandezze delle equazioni di partenza vengono mediate in un certo intervallo di tempo; così facendo i tempi di calcolo vengono notevolmente ridotti in quanto le scale del moto medio risultano essere notevolmente maggiori di quelle del moto turbolento. Richiedono l'utilizzo di ulteriori equazioni (ad esempio il modello $k-\varepsilon$) per la chiusura del problema.
- Large Eddy Simulation (LES): consiste nel calcolare numericamente il comportamento delle scale turbolente più grandi e modellare opportunamente le scale più piccole (Sub-grid Scale). Per operare questa suddivisione si introducono filtri numerici creati ad hoc. Fornisce risultati più accurati delle RANS e ha al contempo un costo computazionale

notevolmente inferiore a quello della DNS, per questo motivo è un metodo in forte sviluppo.

In molti casi devono essere risolte anche altre equazioni contemporaneamente alle equazioni di Navier-Stokes e alle equazioni del modello di turbolenza. Esse possono comprendere quelle relative alla concentrazione di specie diverse (flusso multicomponente), di reazioni chimiche (flussi reagenti), irraggiamento termico, ecc. Problemi più complessi richiedono la modellazione di ulteriori fenomenologie.

Metodi di discretizzazione

- Metodo dei volumi finiti: è l'approccio standard utilizzato nella maggior parte dei codici commerciali per la CFD. Le equazioni vengono risolte in un volume di controllo discreto (cella).
- Metodo degli elementi finiti: questo metodo è generalmente utilizzato nell'analisi strutturale, ma viene applicato a volte anche allo studio dei fluidi laddove i numeri di Reynolds siano dell'ordine delle decine di migliaia.
- Metodo delle differenze finite: questo metodo è stato il primo adottato nell'ambito della fluidodinamica. Oggi viene comunque usato solo in alcuni codici specializzati.

La fluidodinamica computazionale o CFD, come detto, consiste nell'analisi di un sistema, costituito da un fluido e definito dal suo moto, dagli scambi di calore e tutti gli altri fenomeni ad esso associati, tramite l'utilizzo di un calcolatore. I codici CFD sono strutturati attorno ad un algoritmo numerico capace di riprodurre la complessità intrinseca nell'evoluzione di un qualsiasi processo fluidodinamico. La metodologia di risoluzione si basa su tre operazioni: pre-processing, solving e post-processing.

Con pre-processing si intende la preliminare rappresentazione del fenomeno preso in esame e, mediante un software predisposto, come nel nostro caso GAMBIT v.2.4.6, nella sua configurazione per la successiva implementazione nel programma solutore. La suddetta operazione può essere divisa negli steps qui elencati:

- definizione geometrica della regione di interesse e realizzazione del dominio computazionale;
- generazione di una griglia di calcolo mediante l'opportuna suddivisione del contesto in domini più piccoli e non sovrapposti. La struttura così generata è definita mesh e volumi di controllo (cells) gli elementi che la compongono;
- determinazione delle proprietà del fluido all'interno del contesto reale;
- scelta di condizioni al contorno appropriate nelle celle che corrispondono a particolari punti del dominio, ad esempio zona di ingresso (inlet) e uscita (outlet) del fluido.

La soluzione di un problema fluidodinamico, definita dalla conoscenza dei valori dei parametri caratteristici del flusso (temperatura, pressione, velocità etc.), è ottenuta per ogni nodo all'interno della cella. Quindi, l'accuratezza della soluzione di un'analisi CFD è strettamente collegata al numero e alla qualità degli elementi presenti nella griglia di calcolo. In generale, possiamo affermare

che i risultati si affinino, avvicinandosi ai valori misurati in contesto reale o sperimentale, all'aumentare del numero di celle che costituiscono la mesh. Poiché ogni nodo rappresenta un ulteriore punto di analisi, una griglia di calcolo molto fitta determina un maggior dispendio di tempo e risorse di calcolo per il raggiungimento della soluzione. Mesh più performanti sono solitamente strutturate non lineari, cioè più fini nell'area in cui si prevedono variazioni significative dei parametri caratteristici del problema, dette zone di maggior interesse, e più ampie nelle regioni di minore utilità per lo studio. Ad oggi, la creazione di una griglia che costituisca un giusto compromesso tra accuratezza della soluzione e tempistica di calcolo è soggetta alla sola abilità dell'utente e costituisce più della metà del lavoro alla base di un'efficace simulazione numerica.

La fase di solving può essere svolta mediante tre differenti metodi risolutivi: differenze finite, elementi finiti e metodi spettrali. A grandi linee, le analisi numeriche alla base del sistema solutore si svolgono come segue:

- approssimazione delle variabili sconosciute del flusso mediante l'introduzione di semplici funzioni;
- discretizzazione del problema tramite l'introduzione delle precedenti approssimazioni all'interno delle equazioni che governano il problema (28)-(30) e seguente risoluzione matematica delle stesse;
- risoluzione iterativa delle formule ottenute.

La differenza principale tra i tre metodi numerici utilizzati è associata alla metodologia di approssimazione delle variabili e nello svolgimento dell'operazione di discretizzazione. In particolare, il software solutore utilizzato Ansys Fluent v. 19, si serve di una speciale formulazione della tecnica di calcolo alle differenze finite. Il programma realizza dei volumi di controllo finiti, ad esempio celle esaedriche nei casi 3D, all'interno dei quali è data soluzione esatta dei valori incogniti del problema. La particolarità di questo metodo è il preservarsi dei parametri nello sviluppo delle equazioni. Infatti, il risultato connesso ad una determinata variabile, che si muove tra volumi finiti, è calcolato prendendo in considerazione il bilancio tra i vari processi che tendono a incrementarne o ridurne il valore.

Per il raggiungimento della soluzione ottimale è cruciale la completa conoscenza dell'algoritmo risolutore, in particolare, sono tre i concetti matematici alla base della sua riuscita o fallimento: convergenza, consistenza e stabilità. La stabilità è la proprietà del metodo numerico di ottenere una soluzione che si avvicini a quella reale nel momento in cui lo spazio della griglia, cioè la dimensione dei volumi o delle celle, si riduca a zero. La consistenza dello schema produce un sistema di equazioni algebriche che può essere dimostrato tendente a quello delle correlazioni originali all'infittirsi della mesh. La convergenza è associata allo smorzamento dell'errore nello sviluppo dell'analisi.

Il processo di risoluzione parte a seguito dell'inizializzazione del problema, cioè dalla scelta dei valori di partenza associati ai parametri incogniti in esame. Questi costituiscono la base del processo, quindi risultano fondamentali per il rapido stabilizzarsi della soluzione. L'analisi è effettuata tramite lo svolgimento iterativo delle equazioni che governano il fenomeno, monitorate attraverso la

lettura dei residui. Questi sono misura della stabilità della soluzione, infatti, il raggiungimento di un accettabile livello di tolleranza nei loro valori è uno dei principali indici di rapido arrivo a convergenza e quindi di robustezza del modello. Va sottolineato che il conseguimento di valori adeguati nei residui non è segno della corretta risoluzione del problema, ma solo uno dei suoi possibili indicatori.

Per post-processing si definisce la rielaborazione finale dei dati ottenuti dalla simulazione. In questa fase si prendono in considerazione tutti quei tools, propri o esterni al solutore, che consentono una rapida ed efficace visualizzazione dei parametri di interesse, sia all'interno del dominio che su appositi grafici. Nel nostro studio verrà utilizzato il software Tecplot 360.

È stata quindi modellata una stanza di degenza reale, avente le seguenti caratteristiche geometriche e le seguenti condizioni impostate:

- lunghezza 6,00 m
- larghezza 4,00 m
- altezza 3,00 m
- superficie 24 mq
- Al centro del lato corto della stanza vi è una portafinestra 1,30 m x 2,30 m
- Temperatura esterna pari a -2 °C, temperatura interna pari a 21 °C

Nelle figure che seguono si riportano i risultati ottenuti, ma si vuole qui sottolineare come si sia dimostrato che con meno di 5 minuti, in inverno si ricambia totalmente l'aria di un ambiente e quindi si assicura la salubrità dello stesso.

Dimostrare e capire ciò è molto importante dal punto di vista energetico, perché sembra essere efficace seguire questa strada:

- abolire l'aria primaria negli impianti quando non risulti indispensabile, ma abbiamo dimostrato che anche in una Struttura Sanitaria non è indispensabile, figuriamoci in una residenza oppure negli uffici, e affidiamo il rinnovo dell'aria ambiente alla ventilazione naturale;
- è importante che il ricambio d'aria non sia "più che totale", perché altrimenti il costo energetico non sarà più il riscaldamento dell'aria ambiente, ma anche il riscaldamento delle "strutture" che lo delimitano
- l'abolizione dell'aria primaria comporta un risparmio energetico del 30% nel periodo invernale e del 25% nel periodo estivo
- l'eliminazione dell'aria primaria, e quindi delle canalizzazioni, rende molto più agevole l'inserimento degli impianti negli edifici, e molto meno oneroso il loro costo.

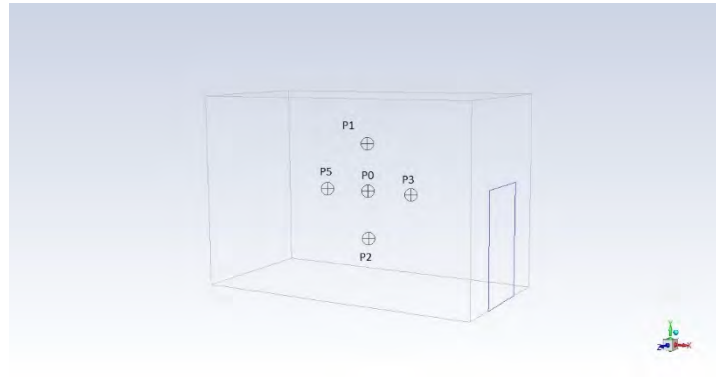


Figura 138 – Definizione dei punti di calcolo nella stanza.

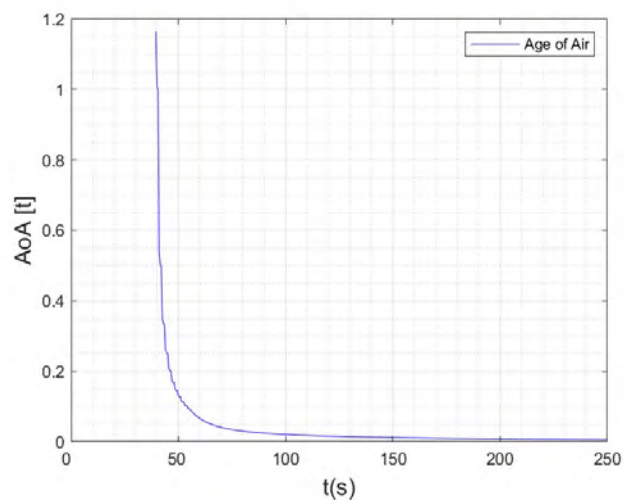


Figura 139 – Risultati nel punto P0.

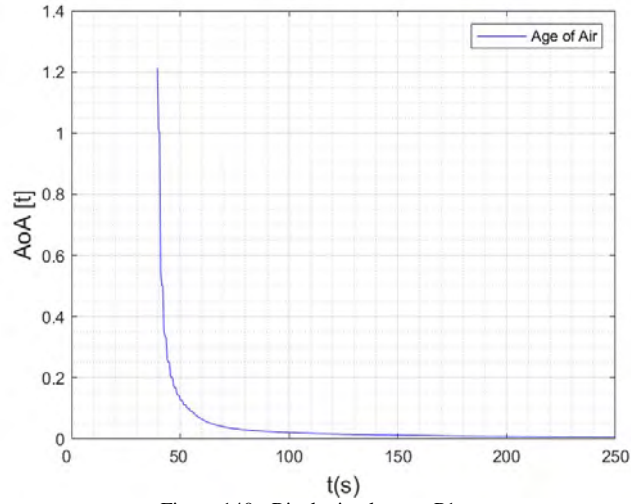


Figura 140 - Risultati nel punto P1.

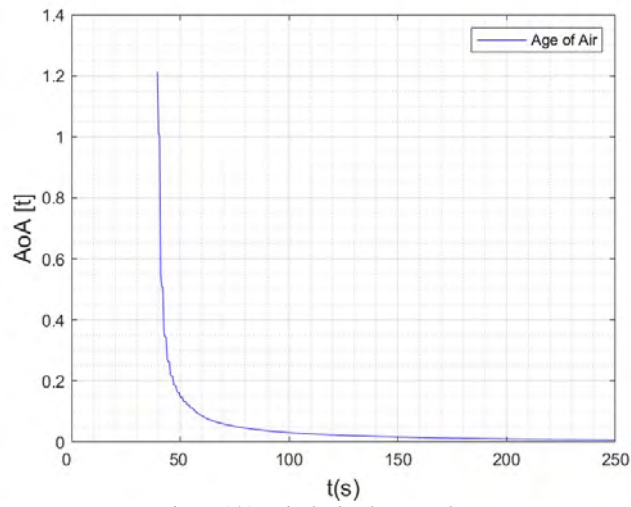


Figura 141 - Risultati nel punto P2.

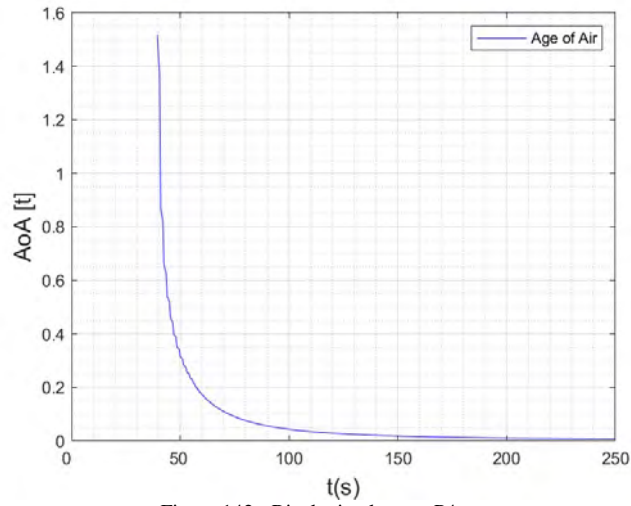


Figura 142 - Risultati nel punto P4.

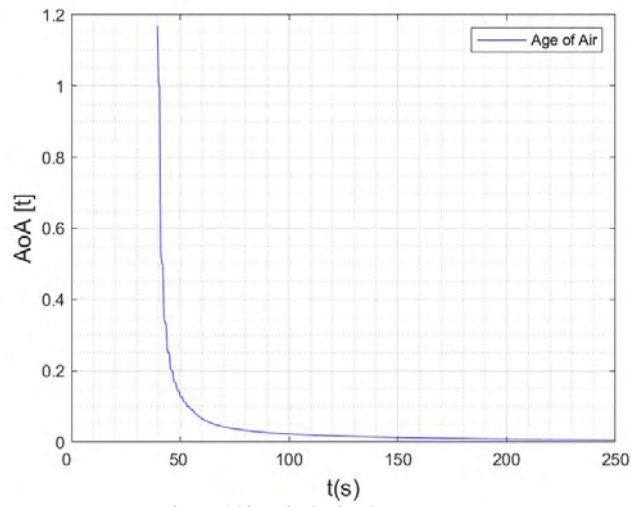


Figura 143 - Risultati nel punto P6.

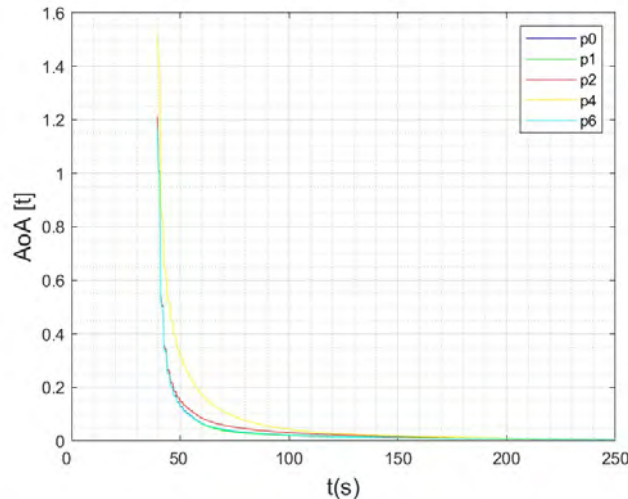


Figura 144 – Confronto dei risultati di tutti i punti.

A questo punto però potrebbe assalirci una seconda domanda: come si fa a capire quando sia giunto il momento di aprire la finestra per massimo 3÷5 minuti? E chi se ne deve fare carico? A questa seconda domanda è facile rispondere: nelle Strutture Sanitarie se ne occuperanno gli Operatori; mentre nelle residenze e negli uffici sembra ragionevole che siano gli Utenti ad occuparsene.

Una risposta alla domanda quando aprire le finestre, la dà l'articolo che segue, comparso su orizzontescuola.it del 24/10/22.

Con i sensori di CO₂ si sa quando aprire le finestre in classe per il ricambio d'aria. La preside: “Sistema per combattere il covid ma positivo anche per la didattica e il risparmio energetico”

Il Covid può lasciare anche buone abitudini alla scuola? Se lo chiedono in molti. In pochi per il momento provano a dare concretamente una risposta. Come nel caso dell'ISIS della Bassa Friulana, che ha sperimentato un sistema che unisce gestione della qualità dell'aria in classe per combattere il covid, spunti didattici applicati già dagli stessi studenti e gestione energetica per ridurre i consumi.

La scuola friulana ha infatti installato dei rilevatori di CO₂ nelle classi. Questo allo scopo di monitorare la qualità dell'aria degli ambienti indoor coinvolgendo sia gli studenti che il personale scolastico nel controllo dei parametri (temperatura, umidità, anidride carbonica) e nella corretta gestione dell'apertura delle finestre. In pratica con questi sensori, gli studenti sanno quando aprire le finestre e attuare il ricambio dell'aria nelle aule, così come raccomandato dalla nota ministeriale pubblicata in merito all'avvio delle attività didattiche di questo anno scolastico.

Ma il sistema dei sensori supporta anche il risparmio energetico: l'apertura delle finestre per l'aerazione avviene solo quando viene indicato dal sensore.

Ma non solo: gli studenti, guidati dal personale scolastico, essendo coinvolti direttamente nel controllo dei parametri (temperatura, umidità, anidride carbonica) e nella corretta gestione dell'apertura delle finestre, stanno analizzando l'andamento degli stessi parametri inserendo il tutto all'interno dei loro percorsi di studi, integrando la loro preparazione anche con delle competenze che spesso non vengono affrontate nelle discipline curriculari.

Tutto ciò lo racconta entusiasta Maria Elisabetta Giannuzzi, la dirigente scolastica che ad Orizzonte Scuola spiega nel dettaglio il progetto portato avanti dall'istituto che dirige.



Figura 145 – Aula scolastica

Nella vostra scuola avete, con un colpo solo, affrontato la pandemia con rigore e sperimentato a livello didattico. Com'è nata l'idea?

L'idea nasce, nel pieno della pandemia, dalla richiesta di disponibilità di qualche istituto campione proposta dalla Regione FVG di testare un sistema di purificazione dell'aria. Il nostro Istituto, forte dell'esperienza trentennale del Dipartimento di Chimica, si è reso disponibile a verificare l'efficacia dello strumento posizionandolo in alcuni ambienti scolastici e valutando sperimentalmente gli indici di contaminazione microbica dell'aria prima e dopo l'installazione. Alcune classi quinte degli indirizzi Chimica e Materiali e Biotecnologie e Tecniche di Controllo Ambientale hanno effettuato le indagini strumentali portando il caso studio come discussione all'Esame di Stato. In seguito, la stessa azienda ci ha proposto la stessa sperimentazione con i sensori di anidride carbonica. Abbiamo aderito con entusiasmo alla proposta acquistando una serie di dispositivi. Vista l'efficacia dell'iniziativa avviata col precedente dirigente, e delle ricadute didattiche, quest'anno abbiamo implementato la dotazione, con l'acquisto di ulteriori dispositivi.

