

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica

Tesi di Laurea Magistrale

**DIAGNOSI ENERGETICA CON SIMULAZIONE DINAMICA DI
UNA SCUOLA DELL'INFANZIA**

Relatore: Prof. Anna Stoppato

Correlatore: Ing. Anna Damian

Laureando: Giacomo Feltrin

ANNO ACCADEMICO 2015-2016

DIAGNOSI ENERGETICA CON SIMULAZIONE DINAMICA DI UNA SCUOLA DELL'INFANZIA

Ringraziamenti	8
Premessa generale	9
CAPITOLO 1 – Analisi dei consumi globali	10
1.1. La locomotiva Cinese	10
1.2. L'esplosione Indiana	11
1.3. La situazione Americana	11
1.4. La politica Europea	12
1.5. Il panorama Nazionale Italiano	13
1.6. La conferenza delle Parti (COP21) il nuovo Protocollo di Kyoto	14
1.7. Il processo di Decarbonizzazione	15
1.7.1. Il settore elettrico	15
1.7.2. L'efficienza energetica	16
1.8. Obiettivo 2°C	17
CAPITOLO 2 – Panorama Legislativo Europeo	19
2.1. Direttiva 2002/91/CE	19
2.2. Direttiva 2006/32/CE	21
2.3. Direttiva 2009/29/CE e Direttiva 2009/28/CE	22
2.4. Direttiva 2010/31/UE	23
2.5. Direttiva 2012/27/UE	24
CAPITOLO 3 – La Normativa Nazionale	25
3.1. Legge n.10 del 9 Gennaio 1991	25
3.1.1. Decreti Attuativi alla Legge 10/91	26
3.2. D.lgs. 192/2005 e D.lgs. 311/2006	27
3.2.1. Decreto Legislativo del 3 Marzo 2008, n.115	28
3.2.2. Decreto Ministeriale del 26 Giugno 2009	30
3.2.3. Decreto Legislativo del 3 Marzo 2011, n.28	31
3.2.4. Decreto Legge del 4 Giugno 2013, n.63	32
3.2.5. Decreto Legislativo del 4 Luglio 2014, n.102	34
3.3. Decreto Ministeriale del 26 Giugno 2015	36
3.3.1. Requisiti Minimi – DM 26 Giugno 2015	36
3.3.2. Relazione Tecnica – DM 26 Giugno 2015	38

3.3.3.	Certificazione Energetica – DM 26 Giugno 2015.....	38
CAPITOLO 4 –	La Normativa Regionale	42
4.1.	Regione Veneto	42
4.2.	Regione Emilia-Romagna.....	42
4.3.	Regione Piemonte	43
4.4.	Regione Valle d’Aosta.....	44
4.5.	Regione Lombardia.....	45
4.6.	Regione Trentino Alto Adige.....	47
4.7.	Regione Friuli Venezia Giulia	48
CAPITOLO 5 –	Analisi legislativa relativa alla Diagnosi energetica.....	50
5.1.	Panorama Legislativo ed Obblighi della Diagnosi Energetica	50
5.2.	Tipologie di Diagnosi Energetiche secondo le linee guida AICARR.....	54
5.2.1.	Diagnosi Leggera: I Livello	55
5.2.2.	Diagnosi Standard: II Livello	55
5.2.3.	Diagnosi Dettagliata: III Livello	56
CAPITOLO 6 –	Descrizione dei modelli di analisi energetica	57
6.1.	Analisi in Regime Stazionario e/o in Regime Semi-Stazionario	58
6.2.	Analisi in Regime Dinamico	58
6.2.1.	Descrizione del Software EnergyPlus	60
6.2.2.	Costruzione Grafica del Modello con SketchUp.....	62
6.2.3.	Interfaccia Grafica per la Simulazione con EnergyPlus	64
CAPITOLO 7 –	Caso di Studio: Diagnosi Energetica della Scuola Materna “Menegon”	68
7.1.	Inquadramento Generale dell’Edificio e del Sito.....	68
7.1.1.	Dati Tecnico-Costruttivi dell’Involucro.....	70
7.1.2.	Dati Relativi agli Impianti	82
7.1.2.1.	Sistema di Generazione per il Riscaldamento.....	82
7.1.2.2.	Sistema di Generazione per ACS	82
7.1.2.3.	Gruppi Frigo.....	83
7.1.2.4.	Sistemi per il Trattamento dell’Aria	83
7.1.2.5.	Altri Condizionatori autonomi ed Impianti tipo Split, Stufe o Scaldacqua autonomi	83
7.1.2.6.	Terminali di Erogazione dell’Energia Termica negli Ambienti.....	83
7.1.2.7.	Sistema di Regolazione.....	84
7.1.2.8.	Sistema di Distribuzione.....	84
7.1.3.	Dati di Consumo dei Vettori Energetici	84

7.1.4.	Termografia.....	85
7.1.4.1.	Analisi Termografica Esterna.....	86
7.1.4.2.	Analisi Termografica Interna.....	90
7.2.	Modellazione in regime Stazionario.....	95
7.2.1.	Risultati della Simulazione.....	95
7.2.1.1.	Fabbisogno per il Riscaldamento.....	97
7.2.1.2.	Fabbisogno per l'ACS.....	98
7.2.1.3.	Riepilogo Dispersioni Singoli Ambienti.....	98
7.2.1.4.	Dispersioni Totali.....	99
7.2.1.5.	Prestazione Energetica Globale del Fabbricato.....	99
7.2.1.6.	Prestazione Energetica degli Impianti e Consumi Stimati.....	100
7.3.	Modellazione in Regime Dinamico: Analisi e Risultati.....	101
7.3.1.	Primo Step: Costruzione Grafica del Modello.....	101
7.3.2.	Secondo Step: Inserimento Dati di Input del Modello.....	102
7.3.2.1.	Scelta del "Weather File".....	102
7.3.2.2.	Costruzione delle Stratigrafie dei vari Elementi Edilizi.....	102
7.3.2.3.	Attribuzione dei Carichi Interni e delle Temperature dei Locali.....	102
7.3.2.4.	Inserimento del Sistema HVAC.....	108
7.3.3.	Analisi dei Risultati.....	111
7.4.	Conclusioni.....	127
7.4.1.	Considerazioni Finali dei Programmi.....	127
7.4.2.	Possibili Interventi Migliorativi.....	127
7.4.2.1.	Intervento di Sostituzione del Generatore di Calore.....	128
7.4.2.2.	Intervento di Sostituzione dei Serramenti con nuovi a Taglio Termico e Vetri Tripli.....	129
7.4.2.3.	Intervento di Sostituzione delle Luci Interne ed Esterne con delle Nuove a LED.....	130
7.4.2.4.	Intervento di Applicazione di un Cappotto Esterno per tutto l'Edificio.....	131
7.4.2.5.	Classificazione Finale Post Interventi.....	132
	Conclusioni.....	133
	Normativa Tecnica.....	134
	Bibliografia.....	135
	Webgrafia.....	135

INDICE FIGURE

Fig. 1: Andamento del prezzo del petrolio al netto dell'inflazione. Fonte The New York Times	10
Fig. 2: Emissioni di CO ₂ nel mondo 1900-2012. Fonte CAIT Climate Data Explorer	11
Fig. 3: Emissioni di CO ₂ in Europa. Andamento rispetto al 1990. Fonte CAIT Climate Data Explorer	12
Fig. 4: Indice di temperatura globale dell'Oceano. Fonte NASA Goddard Institute for Space Studies	14
Fig. 5: Tonnellate di CO ₂ per abitante emesse nel 2012. Fonte CAIT Climate Data Explorer	16
Fig. 6: Energia cumulata relativa alle emissioni di CO ₂ . Fonte Next Generation	18
Fig. 7: Energia primaria utilizzata nel settore civile: utile e perdite. Fonte LGEE	19
Fig. 8: Schema di calcolo della prestazione energetica secondo la normativa tecnica europea.	23
Fig. 9: Schema panorama normativo Europeo e Nazionale sulla certificazione energetica.	41
Fig. 10: Scelta della tipologia di diagnosi in funzione del livello di dettaglio.	55
Fig. 11: Rappresentazione schematica delle diverse analisi temporali per i tipi di diagnosi.	57
Fig. 12: Esempio di temperatura esterna utilizzata in una simulazione dinamica	59
Fig. 13: Logo Software EnergyPlus	60
Fig. 14: Esempio Schermata EnergyPlus.....	61
Fig. 15: Logo Software SketchUp.....	62
Fig. 16: SketchUp, schermata iniziale.....	62
Fig. 17: Esempio Modello SketchUp con plug-in Openstudio	63
Fig. 18: Logo Software OpenStudio	64
Fig. 19: Openstudio, schermata iniziale	64
Fig. 20: Esempio Schermata "Spaces" in Openstudio	67
Fig. 21: Visione dall'alto della Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna. Fonte Google Maps.....	68
Fig. 22: Pianta della Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna.....	70
Fig. 23: Prospetto Sud ed Est della Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna	71
Fig. 24: Prospetto Nord ed Ovest della Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna.....	71
Fig. 25: Descrizione struttura Muratura Perimetrale Esterna di spessore 45 cm con cappotto esterno	72
Fig. 26: Descrizione struttura Muratura di spessore 30 cm senza cappotto esterno	73
Fig. 27: Descrizione struttura Muratura Perimetrale Esterna di spessore 32,5 cm senza cappotto esterno	73
Fig. 28: Descrizione struttura Solaio di copertura di spessore 35,6 cm isolato	74
Fig. 29: Descrizione struttura Pavimento controterra spessore 41,5 cm.....	74
Fig. 30: Descrizione struttura Serramento Salone principale, Portafinestra a due ante	75
Fig. 31: Descrizione struttura Serramento Salone principale, Vetrata.....	75
Fig. 32: Descrizione struttura Serramento Salone principale, Entrata atrio	76
Fig. 33: Descrizione struttura Serramento Classi e Mense, Portafinestra ad una anta	76
Fig. 34: Descrizione struttura Serramento edificio, Finestra esterna h=1,4 m l=1,1 m	77
Fig. 35: Descrizione struttura Serramento edificio, Finestra esterna h=0,8 m l=0,8 m	77
Fig. 36: Descrizione struttura Ponte termico ad angolo con muratura non isolata	78
Fig. 37: Descrizione struttura Ponte termico ad angolo con muratura isolata	78
Fig. 38: Descrizione struttura Ponte termico pareti interne con muratura isolata.....	78
Fig. 39: Descrizione struttura Ponte termico ad angolo invertito con muratura non isolata	79
Fig. 40: Descrizione struttura Ponte termico ad angolo invertito con muratura isolata	79
Fig. 41: Descrizione struttura Ponte termico Solaio esistente	79

Fig. 42: Descrizione struttura Ponte termico pareti interne con muratura non isolata	80
Fig. 43: Descrizione struttura Ponte termico pavimento controterra con muratura non isolata	80
Fig. 44: Descrizione struttura Ponte termico pavimento controterra con muratura isolata	80
Fig. 45: Descrizione struttura Ponte termico serramento con muratura non isolata spessore 30 cm	81
Fig. 46: Descrizione struttura Ponte termico serramento con muratura isolata spessore 30 cm	81
Fig. 47: Descrizione struttura Ponte termico serramento con muratura isolata spessore 40 cm	81
Fig. 48: Veduta esterna Scuola Materna “Menegon” di Montebelluna Fonte: Google Maps	85
Fig. 49: Immagine n° 01 della Termografia	86
Fig. 50: Immagine n° 02 della Termografia	86
Fig. 51: Immagine n° 03 della Termografia	87
Fig. 52: Immagine n° 04 della Termografia	87
Fig. 53: Immagine n° 05 della Termografia	88
Fig. 54: Immagine n° 06 della Termografia	88
Fig. 55: Immagine n° 07 della Termografia	89
Fig. 56: Immagine n° 08 della Termografia	89
Fig. 57: Immagine n° 09 della Termografia	90
Fig. 58: Immagine n° 10 della termografia	90
Fig. 59: Immagine n° 11 della Termografia	91
Fig. 60: Immagine n° 12 della Termografia	91
Fig. 61: Immagine n° 13 della Termografia	92
Fig. 62: Immagine n° 14 della Termografia	92
Fig. 63: Immagine n° 15 della Termografia	93
Fig. 64: Immagine n° 16 della Termografia	93
Fig. 65: Immagine n° 17 della Termografia	94
Fig. 66: Immagine n° 18 della Termografia	94
Fig. 67: Pianta Scuola Materna “Menegon” di Montebelluna Fonte: Software Thermus.....	95
Fig. 68: Fabbisogno di energia termica per il riscaldamento per ogni ambiente della scuola materna	96
Fig. 69: Risultati ottenuti dalla simulazione in regime stazionario della Scuola Materna “Menegon”	97
Fig. 70: Fabbisogni per il riscaldamento ottenuti dalla simulazione in regime stazionario	97
Fig. 71: Fabbisogni per l’ACS ottenuti dalla simulazione in regime stazionario.....	98
Fig. 72: Prestazione energetica globale del fabbricato	99
Fig. 73: Prestazione energetica degli impianti e consumi stimati	100
Fig. 74: Immagine modello in 3D della Scuola Materna “Menegon” disegnato con il software SketchUp	101
Fig. 75: Carichi interni dei bagni e distribuzione di essi durante la giornata	103
Fig. 76: Carichi interni della biblioteca e distribuzione di essi durante la giornata.....	104
Fig. 77: Carichi interni delle classi e distribuzione di essi durante la giornata.....	105
Fig. 78: Carichi interni dei corridoi e distribuzione di essi durante la giornata.....	105
Fig. 79: Carichi interni delle mense e distribuzione di essi durante la giornata.....	106
Fig. 80: Carichi interni del salone e distribuzione di essi durante la giornata.....	107
Fig. 81: Carichi interni dei bagni e distribuzione di essi durante la giornata	107
Fig. 82: Immagine della costruzione dell’impianto di riscaldamento dell’Asilo nel software OpenStudio.....	109
Fig. 83: Temperature di riferimento per il sistema di raffrescamento e per il sistema di riscaldamento	110

Fig. 84: Schema per l'ACS inserito nel software OpenStudio.....	110
Fig. 85: Output OpenStudio: Sommario dell'edificio simulato.....	111
Fig. 86: Output OpenStudio: Valori di riferimento dei "Design Days"	112
Fig. 87: Output OpenStudio: Consumi finali. A destra rappresentazione con un diagramma a torta	113
Fig. 88: Output OpenStudio: Consumi energetici finali. A destra rappresentazione con un diagramma a torta ..	114
Fig. 89: Output OpenStudio: Consumi energetici per il riscaldamento confrontati con le temperature esterne del luogo. Valori mensili	114
Fig. 90: Output OpenStudio: Consumi elettrici finali. A destra rappresentazione con un diagramma a torta	115
Fig. 91: Output OpenStudio: Consumi energetici finali. Valori mensili.....	116
Fig. 92: Output OpenStudio: Sommario murature presenti all'interno dell'edificio	117
Fig. 93: Output OpenStudio: Sommario Serramenti presenti nell'edificio e Trasmittanza associata.....	117
Fig. 94: Output OpenStudio: Divisione degli spazi all'interno dell'intero edificio. Rappresentazione con diagramma a torta.....	118
Fig. 95: Output OpenStudio: Riepilogo delle diverse zone dell'edificio	119
Fig. 96: Output OpenStudio: Durata in ore in vari intervalli di temperatura. Valori per ogni zona	120
Fig. 97: Output OpenStudio: Durata in ore in vari intervalli di umidità. Valori per ogni zona	121
Fig. 98: Output OpenStudio: Andamento consumo carburante per il riscaldamento in un anno	121
Fig. 99: Output OpenStudio: Andamento consumo giornaliero di combustibile per il riscaldamento.....	122
Fig. 100: Output OpenStudio: Andamento temperatura esterna. Valori giornalieri e mensili.....	122
Fig. 101: Output OpenStudio: Temperature interne giornaliere del 15/04/2016 dell'edificio.....	123
Fig. 102: Output OpenStudio: Temperature interne giornaliere del 06/07/2016 dell'edificio.....	123
Fig. 103: Output OpenStudio: Temperature dell'Aula 2 viste attraverso il software Results Viewer.....	124
Fig. 104: Output OpenStudio: Temperature della Mensa 2 viste attraverso il software Results Viewer	124
Fig. 105: Output OpenStudio: Temperature del Salone viste attraverso il software Results Viewer	125
Fig. 106: Output OpenStudio: Umidità relativa dell'Ufficio vista attraverso il software Results Viewer.....	125
Fig. 107: Output OpenStudio: Umidità relativa del Corridoio 1 vista attraverso il software Results Viewer	125
Fig. 108: Soluzione n°1: Caldaia a Condensazione a Gas Metano.....	128
Fig. 109: Soluzione n° 2: Serramenti metallici con vetri tripli	129
Fig. 110: Soluzione n° 3: Luci a LED	130
Fig. 111: Installazione cappotto esterno in polistirene espanso.....	131

INDICE TABELLE

Tab. 1: Bilancio Energetico Nazionale. Fonte Rapporto Annuale Efficienza Energetica, ENEA 2015	13
Tab. 2: Sommario delle tipologie di diagnosi	56
Tab. 3: Dati generali della struttura e principali fattori tipologici dell'involucro	68
Tab. 4: I principali parametri climatici e ambientali del comune di Montebelluna	69
Tab. 5: Temperatura medie mensili (esprese in °C) determinate in base alla norma UNI 10349	69
Tab. 6: Irradiazioni medie mensili (esprese in MJ/m ²) determinate in base alla norma UNI 10349.....	69
Tab. 7: Umidità relative medie mensili esterne (esprese in %) determinate in base alla norma UNI 10349.....	69
Tab. 8: Dati geometrici della Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna.....	70
Tab. 9: Dati Tecnici del Generatore di Calore.....	82
Tab. 10: Dati Tecnici Boiler Elettrico B1	82
Tab. 11: Dati Tecnici Boiler Elettrico B2	82
Tab. 12: Dati Tecnici Boiler Elettrico B3	83
Tab. 13: Terminali di emissione.....	83
Tab. 14: Consumi di Riscaldamento e di Elettricità della Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna	84
Tab. 15: Differenza dati climatici tra le località di Montebelluna (TV) e Istrana (TV)	102
Tab. 16: Dati generali del "Weather File" utilizzato per la simulazione dinamica	111
Tab. 17: Energia consumata dall'edificio in GJ e in funzione dei m ²	111
Tab. 18: Area riscaldata della Scuola Materna "Menegon"	111
Tab. 19: Valori di riferimento dei "Design Days" utilizzati da EnergyPlus.....	112
Tab. 20: Consumi energetici usi finali	113
Tab. 21: Superfici murature esposte nelle diverse direzioni. Percentuale di componenti vetrate sul totale.....	117
Tab. 22: Riepilogo delle diverse zone dell'edificio	118
Tab. 23: Riassunto per ogni zona dell'edificio dei consumi elettrici e di altre caratteristiche inerenti ad essi	119
Tab. 24: Resoconto finale del numero di superfici e di input contenuti nell'intero modello di simulazione	126
Tab. 25: Risparmio ottenuto con la soluzione n°1 attraverso la simulazione dinamica	128
Tab. 26: Risparmio ottenuto con la soluzione n°2 attraverso la simulazione dinamica	129
Tab. 27: Risparmio ottenuto con la soluzione n°3 attraverso la simulazione dinamica	130
Tab. 28: Risparmio ottenuto con la soluzione n°4 attraverso la simulazione dinamica	131
Tab. 29: Risparmio ottenuto unendo tutte le precedenti soluzioni attraverso la simulazione dinamica.....	132
Tab. 30: Risparmio ottenuto utilizzando le soluzioni n°1, n°3 e n°4 attraverso la simulazione dinamica	132

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare la Professoressa Stoppato per la disponibilità e la cortesia dimostratami nella stesura della tesi. Inoltre ringrazio l'ing. Damian Anna per l'occasione concessami e per essere stata sempre pronta ad aiutarmi e a darmi preziosi consigli.

Intendo ringraziare il comune di Montebelluna per avermi fornito testi e dati indispensabili per la realizzazione della tesi.

Ringrazio con affetto Papà Adriano e Mamma Renata, mia sorella Irene, i miei Nonni Tarcisio e Narcisa, la mia Alicione, zii e cugini, tutti i miei amici e il Valdobasket per il costante supporto e il grande aiuto datomi in tutto il mio percorso, fatto di momenti di difficoltà e soddisfazioni e per essermi sempre stati vicino in ogni momento in questi mesi.

A voi tutti dedico il mio lavoro.

PREMESSA GENERALE

Si definisce sistema dinamico un modello matematico che rappresenta un oggetto o un sistema con un numero finito di gradi di libertà che evolve nel tempo secondo una legge deterministica. Questi sistemi comprendono diversi ambiti, alcuni legati all'ingegneria e ai sistemi termodinamici.

È proprio a questi ultimi che si fa riferimento quando si parla di software per la simulazione dinamica degli edifici.

Il lavoro di questa tesi verte sull'analisi di un caso di studio con dei nuovi modelli di calcolo internazionali di analisi dei consumi energetici legati all'involucro, ai sistemi HVAC, all'acqua calda sanitaria, all'illuminazione e quanto altro presente all'interno della struttura in esame. Questi nuovi modelli di calcolo permettono di valutare il reale comportamento termico-dinamico del sistema costruttivo, che dipende strettamente dalla variabilità delle condizioni ambientali al contorno. In particolare, il flusso termico trasmesso attraverso l'involucro edilizio dipende sia dalle oscillazioni delle condizioni interne dell'edificio, determinate dalle modalità di occupazione e di gestione degli impianti, sia, contemporaneamente, dalle fluttuazioni delle condizioni climatiche che si verificano al suo esterno. Per determinare numericamente tali effetti, è necessario ricorrere a valutazioni di tipo dinamico. Esse considerano le condizioni climatiche come una variabile temporale, riuscendo ad evidenziare in maniera efficace e realistica l'importanza della capacità termica degli edifici sia in estate che in inverno, diagnosticando differenze di prestazioni significative rispetto ad un software di tipo stazionario.

CAPITOLO 1 – ANALISI DEI CONSUMI GLOBALI

Il 2015 è stato un anno di importanti cambiamenti dal punto di vista energetico. I prezzi del petrolio hanno registrato un forte calo, e allo stesso modo anche altri combustibili; l'area del Medio Oriente è nel bel mezzo di un turbine di incertezze dal punto di vista politico, tra battaglie per il controllo del territorio e guerre di religione che condizionano fortemente anche il panorama energetico; India e Cina controllano fette sempre più grandi del mercato economico ed energetico; e per finire alcuni cambiamenti sono arrivati anche dagli stati tecnologicamente più avanzati.



Fig. 1: Andamento del prezzo del petrolio al netto dell'inflazione. Fonte | The New York Times

1.1. La locomotiva Cinese

Come già accennato, su scala mondiale, Cina e India fanno sempre più la parte del leone nel panorama energetico. Nonostante il ruolo della Cina nel condizionare i trend energetici globali stia cambiando, in quanto il paese asiatico sta entrando in una fase del suo sviluppo meno intensivo, essa ha lo stesso un peso enorme nel panorama energetico mondiale. Rimane di gran lunga il maggior produttore e consumatore di carbone e nel 2030 è probabile che diventi il primo consumatore a livello mondiale di petrolio (superando gli Stati Uniti) e di gas, con un mercato superiore a quello dell'intera Unione Europea.