Aprire e chiudere le finestre in base alla concentrazione di CO₂: come fare in inverno con temperature più rigide?

I sensori da noi utilizzati monitorano istantaneamente, oltre all'anidride carbonica, la temperatura e l'umidità. Pertanto, potremo gestire l'apertura delle finestre in maniera corretta e sensata con particolare attenzione anche al rispetto

delle temperature previste negli ambienti scolastici. Nel vademecum illustrativo delle note tecniche concernenti le indicazioni finalizzate a mitigare gli effetti delle infezioni da Sars-CoV-2 in ambito scolastico emanato dal MIUR si sottolinea l'importanza del monitoraggio della qualità dell'aria e del ricambio dell'aria. I sensori ci permettono di aprire le finestre solo quando è necessario.

Questo sistema incide anche per quanto riguarda il risparmio energetico, tema che si è prepotentemente affiancato alla gestione della pandemia?

Ricordando che il riscaldamento degli istituti è gestito dall'Ente Proprietario, (EDR o Comuni) con il quale siamo in continuo contatto, il monitoraggio dei parametri citati potrebbe servire anche al gestore dell'immobile per ottimizzare i consumi e la regolazione dei sistemi di trasmissione del calore. Nel nostro piccolo, evitiamo dispersione di calore, aprendo le finestre solo quando necessario.

Invece dal punto di vista didattico, come impatta tutto il sistema?

Gli studenti del nostro istituto hanno potuto approfondire tematiche curriculari quali la valutazione degli indici di contaminazione microbica dell'aria (batteri mesofili, psicrofili, muffe), l'utilizzo di apparecchiature per il prelievo e l'analisi della qualità dell'aria indoor (polveri, COV, anidride carbonica). Un approccio pratico ed esperienziale alla disciplina!

Oltre il covid: pensa che bisogna adottare sistemi del genere in ogni classe? Si tratta di un sistema economicamente sostenibile?

L'obiettivo per il prosieguo dell'anno scolastico è di implementare il numero di dispositivi in maniera tale da poter coprire la maggior parte delle aule e dei laboratori. L'investimento è importante ma gestibile, le batterie che alimentano i dispositivi sono certificate per una durata di cinque anni (no consumo corrente). Inoltre, essendo l'anidride carbonica un parametro indicatore di contaminazione microbica va visto come un investimento attuale ma anche futuribile per la prevenzione della maggior parte delle patologie delle vie respiratorie, non solo del COVID. Inoltre, si ricorderà che un'alta percentuale di CO₂ diminuisce la capacità di concentrazione e può causare stanchezza e mal di testa: un'aria più sana favorisce anche lo studio e l'attenzione.

Volendo avere un approccio più ingegneristico, si potrebbero dotare tutti gli ambienti di un sensore/unità ambiente del tipo di quelli commercializzati dalla ditta Belimo (Figura 146), che consentono di monitorare i parametri di temperatura, umidità dell'aria e concentrazione di CO₂ e di essere collegati in rete.



Figura 146 – Sensore Belimo.

L'unità ambiente avrebbe anche una importanza rilevante per quanto riguarda il controllo della temperatura ambiente, che, come verrà chiarito in un altro paragrafo di questa tesi, deve essere monitorato per certificare il rispetto dei vincoli normativi: mai sotto 20°C in inverno e mai sopra i 28 °C in estate, recita la normativa della Regione Lazio. Il controllo della temperatura si rende necessario anche per evitare che si verifichino degli sprechi energetici non giustificati.

12.4 VARIAZIONE DELLA TEMPERATURA INTERNA DEGLI AMBIENTI IN INVERNO

La crisi energetica in corso sta causando non pochi problemi sia all'Italia che a tutti i paesi europei.

L'aumento del costo del gas, porta a una difficoltà di approvvigionamento della materia prima e, come conseguenza ultima, un aggravio delle spese per il riscaldamento di tutti i cittadini.

Il Ministero della Transizione Ecologica ha diramato un decreto con delle nuove disposizioni per la stagione invernale 2022/23 associate a un piano nazionale di contenimento dei consumi del gas naturale.

L'obiettivo è quello di consumare meno e in modo più responsabile.

Nel decreto ci sono misure come l'obbligo di abbassare la temperatura massima prevista nelle abitazioni private, negli uffici e nei negozi di un grado, da 20°C a 19°C quindi, e ridurre di un'ora al giorno l'accensione del riscaldamento per tutto l'autunno inverno 2022/2023 in tutte le zone d'Italia eccezion fatta per quelle alpine.

Infine, a seconda delle zone climatiche nazionali, c'è stato un diverso calendario di accensione e spegnimento degli impianti di riscaldamento.

Per gran parte del territorio nazionale questo si è tradotto in una settimana di posticipo nell'accensione e in una settimana d'anticipo della data di spegnimento.

Il ministero ha stimato che l'osservazione di tali norme porta a un risparmio totale di 5,3 miliardi di metri cubi di gas metano.

Al di là degli interventi statali, un comportamento consapevole di ogni singolo cittadino può fare davvero la differenza, e permettere di ottenere un risparmio tanto nel consumo della materia prima quanto, soprattutto, nei costi finali. Questo comportamento consapevole, in fin dei conti, porta dei vantaggi davvero a tutti e non solo da un punto di vista economico, ma anche in termini di salute, soprattutto con il supporto della tecnologia.

Si deve innanzitutto vedere come questo sia possibile e quale sia la soluzione tecnologica migliore per favorire un reale risparmio.

L'abbassamento di un grado della temperatura degli ambienti riscaldati d'inverno, ovvero da 20°C a 19°C, può avere un impatto positivo sulla salute delle persone. Per quanto la percezione del calore cambi da persona a persona, una temperatura troppo alta comporta alcuni rischi.

Il troppo caldo, superiore ai 22°, unito a un'umidità troppo elevata risulta infatti essere dannoso per la salute.

Si tratta infatti di condizioni che favoriscono la formazione di microrganismi, muffe e acari della polvere, tutti agenti molto allergenici.

Oltre a questo, troppo calore favorisce anche l'insorgere di infezioni respiratorie, proprio perché viene incoraggiata la circolazione di batteri a virus.

Una temperatura non ideale, inoltre, può provocare mal di testa, per via di un'eccessiva vasodilatazione; un livello di umidità non sufficiente, invece, fa sì che la pelle tenda a seccarsi e può provocare dermatiti.

Infine, un'alta temperatura in casa presuppone un utilizzo più intenso della caldaia, aumentando il rischio di rilascio di sostanze molto tossiche come il monossido di carbonio.

Ma un grado in meno fa davvero la differenza?

Alla luce di quanto appena illustrato, la risposta a questa domanda è chiaramente no.

Il corpo umano si abitua velocemente e in questo caso non si sta parlando di una variazione particolarmente significativa.

La temperatura ideale d'inverno per garantire il giusto comfort termico all'organismo è compresa tra i 18°C e i 23°C, con un'umidità dell'aria compresa tra il 40% e il 60%, quindi assolutamente nel range compreso dalle ultime disposizioni legislative.

Ci sono tutte le condizioni, dunque, per garantire un giusto benessere abitativo, che si traduce poi in benessere psicofisico della persona.

Quest'idea è supportata anche da fonti autorevoli.

Secondo la Società Italiana di Medicina Generale e delle cure primarie, 19°C è la temperatura perfetta da tenere di giorno, mentre 17°-18° sono l'ideale di notte quando si dorme. Se si avverte una sensazione di freddo basterà vestirsi un po' più pesanti. Nessun problema per la salute quindi.

Traducendo questo in numeri nel caso della Struttura Sanitaria in esame, si riportano i risultati delle simulazioni delle prestazioni energetiche di modelli di calcolo implementati con temperature di progetto interne pari a 18°C, 19°C, 20°C, 21°C e 22°C. I risultati sono graficizzati in Figura 147

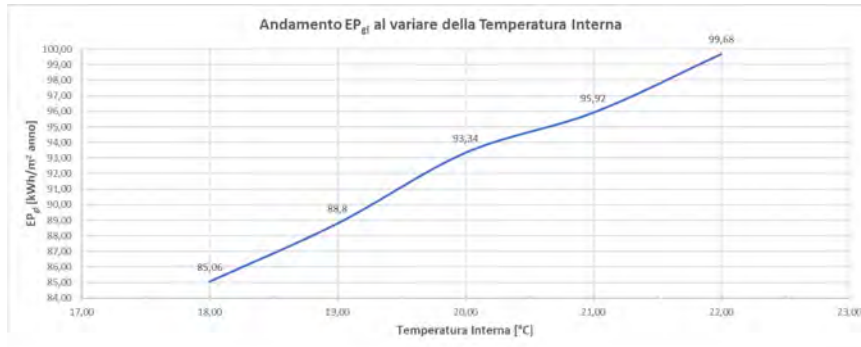


Figura 147 – Variazione di EP_{gi} al variare della temperatura interna di progetto.

Il grafico riporta la variazione dell'indice di prestazione globale EP_{gi} al variare della temperatura interna di progetto nei range sopra riportati.

Si nota che per esempio, abbassare la temperatura da 20°C a 18°C, comporta una variazione dell'indice di circa 8 kWh/m²anno che risulta di notevole impatto su una struttura di superficie elevata (circa 14.000 m²) con un risparmio energetico di circa 113.000 kWh/anno con un risparmio di gas metano di circa 11.370 Sm³/anno.

12.5 EDUCAZIONE ALLA SOSTENIBILITÀ, UN'AREA DI APPRENDIMENTO TRASVERSALE

- Buone pratiche
- Competenze
- Educazione 2030

Istruzione e Formazione sono fondamentali strumenti di trasformazione per costruire società più inclusive e resilienti. Dall'Agenda ONU 2030 alle Linee guida per l'Educazione civica del Ministero dell'Istruzione, i principali riferimenti per l'insegnamento della cultura della sostenibilità.

Non c'è cambiamento più profondo di quello sostenuto attraverso l'educazione.



E oggi che la sfida comune e globale è la transizione verso società più inclusive e resilienti è dai processi formativi che dobbiamo partire.

L'educazione non può quindi che assumere un ruolo da protagonista come strumento di trasformazione sostenibile di ambiente, economia e società.

Educare alla sostenibilità: un obiettivo globale

In molti Paesi dell'Unione Europea, l'educazione alla sostenibilità è già parte delle attività curricolari della Scuola primaria e secondaria come area di apprendimento trasversale.

In questi sistemi, l'approccio alla didattica, in tutte le discipline come la Scienza, la Geografia o la Storia, è chiamato a integrare un modo rinnovato di progettare le attività, che includa una prospettiva sostenibile e interdisciplinare.

Si parla di processo di apprendimento continuo che si estende nel corso dell'esistenza e che affila i suoi strumenti fin dai primi anni di vita.

Anche l'ONU ha posto l'educazione in primo piano come agente di cambiamento.

L'educazione di qualità costituisce infatti il quarto obiettivo dell'Agenda 2030 ONU, un vasto programma la cui realizzazione è considerata indispensabile per realizzare una società più equa, sostenibile ed inclusiva.

Obiettivo 4

Garantire un'istruzione di qualità inclusiva ed equa e promuovere opportunità di apprendimento continuo per tutti.

In particolare, il sotto-obiettivo 4.7 è dedicato all'apprendimento dello sviluppo sostenibile. Non solo come ambiente naturale da proteggere, ma come spazio culturale di diritti e cittadinanza:

Garantire che tutti gli studenti acquisiscano le conoscenze e le competenze necessarie a promuovere lo sviluppo sostenibile, inclusi lo stile di vita sostenibile, i diritti umani, la parità di genere, la promozione di una cultura pacifica e non violenta, la cittadinanza globale e la valorizzazione delle diversità culturali e del contributo della cultura allo sviluppo sostenibile.

Cosa significa educazione alla sostenibilità?

La direzione segnata dall'ONU è stata accolta anche in Italia.

Il Tavolo Agenda 2030: educazione allo sviluppo sostenibile, modelli innovativi di impresa e di consumo, che ha lavorato in occasione della Conferenza Nazionale sull'Educazione Ambientale e allo Sviluppo Sostenibile (Roma, 22-23 novembre 2016), ha delineato in un documento alcuni tra gli obiettivi strategici che la Scuola deve perseguire nell'area di apprendimento dell'educazione allo sviluppo sostenibile.

- Rafforzare nei ragazzi il rapporto con l'ambiente, con le risorse e con le diversità naturali e socioculturali del territorio
- Trasmettere la complessità e l'interdipendenza delle sfide globali per poter agire consapevolmente nella vita quotidiana e promuovere la transizione sostenibile
- Insegnare a valutare criticamente i comportamenti, individuali e collettivi, e a saper riconoscere le esperienze virtuose e il reale contributo dell'innovazione e della tecnologia.

Educare alla sostenibilità significa dunque assumere un'ottica multidisciplinare e globale, che coinvolge il tema della cittadinanza e dei diritti umani, del rispetto dell'ambiente e delle diverse culture.

L'obiettivo è trasmettere competenze e conoscenze trasversali, utili a tutti in quanto persone umane e che tengano conto delle situazioni locali.

Quali caratteristiche ha e quali competenze trasmette?

Il documento citato delinea inoltre alcuni orientamenti per la Scuola sulla base di un approccio scolastico globale allo sviluppo sostenibile, tenendo conto anche di quanto emerso in ambito internazionale.

Dal Global Action Programme on Education for Sustainable Development (2015-2019), al lavoro svolto dall'UNESCO nel corso del Decennio mondiale dell'educazione allo sviluppo sostenibile proclamato dall'Assemblea Generale dell'ONU per gli anni 2005-2014 e alla UNESCO Education Strategy 2014-2021.

Perché l'educazione alla sostenibilità sia per i ragazzi un vettore di sviluppo di competenze disciplinari, personali e sociali ed esprima il suo potere trasformativo e evolutivo deve avere alcune fondamentali caratteristiche.

Tra queste:

1. Interdisciplinarietà.

Lo sviluppo sostenibile non è una disciplina a sé ma deve inserirsi nell'intero programma didattico occupando un'area di apprendimento trasversale

2. Acquisizione di valori

L'educazione alla sostenibilità dovrebbe puntare a far comprendere alcuni valori incentrati sullo sviluppo sostenibile più che a trasmettere nozioni

Sviluppo del pensiero critico e ricerca della risoluzione dei problemi

I giovani dovrebbero acquisire maggiore consapevolezza di se stessi in relazione allo sviluppo sostenibile e dotarsi degli strumenti per cercare risposte concrete nella propria vita

3. Molteplicità delle metodologie

È necessario utilizzare metodologie didattiche innovative e materiali multimediali, prevedere attività all'aria aperta e interattive

4. Decisioni condivise e partecipate

Gli studenti devono essere invitati a partecipare attivamente alla programmazione dell'apprendimento

5. L'importanza del contesto locale

Un'attenzione particolare va riservata alle problematiche locali affinché siano utili anche alla comprensione di questioni globali

6. Un Piano per l'Educazione alla Sostenibilità

Questa stessa visione complessa e sistemica è alla base anche del Piano per l'Educazione alla Sostenibilità del Ministero dell'Istruzione, che nel 2017 ha tradotto gli obiettivi indicati dall'Agenda 2030 dell'ONU in 20 azioni concrete.

Le azioni sono state raggruppate in 4 macroaree:

1. Edilizia e ambienti | Strutture e personale del Ministero dell'Istruzione
2. Didattica e formazione dei docenti
3. Università e ricerca
4. Informazione e comunicazione

Le Linee guida per l'Educazione civica: Costituzione, sviluppo sostenibile e cittadinanza digitale

Più di recente, il Ministero dell'Istruzione ha inviato alle scuole le Linee guida per l'insegnamento dell'Educazione civica che dall'anno scolastico 2020/2021 è obbligatoria, invitandole ad aggiornare i curricula di istituto e l'attività di programmazione didattica nel primo e secondo ciclo di istruzione.

Come previsto dalla legge 92 del 20 agosto 2019, al curriculum di educazione civica vanno dedicate almeno 33 ore per ciascun anno di corso, con la previsione di effettuare valutazioni periodiche.

Sono 3 i nuclei tematici ai quali gli insegnanti devono fare riferimento secondo il principio della trasversalità e dell'interdisciplinarietà:

1. Costituzione

Lo studio della nostra Carta e delle principali leggi nazionali e internazionali per conoscere i propri diritti e doveri di cittadini responsabili e attivi

2. Sviluppo Sostenibile

L'educazione ambientale, anche tenendo conto degli obiettivi dell'Agenda 2030 dell'ONU, intesa come conoscenza e tutela del patrimonio, del territorio e dei beni comuni, l'educazione alla salute e ai modi di vivere inclusivi e rispettosi dei diritti fondamentali delle persone

3. Cittadinanza digitale

L'acquisizione delle competenze e della consapevolezza richieste per utilizzare gli strumenti digitali e per la navigazione in Internet in un'ottica di sviluppo del pensiero critico, per individuare possibili rischi e contrastare il linguaggio dell'odio

Il Ministero ha inoltre previsto che l'educazione civica sia introdotta fin dalla scuola dell'infanzia, attraverso la mediazione del gioco e delle attività educative e didattiche per permettere ai bambini di familiarizzare con i concetti alla base del rispetto per tutte le forme di vita e per i beni comuni.

È stata invece rinviata all'anno scolastico 2023/2024 la determinazione dei traguardi di competenza e degli obiettivi specifici di apprendimento dell'educazione civica.

Fino ad allora la valutazione farà riferimento agli obiettivi/risultati di apprendimento e alle competenze che le scuole adotteranno in autonomia.

Per supportare i docenti nell'insegnamento trasversale dell'educazione civica, il Ministero ha messo a disposizione un nuovo portale con risorse e materiali utili, risposte a domande frequenti e riferimenti.

La piattaforma è rivolta ai docenti e costituisce uno spazio virtuale dove approfondire concetti e metodologie e, in futuro, individuare buone pratiche sull'insegnamento dell'educazione civica e delle sue diverse componenti.

Approfondimenti:

- Istruzione e formazione: gli obiettivi europei per il 2020
- L'Obiettivo 4 dell'Agenda ONU 2030: il diritto all'istruzione
- Le competenze sociali e civiche in materia di cittadinanza
- Linee guida per l'insegnamento dell'educazione civica – Ministero dell'Istruzione

12.5.1 PEDAGOGIA DELL'AMBIENTE, AGENDA 2030, SOSTENIBILITÀ DEL BENESSERE. NEXT GENERATION EU, GIUSTIZIA, RESISTENZA EDUCATIVA - COORDINATORI: BIRBES CRISTINA, DEL GOBBO GIOVANNA, PARRICCHI MONICA

L'esperienza della pandemia da Covid-19 ha profondamente ridisegnato il rapporto con l'ambiente, con gli ambienti di vita e con le relazioni umane, riconfigurando le prospettive di benessere e la relativa sostenibilità. L'emergenza sanitaria, che ha di fatto funzionato da acceleratore di profonde tensioni ecologiche, ha accentuato disuguaglianze, povertà materiali ed educative, rischio di esclusione sociale. Una riflessione pedagogica su ambienti umani e materiali è oggi chiamata a misurarsi con tali scenari adottando dispositivi educativi e formativi di maggiore impatto su giustizia sociale, opportunità di sviluppo, diritti e valori umani nell'ottica di una sempre maggiore resistenza educativa cui siamo urgentemente chiamati nell'orizzonte dei prossimi anni. L'espressione pedagogia dell'ambiente designa un ambito del sapere nell'enciclopedia delle scienze dell'educazione e della formazione. L'individuazione di un campo disciplinare e la legittimazione di un autonomo statuto epistemico implicano questioni la cui consistenza euristica suscita un'attenta riflessione culturale. L'analisi della denominazione pedagogia dell'ambiente non può prescindere da domande fondamentali. Qual è l'oggetto specifico della disciplina? Quali sono le teorie più accreditate, le metodologie di ricerca maggiormente seguite, le principali partizioni? Qualsiasi disciplina che elegga l'ambiente ad oggetto d'indagine è in qualche modo costretta, ad "addentrarsi" in territori specifici quali l'ecologia e l'economia, le scelte politiche e giuridiche, le scienze umane e le arti. La pedagogia riferisce una prospettiva critica in ordine all'esperienza educativa, si configura come scienza pratica, i cui orizzonti di ricerca empirici e eidetici si articolano con la dimensione etico-educativa che contrassegna l'interpretazione e la progettualità del sapere pedagogico. La pedagogia dell'ambiente identifica un ambito di discorso che ha per oggetto la riflessione sul rapporto tra formazione umana ed ambiente, nelle sue diverse forme storico-culturali. In questo quadro significativo, la variegata rassegna di attività e percorsi di educazione allo sviluppo sostenibile rappresenta uno specifico settore d'indagine per la pedagogia dell'ambiente, che si costituisce come disamina intenzionale e rigorosa su finalità e valori, procedure e metodologie.

La pedagogia dell'ambiente, ponendo l'enfasi su uno specifico ambito di teorie e pratiche educative, deve contribuire all'unità del discorso pedagogico, alla sua articolazione epistemica, senza indulgere alla frammentazione e all'eclettismo. Apprendere ed insegnare, innovare e competere richiedono orientamenti valoriali ed azioni responsabili. È in gioco la sostenibilità di un benessere che si misuri ed approfondisca temi e ricerche peculiari, anche nella prospettiva dell'Agenda 2030. Dal degrado ambientale alla governance dello sviluppo, dalla sostenibilità al Well-Being, diventa di straordinaria importanza superare la logica astratta del non-luogo, in cui praticare esercitazioni teoriche di "buona politica" e "buona amministrazione" distanti dalle esigenze dei territori e delle persone, lontane dalla possibilità di essere credibili nell'insieme delle

proposte elaborate. Pedagogia dell'ambiente, giustizia e resistenza educativa, per progettare beni comuni ed educare ad abitare ambienti di vita per la vita dell'ambiente. La transizione ecologica deve divenire una occasione per combattere le disuguaglianze sociali e territoriali. "È necessario un cambiamento fondamentale del modo in cui pensiamo al ruolo dell'educazione nello sviluppo globale, perché essa ha un impatto sul benessere degli individui e sul futuro del nostro pianeta. Ora, più che mai, l'educazione ha la responsabilità di essere in grado di affrontare le sfide e le aspirazioni del XXI secolo e di promuovere i giusti tipi di valori e capacità che condurranno a una crescita sostenibile e inclusiva e a un'esistenza collettiva pacifica". (Irina Bokova, Unesco).

Obiettivi

La crisi ecologica e sanitaria che stiamo attraversando mostra l'urgenza di una progettualità educativa sostenibile che si proietti nello spazio e nel tempo. A tal fine il gruppo di lavoro si propone di:

- riflettere in modo critico sull'attualità della pedagogia dell'ambiente tra benessere, transizione ecologica, giustizia e resistenza educativa.
- interpretare la complessità dei sistemi che costituiscono il pianeta, sollecitando il rispetto e la cura per sé, gli altri e il mondo.
- considerare i vincoli dell'interdipendenza tra locale e globale a partire dalle sfide delle migrazioni, del cambiamento climatico, dell'impatto esercitato dalle attività agricole e industriali per concepire una cultura rivolta alla costruzione della pace, improntata alla speranza per le società e per tutte le parti che le compongono.
- ricordare giustizia e cura per le relazioni umane, in società segnate dall'accelerato mutamento economico e tecnologico, in vista dell'educazione alla responsabilità personale e politica, tra l'esercizio del diritto alla cittadinanza attiva e il benessere sostenibile.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI OTTENUTI CON LA TESI DI DOTTORATO: STUDIO PER L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO ED IL MIGLIORAMENTO DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DI UN COMPLESSO SANITARIO NEL LAZIO

Il presente lavoro ha voluto dimostrare che occorre approcciare il tema dell'efficientamento energetico senza affidarsi a soluzioni precostituite.

In altre parole, è noto che si deve intervenire sul sistema edificio-impianto, in funzione del caso di studio, analizzando se sia opportuno intervenire: sull'involucro; sugli infissi; sugli impianti; oppure su una loro combinazione.

La critica che si vuole fare è al pensiero che "efficientamento energetico" significhi automaticamente "cappotto termico".

Infatti, nel caso di studio di questa tesi di dottorato, l'involucro, seppure non a norma secondo la normativa attuale, ha delle prestazioni energetiche discrete (buona trasmittanza e una buona massa superficiale), come pure gli infissi, che sono in alluminio non a taglio termico con vetrocamera, che seppure non a norma secondo la normativa attuale, hanno delle prestazioni energetiche discrete.

La dimostrazione dell'efficacia dell'approccio all'efficientamento energetico "senza soluzioni precostituite", viene dimostrata dal salto di ben 5 Classi Energetiche, ottenute nel ns. caso di studio solo intervenendo su aspetti impiantistici.

Si ribadisce ancora una volta la necessità di approfondire caso per caso l'efficacia di intervenire sull'involucro (cappotto termico); sugli infissi; sugli impianti; oppure su una loro combinazione.

A dimostrazione di quanto sopra esposto, nell'ambito di questa tesi si è ipotizzata anche la sostituzione di tutti gli infissi esistenti con infissi ad alte prestazioni che rispettino i limiti di legge. Facendo una nuova simulazione che tenga conto di questo ulteriore intervento migliorativo, si nota che il consumo energetico annuo diminuisce di circa 6 kWh/m² (6,5%), ma la classe energetica ottenuta non cambia. Occorre non fraintendere tutto ciò, perché un involucro che disperde energia rimane comunque un involucro che consuma energia, ma è anche vero che un investimento economico rilevante deve essere accompagnato da un "pay-back time" adeguato.

Non si vuole in alcun modo quindi estremizzare il concetto "del solo intervento impiantistico", ma occorrerà comunque valutare caso per caso come intervenire.

I risultati ottenuti nell'ambito di questa tesi di dottorato danno lo spunto per una riflessione più ampia sugli interventi di efficientamento energetico degli edifici, ma come detto sarebbe più corretto parlare di sistema edificio-impianto, qualunque sia la loro destinazione d'uso, specialmente dopo la stagione del Superbonus 110%, che ha portato alla spesa di denaro pubblico per più di 100

miliardi di euro. Con il Superbonus, infatti, si sono realizzati “sistemi a cappotto” di 14 cm ÷15 cm di spessore con materiale isolante dalla dubbia resistenza meccanica, sicuramente non garantita negli anni a venire, quando ci si poteva almeno inizialmente dedicare di più all'efficientamento degli impianti e all'utilizzo di fonti rinnovabili.

Tornando al caso di studio, la scelta dell'utilizzo della tecnologia a pompa di calore per i servizi di riscaldamento e raffrescamento ha permesso di avere prestazioni di impianto nettamente più efficienti, tanto più che si è potuta realizzare senza investimenti, tenuto conto che l'impianto era esistente, ma paradossalmente non veniva utilizzato nella stagione invernale. Gli studi effettuati hanno convinto la Struttura Sanitaria a cambiare la gestione dell'impianto nel periodo di riscaldamento. Si è così ottenuto a “costo zero” il contemporaneo risparmio di gas naturale, vista la totale dismissione delle caldaie a vapore obsolete ed altamente energivore e l'utilizzo più efficace dell'energia elettrica, ora prodotta in quantità considerevole dall'impianto fotovoltaico. Un ulteriore e importante risparmio di energia elettrica si è ottenuto con la sostituzione di tutte le lampade fluorescenti con lampade a LED, che, come visto, forniscono analoghe prestazioni illuminotecniche con potenza elettrica impegnata dimezzata. Contemporaneamente l'installazione di un impianto fotovoltaico di media potenza permette di alimentare in gran parte (in estate) e in misura minore (in inverno) il fabbisogno di energia elettrica per il raffrescamento e il riscaldamento.

Si riporta di seguito una sintesi degli approfondimenti svolti nel lavoro di tesi, con delle proposte anche per futuri sviluppi.

Efficientamento Energetico

Interventi ipotizzati, progettati e realizzati:

1. Eliminazione di una centrale a vapore da 2,2 MW (3 caldaie da 760 kW cad.) e collegamento di “teleriscaldamento”
2. Utilizzo di pompe di calore per il riscaldamento delle degenze
3. Sostituzione di 4 bollitori a vapore da 200 litri cad. per la cucina con altrettanti a gas
4. Sostituzione di tutte le lampade fluorescenti con lampade LED
5. Installazione di 234 kWp di fotovoltaico
6. Installazione di sistema Enerkeeper
7. Installazione di 3 caldaiette da 34 kW cad. per la produzione di acqua calda sanitaria
8. Sostituzione dell'UTA a servizio dell'Università con una di portata di gran lunga inferiore (da 20.000 mc/h a 3.500 mc/h), eliminando l'Aria Primaria dove non serviva
9. Modifica dell'UTA a servizio della Chiesa, da 20.000 mc/h, con eliminazione della presa dell'Aria Esterna e dell'evaporatore adiabatico
10. Disattivazione delle due UTA dell'Aria Primaria a servizio delle Degenze (per un totale di 36.000 mc/h di aria primaria non trattata)

11. Analisi energetica con TERMUS BIM: definizione della Classe energetica prima degli interventi, e dopo gli interventi, per determinare la “progressione” della Classe Energetica

12. Calcolo del tempo necessario per il ricambio naturale di aria in una camera di degenza con FLUENT.

13. Calcolo dell'incidenza della temperatura interna (da 18 °C a 22°C, passo 0,5 °C) sui consumi

Interventi ipotizzati, progettati, ma poi abbandonati dopo attenti approfondimenti:

1. Cogenerazione di piccola taglia: 50 kWe e 70kWe

Interventi ipotizzati, progettati, e proposti come “di futura realizzazione”:

1. Solare termico
2. Sistema gestione edificio/impianti - Building Energy Management System (BEMS)
3. Divise “invernali” per gli Operatori, che quasi sempre rimangono anche in inverno con divisa di cotone a maniche corte
4. Split nelle medicherie, perché hanno un utilizzo h24 e costringono a tenere l'impianto di riscaldamento/raffrescamento centralizzato acceso
5. "Nuovo Audit Energetico" da effettuarsi entro il 2023
6. La ristorazione e' molto energivora e richiede grandi consumi (luce, gas e acqua); pertanto, di seguito si riporta un paragrafo specifico degli interventi proposti.

Aspetti culturali e comportamentali finalizzati al risparmio energetico e al miglioramento della sostenibilita' ambientale

1. Definizione delle temperature degli ambienti interni secondo criteri di risparmio energetico e di rispetto della normativa sanitaria (mai sotto 20 °C in inverno e mai sopra 28 C° in estate)
2. Gestione dell'apertura delle finestre nel periodo di riscaldamento per ricambio d'aria (massimo 5 minuti come dimostrano le simulazioni fatte con Fluent)
3. Utilizzo consapevole dell'acqua potabile, ben sapendo che è una fonte preziosa e sempre più scarsa
4. Pedagogia dell'ambiente e della sostenibilità

Miglioramento della Sostenibilità Ambientale

1. Eliminazione di bottiglie di plastica grazie a distributori di acqua potabile (eliminato così il consumo giornaliero di 700 bottiglie di plastica da ½ litro)
2. Pile – si sono adottate pile ricaricabili, che hanno consentito l'eliminazione del consumo di circa 20 Pile, di varie dimensioni, a settimana (venivano utilizzate più di 1.000 pile all'anno, con un costo annuo di € 1.300 e un enorme impatto ambientale)
3. Riduzione consumi idrici, decisi dopo attento monitoraggio

4. Monitoraggio dei consumi idrici per individuare perdite e programmare pronti interventi di ripristino, mediante la messa a punto di una procedura per la verifica delle perdite di acqua sia all'interno degli edifici e sia nei tratti esterni agli edifici

5. Introduzione della RACCOLTA DIFFERENZIATA

6. Gestione separata dei RIFIUTI ORGANICI: il Complesso Sanitario in oggetto produce 100 kg al giorno di scarti alimentari, che si è pensato di gestirli separatamente dal ciclo dei rifiuti, mediante un impianto di COMPOSTAGGIO

Interventi sul "Servizio Ristorazione"

CUCINA

1. Riduzione dei bollitori. Occorre avere bollitori e più piccoli, perché un bollitore da 100 litri consuma la metà di un bollitore da 200 litri come quelli attuali. Una verifica fatta con il Cuoco porta ad avere la seguente "massima quantità in cottura": 3 kg di pasta; 250 porzioni di brodo. Tutto fa quindi pensare che i 4 bollitori da 200 litri, possano essere sostituiti da 2 bollitori da 50 litri e 2 bollitori da 100 litri, tutti del tipo con "doppio fondo" per mantenere alta la qualità delle attrezzature di cucina. I bollitori devono poi essere utilizzati più correttamente, ossia con i coperchi e l'introduzione del sale in fase di bollizione

2. Utilizzo dell'acqua calda di cottura per il prelavaggio delle pentole

3. Eliminazione di una "piastra grande" alimentata a gas, che da sola consuma 9 mc di gas al giorno

4. Separare i due ventilatori di estrazione aria e metterli sotto orologio. Una per il piano cottura e i bollitori e uno per i forni

5. Abbandono del "Sistema Burlodge", che consente di avere un Servizio Ristorazione con il sistema "vassoio personalizzato", ma dal punto di vista energetico è un disastro. Infatti, con questa tecnologia si mettono a contatto due ambienti a temperature molto diverse (110 °C per i cibi caldi e 10°C per i cibi freddi). Occorre avere due carrelli di distribuzione del cibo (uno caldo e uno freddo), prevedendo un vassoio diviso in due parti

LAVAGGIO

1. Fare prelavaggio con acqua nella vaschetta, senza acqua corrente per giunta calda. I detersivi moderni lavorano meglio se le stoviglie si mettono in lavastoviglie non troppo pulite. Occorre rimuovere meccanicamente solo i residui grossolani di cibo

2. Sostituire la lavastoviglie a nastro con 1 o 2 lavastoviglie a capote, molto meno energivore.

DISPENSA

1. Eliminare 1 o 2 celle frigo, magari ipotizzando anche un congelatore di piccole dimensioni

2. Mettere "sensori presenza" per luci bagni

Interventi solo ipotizzati e lasciati a "future tesi di dottorato":

In considerazione di quanto è stato fatto nell'ambito del triennio che ha portato a questa tesi di dottorato, e della fortuna di aver trovato la collaborazione di una Struttura Sanitaria che ha creduto nel percorso proposto di "efficientamento energetico e miglioramento della sostenibilità ambientale", si ritiene che quanto è stato fatto possa essere ulteriormente approfondito e ampliato nell'ambito di future tesi di dottorato in "Energia e Ambiente".

Quanto sopra soprattutto in considerazione del fatto che si sono installati tanti misuratori di energia e di acqua, da fornire una enorme quantità di dati relativi a:

- Consumi di energia elettrica nei vari ambiti
- Consumi di gas nei diversi utilizzi
- Consumi di acqua fredda e consumi di acqua calda nei diversi utilizzi
- Produzione di energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico
- Efficacia dell'Enerkeeper

Temi futuri:

- Calcolare il beneficio dovuto alla schermatura dai raggi solari del terrazzo dell'Edificio E a seguito dell'installazione di pannelli 520 pannelli fotovoltaici di dimensioni 1,00 m x 2,00 m
- Analisi energetica del sistema edificio-impianto dell'intero complesso edilizio con il software di simulazione energetica dinamica Trnsys, che consentirebbe di validare il software dinamico; il software quasi-stazionario, con i numerosi dati energetici disponibili
- Analisi attenta dei consumi energetici del Servizio Ristorazione, perché è un servizio molto energivoro e richiede grandi consumi (luce, gas e acqua), per giungere a delle proposte che tengano conto delle esigenze di risparmio energetico.

APPENDICE: TAVOLE GRAFICHE

- TAVOLA 1 – DISPERSIONI EDIFICIO A
 - TAVOLA 2 – DISPERSIONI EDIFICIO E
 - TAVOLA 3 – PLANIMETRIA PIANO TIPO EDIFICIO A
 - TAVOLA 4 - PLANIMETRIA EDIFICIO E
 - TAVOLA 5 - IMPIANTO FV – DISPOSIZIONE MODULI
 - TAVOLA 6 – IMPIANTO FV - SCHEMA UNIFILARE
 - TAVOLA 7 – IMPIANTO FV – DISPOSIZIONE STRINGHE
 - TAVOLA 8 – SCHEMA FUNZIONALE CENTRALE TERMICA
EDIFICIO A – STATO DI FATTO
 - TAVOLA 9 – SCHEMA FUNZIONALE CENTRALE TERMICA
EDIFICIO E – STATO DI FATTO
 - TAVOLA 8 – SCHEMA FUNZIONALE CENTRALE TERMICA
EDIFICIO A – STATO DI PROGETTO
 - TAVOLA 9 – SCHEMA FUNZIONALE CENTRALE TERMICA
EDIFICIO E – STATO DI PROGETTO
 - TAVOLA 12 – IMPIANTO VRV
-

BIBLIOGRAFIA

- [1]. [1] Y. Pan et al. Building energy simulation and its application for building performance optimization: A review of methods, tools, and case studies. *Advances in Applied Energy*, 5 April 2023, Volume 10, Article 100135.
- [2]. [2] C. Wiethe et al. The influence of building energy performance prediction accuracy on retrofit rates. *Energy Policy*, 30 March 2023, Volume 177, Article 113542.
- [3]. [3] Y. Shen, Y. Pan. BIM-supported automatic energy performance analysis for green building design using explainable machine learning and multi-objective optimization. *Applied Energy*, 5 January 2023, Volume 333, Article 120575.
- [4]. [4] M. Taleb Hanan. Enhancing the skin performance of hospital buildings in the UAE. *Journal of Building Engineering*, Volume 7, 2016, pp. 300-311.
- [5]. [5] A. Capozzoli et al. A novel methodology for energy performance benchmarking of buildings by means of Linear Mixed Effect Model: The case of space and DHW heating of out-patient Healthcare Centres *Applied Energy*, Volume 171, 2016, pp. 592-607.
- [6]. [6] V. Čongradac. Methods for assessing energy savings in hospitals using various control techniques. *Energy and Buildings*, Volume 69, 2014, pp. 85-92.
- [7]. [7] A. Buonomano. A novel renewable polygeneration system for hospital buildings: Design, simulation and thermo-economic optimization. *Applied Thermal Engineering*, Volume 67, Issues 1–2, 2014, pp. 43-60.
- [8]. [8] P. Principi et al. Evaluation of energy conservation opportunities through Energy Performance Contracting: A case study in Italy. *Energy and Buildings*, Volume 128, 2016, pp. 886-899.
- [9]. [9] N. Christiansen et al. Electrical energy consumption and utilization time analysis of hospital departments and large scale medical equipment. *Energy and Buildings*, Volume 131, 2016, pp. 172-183.
- [10]. [10] A.W.M. Van Schijndel. Optimal operation of a hospital power plant. *Energy and Buildings* Volume 34, Issue 10, November 2002, pp 1055-1065.
- [11]. [11] V. Čongradac et al. Assessing the energy consumption for heating and cooling in hospitals. *Energy and Buildings* Volume 73, October 2014, Pages 710-721.
- [12]. [12] Janusz Bujak. Heat consumption for preparing domestic hot water in hospitals. *Energy and Buildings* Volume 42, Issue 7, July 2010, pp 1047-1055.