Tuttavia, dati i cambiamenti strutturali che stanno interessando la sua economia, che cerca di favorire un'espansione del terziario piuttosto che dell'industria pesante, si prevede che, per generare un'unità di PIL servirà l'85% in meno di energia rispetto agli ultimi 25 anni; inoltre è in progetto, nel 2017, che la Cina introduca una legge sulle emissioni che riguarderà il settore elettrico e l'industria pesante, contribuendo così a ridurre l'incentivo al consumo del carbone. Ad oggi, già il 50% della domanda di energia della Cina è soggetto a standard obbligatori in materia di efficienza energetica contro un misero 3% del 2005; inoltre, i continui miglioramenti di efficienza, uniti alla diffusione su larga scala di eolico, solare, idroelettrico e nucleare, porteranno ad una stabilizzazione delle emissioni di CO₂ nel paese e al raggiungimento di un loro picco intorno al 2030.

1.2. L'esplosione Indiana

D'altro canto l'India si appresta a salire al centro della scena energetica mondiale. Infatti essa, pur essendo la terza economia al mondo e il quinto paese al mondo per popolazione, rappresenta solo il 6% della domanda globale di energia, in quanto circa 240 milioni di persone sono ancora prive di accesso all'elettricità.

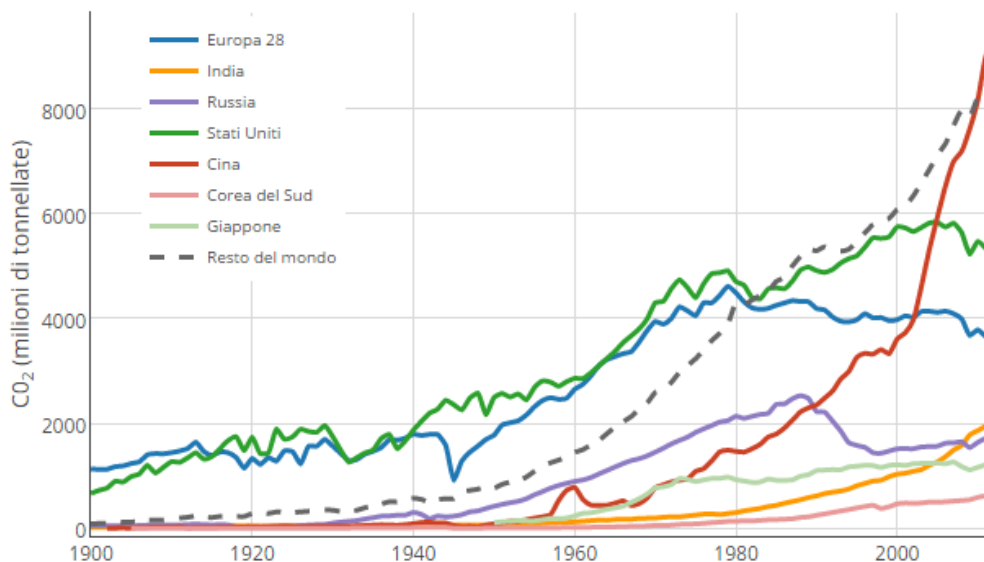


Fig. 2: Emissioni di CO₂ nel mondo 1900-2012. Fonte | CAIT Climate Data Explorer

Perciò l'India sta entrando in una fase di lunga e rapida crescita dei consumi di energia, anche grazie alle politiche volte alla modernizzazione del paese e allo sviluppo della sua base manifatturiera. La domanda di carbone per la generazione elettrica e per l'industria aumenterà, portando la sua quota al 50% circa del mix energetico totale e facendo sì che l'India diventi di gran lunga la maggior responsabile della crescita dei consumi mondiali di questa fonte, allo stesso modo anche la domanda di petrolio aumenterà più che altrove. Crescerà anche la diffusione di tecnologie a basse emissioni di carbonio; tuttavia, l'incertezza circa la velocità con cui possono essere costruite nuove grandi dighe o impianti nucleari fa sì che per arrivare al 2030 con una quota della capacità di generazione da fonti non fossili pari al 40%, sia necessario affidarsi in larga parte all'elettricità prodotta da solare ed eolico. Certamente la corsa per soddisfare il fabbisogno energetico dell'India richiederà un enorme impegno di capitali ed un'attenzione continua sulle implicazioni che ne deriveranno in termini ambientali e di sicurezza energetica.

1.3. La situazione Americana

Anche dal fronte Statunitense il 2015 è stato un anno di importanti cambiamenti. Grazie al contributo del "tight oil", essi sono diventati il primo paese produttore di petrolio, scavalcando l'Arabia Saudita e la Russia, inoltre sono divenuti anche leader produttivi di gas grazie all'aumento della produzione dello "shale gas". Tutto questo ai danni del grande rivale degli Stati Uniti, la Russia, che diventa secondo produttore mondiale di gas, e in questo anno vede invece una riduzione della propria produzione del 6,1%, per una flessione sia della domanda interna che delle esportazioni.

Entrambi i paesi inoltre sono stati colpiti dalla riduzione inaspettata del costo del petrolio e di conseguenza del gas. Il costo di un barile di greggio si aggira intorno ai 40\$, un valore impensabile fino ad un anno fa; di conseguenza la tecnica del “fracking” dalla quale si ottengono il “tight oil” e lo “shale gas” non risulta più conveniente e questo fa bacillare la sicurezza e l’intento degli Stati Uniti di riuscire a divenire indipendenti dal punto di vista energetico.

Anche per quanto riguarda la Russia il calo inaspettato del prezzo del gas, che segue normalmente il trend del petrolio, ha avuto come risultato un grosso deficit di entrate nelle casse dello stato provocando non pochi problemi di bilancio per l’ex Unione Sovietica.

1.4. La politica Europea

Per quanto riguarda l’Unione Europea ci si sta avviando verso un processo di decarbonizzazione. La Comunicazione della Commissione Europea “A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050” del marzo 2011, illustra come realizzare, in maniera economicamente sostenibile e ricorrendo a misure interne, un percorso di riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra rispetto al 1990 dell’80% nel 2050.

Per realizzare questo progetto è necessario raggiungere alcune tappe intermedie di riduzione dell’emissione di gas a effetto serra del 40% entro il 2030 e del 60% entro il 2040, sempre rispetto ai livelli del 1990.

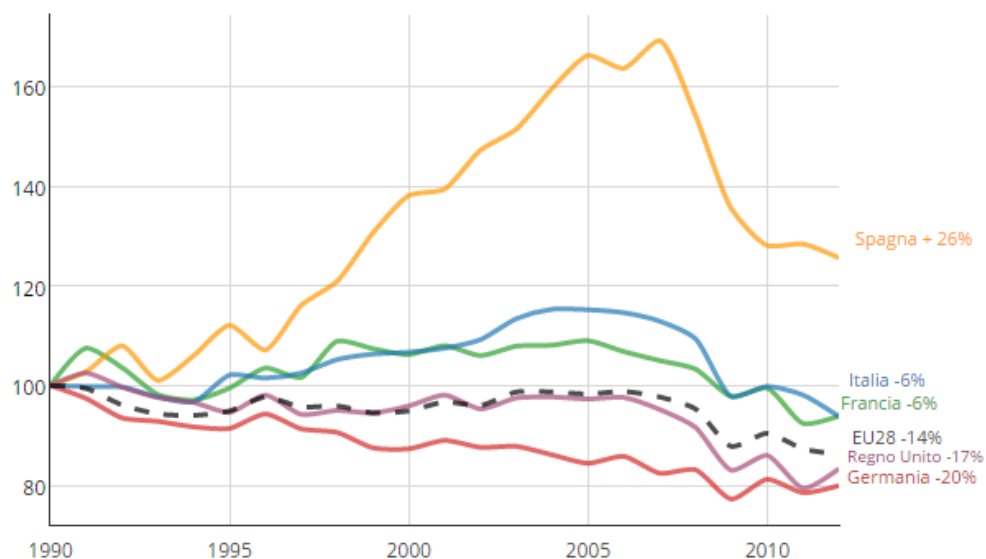


Fig. 3: Emissioni di CO₂ in Europa. Andamento rispetto al 1990. Fonte | CAIT Climate Data Explorer

Per realizzare un’economia a basse emissioni di carbonio, nei prossimi 35 anni l’UE dovrà effettuare ulteriori investimenti annuali pari all’1,5% del PIL, ovvero 270 miliardi di euro, oltre all’attuale 19% del PIL già investito. Una buona parte di tali investimenti sarà compensata da una spesa energetica per gas e petrolio meno onerosa che, secondo le stime, permetterà di risparmiare tra i 175 e i 320 miliardi di euro l’anno. Gli investimenti volti a ottenere una diminuzione delle emissioni di carbonio comporterebbero altri vantaggi come la stimolazione di nuove fonti di crescita, la salvaguardia dell’occupazione e la creazione di nuovi posti di lavoro; vedremmo inoltre ridursi l’inquinamento atmosferico e i costi sanitari ad esso connessi.

Emergono comunque una serie di elementi comuni a tutti i paesi e le principali azioni su cui si continuerà a puntare saranno:

- La crescita della domanda di energia rinnovabile;
- L'aumento dell'efficienza energetica;
- Il rafforzamento del ruolo dell'elettricità;
- La crescita degli investimenti in questi settori;
- La diminuzione del costo dei combustibili fossili.

1.5. Il panorama Nazionale Italiano

Per quanto riguarda l'Italia, la situazione energetica è la seguente:

Il bilancio energetico 2013 mostra un'ulteriore riduzione del fabbisogno energetico dovuta non soltanto al perdurare della crisi economica, ma anche all'efficace applicazione delle politiche di efficienza energetica. Infatti, nonostante una forte contrazione del PIL (-1,9% rispetto al 2012), il livello dell'intensità energetica primaria è risultato stabile (+0,05%). Il contributo delle fonti fossili al fabbisogno energetico è diminuito nel 2013; di contro, l'importanza relativa delle fonti rinnovabili è continuata a crescere. Il consumo finale di energia complessivo del 2013 è agli stessi livelli del 1997 (circa 128 Mtep), ma con una differente distribuzione: una quota maggiore per i settori del residenziale e dei servizi nel 2013 rispetto al 1997; più bassa per tutti gli altri settori. Il quadro delineato testimonia la specificità italiana rispetto alla media dei 28 paesi dell'Unione Europea, in termini sia di un consumo di gas naturale relativamente più elevato, sia di un ricorso strutturale alle importazioni di elettricità.