- [13]. [13] A. Buonomano et al. Dynamic energy performance analysis: case study for energy efficiency retrofits of hospital buildings. *Energy* Volume 78, 15 December 2014, pp 555-572
- [14]. [14] D.Qian et al. Research on the energy-saving and revenue sharing strategy of ESCOs under the uncertainty of the value of Energy Performance Contracting Projects. *Energy Policy* Volume 73, October 2014, pp 710-721.
- [15]. Romagna M.. Riqualficazione Energetica dell'Edificio sede della Direzione Generale della Amministrazione Autonoma dei Monopoli di Stato (A.A.M.S.). PhD Thesis. Sapienza University of Rome, April 16th, 2013.
- [16]. Acca Software – Termus BIM – Educational Version
- [17]. Acca Software – Solarius T Pro - Educational Version
- [18]. Acca Software – Solarius PV BIM- Educational Version



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DOTTORATO DI RICERCA IN ENERGIA E AMBIENTE
PhD Program in ENERGY and ENVIRONMENT

XXXV Cycle

Studio per l'Efficientamento Energetico ed il Miglioramento della Sostenibilità
Ambientale di un Complesso Sanitario nel Lazio.

PhD Thesis

Scuola di Dottorato in Scienze e Tecnologie per l'Innovazione Industriale
Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale
Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica

PhD Candidate:

Luca Grignaffini

Advisor

Prof. Ing. Andrea Vallati

A.A. 2022-2023

GRAFICO DELLE DISPERSIONI PER TRASMISSIONE: EDIFICIO A - CLINICA E DEGENZA

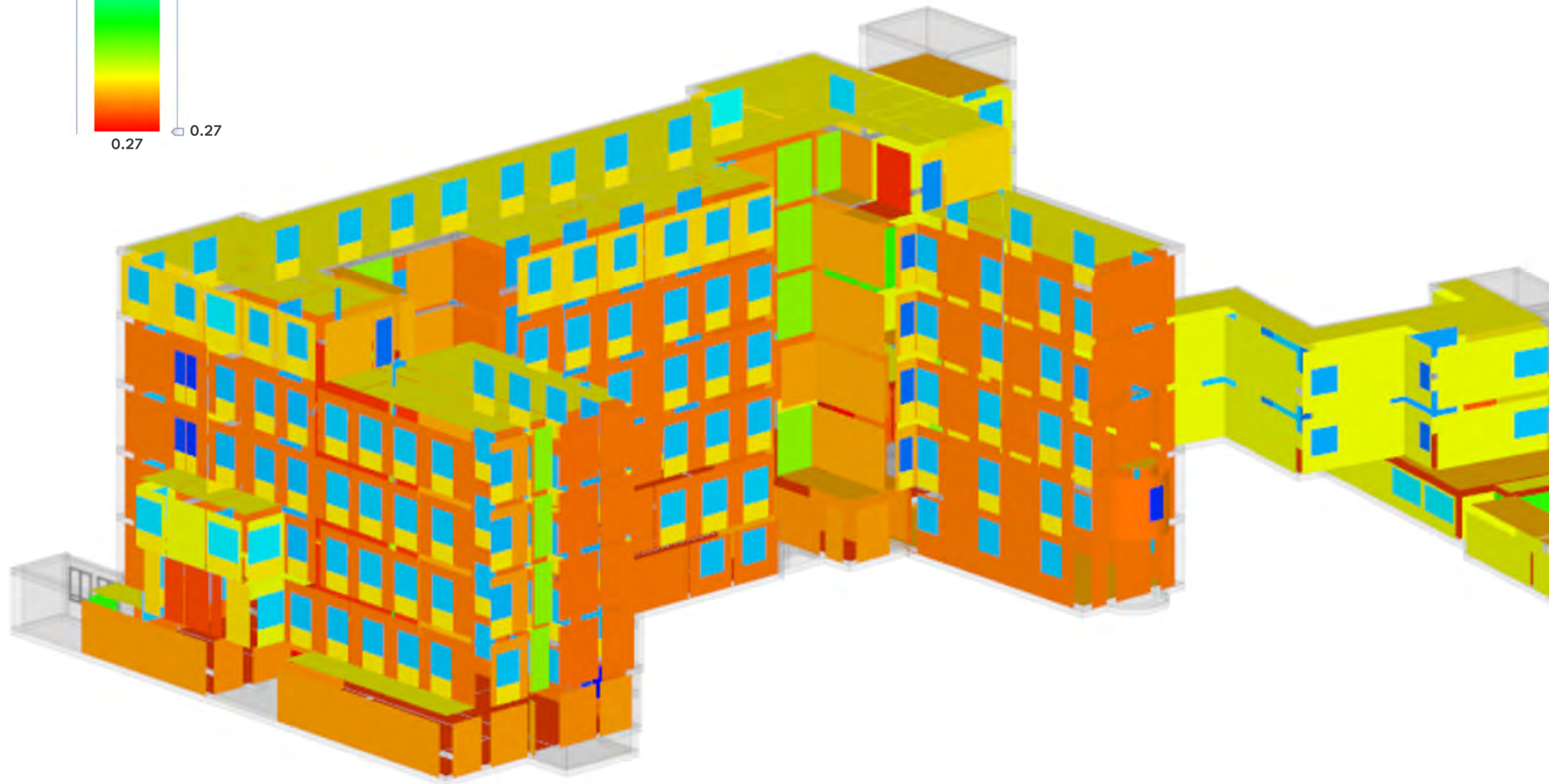
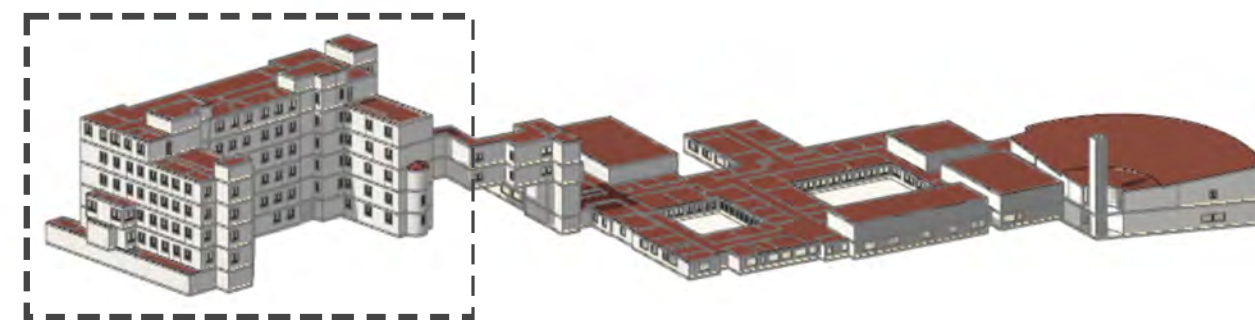
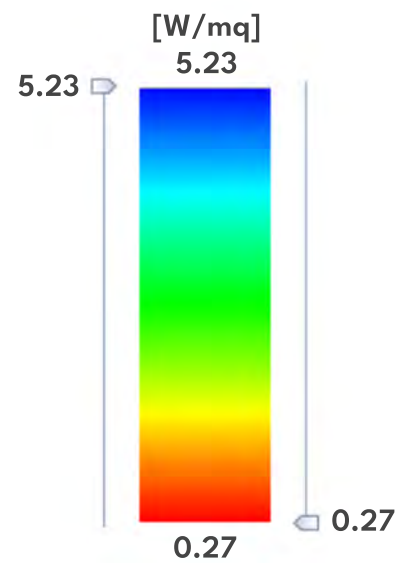
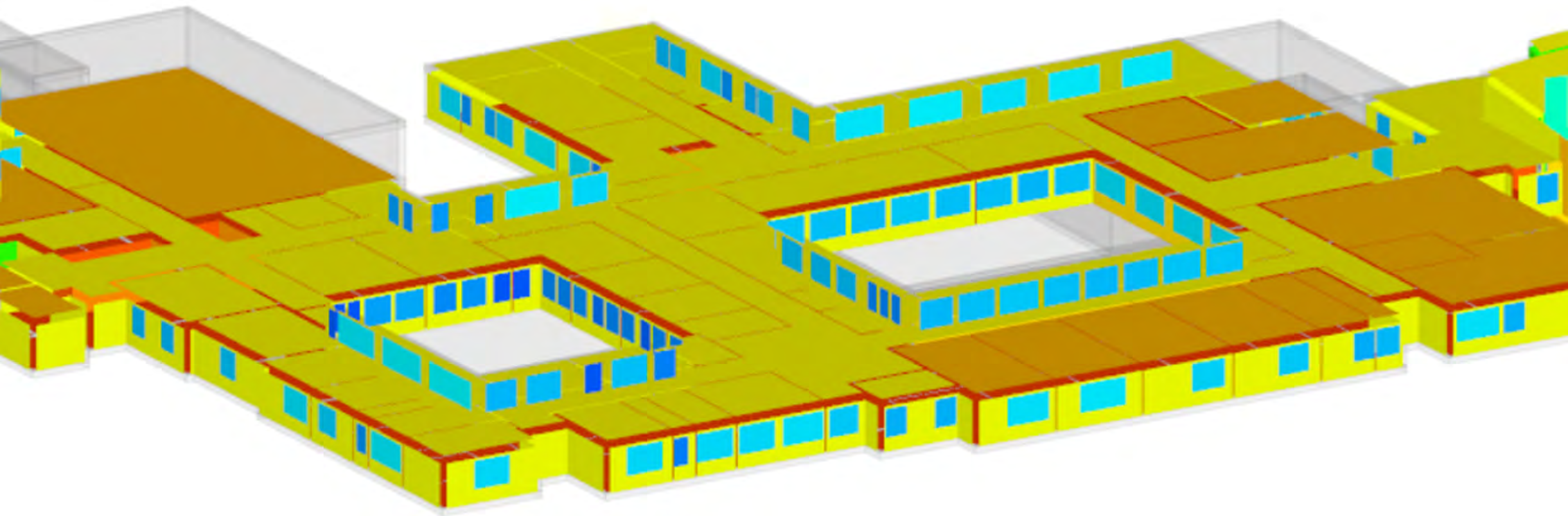
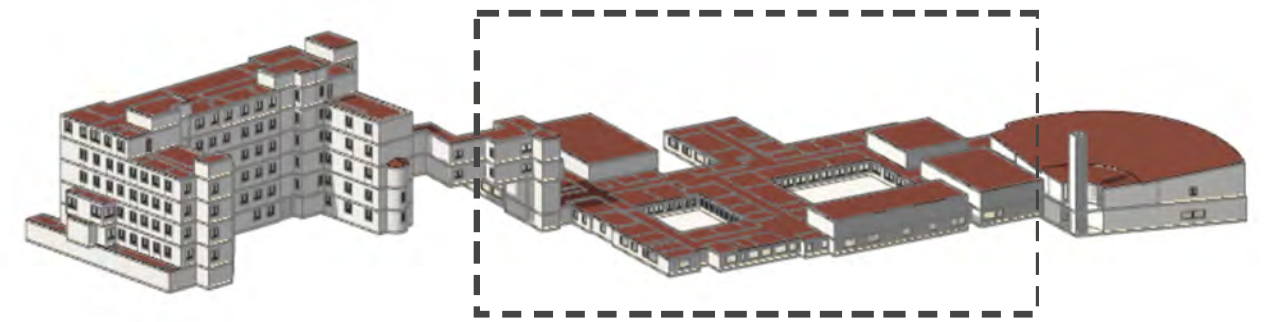
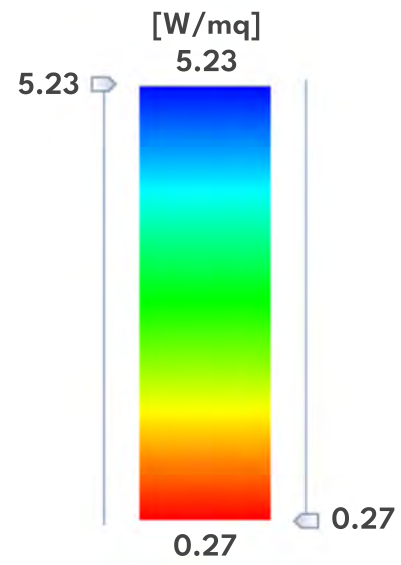
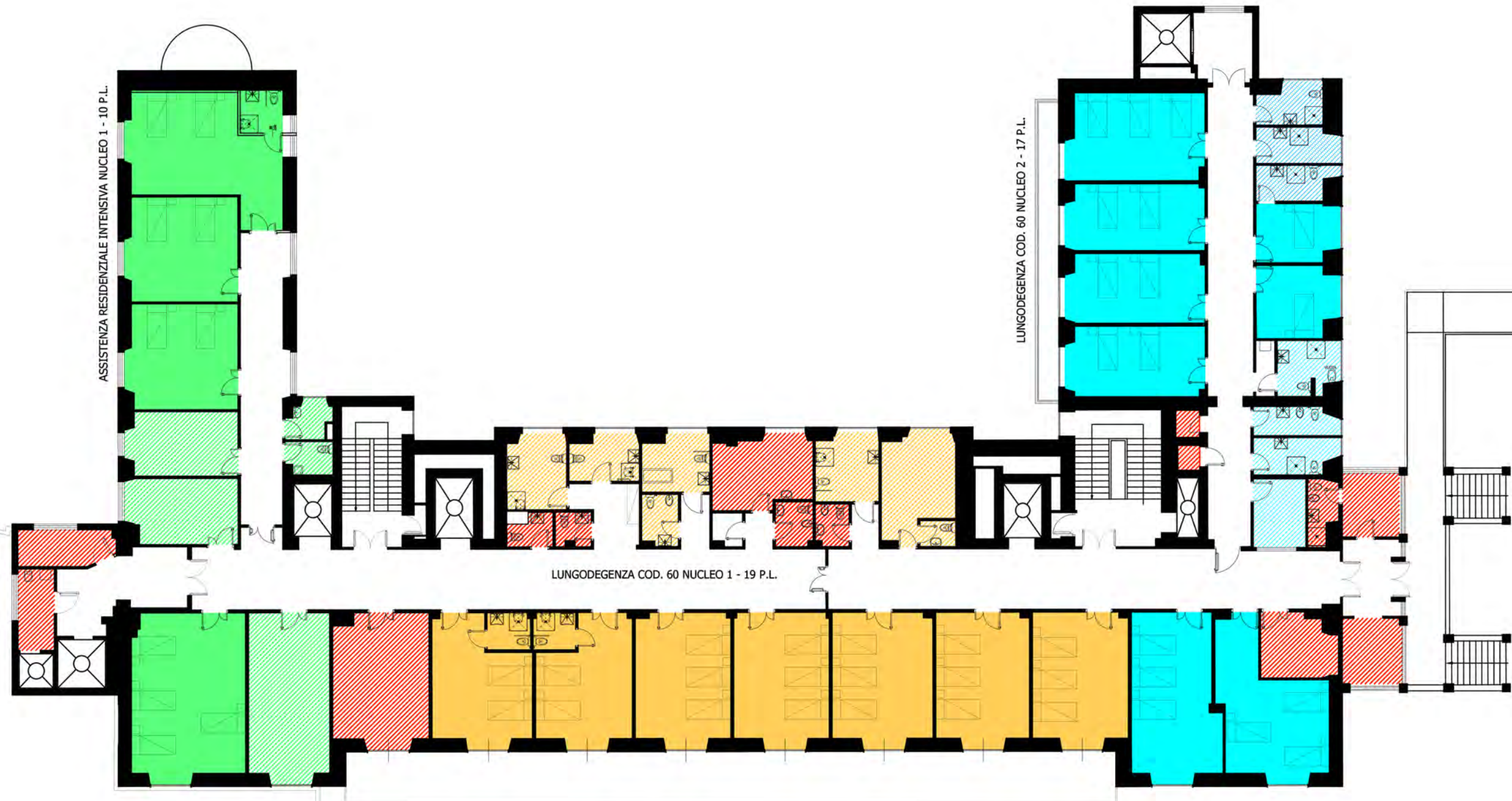


GRAFICO DELLE DISPERSIONI PER TRASMISSIONE: EDIFICIO E - DIURNO





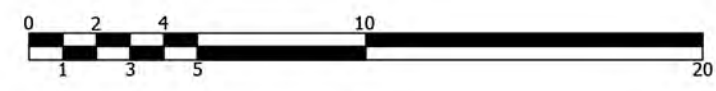
ASSISTENZA RESIDENZIALE INTENSIVA NUCLEO 1 - 10 P.L.

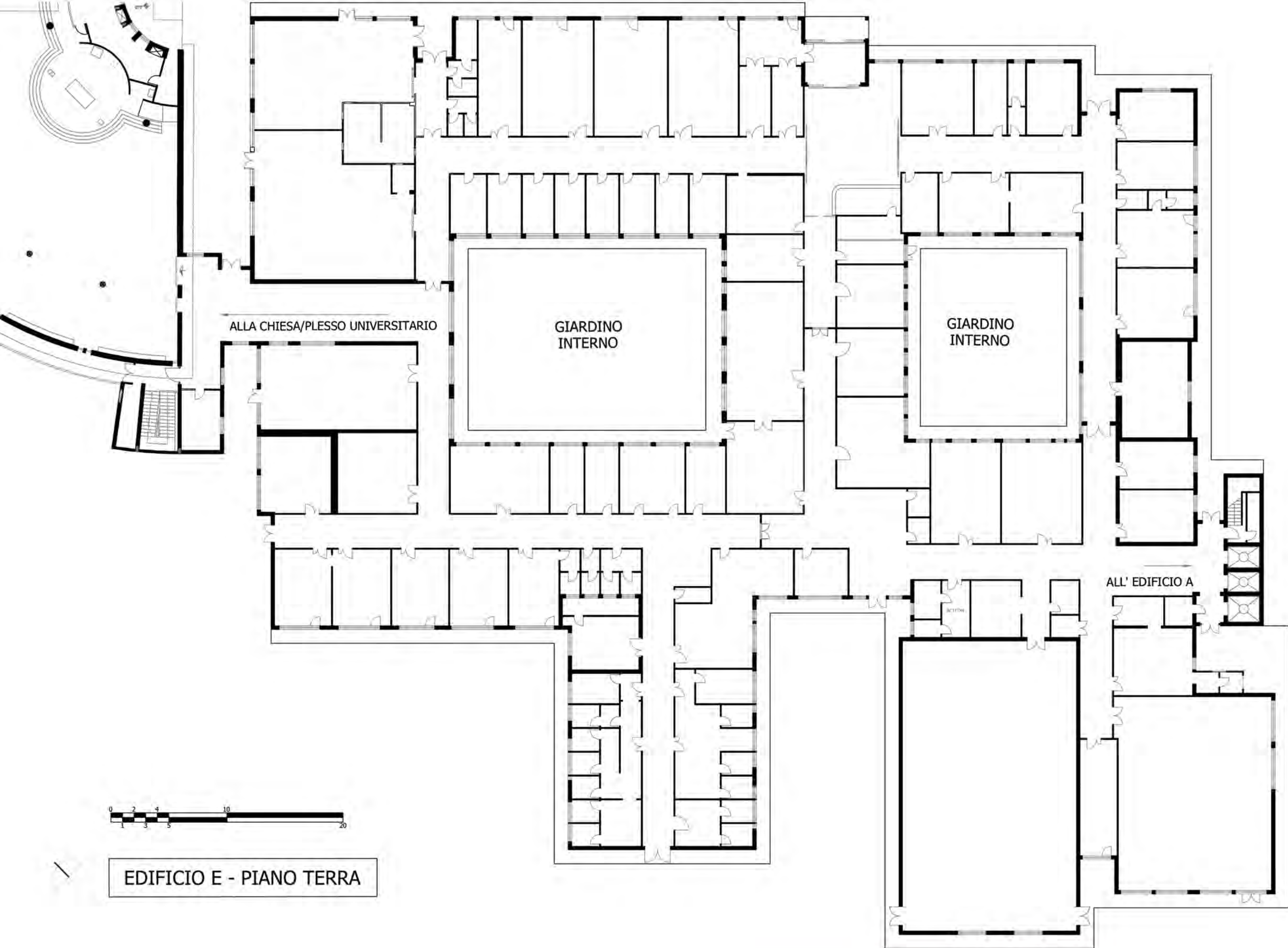
LUNGODEGENZA COD. 60 NUCLEO 2 - 17 P.L.