Disponibilità e Impieghi	Variazione percentuale 2013/2012					
	Solidi	Gas	Petrolio	Rinnovabili	En. Elettrica	Totale
Produzione	-45,0%	-10,1%	1,9%	29,4%	-	16,7%
Importazione	-13,2%	-8,5%	-8,9%	6,3%	-2,4%	-8,6%
Esportazione	-26,7%	64,0%	-18,8%	-10,3%	-4,5%	18,1%
Variazione delle scorte	-	-	-	-	-	-
Consumo interno lordo	-14,9%	-6,5%	-6,2%	27,2%	-2,2%	-1,9%
Consumi e perdite del settore energetico	-18,9%	-5,5%	-18,1%	85,7%	-2,6%	-4,2%
Trasformazioni in energia elettrica	-10,7%	-18,5%	-22,9%	19,6%	2,9%	-
Totali impieghi finali	-27,6%	-0,1%	-4,2%	60,6%	-3,2%	-1,0%
Industria	-27,8%	-1,2%	-8,3%	30,8%	-4,4%	-6,7%
Trasporti	-	7,3%	-2,0%	-6,6%	0,1%	-1,9%
Usi civili	0,0%	0,3%	-4,4%	84,4%	-2,5%	5,6%
Agricoltura	-	0,0%	-1,0%	75,0%	-4,1%	-1,4%
Usi non energetici	-19,1%	-3,0%	-9,1%	-	-	-8,8%
Bunkeraggi	-	-	-17,9%	-	-	-17,9%

Tab. 1: Bilancio Energetico Nazionale. Fonte | Rapporto Annuale Efficienza Energetica, ENEA 2015

La produzione nazionale è pari a 43,8 Mtep, con una crescita del 16,7% determinata da un notevole incremento delle fonti rinnovabili (+29,4%); le fonti tradizionali hanno registrato un calo nella produzione di gas naturale del 10,1% e soprattutto dei combustibili solidi (-45%), a fronte di una leggera crescita nella produzione di petrolio di circa il 2%. In calo le importazioni (-8,6%), con l'energia elettrica in diminuzione del 2,4% e le fonti rinnovabili in crescita del 6,3%. Anche le esportazioni diminuiscono (-

18,1%), con l'unica eccezione del gas naturale (+64%, ma a fronte di quantitativi marginali). Gli impieghi finali sono diminuiti dell'1%: da un consumo di 127,9 Mtep nel 2012 a 126,6 Mtep nel 2013. Il consumo finale cresce soltanto negli usi civili (+5,6%), in conseguenza principalmente del forte incremento delle fonti rinnovabili (+84,4%; anche in questo caso a fronte di ridotte quantità consumate). Di contro, tutti gli altri settori registrano consumi in calo: -6,7% per l'industria; -1,9% per i trasporti; -1,4% per l'agricoltura.

L'Italia è tornata ai livelli di consumo interno lordo della metà degli anni Novanta, sebbene sia diverso il mix energetico: nel 2013 il petrolio e il gas naturale hanno contribuito con circa il 33% alla domanda totale di energia, mentre nel 1997 il petrolio assorbiva il 54,4% della domanda totale. Il calo dei consumi di petrolio, sceso da 95,7 Mtep nel 1997 a 58,3 Mtep nel 2013, è stato compensato dalla crescita del gas naturale e delle fonti rinnovabili.

Rispetto a questi dati del 2013, negli ultimi anni la situazione è rimasta pressoché identica, anche se si vedono timidi segnali di ripresa dal punto di vista della richiesta energetica. È comunque ben delineato il percorso che si vuole intraprendere da ora fino al 2020.

1.6. La conferenza delle Parti (COP21) il nuovo Protocollo di Kyoto

Per concludere questo scenario, un tassello fondamentale è ricoperto dalla conferenza delle parti (COP21¹) tenutasi a Parigi lo scorso dicembre. Gli impegni assunti permettono di dare nuovo slancio alla transizione verso un sistema energetico a più bassa intensità di carbonio e più efficiente, ma senza alterare il trend di continua crescita dei fabbisogni energetici globali.

L'accordo prevede un obiettivo davvero molto ambizioso: contenere l'aumento della temperatura globale del pianeta ben al di sotto dei 2°C, perseguendo idealmente il goal di +1,5°C. Promotori di quest'obiettivo sono stati i rappresentanti delle piccole isole e degli altri stati più vulnerabili agli impatti del cambiamento climatico. Per limitare il riscaldamento a 2°C dobbiamo tagliare le emissioni di CO₂ rispetto al 2010 del 40-70% entro il 2050. Per raggiungere il target di 1,5°C il taglio deve essere più sostanziale, tra il 70% e il 95% entro il 2050.

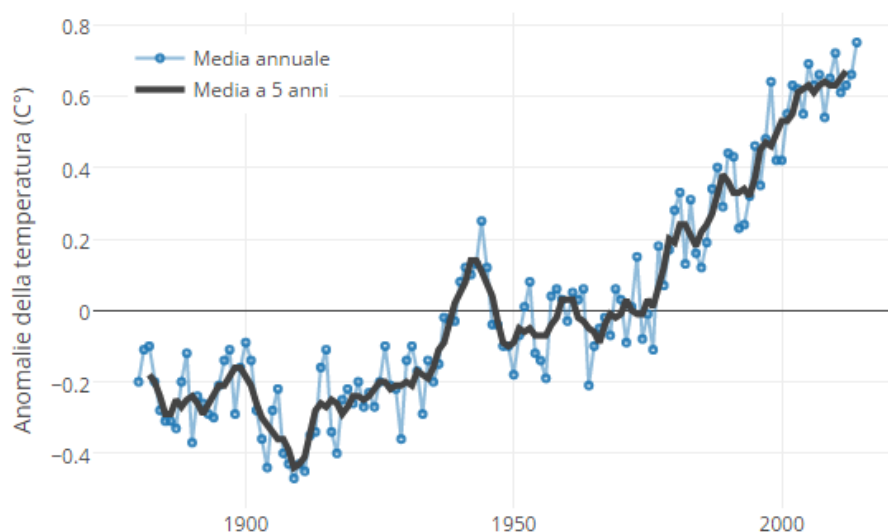


Fig. 4: Indice di temperatura globale dell'Oceano. Fonte | NASA Goddard Institute for Space Studies

¹ La Conferenza di Parigi sui cambiamenti climatici, COP 21 o CMP 11 si è tenuta a Parigi, Francia, dal 30 novembre al 12 dicembre del 2015. È stata la 21ª sessione annuale della conferenza delle parti della [Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici](#) (UNFCCC) del 1992 e la 11ª sessione della riunione delle parti del [protocollo di Kyoto](#) del 1997

L'obiettivo più ambizioso perciò è il contenimento della temperatura ben al di sotto dei 2 °C che consentirebbe di limitare significativamente i rischi e gli impatti del riscaldamento. Altro obiettivo raggiunto sono i 100 miliardi di dollari all'anno da qui al 2020 da destinare ai paesi in via di sviluppo. Infine per le emissioni nocive i piani nazionali saranno sottoposti a revisione ogni cinque anni. Il progetto di accordo prevede inoltre che le parti puntino a raggiungere il picco delle emissioni di gas serra il più presto possibile, e di proseguire con rapide riduzioni dopo quel momento per arrivare ad un equilibrio tra le emissioni da attività umane e le rimozioni di gas serra nella seconda metà di questo secolo.

Ci sono due differenze che rendono particolarmente importante questo accordo rispetto ai precedenti. La prima è l'**ampiezza**, ovvero il numero di paesi che hanno sottoscritto tale accordo, ad esempio il protocollo di Kyoto era stato firmato dai paesi che rappresentavano il 12% delle emissioni complessive, mentre l'accordo firmato a Parigi nella COP21 è stato firmato da 190 paesi che rappresentano in totale il 93% delle emissioni globali. La seconda differenza principale è l'**efficacia**; negli ultimi 40 anni le emissioni sono cresciute sempre di più, e non sono mai così tanto cresciute come negli ultimi dieci, nonostante i vent'anni di negoziati. Il negoziato di Parigi mette la fine a questa crescita e impone che al 2030 le emissioni debbano essere uguali al 2015, e questo è un aspetto di fondamentale importanza.

1.7. Il processo di Decarbonizzazione

Per decarbonizzazione si intende il processo di cambiamento del rapporto carbonio-idrogeno nelle fonti di energia. La decarbonizzazione nasce dall'osservazione della composizione delle materie prime energetiche nel corso della storia dell'uomo. La prima fonte primaria è stata senz'altro la legna, caratterizzata da un elevato rapporto carbonio-idrogeno. Per ogni atomo di idrogeno sono presenti dieci atomi di carbonio. Con l'arrivo la rivoluzione industriale di fine '700 il carbone spiazzò la legna e diventa la fonte primaria della società umana per generare calore, energia e forza vapore. Le applicazioni su scala aumentano l'impatto ambientale e creano il fenomeno dello smog e dell'inquinamento. Tuttavia, rispetto alla legna, il carbone ha soltanto due atomi di carbonio ogni atomo di idrogeno. Nel corso del novecento il petrolio fa la sua comparsa e in pochi decenni, grazie anche alla diffusione dei motori a scoppio, si affianca al carbone tra le fonti primarie di energia e si riduce ulteriormente il rapporto carbonio-idrogeno. Il petrolio ha un rapporto carbonio-idrogeno pari a 1:2, ossia per ogni atomo di carbonio esistono due atomi di idrogeno. Il lungo processo di decarbonizzazione trova la sua ultima spinta in avanti con la diffusione del gas naturale sul finire del secolo. Il rapporto carbonio-idrogeno del gas naturale è infatti pari a 1:4, il più basso tra le fonti d'energia fossile. In conclusione, ogni nuova fonte d'energia emette meno anidride carbonica (gas serra) della precedente. Dal punto di vista storico l'osservazione dei fatti rileva una tendenza delle innovazioni tecnologiche a favorire gli atomi di idrogeno rispetto a quelli di carbonio. Un fenomeno conosciuto con il nome di decarbonizzazione. Nello stesso tempo i combustibili sono divenuti meno pesanti e meno ingombranti (fenomeno della smaterializzazione). L'economia dell'idrogeno, come vettore d'energia pulito, appare pertanto come una pagina già scritta nella storia dell'uomo, a cui progressivamente l'uomo tende da molti secoli.

1.7.1. IL SETTORE ELETTRICO

Un primo percorso che si sta seguendo è quello di puntare nel settore elettrico per promuovere il processo di decarbonizzazione, infatti l'elettricità sta guadagnando terreno in molti usi finali, e si ipotizza che potrebbe arrivare a coprire circa un quarto della domanda finale di energia nel 2040; inoltre le tecnologie rinnovabili assorbiranno il 60% degli investimenti in nuove centrali che verranno realizzate da

qui al 2040. La generazione di energia da fonti rinnovabili aumenterà su scala mondiale di circa 8.300 TWh, un ammontare equivalente alla produzione attuale combinata di tutte le centrali a fonti fossili di Cina, Stati Uniti ed UE. Ne deriverà un calo della quota del carbone nel mix di generazione mondiale, il quale si pensa passerà dal 41% al 30%, mentre il gas, il nucleare e l'idroelettrico manterranno all'incirca la loro quota attuale.

Nel 2040, la generazione elettrica da fonti rinnovabili raggiungerà una quota del 50% nell'UE, del 30% circa in Cina e Giappone, e superiore al 25% negli Stati Uniti e in India, e a sua volta, il carbone arriverà a rappresentare meno del 15% della produzione elettrica al di fuori dell'Asia. Nonostante il ricorso a tecnologie più costose e l'aumento dei prezzi delle fonti fossili, l'elettricità è attesa diventare economicamente più accessibile, in proporzione al reddito, in gran parte delle regioni. Con una produzione maggiore da rinnovabili e nucleare e con centrali termoelettriche più efficienti, le emissioni di CO₂ legate alla generazione elettrica sono previste crescere ad appena un quinto del tasso al quale la potenza prodotta aumenterà da qui fino al 2040; un notevole passo avanti se si pensa che negli ultimi 25 anni questo rapporto è stato di 1 a 1 tra queste due variabili.