LUNGODEGENZA COD. 60 NUCLEO 1 - 19 P.L.

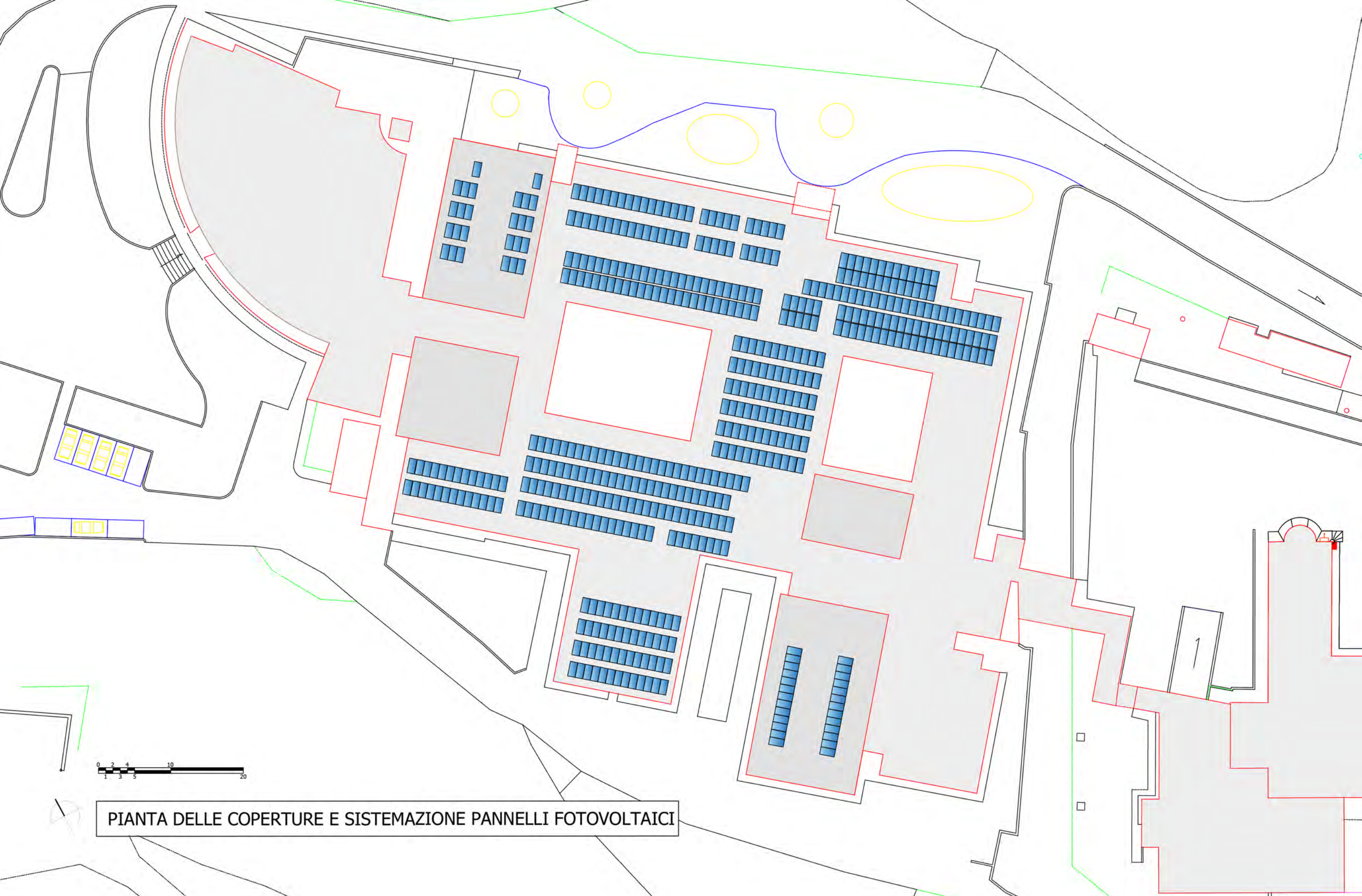
EDIFICIO A - PIANO TIPO

- R.S.A. - ASSISTENZA RESIDENZIALE INTENSIVA NUCLEO 1 - 10 P.L.
- LUNGODEGENZA CODICE 60 NUCLEO 1 - 19 P.L.
- LUNGODEGENZA CODICE 60 NUCLEO 2 - 17 P.L.
- R.S.A. - ASSISTENZA RESIDENZIALE INTENSIVA SERVIZI DI NUCLEO 1
- LUNGODEGENZA CODICE 60 NUCLEO 1 - SERVIZI DI NUCLEO
- LUNGODEGENZA CODICE 60 NUCLEO 2 - SERVIZI DI NUCLEO
- SERVIZI DI PIANO



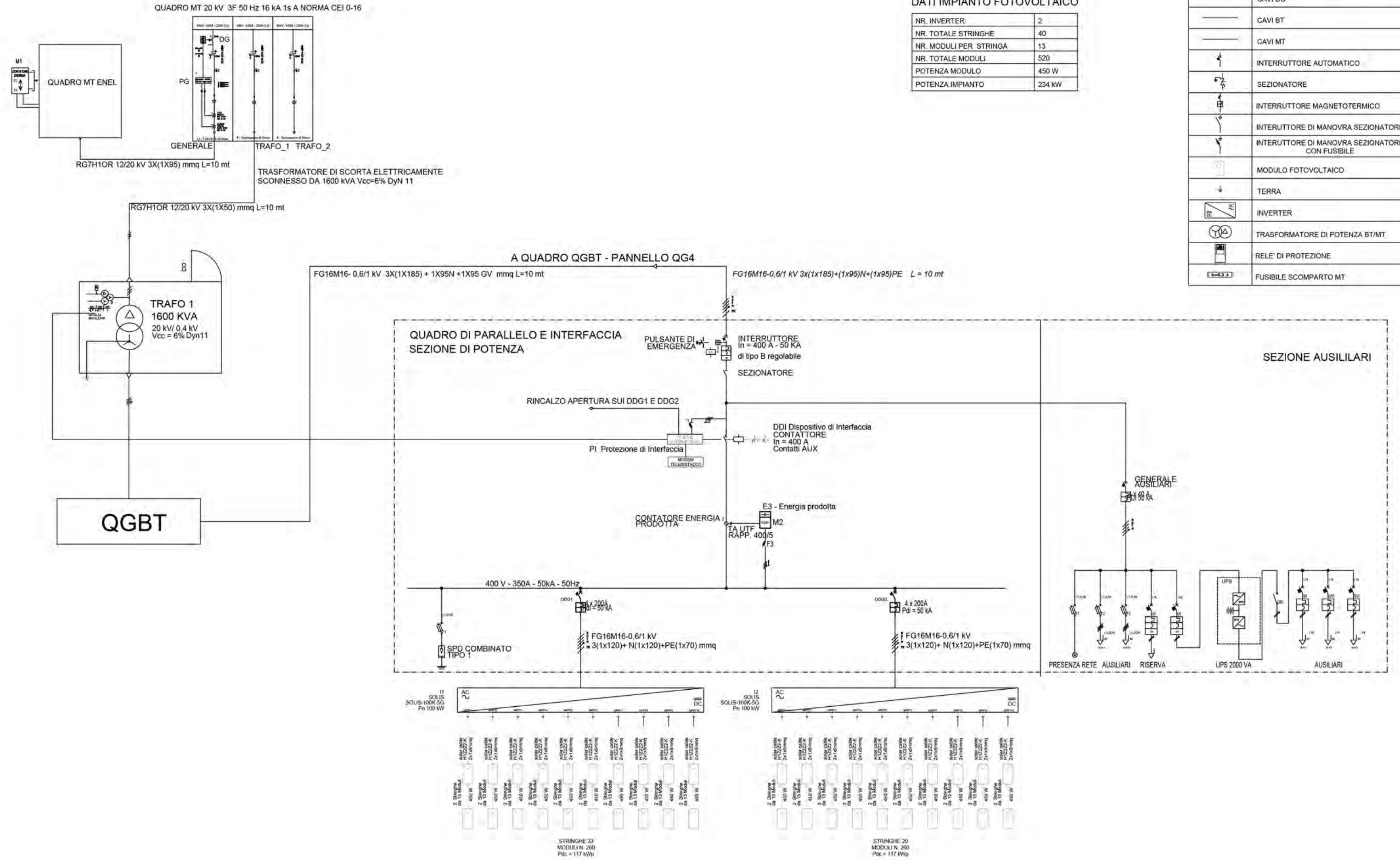


EDIFICIO E - PIANO TERRA



PIANTA DELLE COPERTURE E SISTEMAZIONE PANNELLI FOTOVOLTAICI

SCHEMA ELETTRICO IMPIANTO FOTOVOLTAICO



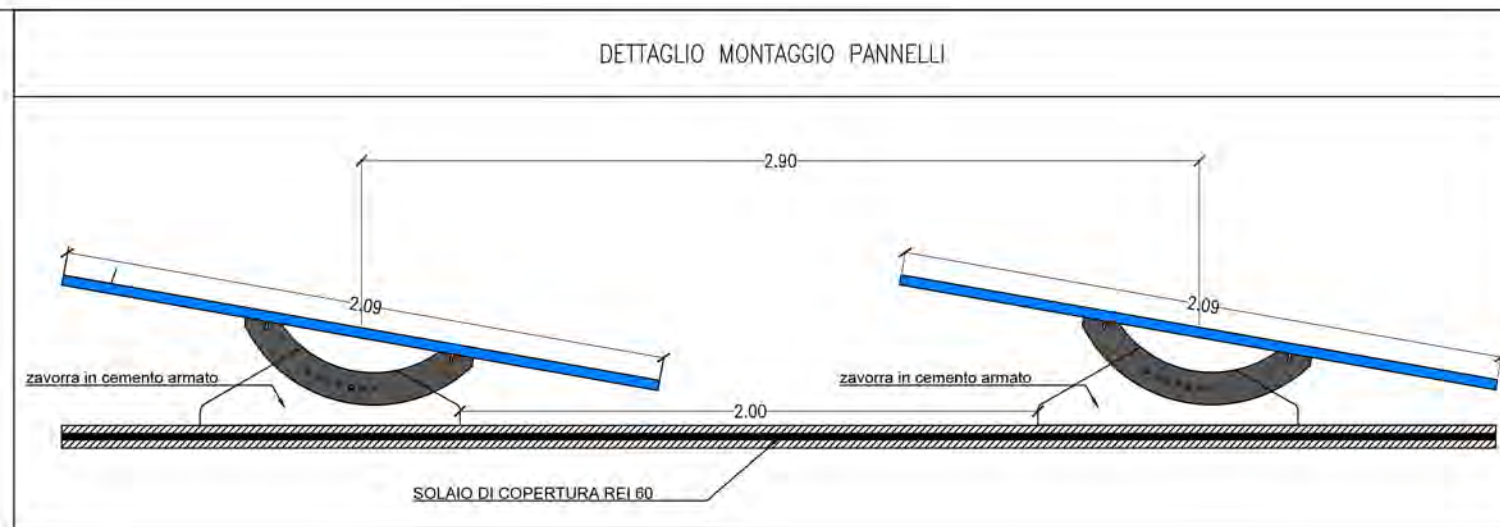
DATI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

NR. INVERTER	2
NR. TOTALE STRINGHE	40
NR. MODULI PER STRINGA	13
NR. TOTALE MODULI	520
POTENZA MODULO	450 W
POTENZA IMPIANTO	234 kW

LEGENDA	
	CAVI DC
	CAVI BT
	CAVI MT
	INTERRUTTORE AUTOMATICO
	SEZIONATORE
	INTERRUTTORE MAGNETOTERMICO
	INTERUTTORE DI MANOVRA SEZIONATORE
	INTERUTTORE DI MANOVRA SEZIONATORE CON FUSIBILE
	MODULO FOTOVOLTAICO
	TERRA
	INVERTER
	TRASFORMATORE DI POTENZA BT/MT
	RELE' DI PROTEZIONE
	FUSIBILE SCOMPARTO MT

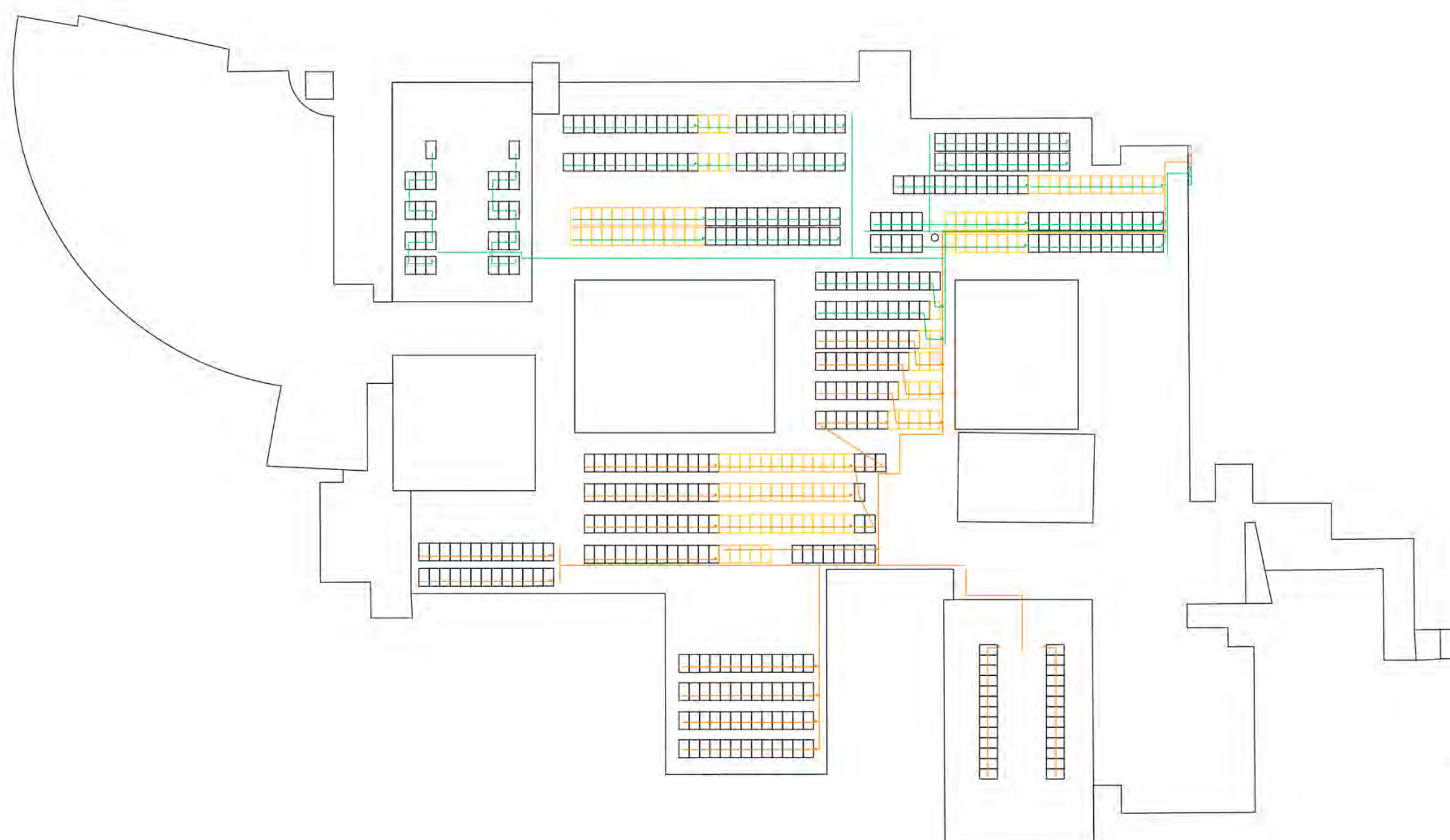
SCHEMA INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO

POTENZA MODULO	450 Wp
N° MODULI	520
POTENZA IMPIANTO	234 kWp
N° INVERTER	2
POTENZA INVERTER	100 kW
POTENZA TOTALE INVERTER	200 kW



LEGENDA SIMBOLI

	MODULI FOTOVOLTAICI
	INVERTER
	QUADRO DI SEZIONAMENTO
	CANALA METALLICA CON COPERCHIO IP40
	USCITA/DIREZIONE CAVI SOLARI



NOMENCLATURA

S20-QS10-12

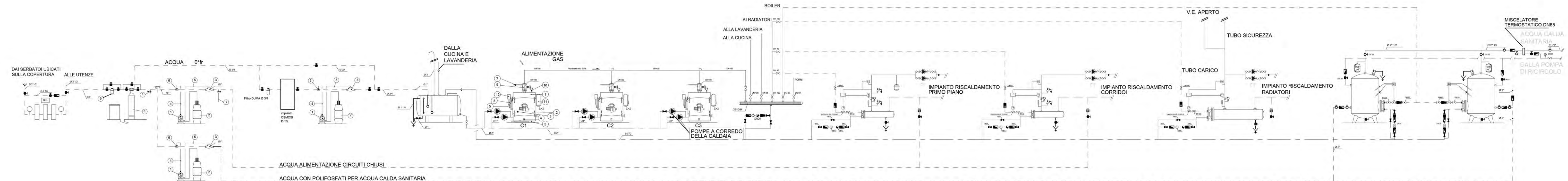
RIFERIMENTO STRINGA _____

RIFERIMENTO QUADRO SEZIONAMENTO _____

RIFERIMENTO INVERTER _____

- NOTE DI MONTAGGIO
- CAVI IN CANALA METALLICA IP40 (CHIUSA CON COPERCHIO)
 - PERCORSO PERIMETRALE CON CANALA DIMENSIONI MINIME 200x10mm
 - POSA CAVI TWISTATI (INTRECCIATI)
 - POSIZIONAMENTO PANNELLI CON INCLINAZIONE 10°
 - N° INVERTER: 2
 - N° STRINGHE PER INVERTER: 20
 - COMPOSIZIONE STRINGHE: 20 STRINGHE DA 13 PANNELLI
 - FORMAZIONE CAVO PER STRINGA :H1Z2Z2-K 2X1X6 MMQ