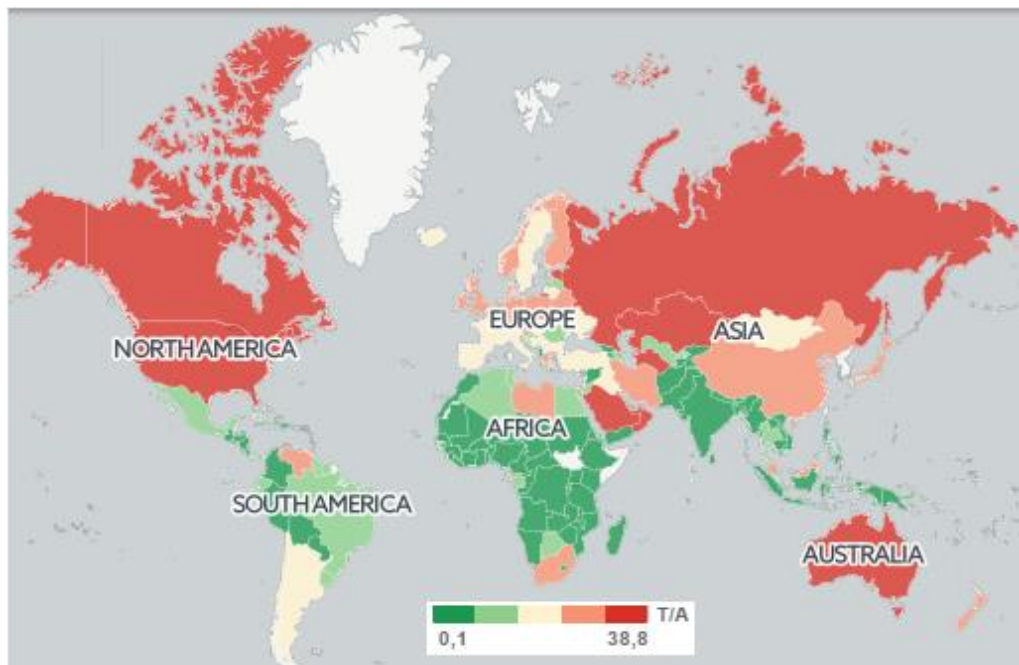


Fig. 5: Tonnellate di CO₂ per abitante emesse nel 2012. Fonte | CAIT Climate Data Explorer

Affinché queste previsioni si realizzino, fino al 2040 sarà necessario installare una capacità di generazione superiore a quella attualmente installata, mentre il suo tasso di utilizzo medio diminuirà a seguito della necessaria integrazione delle fonti rinnovabili di natura intermittente. In molti paesi, questo aspetto sta già sollevando interrogativi circa il meccanismo di mercato più appropriato per incentivare gli investimenti necessari nella generazione e nelle reti.

1.7.2. L'EFFICIENZA ENERGETICA

Allo stesso modo, l'altro aspetto su cui si sta puntando è l'efficienza energetica. Essa svolge e svolgerà un ruolo di cruciale importanza nel contenere ad un terzo l'aumento della domanda mondiale di energia al 2040, a fronte di una crescita dell'economia globale del 150%. Con l'adozione di standard obbligatori in Cina e in India (che hanno seguito le orme del Giappone, primo a introdurle), la diffusione su scala mondiale delle politiche di efficienza energetica applicate all'industria passerà dal 3% del 2005 ad un

livello superiore ad un terzo; la copertura e l'efficacia di queste misure continueranno ad aumentare lungo l'orizzonte di proiezione. Nei paesi OCSE, le misure di efficienza riducono la crescita della domanda elettrica del 60% rispetto a quanto altrimenti atteso. Tuttavia, nello scenario attuale, il potenziale di efficienza è lontano dall'essere sfruttato appieno. Si stima che l'efficienza delle nuove apparecchiature acquistate nel mondo fino al 2030 possa essere incrementata di un ulteriore 11%; questo investimento addizionale richiederebbe un costo medio per ogni unità di energia risparmiata pari a 300 dollari per tonnellata di petrolio equivalente (Tep), ben al di sotto del prezzo medio ponderato dell'energia di 1.300 \$/Tep che si dovrebbe sostenere in assenza del suddetto risparmio. Il consumo di energia da parte di camion e veicoli per il trasporto merci è attualmente regolato solo negli Stati Uniti, in Canada, in Giappone e in Cina, mentre nell'Unione Europea la sua regolazione è in fase di pianificazione. Una più ampia copertura geografica e standard più severi potrebbero ridurre del 15% la domanda di petrolio assorbita dai nuovi mezzi pesanti nel 2030. Modifiche nella progettazione dei prodotti, il riutilizzo e il riciclo ("*efficienza dei materiali*") presentano un grande potenziale di risparmio energetico. Per quanto riguarda infatti i prodotti "*energivori*" come acciaio, cemento, plastica o alluminio, un loro uso più efficiente e il riutilizzo dei materiali potrebbe consentire di risparmiare fino a due volte l'energia che si risparmierebbe unicamente mediante misure di efficienza energetica applicate ai loro processi produttivi.

Un altro aspetto che farà pendere l'ago della bilancia a favore delle tecnologie a basse emissioni di carbonio sarà la dinamica dei costi, dal momento che il petrolio e il gas diventeranno gradualmente più costosi da estrarre, mentre il costo delle rinnovabili e di tecnologie più efficienti negli usi finali continua a diminuire. I costi di produzione del petrolio e del gas sono destinati ad aumentare in quanto gli operatori saranno costretti a muoversi verso giacimenti più piccoli, più lontani o più complessi, anche se l'effetto verrà mitigato dai progressi tecnologici e dai miglioramenti dell'efficienza. Per contro, è ormai consolidato il trend di riduzione dei costi di attrezzature e apparecchi più efficienti, sia nell'energia eolica che in quella solare fotovoltaica, per le quali la tecnologia sta progredendo a ritmo sostenuto e abbondano i luoghi idonei al loro sfruttamento. Il consumo di fonti fossili continuerà a beneficiare di elevati sussidi, che nel 2014, sono ammontati su scala mondiale a 500 miliardi di dollari, cifra che sarebbe salita a 600 miliardi in assenza delle riforme avviate a partire dal 2009. Sempre nel 2014, gli incentivi elargiti per sostenere lo sviluppo delle tecnologie rinnovabili nel settore elettrico sono stati pari a 112 miliardi di dollari (a cui vanno aggiunti 23 miliardi di dollari per i biocarburanti). Le politiche governative di supporto e le relative forme di incentivazione continuano ad essere determinanti per gran parte della capacità installata, in quanto nel nostro scenario centrale solo pochi paesi impongono un prezzo significativo sull'anidride carbonica. Tuttavia, il bisogno di sussidi viene mitigato dal fatto che la diffusione di queste tecnologie sta interessando in misura crescente paesi con risorse rinnovabili di alta qualità, dalle continue riduzioni dei loro costi e dai più elevati prezzi all'ingrosso dell'energia elettrica. Un aumento dei sussidi del 50%, per un ammontare stimato di 170 miliardi di dollari al 2040, garantirà un aumento della generazione elettrica da fonti rinnovabili non idroelettriche di cinque volte. La quota delle rinnovabili non idroelettriche che risultano competitive senza bisogno di sussidi è attesa raddoppiare, portandosi ad un terzo del totale.

1.8. Obiettivo 2°C

Con l'accordo firmato dalla COP21 l'obiettivo resta ancora la soglia dei 2°C, con l'ambizione di riuscire a stare addirittura sotto 1,5°C. Perciò come incoraggiato dalla conferenza delle parti è necessario fare di più per evitare gli effetti disastrosi del cambiamento climatico. Segnali inconfutabili indicano che la

transizione energetica è in atto, ma il ritmo a cui procede non è ancora tale da consentire una duratura inversione del trend di aumento delle emissioni di CO₂. La continua decarbonizzazione della generazione elettrica non è affiancata da un altrettanto rapido cambiamento nei settori di uso finale, dove è molto più difficile e costoso sostituire il carbone e il gas nel settore industriale o il petrolio nel settore trasporti. Ne deriva che le politiche energetiche, così come formulate oggi, portano ad una crescita più lenta delle emissioni di CO₂ legate all'energia ma non al pieno disaccoppiamento tra crescita economica e declino in termini assoluti delle emissioni, che è quel che sarebbe necessario per soddisfare l'obiettivo dei 2 °C.

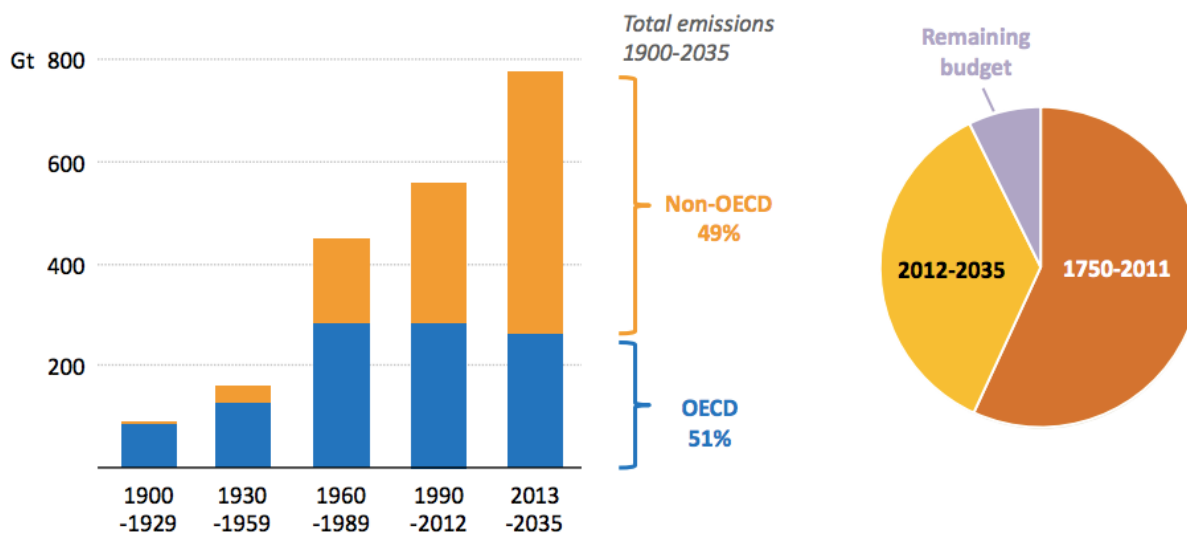


Fig. 6: Energia cumulata relativa alle emissioni di CO₂. Fonte | Next Generation

Per arrivare ad un picco delle emissioni correlate all'energia entro il 2020, che sarebbe fondamentale se si vuole che la porta dei 2 °C rimanga aperta, le linee guida da seguire saranno:

- Accrescere l'efficienza energetica nei settori industriale, residenziale e dei trasporti;
- Ridurre progressivamente l'uso delle centrali a carbone meno efficienti e impedirne la costruzione di nuove;
- Aumentare gli investimenti in tecnologie rinnovabili per il settore elettrico, portandoli da 270 miliardi di dollari nel 2014 a 400 miliardi nel 2030;
- Eliminare i rimanenti sussidi alle fonti fossili negli usi finali entro il 2030;
- Ridurre le emissioni di metano associate alla produzione di petrolio e gas.

La conclusione a cui si perviene è che il quadro entro cui si è definita una concordata azione sul clima nell'ambito della COP21 debba includere una procedura atta ad assicurare l'assunzione di impegni in materia di clima sempre più forti nel tempo, se il mondo vuole mantenere una traiettoria di emissioni coerente con l'obiettivo dei 2 gradi. Una chiara e credibile visione di un processo di decarbonizzazione di lungo termine è di cruciale importanza per fornire i giusti segnali agli investimenti e per far sì che alla base degli sforzi internazionali per combattere il cambiamento climatico vi sia un settore energetico a basse emissioni e altamente efficiente.

CAPITOLO 2 – PANORAMA LEGISLATIVO EUROPEO

Il panorama legislativo europeo si compone di una serie di direttive che servono come linea guida alle future leggi e normative dei vari paesi degli stati membri. Tali direttive sono volte a fissare le regole ed i temi di efficienza energetica, di risparmio energetico e di riduzione delle emissioni globali. Come evidenziato nel capitolo precedente, l'energia è un tema di cui molto si discute sia a livello internazionale sia a livello europeo e nazionale. I consumi energetici sono in aumento in tutto il mondo ed è ormai appurato che per cercare di arginare questi consumi bisogna puntare proprio sull'efficienza energetica. Andando a vedere i consumi settoriali del nostro Paese si vede come il settore civile (residenziale e terziario) sia il maggior responsabile dei consumi nazionali.

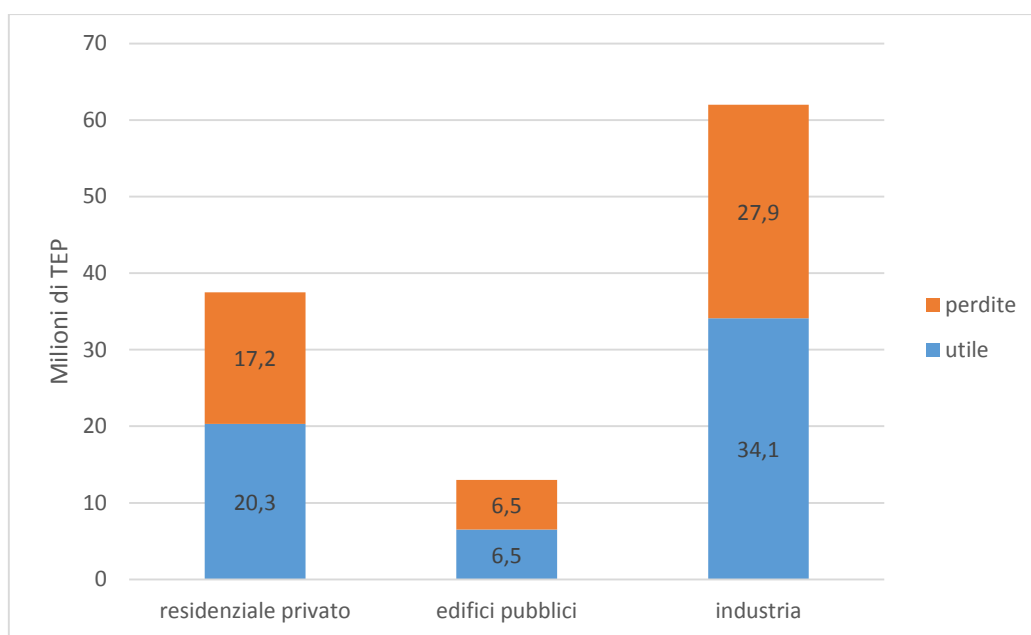


Fig. 7: Energia primaria utilizzata nel settore civile: utile e perdite. Fonte | LGEE

Entrando nel particolare del settore residenziale dal grafico sovrastante si vede come gli edifici nazionali “sprecano” molta energia. Questo spreco di energia primaria è dovuto alla cattiva gestione dell’edificio, alle scarse caratteristiche isolanti dell’involucro edilizio e alle perdite per dispersione e per ventilazione del sistema di riscaldamento. Per questo motivo il panorama legislativo europeo e nazionale negli ultimi anni si è focalizzato sull’efficienza energetica degli edifici, emanando diverse direttive a riguardo. Qui di seguito andremo ad elencarne le più importanti che si sono susseguite negli ultimi anni.

2.1. Direttiva 2002/91/CE

La dipendenza sempre più forte dalle fonti di energia esterna e l’aumento delle emissioni di gas serra ha portato la comunità europea ad adottare una serie di provvedimenti per diminuire il consumo di energia attraverso il miglioramento dell’efficienza del sistema energetico dell’edificio.

La prima direttiva elaborata dall’Unione Europea in merito alla lotta al cambiamento climatico e alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra è la **Direttiva 2002/91/CE** del dicembre 2002, anche nota come direttiva EPBD “**Energy Performance of Buildings Directive**” che è stata la più importante per

provvedimenti nel settore energetico europeo atti a realizzare gli obiettivi degli accordi internazionali, e del Protocollo di Kyoto.

Come obiettivi, all'Articolo 1, si propone di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici (responsabile del 40% di consumo dell'energia), tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne. Successivamente elenca le disposizioni contenute in essa, riguardanti:

- Il quadro generale di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico degli edifici;
- L'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione;
- L'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico per edifici di grande metratura sottoposti a importanti ristrutturazioni;
- La certificazione energetica degli edifici;
- L'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi termici negli edifici.

Il rendimento energetico sopracitato viene definito nell'Articolo 2 come *“la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi, tra gli altri, il riscaldamento, il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria, il raffrescamento, la ventilazione e l'illuminazione.”* Tale valore verrà poi inserito nell'attestato di rendimento energetico dell'edificio.

I successivi articoli impongono di adottare metodologie nazionali o regionali per il calcolo di tale rendimento attraverso la fissazione di requisiti minimi per le varie tipologie di edifici successivamente elencate.

L'Articolo 7 *“Attestato di certificazione energetica”* è la principale novità di questa direttiva. Come sarà spiegato successivamente, nonostante di certificazione energetica si parli in Italia già dalla Legge 10/91, è solo con questa direttiva europea che si inizia a considerare la certificazione energetica come un documento utile al cittadino e non più come una carta per i soli addetti ai lavori. Infatti questo attestato viene reso obbligatorio in fase di costruzione, compravendita o locazione di un edificio; inoltre esso deve essere comprensivo di dati di riferimento a norma di legge che consentano ai consumatori di valutare e confrontare il rendimento energetico dell'edificio. Tale attestato deve essere corredato di raccomandazioni per il miglioramento di tale rendimento e per quanto riguarda gli edifici pubblici deve essere affisso in un luogo ben visibile al pubblico.

Infine l'Allegato alla direttiva fornisce un quadro generale per il calcolo del rendimento energetico degli edifici. Esso deve comprendere almeno i seguenti aspetti:

- a) Caratteristiche termiche dell'edificio;
- b) Impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda;
- c) Sistema di condizionamento d'aria;
- d) Ventilazione;
- e) Impianto di illuminazione incorporato;
- f) Posizione ed orientamento degli edifici, compreso il clima esterno;
- g) Sistemi solari passivi e protezione solare;
- h) Ventilazione naturale;
- i) Qualità climatica interna, incluso il clima degli ambienti interni progettato.

Inoltre deve tener conto dei vantaggi delle seguenti opzioni:

- a) Sistemi solari attivi ed altri impianti di generazione di calore ed elettricità a partire da fonti energetiche rinnovabili;
- b) Sistemi di cogenerazione dell'elettricità;
- c) Sistemi di riscaldamento e condizionamento a distanza;
- d) Illuminazione naturale.

Il tutto classificando adeguatamente gli edifici secondo categorie, quali:

- a) Abitazioni monofamiliari di diverso tipo;
- b) Condomini;
- c) Uffici;
- d) Strutture scolastiche;
- e) Ospedali;
- f) Alberghi e ristoranti;
- g) Impianti sportivi;
- h) Esercizi commerciali per la vendita all'ingrosso o al dettaglio;
- i) Altri tipi di fabbricati impieganti energia.

2.2. Direttiva 2006/32/CE

Il 5 aprile 2006 viene emanata la **Direttiva 2006/32/CE** riguardante l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici. La direttiva si divide in quattro capi; nel Capo 1 "**Oggetti e campo d'applicazione**" con l'Articolo 1 si definisce il suo scopo, ovvero quello di rafforzare il miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia per gli stati membri creando le condizioni per lo sviluppo e la promozione di un mercato dei servizi energetici, applicandola ai fornitori di misure di miglioramento dell'efficienza energetica, ai distributori di energia, ai gestori dei sistemi di distribuzione e alle società di vendita di energia al dettaglio. Nello stesso capo vengono definiti la **diagnosi energetica** "*procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività e/o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati*" e i **certificati bianchi** "*certificato rilasciato da organismi di certificazione indipendenti attestante la veridicità delle affermazioni degli operatori di mercato che annunciano risparmi di energia grazie a misure di miglioramento dell'efficienza energetica*".

Nel Capo 2 "**Obiettivi di risparmio energetico**" l'Articolo 4 espone l'obiettivo generale ovvero conseguire un risparmio energetico pari al 9% per il nono anno di applicazione della direttiva tramite servizi energetici e altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica. Oltre a questo ogni stato membro stabilisce un obiettivo nazionale indicativo intermedio di risparmio energetico per il terzo anno di applicazione, che deve essere realistico e coerente con l'obiettivo nazionale globale. Nell'Articolo 5 "**Efficienza degli usi finali dell'energia nel settore pubblico**" si evidenzia la volontà di utilizzare il settore pubblico come esempio nazionale attraverso l'uso di misure di miglioramento dell'efficienza energetica privilegiando soluzioni che generano il maggior risparmio nel minor tempo.

Nel Capo 3 "**Promozione dell'efficienza degli usi finali dell'energia e dei servizi energetici**" all'Articolo 12 "**Diagnosi energetiche**" gli stati membri assicurano la disponibilità di sistemi di diagnosi energetica destinati ad individuare misure di miglioramento dell'efficienza energetica applicate a tutti i consumatori finali. Infine nel Capo 4 "**Disposizioni finali**" si definiscono le direttive abrogate; l'entrata in vigore della presente direttiva e i destinatari.

La Direttiva 2006/32/CE contiene inoltre l'Allegato 1 in cui viene spiegato il metodo di calcolo dell'obiettivo nazionale indicativo di risparmio energetico. Questo:

- a) Consiste nel 9% dell'ammontare medio annuo del consumo finale di energia;
- b) È misurato dopo il nono anno di applicazione della direttiva;
- c) È il risultato del cumulo dei risparmi energetici annuali conseguiti nell'intero periodo;
- d) È da conseguire tramite servizi energetici e altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica.

Altro importante allegato inserito nella direttiva è l'Allegato 3 in cui all'interno sono presenti esempi di misure di miglioramento dell'efficienza energetica ammissibili per i settori abitativo, terziario, industriale e dei trasporti.

2.3. Direttiva 2009/29/CE e Direttiva 2009/28/CE

Tre anni dopo l'Unione Europea emanò la **Direttiva 2009/29/CE**, entrata in vigore nel giugno 2009 e valida dal gennaio 2013 fino al 2020 contenente il famoso pacchetto clima-energia, denominato "**Piano 20-20-20**". Tale direttiva contiene l'insieme delle misure pensate dall'Unione Europea per il periodo successivo al termine del Protocollo di Kyoto e prevede di ridurre le emissioni di gas serra del 20%, alzare del 20% la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili e di ridurre del 20% l'utilizzo di energia primaria; il tutto entro il 2020.

Dello stesso anno è la **Direttiva 2009/28/CE** la quale con l'Articolo 1 "*Oggetto e ambito di applicazione*" vuole stabilire un quadro comune per la promozione delle fonti rinnovabili attraverso obiettivi nazionali obbligatori rispetto al consumo finale lordo di energia. Tali obiettivi saranno coerenti con il "**Piano 20-20-20**" descritto precedentemente e definiscono la quota di energia rinnovabile che ogni stato membro è obbligato a raggiungere, assicurando inoltre almeno il 10% di energia da fonti rinnovabili nel settore del trasporto.

Per il calcolo della quota, come descritto dall'Articolo 5 "*Calcolo della quota di energia da fonti rinnovabili*", si parte innanzitutto dal calcolo del consumo finale lordo di energia rinnovabile per ogni stato membro. Esso è la somma:

- Del consumo finale lordo di elettricità da fonti energetiche rinnovabili;
- Del consumo finale lordo di energia da fonti rinnovabili per il riscaldamento e il raffreddamento;
- Del consumo finale di energia da fonti energetiche rinnovabili nei trasporti.