CENTRALE TERMICA STATO DI FATTO - EDIFICIO A



GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE ELETTRONICO	
Portata	mc/h 10-50
Prevalenza	h 15-30
Potenza	kW 1,6x4

IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUA	
1	POMPA DOSATRICE
2	SERBATOIO Capacità 100 lt
3	CONTATORE AD IMPULSI
4	TUBAZIONE PER ADDITIVI CHIMICI
5	COLLEGAMENTO ELETTRICO PER IMPULSI CONTATORE
6	PUNTO DI INIEZIONE
7	RUBINETTO PRELIEVO
8	ADDOLCITORE Portata 9mc/h
9	FILTRO DI SICUREZZA AUTOPULENTE SEMIAUTOMATICO

SERBATOIO	
Capacità	lt 2000

CALDAIA PER PRODUZIONE VAPORE C1	
Potenzialità nominale	kW 760
Pressione di esercizio	kPa 100
Produzione vapore	kg/h 1000

CALDAIA PER PRODUZIONE VAPORE C2	
Potenzialità nominale	kW 760
Pressione di esercizio	kPa 100
Produzione vapore	kg/h 1000

CALDAIA PER PRODUZIONE VAPORE C3	
Potenzialità nominale	kW 760
Pressione di esercizio	kPa 100
Produzione vapore	kg/h 1000

SCAMBIATORE A FASCIO TUBIERO		
Potenzialità	W	esistente
Primario Vapore	ATE	0,8
Secondario Acqua Calda	°C	70/80

SCAMBIATORE A FASCIO TUBIERO		
Potenzialità	W	esistente
Primario Vapore	ATE	0,8
Secondario Acqua Calda	°C	70/80

SCAMBIATORE A FASCIO TUBIERO		
Potenzialità	W	esistente
Primario Vapore	ATE	0,8
Secondario Acqua Calda	°C	70/80

BOILER ACCIAIO INOX	
Serpentino estraibile	ACCIAIO INOX
Capacità	litri 2000

BOILER ACCIAIO INOX	
Serpentino estraibile	ACCIAIO INOX
Capacità	litri 2000

LEGENDA

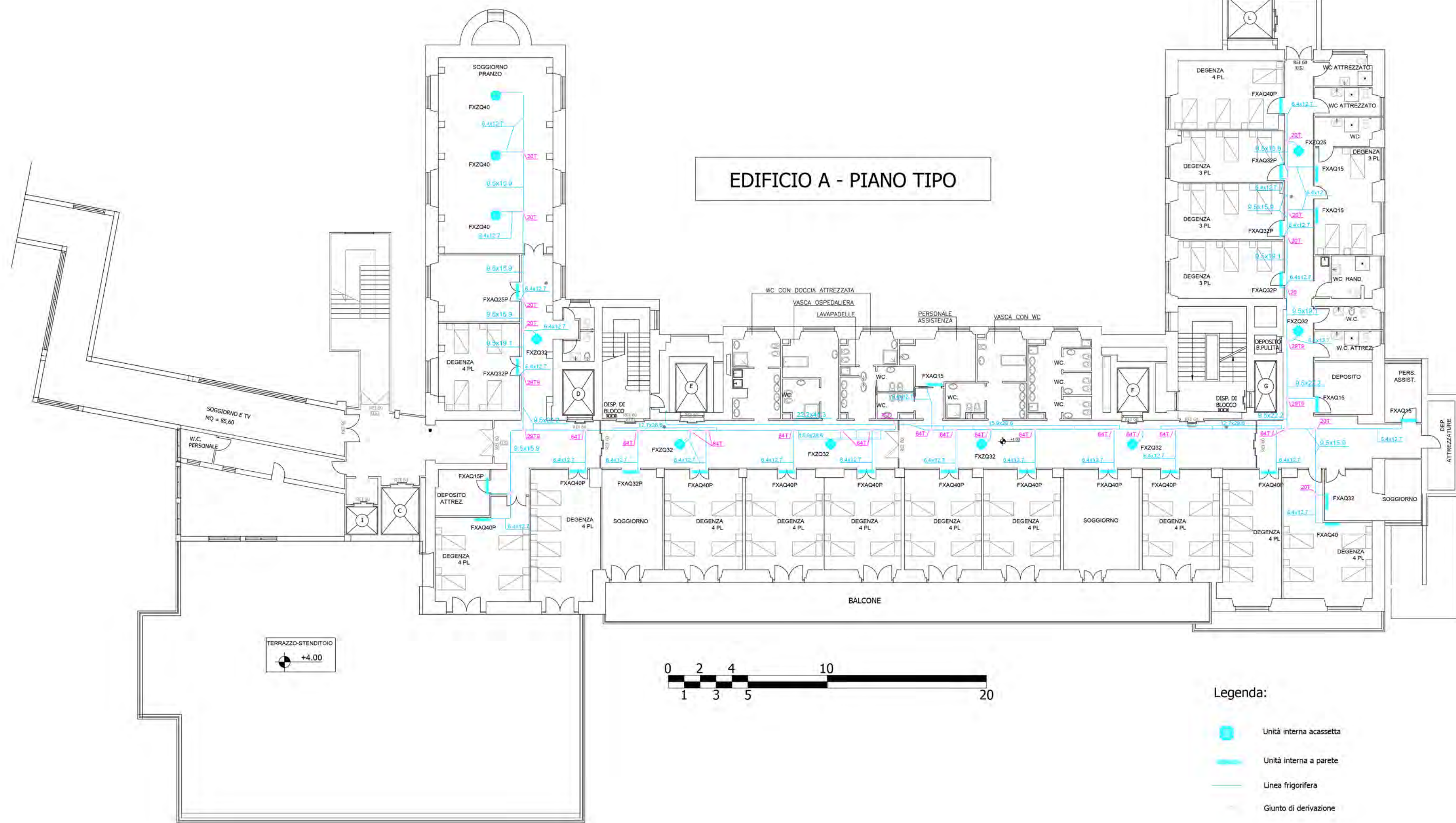
	VALVOLA A FLUSSO AVVIATO FLANGIATA		VALVOLA DI SICUREZZA
	VALVOLA A FLUSSO AVVIATO FILETTATA		VALVOLA DI SCARICO TERMICO
	SARACINESCA FLANGIATA		POZZETTO
	SARACINESCA FILETTATA		MANOMETRO
	FILTRO FLANGIATO		TERMOMETRO
	FILTRO FILETTATO		VALVOLA AUTOMATICA DI RIEMPIMENTO
	VALVOLA DI RITEGNO FILETTATA		VASO DI ESPANSIONE
	RUBINETTO A MASCHIO		PRESSOSTATO
	INDICATORE DI PASSAGGIO		FLUSSOSTATO
	SCARICATORE DI CONDENZA		
	VALVOLA A DUE VIE MOTORIZZATA		

- 1 CORPO CALDAIA
- 2 PORTA ANTERIORE APRIBILE CON FLANGIA PER APPLICAZIONE BRUCIATORE
- 3 SPIA DI OSSERVAZIONE
- 4 ATTACCO PER SCARICO FANGHI
- 5 RUBINETTI DI PROVA LIVELLO
- 6 BASAMENTO IN PROFILATI METALLICI PER SOSTEGNO DELLA CALDAIA
- 7 VALVOLA DI SICUREZZA
- 8 INDICATORE DI LIVELLO
- 9 VALVOLA DI INTERCETTAZIONE A FLUSSO AVVIATO
- 10 MANOMETRO
- 11 QUADRO ELETTRICO GENERALE
- 12 REGOLATORE DI LIVELLO
- 13 RAMPA DI ALIMENTAZIONE GAS

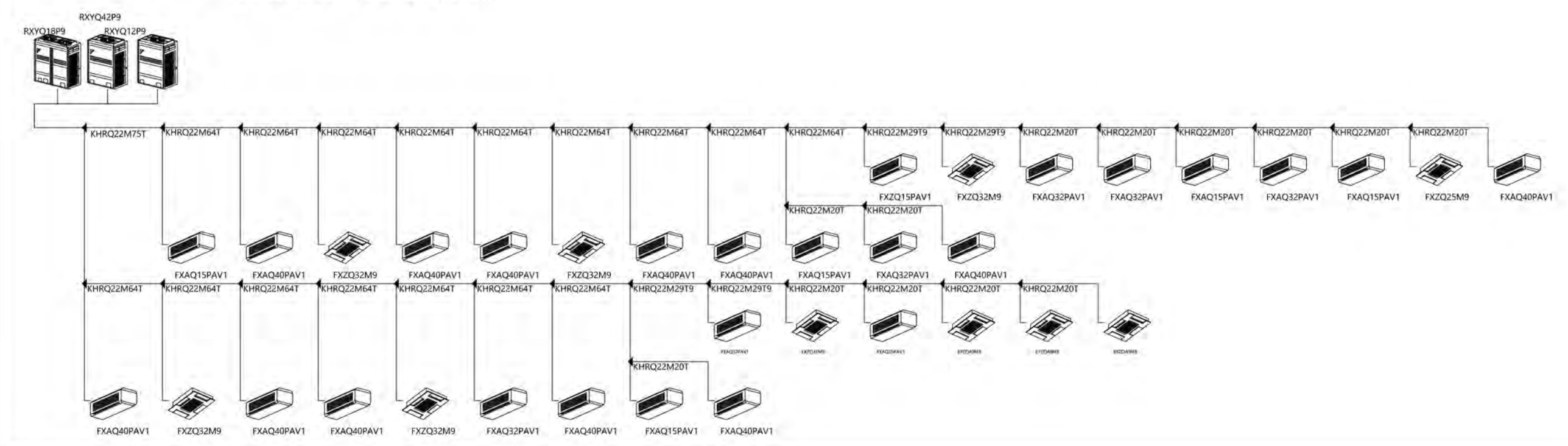
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LOCALI CENTRALE TERMICA



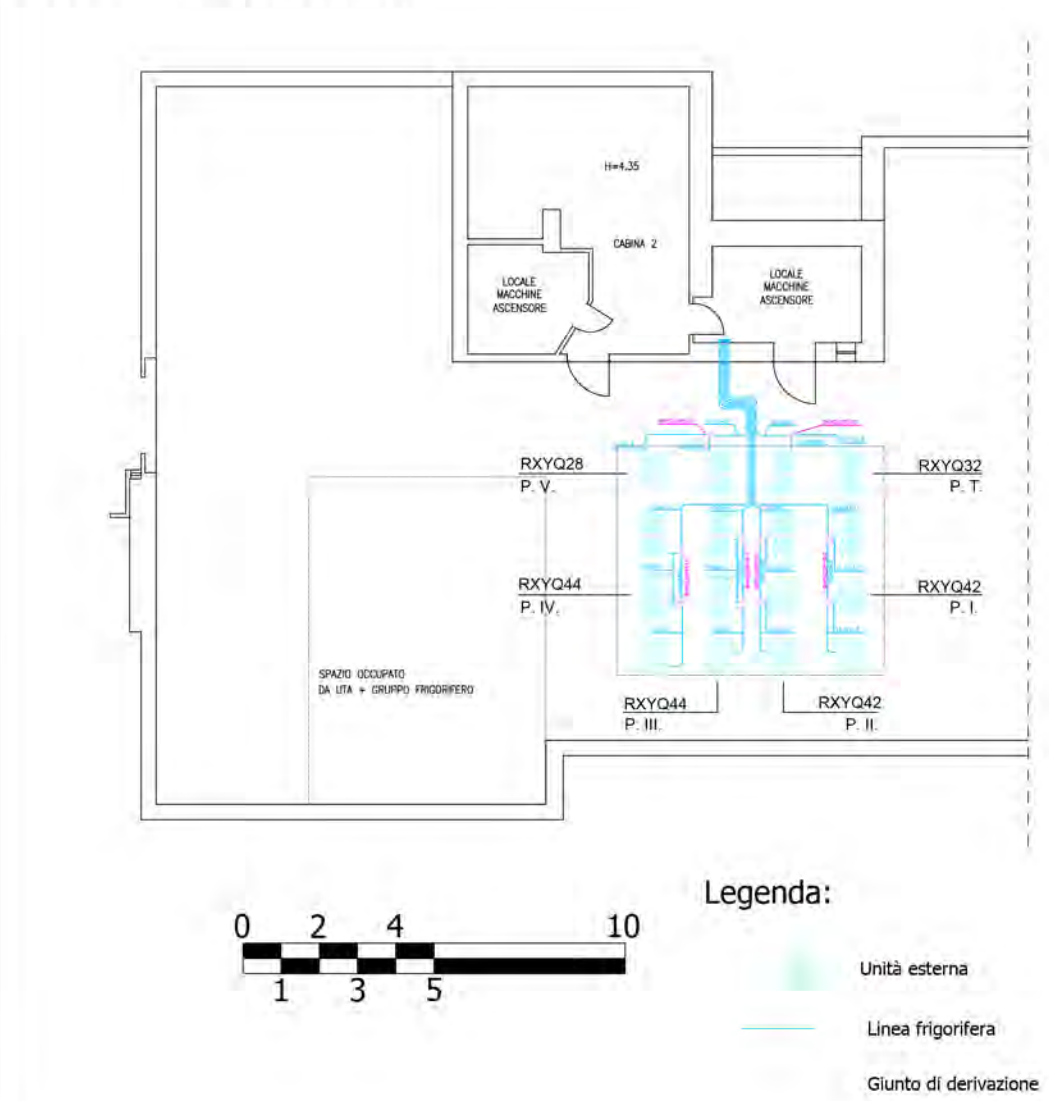
IMPIANTO VRV - PIANO TIPO E STRALCIO DI COPERTURA



IMPIANTO VRV - Schema frigorifero



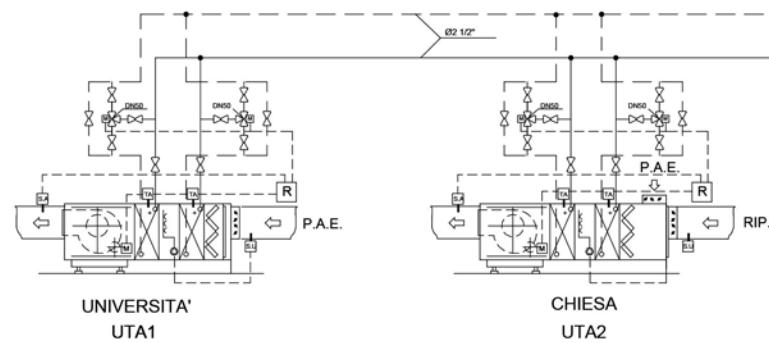
STRALCIO DI COPERTURA



CARATTERISTICHE UNITA' INTERNE

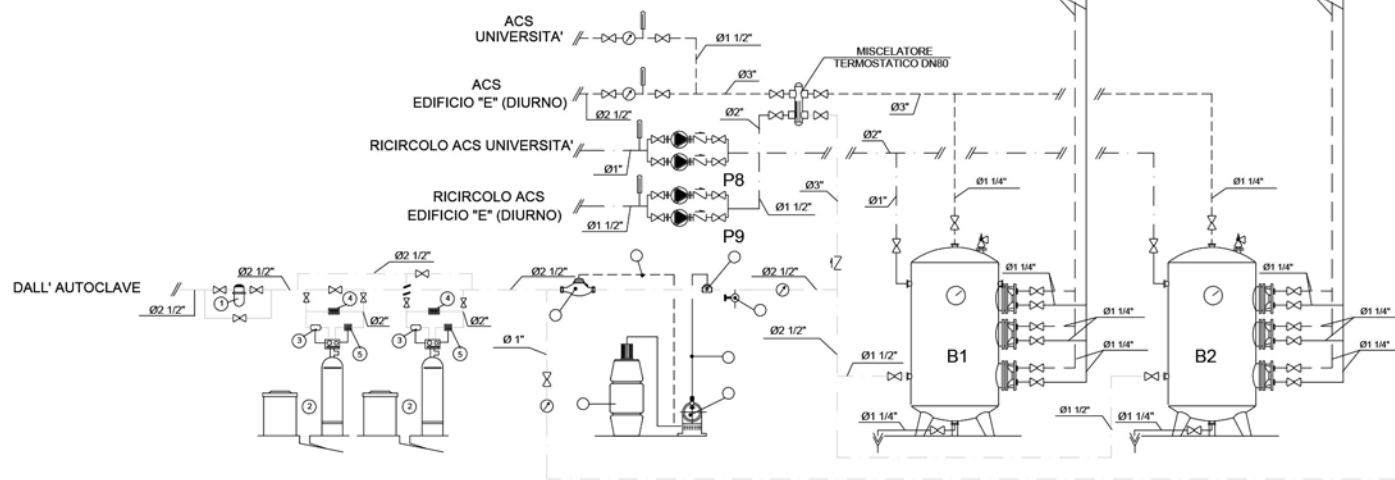
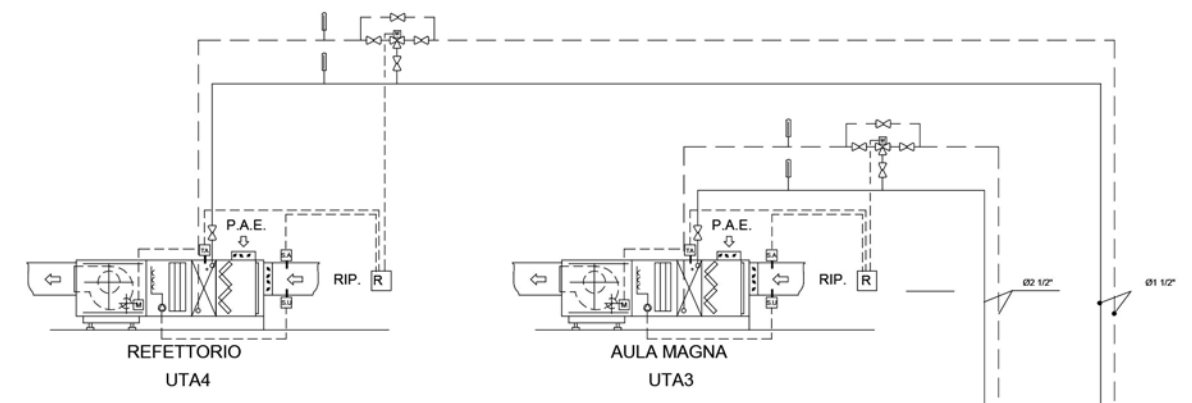
<p>Modello: FXAQ15 (parete) Pot. Frigorifera: 1,5 kW Pot. Termica: 1,7 kW Pot. Ass. 30 W Dim (AxLxP): 290x795x238</p>	<p>Modello: FXAQ50 (parete) Pot. Frigorifera: 5,6 kW Pot. Termica: 6,3 kW Pot. Ass. 39 W Portata aria max.: 900 mc/h Dim (AxLxP): 290x1.050x238</p>
<p>Modello: FXAQ20 (parete) Pot. Frigorifera: 2,2 kW Pot. Termica: 2,5 kW Pot. Ass. 30 W Portata aria max.: 450 mc/h Dim (AxLxP): 290x795x238</p>	<p>Modello: FXZQ32 (cassetta 4 vie) Pot. Frigorifera: 3,6 kW Pot. Termica: 4,0 kW Pot. Ass. 76 W Portata aria max.: 570 mc/h Dim (AxLxP): 286x575x575</p>
<p>Modello: FXAQ25 (parete) Pot. Frigorifera: 2,8 kW Pot. Termica: 3,2 kW Pot. Ass. 34 W Portata aria max.: 480 mc/h Dim (AxLxP): 290x795x238</p>	<p>Modello: FXFQ40 (round flow) Pot. Frigorifera: 4,5 kW Pot. Termica: 5,0 kW Pot. Ass. 63 W Portata aria max.: 990 mc/h Dim (AxLxP): 204x840x840</p>
<p>Modello: FXAQ32 (parete) Pot. Frigorifera: 3,6 kW Pot. Termica: 4,0 kW Pot. Ass. 35 W Portata aria max.: 510 mc/h Dim (AxLxP): 290x795x238</p>	<p>Modello: FXZQ25 (cassetta 4 vie) Pot. Frigorifera: 2,8 kW Pot. Termica: 3,2 kW Pot. Ass. 73 W Portata aria max.: 540 mc/h Dim (AxLxP): 286x575x575</p>
<p>Modello: FXAQ40 (parete) Pot. Frigorifera: 4,5 kW Pot. Termica: 5,0 kW Pot. Ass. 20 W Portata aria max.: 720 mc/h Dim (AxLxP): 290x1.050x238</p>	<p>Modello: FXZQ15 (cassetta 4 vie) Pot. Frigorifera: 1,5 kW Pot. Termica: 1,7 kW Pot. Ass. 73 W Portata aria max.: 486 mc/h Dim (AxLxP): 286x575x575</p>