La quota di energia da fonti rinnovabili è poi calcolata dividendo il consumo finale lordo di energia da fonti energetiche rinnovabili per il consumo finale lordo di energia da tutte le altre fonti energetiche, espressa in percentuale. Un ultimo commento a questa direttiva è da riservare all'Articolo 11 "*Regimi di sostegno comuni*" dove è data la possibilità tra due o più stati membri di decidere volontariamente di unire o coordinare parzialmente i loro regimi di sostegno, e quindi una determinata quantità di energia proveniente da fonti rinnovabili prodotta nel territorio di uno stato membro partecipante può essere computata ai fini dell'obiettivo nazionale generale di un altro stato membro partecipante.

La Direttiva 2009/28/CE comprende alcuni allegati, in particolare l'Allegato 1, in cui sono descritti gli obiettivi nazionali generali e la traiettoria indicativa da seguire per rispettare tali obiettivi. Le quote indicate sono riferite al 2005 e all'obiettivo del 2020.

2.4. Direttiva 2010/31/UE

Per quanto riguarda l'efficienza energetica degli edifici, la **Direttiva 2010/31/UE** detta anche direttiva **"Edifici a energia quasi zero"** svolge un ruolo fondamentale. Basata sulla prestazione energetica nell'edilizia, è stata emanata dal Parlamento Europeo il 19 maggio 2010. Essa promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici all'interno dell'Unione attraverso disposizioni riguardanti l'applicazione dei requisiti minimi, in più definisce il quadro generale di una metodologia per il calcolo della prestazione energetica integrata degli edifici e dà indicazioni sull'emanazione di piani nazionali destinati ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero. Questi ultimi sono definiti come *"edifici ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze"*.

La presente direttiva abroga la Direttiva 2002/91/CE mantenendone comunque i medesimi scopi ma integrandoli attraverso l'adozione di una comune metodologia di calcolo della prestazione energetica, il calcolo dei livelli ottimali in funzione di costi per i requisiti minimi di prestazione energetica e infine indicando il 31 dicembre 2020 come data ultima in cui tutti gli edifici di nuova costruzione dovranno essere ad energia quasi zero (31/12/2018 per gli edifici pubblici).

Nella parte centrale della direttiva vengono caratterizzati i requisiti minimi, e associati ai vari tipi di edifici, che sono suddivisi in:

- Edifici di nuova costruzione;
- Edifici esistenti;
- Edifici ad energia quasi zero.

Successivamente viene rivisto l'attestato di prestazione energetica e con l'Articolo 12 *"Rilascio dell'attestato di prestazione energetica"* si ne obbliga il rilascio agli edifici costruiti, venduti o locati ad un nuovo locatario. Tale obbligo è poi esteso agli edifici pubblici con metratura utile totale superiore ai 500 m² (tale soglia è abbassata a 250 m² il 9 luglio 2015).

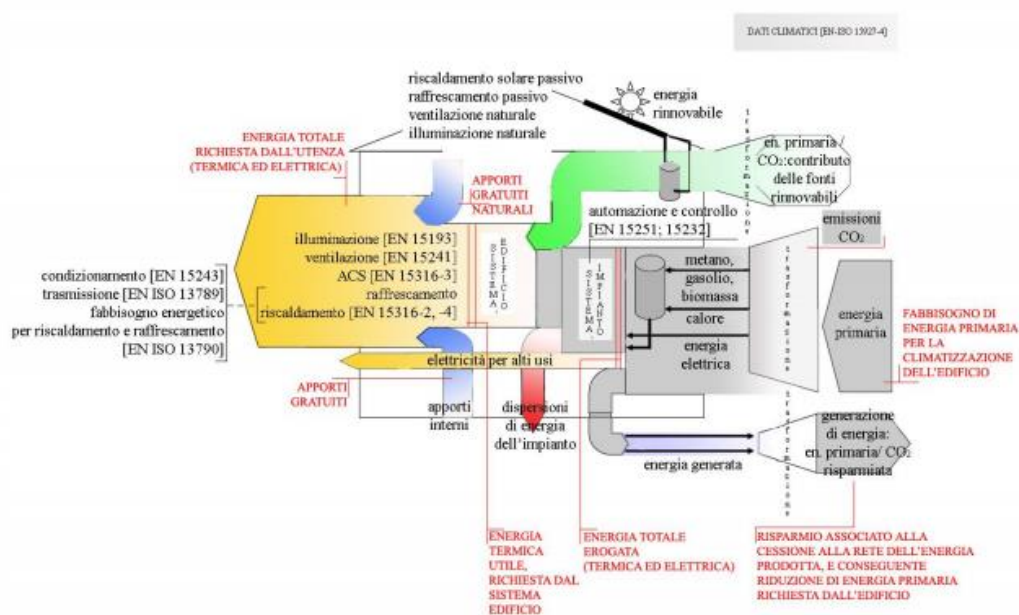


Fig. 8: Schema di calcolo della prestazione energetica secondo la normativa tecnica europea. Fonte |UNI EN 15603:2008

2.5. Direttiva 2012/27/UE

Il 14 novembre 2012 è stata pubblicata sulla gazzetta ufficiale dell'unione europea la **Direttiva 2012/27/UE** sull'efficienza energetica. Questa nuova direttiva sancisce obiettivi ambiziosi ma non irraggiungibili; modifica le precedenti direttive (2009/125/CE, relativa alla progettazione compatibile dei prodotti, 2010/30/UE, relativa all'etichettatura energetica) e abroga la Direttiva 2006/32/CE stabilendo un quadro comune per gli stati membri. I governi dovranno quindi stabilire un insieme di misure rivolte alla promozione dell'efficienza energetica al fine di raggiungere gli obiettivi del 20% di riduzione delle emissioni di CO₂ entro il 2020 ed elaborare un piano pluriennale per raggiungere questi obiettivi.

Con l'Articolo 4 "*Ristrutturazioni di immobili*" gli stati membri stabiliscono una strategia per mobilitare investimenti nella ristrutturazione di edifici sia pubblici che privati. Questo si ricollega all'Articolo 5 in cui viene chiesto di fare da punto di riferimento alla pubblica amministrazione. Un ruolo chiave è quindi attribuito alla riqualificazione di edifici pubblici, che dal 1 gennaio 2014 dovrà essere ristrutturata il 3% della superficie coperta utile totale degli edifici pubblici riscaldati e/o raffrescati aventi superficie superiore ai 500 m² (tale soglia diventerà di 250 m² a partire dal 9 luglio 2015) in modo da rispettare almeno i requisiti minimi di prestazione energetica stabiliti in applicazione dell'articolo 4 della Direttiva "*Edifici a Energia Quasi Zero*".

La seguente direttiva definisce per la prima volta **l'audit energetico**, ovvero "*una procedura sistematica finalizzata a ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati*". Questi sono svolti in maniera indipendente da esperti qualificati e/o accreditati secondo criteri di qualificazione, oppure eseguiti da autorità indipendenti conformi alla legislazione nazionale. Sottoporsi all'audit energetico è obbligatorio per tutte le grandi imprese, almeno ogni quattro anni. I criteri minimi per questi audit sono descritti nell'Allegato 6, e si basano sui seguenti orientamenti:

- a) Sono basati su dati operativi relativi al consumo di energia aggiornati, misurati e tracciabili e (per l'energia elettrica) sui profili di carico;
- b) Comprendono un esame dettagliato del profilo di consumo energetico di edifici o di gruppi di edifici, di attività o impianti industriali, ivi compreso il trasporto;
- c) Ove possibile, si basano sull'analisi del costo del ciclo di vita, invece che su semplici periodi di ammortamento, in modo da tener conto dei risparmi a lungo termine, dei valori residuali degli investimenti a lungo termine e dei tassi di sconto;
- d) Sono proporzionati e sufficientemente rappresentativi per consentire di tracciare un quadro fedele della prestazione energetica globale e di individuare in modo affidabile le opportunità di miglioramento più significative.

La direttiva introduce anche disposizioni per la creazione di strumenti finanziari per il miglioramento dell'efficienza energetica e per l'agevolazione degli interventi di efficientamento energetico degli edifici. Infine molta importanza, oltre che al miglioramento dell'efficienza energetica, viene data al controllo delle tecnologie di ultima generazione e quindi al fatto di dotare gli edifici di un sistema intelligente in grado di gestire e realizzare sinergie efficaci tra i sistemi di riscaldamento, condizionamento, ventilazione e illuminazione. Questi nuovi contatori sono d'obbligo:

- a) In caso di sostituzione del contatore esistente;
- b) In caso di nuovo allacciamento di un nuovo edificio o di importanti ristrutturazioni.

Questo è un concetto nuovo, mai espresso fino ad ora, ma fondamentale per la definizione di edificio ad energia quasi zero e per raggiungere gli obiettivi prefissati a livello europeo.

CAPITOLO 3 – LA NORMATIVA NAZIONALE

3.1. Legge n.10 del 9 Gennaio 1991

L'Italia è stata tra le prime nazioni ad occuparsi del contenimento energetico con la **Legge n.10 del 9 gennaio 1991** *“Norme 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”*.

Essa spingeva ad incentivare l'uso razionale dell'energia e il risparmio energetico negli edifici pubblici e privati con l'introduzione di limiti nel consumo di energia termica ed elettrica dipendenti dalla destinazione d'uso degli edifici stessi e dalla zona climatica di appartenenza. Per la prima volta in Europa, ha introdotto dei nuovi “strumenti” innovativi come, ad esempio, la certificazione energetica degli edifici e l'introduzione dell'obbligo di introdurre lo sfruttamento di fonti rinnovabili negli stessi.

Questa legge ha introdotto un forte cambiamento nella precedente disciplina energetica nazionale (fino ad allora vigente, come la ex L.373 del 1976 *“Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici”*, attualmente abrogata), in quanto ha sviluppato un'idea che ha preceduto quella europea di parecchi anni.

Questo atteggiamento progressista lo si vede già nell'Articolo 1 *“Finalità ed ambito di applicazione”* il quale favorisce ed incentiva l'uso razionale dell'energia attraverso il contenimento dei consumi di energia nella produzione e l'utilizzazione delle fonti rinnovabili di energia. Inoltre afferma come questo uso razionale dell'energia e il miglioramento di processi di trasformazione e di riduzione dei consumi non è un processo immediato, ma è un complesso di azioni, le quali, tutte insieme, promuovono la politica del risparmio energetico, che deve essere reputato di pubblico interesse, di pubblica utilità e considerato alla pari di altre opere dichiarate indifferibili e urgenti.

In relazione al risparmio energetico, tramite l'Articolo 19 *“Responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia”*, si identificano le grandi aziende energivore (con consumo di energia rispettivamente superiore a 10000 Tep per il settore industriale, e 1000 Tep per tutti gli altri settori) ed obbliga questi soggetti a comunicare al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato il tecnico responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia. Tale responsabile dovrà procedere alla comunicazione dei consumi annuali all'ente preposto e dovrà individuare successivamente le azioni, gli interventi e le procedure necessarie per promuovere l'uso razionale di energia. In aiuto l'ENEA provvederà a definire apposite schede informative di diagnosi energetica e di uso di risorse.

La propensione al risparmio energetico è evidente anche nell'Articolo 26 *“Progettazione, messa in opera ed esercizio di edifici e di impianti”*, in cui tutti i nuovi impianti, siano essi di edifici pubblici o privati, devono essere progettati e messi in opera in modo tale da contenere al massimo i consumi di energia termica ed elettrica; gli impianti di riscaldamento di edifici di nuova costruzione devono essere progettati e realizzati in modo tale da consentire l'adozione di sistemi di termoregolazione e di contabilizzazione del calore. Inoltre, i nuovi edifici pubblici sono obbligati a soddisfare il fabbisogno energetico favorendo il ricorso a fonti rinnovabili o comunque improntando la progettazione verso l'uso razionale dell'energia.