CENTRALE TERMICA STATO DI FATTO - EDIFICIO E



UTA UNIVERSITA'		
Portata	mc/h	20.000
Potenza Batteria Pre- Riscald.	kW	180
Potenza Batteria Post- Riscald.	kW	65

UTA CHIESA		
Portata	mc/h	20.000
Potenza Batteria Pre- Riscald.	kW	60
Potenza Batteria Post- Riscald.	kW	145



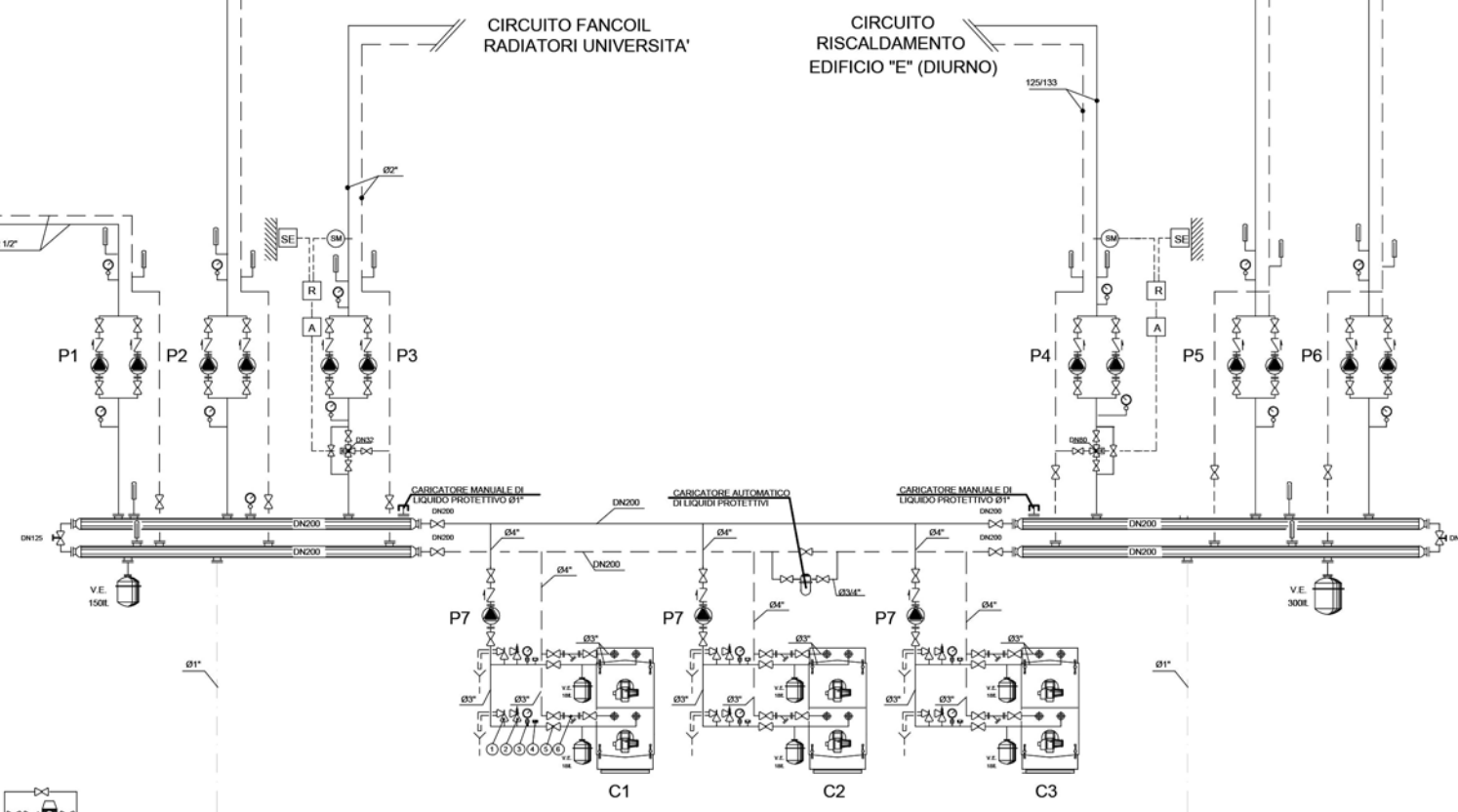
BOILER	B1	B2 (riserva)
Capacità (l)	1500	1500
SERPENTINA IN TUBO DI RAME ALETTATO mm	3 x 750	3 x 750

ELETTROPOMPE	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
Portata	mc/h	16	31	5,5	30	6	12	35	1	4
Prevalenza	kPa	40	60	50	80	60	60	60	20	58

- ① VALVOLA DI SCARICO TERMICO
- ② VALVOLA DI SICUREZZA
- ③ MANOMETRO CON RICCILO E FLANGIA
- ④ POZZETTO
- ⑤ SARACINESCA DI CONTROLLO
- ⑥ FILTRO

LEGENDA

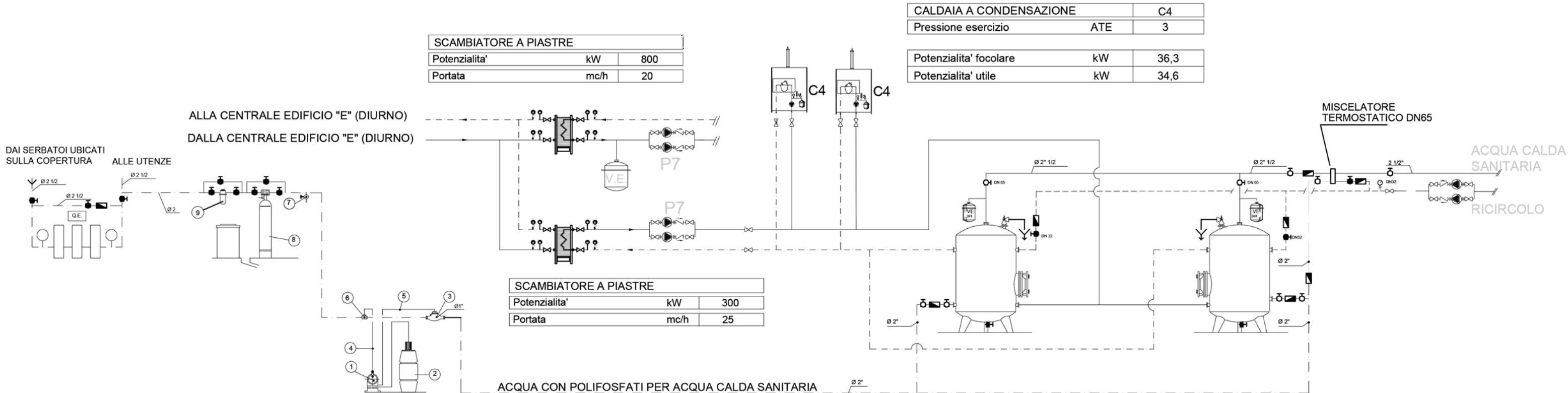
	VALVOLA DI NON RITORNO		VASO DI ESPANSIONE
	VALVOLA A DUE VIE MOTORIZZATA		CONTATORE ACQUA
	VALVOLA DI INTERCETTAZIONE		RUBINETTO A MASCHIO A DUE VIE
	VALVOLA DI SICUREZZA		TERMOSTATO ANTIGELO
	VALVOLA DI SCARICO TERMICO		MOTORE
	MANOMETRO		SONDA AMBIENTE
	TERMOMETRO		SONDA UMIDITA
	POMPA DI CIRCOLAZIONE		REGOLATORE



GRUPPO TERMICO		C1	C2	C3
Pressione esercizio	ATE	5	5	5
Focolare n° 1				
Potenzialita' focolare	kW	347,5	347,5	347,5
Potenzialita' utile	kW	315	315	315
Focolare n° 2				
Potenzialita' focolare	kW	347,5	347,5	347,5
Potenzialita' utile	kW	315	315	315

PROGETTO CENTRALE TERMICA - EDIFICIO A

- INTERVENTI:**
- Totale dismissione della Centrale Termica a vapore
 - Installazione di caldaie (C4) dedicate alla produzione di ACS.



GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE ELETTRONICO

Portata	mc/h	10-50
Prevalenza	h	15-30
Potenza	kW	1.6x4

IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUA

- POMPA DOSATRICE
- SERBATOIO Capacita' 100 lt
- CONTATORE AD IMPULSI
- TUBAZIONE PER ADDITIVI CHIMICI
- COLLEGAMENTO ELETTRICO PER IMPULSI CONTATORE
- PUNTO DI INIEZIONE
- RUBINETTO PRELIEVO
- ADDOLCITORE Portata 9mc/h
- FILTRO DI SICUREZZA AUTOPULENTE SEMIAUTOMATICO

BOILER ACCIAIO INOX

SERPENTINO ESTRAIBILE ACCIAIO INOX	
Capacita' litri	2000

BOILER ACCIAIO INOX

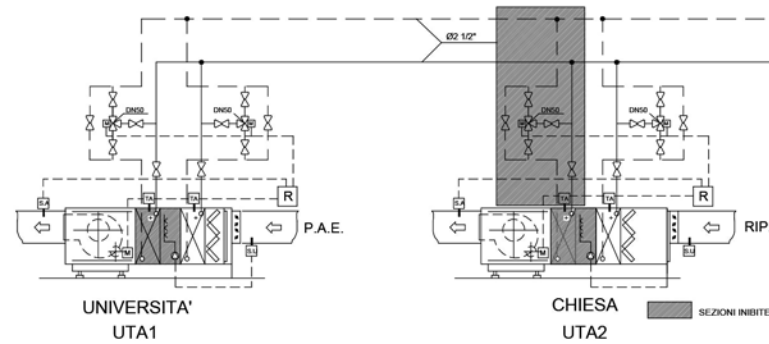
SERPENTINO ESTRAIBILE ACCIAIO INOX	
Capacita' litri	2000

LEGENDA

	VALVOLA A FLUSSO AVVIATO FLANGIATA		VALVOLA DI SICUREZZA
	VALVOLA A FLUSSO AVVIATO FILETTATA		VALVOLA DI SCARICO TERMICO
	SARACINESCA FLANGIATA		POZZETTO
	SARACINESCA FILETTATA		MANOMETRO
	FILTRO FLANGIATO		TERMOMETRO
	FILTRO FILETTATO		VALVOLA AUTOMATICA DI RIEMPIMENTO
	VALVOLA DI RITEGNO FILETTATA		VASO DI ESPANSIONE
	RUBINETTO A MASCHIO		PRESSOSTATO
	INDICATORE DI PASSAGGIO		FLUSSOSTATO
	SCARICATORE DI CONDENSA		
	VALVOLA A DUE VIE MOTORIZZATA		

PROGETTO CENTRALE TERMICA - EDIFICIO E

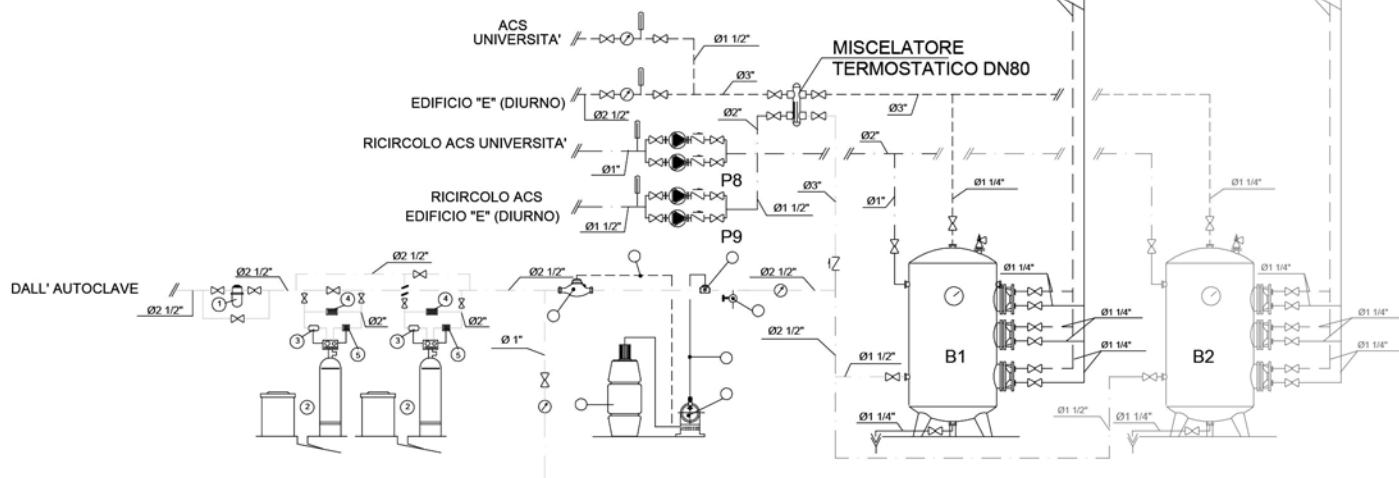
- ① Filtro autopulente a lavaggio semiautomatico per acque potabili
- ② Addolcitore a scambio di base automatico a doppia colonna
- ③ Contatore ad impulsi
- ④ Valvola miscelatrice
- ⑤ Valvola idropneumatica
- ⑥ Contatore ad impulsi attacchi
- ⑦ Pompa dosatrice
- ⑧ Serbatoio
- ⑨ Tubazione per additivi chimici
- ⑩ collegamento elettrico per impulsi contatore
- ⑪ Punto di iniezione
- ⑫ Rubinetto prelievo



CALDAIA A CONDENSAZIONE		C4
Pressione esercizio	ATE	3
Potenzialita' focolare	kW	36,3
Potenzialita' utile	kW	34,6

UTA UNIVERSITA' (in sostituzione con portata inferiore)		
Portata	mc/h	3.500
Potenza Batteria Pre- Riscald.	kW	32
Potenza Batteria Post- Riscald.	kW	11

UTA CHIESA (solo ricircolo)		
Portata	mc/h	10.000
Potenza Batteria Riscald.	kW	40

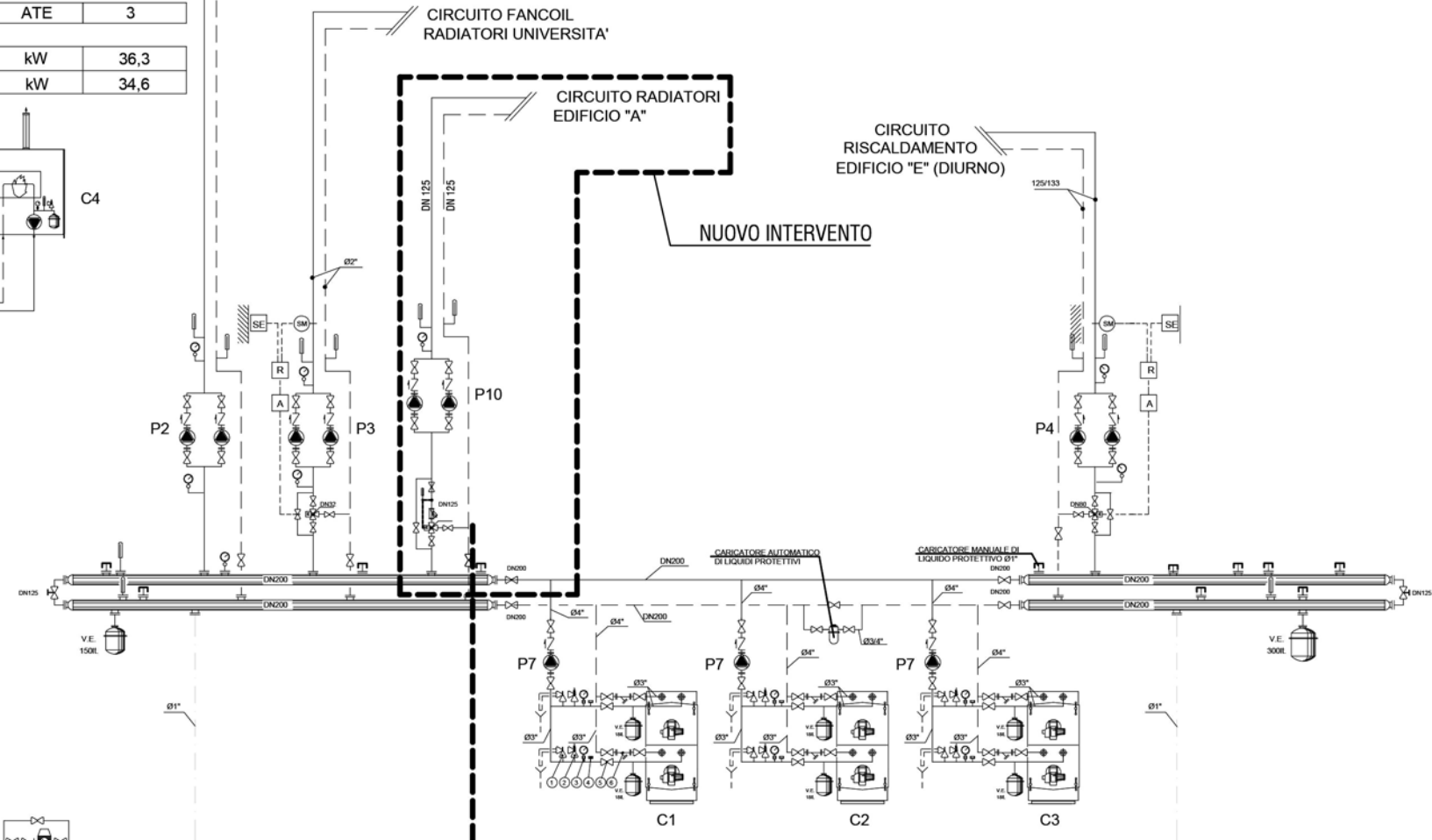


BOILER	B1	B2 (riserva)
Capacità (l)	1500	1500
SERPENTINA IN TUBO DI RAME ALETTATO mm	3 x 750	3 x 750

ELETTROPOMPE	P1	P2	P3	P4	P5	
Portata	mc/h	16	31	5,5	30	DISM
Prevalenza	kPa	40	60	50	80	
		P6	P7	P8	P9	P10
		35	1	4	49	
		60	20	58	400	

INTERVENTI:

- Eliminazione UTA 3 e UTA 4 e relativi circuiti (pompe P5 e P6)
- Chiusura presa aria esterna su UTA 2 con funzionamento a solo aria di ripresa (funzionamento a "fancoil")
- Sostituzione UTA 1 con UTA di portata pari a 3500 mc/h
- Inserimento circuito radiatori dell'Edificio A che comporta la totale dismissione della Centrale Termica a vapore
- Installazione di caldaia (C4) dedicata alla produzione di ACS, interruzione di servizio del boiler B2 (riserva) ed eliminazione del circuito da pompa P1



- ① VALVOLA DI SCARICO TERMICO
- ② VALVOLA DI SICUREZZA
- ③ MANOMETRO CON RICCILO E FLANGIA
- ④ POZZETTO
- ⑤ SARACINESCA DI CONTROLLO
- ⑥ FILTRO

LEGENDA

- ⌋ VALVOLA DI NON RITORNO
 - ⊗ VALVOLA A DUE VIE MOTORIZZATA
 - ⌋ VALVOLA DI INTERCETTAZIONE
 - ⌋ VALVOLA DI SICUREZZA
 - ⌋ VALVOLA DI SCARICO TERMICO
 - ⊙ MANOMETRO
 - ⌋ TERMOMETRO
 - ⊙ POMPA DI CIRCOLAZIONE
- ⊙ VASO DI ESPANSIONE
 - ⊙ CONTATORE ACQUA
 - ⌋ RUBINETTO A MASCHIO A DUE VIE
 - TA TERMOSTATO ANTIGELO
 - M MOTORE
 - SA SONDA AMBIENTE
 - SU SONDA UMIDITA
 - R REGOLATORE

SISTEMA DI REGOLAZIONE - VALVOLA A 3 VIE/POMPE:

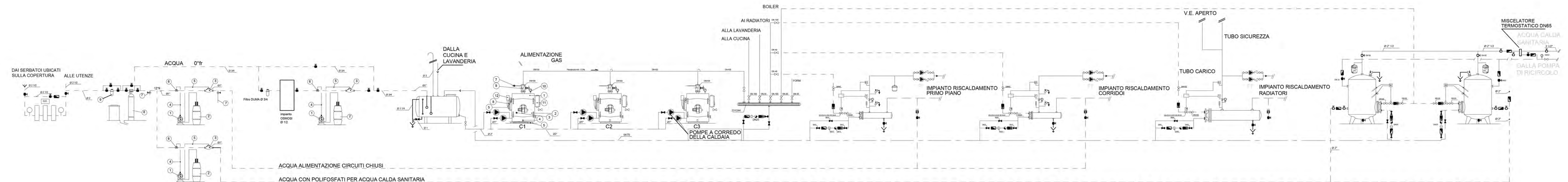
Funzionamento INVERNALE e con VRV disattivo:
Il circuito funziona a pieno regime, pompe accese.

Funzionamento ESTIVO e/o con VRV funzionante:
Regola in base alla temperatura del boiler notturno e accende/spegne pompe

ATTENZIONE: nel caso in cui si accenda la pompa P10 sarà necessario accendere tutte e tre le pompe P7 per evitare sbilanciamenti di portata.

GRUPPO TERMICO	C1	C2	C3	
Pressione esercizio	ATE	5	5	5
Focolare n° 1				
Potenzialita' focolare	kW	347,5	347,5	347,5
Potenzialita' utile	kW	315	315	315
Focolare n° 2				
Potenzialita' focolare	kW	347,5	347,5	347,5
Potenzialita' utile	kW	315	315	315

CENTRALE TERMICA STATO DI FATTO - EDIFICIO A



GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE ELETTRONICO	
Portata	mc/h 10-50
Prevalenza	h 15-30
Potenza	kW 1,6x4

IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUA	
1	POMPA DOSATRICE
2	SERBATOIO Capacità 100 lt
3	CONTATORE AD IMPULSI
4	TUBAZIONE PER ADDITIVI CHIMICI
5	COLLEGAMENTO ELETTRICO PER IMPULSI CONTATORE
6	PUNTO DI INIEZIONE
7	RUBINETTO PRELIEVO
8	ADDOLCITORE Portata 9mc/h
9	FILTRO DI SICUREZZA AUTOPULENTE SEMIAUTOMATICO

SERBATOIO	
Capacità	lt 2000

CALDAIA PER PRODUZIONE VAPORE C1	
Potenzialità nominale	kW 760
Pressione di esercizio	kPa 100
Produzione vapore	kg/h 1000

CALDAIA PER PRODUZIONE VAPORE C2	
Potenzialità nominale	kW 760
Pressione di esercizio	kPa 100
Produzione vapore	kg/h 1000

CALDAIA PER PRODUZIONE VAPORE C3	
Potenzialità nominale	kW 760
Pressione di esercizio	kPa 100
Produzione vapore	kg/h 1000

SCAMBIATORE A FASCIO TUBIERO		
Potenzialità	W	esistente
Primario Vapore	ATE	0,8
Secondario Acqua Calda	°C	70/80

SCAMBIATORE A FASCIO TUBIERO		
Potenzialità	W	esistente
Primario Vapore	ATE	0,8
Secondario Acqua Calda	°C	70/80

SCAMBIATORE A FASCIO TUBIERO		
Potenzialità	W	esistente
Primario Vapore	ATE	0,8
Secondario Acqua Calda	°C	70/80

BOILER ACCIAIO INOX	
SERPENTINO ESTRAIBILE ACCIAIO INOX	
Capacità	litri 2000

BOILER ACCIAIO INOX	
SERPENTINO ESTRAIBILE ACCIAIO INOX	
Capacità	litri 2000

LEGENDA

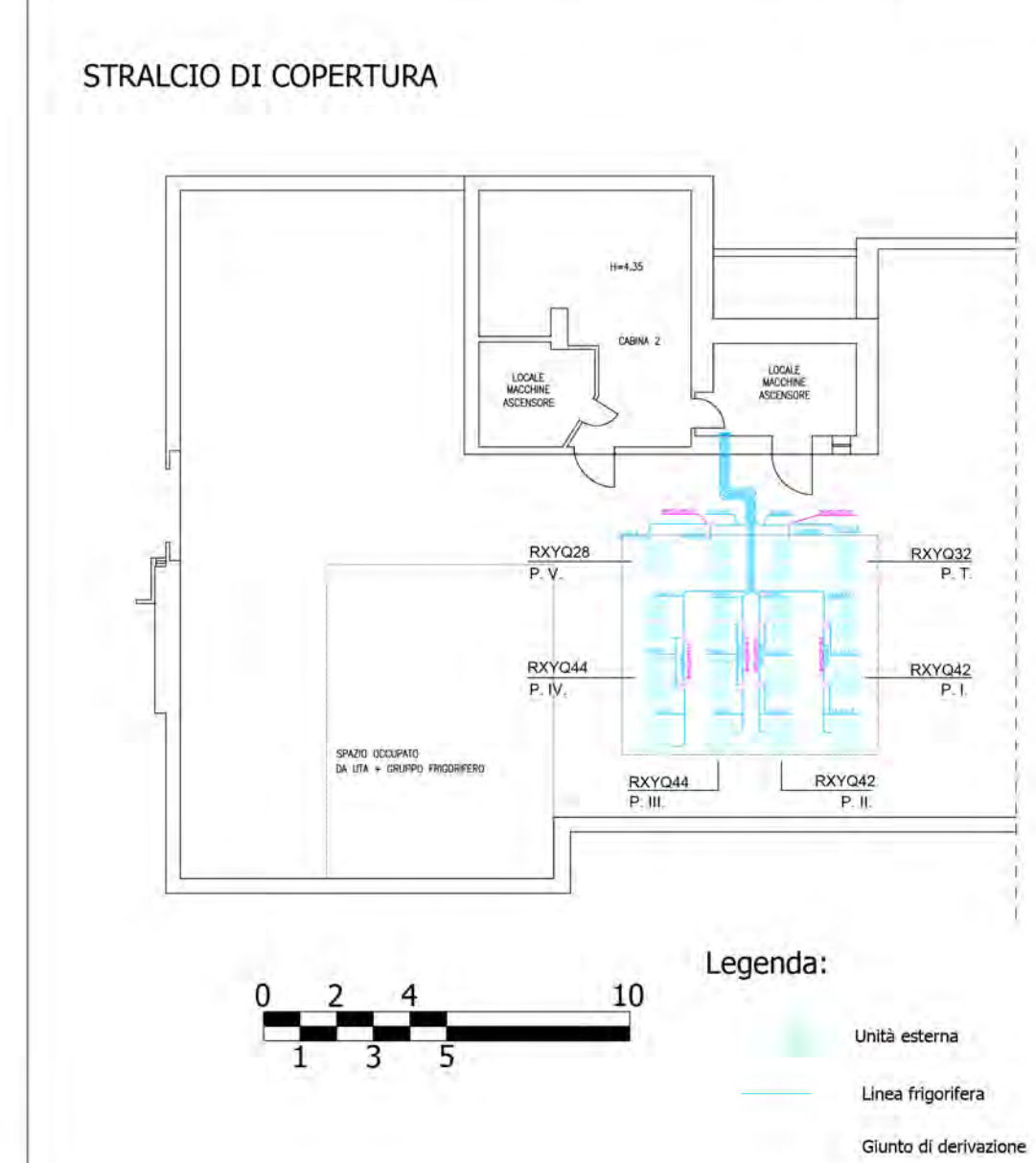
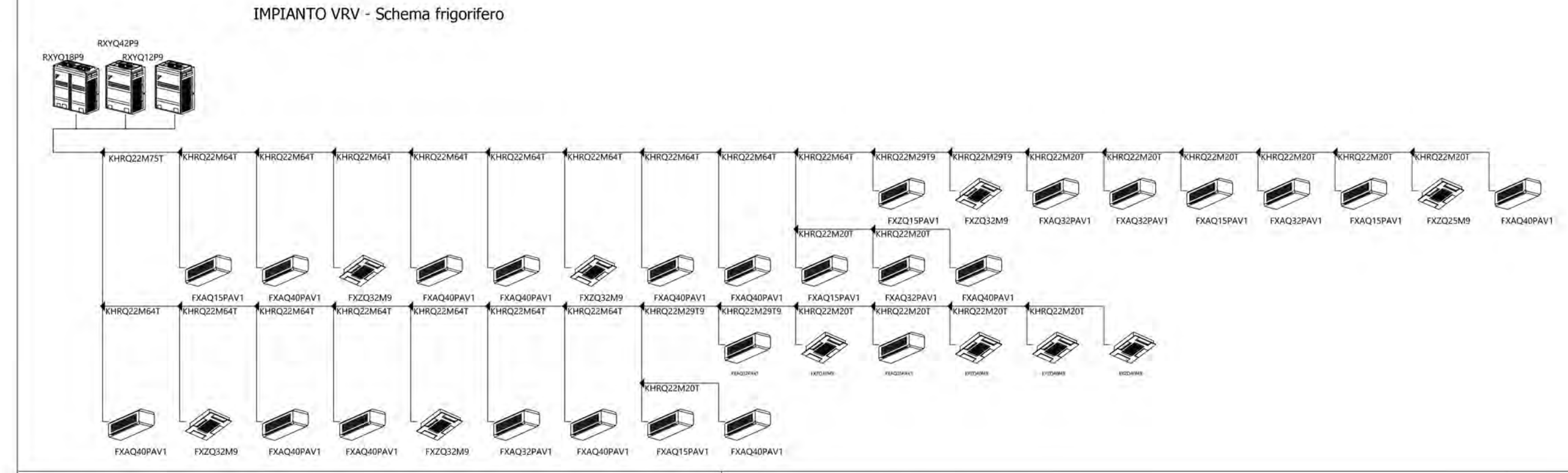
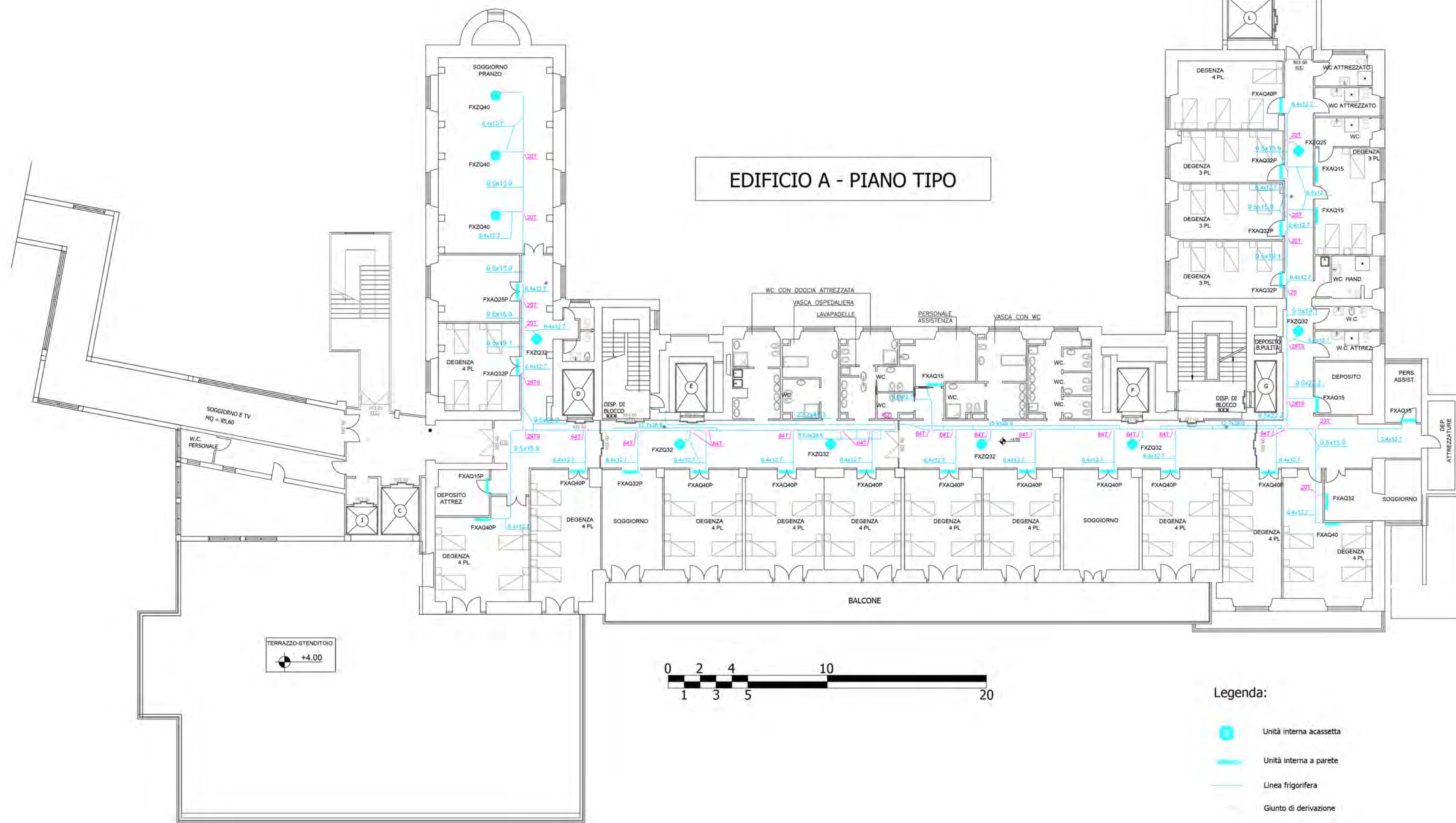
	VALVOLA A FLUSSO AVVIATO FLANGIATA		VALVOLA DI SICUREZZA
	VALVOLA A FLUSSO AVVIATO FILETTATA		VALVOLA DI SCARICO TERMICO
	SARACINESCA FLANGIATA		POZZETTO
	SARACINESCA FILETTATA		MANOMETRO
	FILTRO FLANGIATO		TERMOMETRO
	FILTRO FILETTATO		VALVOLA AUTOMATICA DI RIPIEMIMENTO
	VALVOLA DI RITEGNO FILETTATA		VASO DI ESPANSIONE
	RUBINETTO A MASCHIO		PRESSOSTATO
	INDICATORE DI PASSAGGIO		FLUSSOSTATO
	SCARICATORE DI CONDENZA		
	VALVOLA A DUE VIE MOTORIZZATA		

- 1 CORPO CALDAIA
- 2 PORTA ANTERIORE APRIBILE CON FLANGIA PER APPLICAZIONE BRUCIATORE
- 3 SPIA DI OSSERVAZIONE
- 4 ATTACCO PER SCARICO FANGHI
- 5 RUBINETTI DI PROVA LIVELLO
- 6 BASAMENTO IN PROFILATI METALLICI PER SOSTEGNO DELLA CALDAIA
- 7 VALVOLA DI SICUREZZA
- 8 INDICATORE DI LIVELLO
- 9 VALVOLA DI INTERCETTAZIONE A FLUSSO AVVIATO
- 10 MANOMETRO
- 11 QUADRO ELETTRICO GENERALE
- 12 REGOLATORE DI LIVELLO
- 13 RAMPA DI ALIMENTAZIONE GAS

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LOCALI CENTRALE TERMICA



IMPIANTO VRV - PIANO TIPO E STRALCIO DI COPERTURA



CARATTERISTICHE UNITA' INTERNE

	Modello: FXAQ15 (parete) Pot. Frigorifera: 1,5 kW Pot. Termica: 1,7 kW Pot. Ass. 30 W Dim (AxLxP): 290x795x238		Modello: FXAQ50 (parete) Pot. Frigorifera: 5,6 kW Pot. Termica: 6,3 kW Pot. Ass. 39 W Portata aria max.: 900 mc/h Dim (AxLxP): 290x1.050x238
	Modello: FXAQ20 (parete) Pot. Frigorifera: 2,2 kW Pot. Termica: 2,5 kW Pot. Ass. 30 W Portata aria max.: 450 mc/h Dim (AxLxP): 290x795x238		Modello: FXZQ32 (cassetta 4 vie) Pot. Frigorifera: 3,6 kW Pot. Termica: 4,0 kW Pot. Ass. 76 W Portata aria max.: 570 mc/h Dim (AxLxP): 286x575x575
	Modello: FXAQ25 (parete) Pot. Frigorifera: 2,8 kW Pot. Termica: 3,2 kW Pot. Ass. 34 W Portata aria max.: 480 mc/h Dim (AxLxP): 290x795x238		Modello: FXFQ40 (round flow) Pot. Frigorifera: 4,5 kW Pot. Termica: 5,0 kW Pot. Ass. 63 W Portata aria max.: 990 mc/h Dim (AxLxP): 204x840x840
	Modello: FXAQ32 (parete) Pot. Frigorifera: 3,6 kW Pot. Termica: 4,0 kW Pot. Ass. 35 W Portata aria max.: 510 mc/h Dim (AxLxP): 290x795x238		Modello: FXZQ25 (cassetta 4 vie) Pot. Frigorifera: 2,8 kW Pot. Termica: 3,2 kW Pot. Ass. 73 W Portata aria max.: 540 mc/h Dim (AxLxP): 286x575x575
	Modello: FXAQ40 (parete) Pot. Frigorifera: 4,5 kW Pot. Termica: 5,0 kW Pot. Ass. 20 W Portata aria max.: 720 mc/h Dim (AxLxP): 290x1.050x238		Modello: FXZQ15 (cassetta 4 vie) Pot. Frigorifera: 1,5 kW Pot. Termica: 1,7 kW Pot. Ass. 73 W Portata aria max.: 486 mc/h Dim (AxLxP): 286x575x575