Di particolare interesse è l'Articolo 30 "Certificazione energetica degli edifici", che come accennato in precedenza, è stata la prima legge europea a parlarne. L'articolo esplicita il fatto che saranno emanate norme per la certificazione energetica degli edifici e inoltre individua i soggetti abilitanti alla certificazione. Altro aspetto importante è quello dell'obbligo di venire a conoscenza da parte dell'acquirente e del locatario, nei casi di compravendita o di locazione, del certificato di collaudo e della certificazione energetica; la validità temporale di quest'ultima è definita di cinque anni a partire dal momento del rilascio. Tale decreto individua tra l'altro i soggetti abilitanti alla certificazione.

3.1.1. DECRETI ATTUATIVI ALLA LEGGE 10/91

La Legge 10/91 ha avuto numerosi decreti attuativi, e perciò saranno esaminati solo i più importanti.

Il **D.P.R. del 26 agosto 1993, 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" nell'Articolo 2 suddivide il territorio nazionale in zone climatiche in funzione dei gradi giorno (GG) e quindi indipendentemente dalla zona geografica e nell'Articolo 3 classifica gli edifici in base alla loro destinazione d'uso. In più il decreto determina alcuni parametri per i requisiti e il dimensionamento degli impianti termici, in particolare:

- **Il rendimento globale medio stagionale (η_G)** rapporto fra il fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione invernale e l'energia primaria delle fonti energetiche;
- **Il rendimento di produzione medio stagionale (η_P)** rapporto tra l'energia termica utile generata ed immessa nella rete di distribuzione e l'energia primaria delle fonti energetiche;
- **Il fabbisogno energetico normalizzato (FEN)** la quantità di energia primaria globalmente richiesta nel corso della stagione di riscaldamento per mantenere negli ambienti la temperatura prefissata, con un adeguato ricambio d'aria, diviso per il volume riscaldato ed i gradi giorno della località;

Per edifici di nuova costruzione o negli interventi di ristrutturazione devono essere verificati i seguenti requisiti:

- Il rendimento medio stagionale dell'impianto termico deve risultare superiore ad un valore limite minimo imposto ($\eta_G > \eta_{G,LIM}$);
- Il fabbisogno energetico normalizzato del sistema deve risultare inferiore ad un limite imposto ($FEN < FEN_{LIM}$).

Lo stesso decreto fornisce utili indicazioni per quanto riguarda il rendimento minimo dei generatori di calore e i valori limite del fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale.

L'altro decreto attuativo degno di nota è il **D.P.R. 21 dicembre 1999, n.511** "Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n.412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia". Questo modifica alcuni articoli del decreto attuativo precedentemente descritto. Le modifiche interessano principalmente l'Articolo 5 e l'Articolo 11 del decreto 412/93 in cui nel primo vengono inserite precisazioni sullo scarico dei fumi, sull'installazione dei generatori di calore e sulla coibentazione degli impianti; sul secondo invece vengono definite le disposizioni riguardo il responsabile dell'esercizio, della manutenzione e del controllo degli impianti termici installati nell'edificio.

Con l'articolo 19 invece viene istituito un catasto degli impianti termici e vengono apportate altre modifiche agli allegati del decreto 412/93.

3.2. D.lgs. 192/2005 e D.lgs. 311/2006

Nel 2005 entra in vigore il **Decreto Legislativo n.192 del 19 agosto 2005** "*Norme 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*" (attuazione della direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio) che introduce le metodologie di calcolo del fabbisogno energetico di un edificio, i requisiti minimi, le modalità di certificazione energetica e stabilisce i criteri e le condizioni atti a migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo delle fonti rinnovabili contribuendo a conseguire gli obiettivi di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra richiesti dal protocollo di Kyoto. Qui di seguito vengono analizzati i suoi articoli più importanti.

Nell'Articolo 3 "*Ambito di intervento*" vengono identificati i fabbricati interessati a tale decreto, che sono tutti gli edifici di nuova costruzione e gli edifici oggetto di ristrutturazione. In quest'ultimo caso sono previsti diversi gradi di applicazione:

- a) Un'applicazione integrale a tutto l'edificio nel caso di:
 - 1) Ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 m²;
 - 2) Demolizione o ricostruzione in manutenzione straordinaria di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 m²;
- b) Un'applicazione limitata al solo ampliamento dell'edificio, nel caso lo stesso risulti superiore al 20% dell'intero edificio esistente in termini di volume;
- c) Un'applicazione limitata al rispetto di specifici parametri, livelli prestazionali e prescrizioni, nel caso di interventi su edifici esistenti, quali:
 - 1) Ristrutturazioni totali o parziali e manutenzione straordinaria dell'involucro edilizio;
 - 2) Nuova installazione di impianti termici in edifici esistenti o ristrutturazione degli stessi impianti;
 - 3) Sostituzione dei generatori di calore.

Nello stesso articolo poi, vengono esclusi dall'applicazione del presente decreto gli immobili ricadenti nell'ambito del codice dei beni culturali e del paesaggio, i fabbricati industriali, artigianali e agricoli non residenziali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze di processo e infine i fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore a 50 m².

Nell'Articolo 4 "*Adozione di criteri generali, di una metodologia di calcolo e requisiti della prestazione energetica*" sono definiti i criteri generali, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi finalizzati al contenimento dei consumi di energia e al raggiungimento degli obiettivi disciplinando la progettazione, l'installazione e l'esercizio degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici. Nello stesso sono definiti anche i requisiti professionali e i criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti a cui affidare la certificazione energetica degli edifici; i requisiti minimi verranno poi rivisti e aggiornati ogni cinque anni.

Con l'Articolo 6 "*Certificazione energetica degli edifici di nuova costruzione*" prende finalmente forma e si individuano tutta una serie di parametri e grandezze atte a definire la bontà del sistema edificio-impianto di una unità immobiliare nelle sue più diverse configurazioni.

Questo obbliga, entro un anno dalla data di entrata in vigore del decreto, a dotare gli edifici evidenziati all'articolo 3 di un attestato di certificazione energetica redatto secondo i criteri dell'articolo 4 e che verrà poi allegato in caso di compravendita dell'intero immobile. Tale attestato ha durata di dieci anni a partire dal suo rilascio e comprende i dati relativi all'efficienza energetica propri dell'edificio, i valori vigenti a norma di legge e quelli di riferimento, che consentono ai cittadini di valutare e confrontare la prestazione energetica dell'edificio; inoltre sono scritti alcuni suggerimenti con i possibili interventi maggiormente significativi, e dal punto di vista economico più vantaggiosi per il miglioramento delle prestazioni.

Per gli edifici pubblici con metratura utile superiore ai 1000 m² è imposto l'obbligo di affissione del certificato energetico in luogo visibile al pubblico.

Dal 1 febbraio 2007 questi temi vengono modificati dal **Decreto Legislativo n.311 del 29 dicembre 2006** *“Disposizioni correttive e integrative al decreto 19/08/05 n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia”*, in cui vengono ulteriormente specificati gli ambiti di applicabilità della legge. La principale novità introdotta, rispetto alle leggi precedenti, è stata quella di aver previsto un metodo di calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio che però non considerasse solo la componente dell'involucro (muri, isolamento, serramenti ecc.) ma anche la componente impiantistica del fabbricato.

Lo stesso D. Lgs. 311/06 con l'Articolo 4 *“Modifiche all'articolo 9 del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192”* obbliga le regioni e le province autonome ad attuare un programma di sensibilizzazione e riqualificazione energetica del parco immobiliare sviluppando alcuni aspetti, tra i quali quello di realizzare diagnosi energetiche per gli edifici a più bassa efficienza. Questo aspetto è fondamentale in quanto è la prima volta che si parla di diagnosi energetica di un edificio. La diagnosi energetica è definita come segue: *“procedura sistematica volta a fornire una adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività e/o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi – benefici e riferire in merito ai risultati”*.

Infine con l'Articolo 8 *“Modifiche agli allegati tecnici del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192”* vengono apportate modifiche in particolare nell'Allegato C, in qui sono modificate le tabelle dei valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale di tutti gli edifici. Nello stesso viene modificata anche la trasmittanza termica di pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno.

3.2.1. DECRETO LEGISLATIVO DEL 3 MARZO 2008, N.115

Il Decreto Legislativo 115/08 *“Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE”* come anticipato dal nome attua la direttiva europea 2006/32/CE e applica un quadro di misure volte al miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia sotto il profilo costi e benefici in modo da ottenere una riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

Per tali finalità, il presente decreto, definisce gli obiettivi, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale necessari per eliminare le barriere che ostacolano un efficiente uso finale di energia, inoltre crea le condizioni per lo sviluppo e la promozione di un mercato dei servizi energetici per il miglioramento dell'efficienza energetica agli utenti finali.

Gli obiettivi nazionali di risparmio energetico sono individuati dalla direttiva 2006/32/CE, e il decreto, con l'Articolo 4 nomina l'ENEA come agenzia per il coordinamento e il monitoraggio del quadro istituito dal presente decreto. Le funzioni dell'ENEA sono:

- Supportare il Ministro dello sviluppo economico e le regioni ai fini del controllo generale e della supervisione dell'attuazione del quadro istituito;
- Provvedere alla verifica e al monitoraggio dei progetti realizzati e delle misure adottate;
- Predisporre, conformemente alla direttiva 2006/32/CE, proposte tecniche per la definizione dei metodi per la misurazione e la verifica del risparmio energetico ai fini della verifica del conseguimento degli obiettivi nazionali;
- Svolgere supporto tecnico-scientifico per lo Stato, le regioni e gli enti locali;
- Assicurare l'informazione a cittadini, imprese e pubblica amministrazione sugli strumenti per il risparmio energetico.

Particolare importanza viene data al settore pubblico. Nell'Articolo 12 *"Efficienza energetica nel settore pubblico"* e nell'Articolo 13 *"Edilizia pubblica"* viene obbligata la pubblica amministrazione ad applicare le disposizioni contenute nel decreto, che consistono:

- a) Nel ricorrere agli strumenti finanziari per il risparmio energetico per la realizzazione degli interventi di riqualificazione che prevedono una riduzione dei consumi di energia misurabile e predeterminata;
- b) Nelle diagnosi energetiche degli edifici pubblici o ad uso pubblico, in caso di interventi di ristrutturazione degli impianti termici, compresa la sostituzione dei generatori o di ristrutturazioni edilizie che riguardino almeno il 15% della superficie esterna dell'involucro edilizio;
- c) Nelle certificazioni energetiche degli edifici pubblici o ad uso pubblico, nel caso in cui la metratura utile totale supera i 1000 m² e l'affissione dell'attestato in un luogo visibile al pubblico.

Infine degno di nota è l'Articolo 16 *"Qualificazione dei fornitori e dei servizi energetici"* in cui allo scopo di promuovere un processo di incremento del livello di qualità e competenza tecnica per i fornitori di servizi energetici è approvata una procedura di certificazione volontaria per le ESCO e per gli esperti in gestione dell'energia. Per motivi di obiettività e attendibilità invece, viene eseguita la stessa procedura anche per le diagnosi energetiche.

Le metodologie di calcolo e requisiti dei soggetti per l'esecuzione delle diagnosi energetiche e la certificazione energetica degli edifici sono contenute nell'Allegato 3 del presente decreto. In tale allegato si adotta come norma tecnica nazionale la UNITS 11300 (Parte 1° e 2°) per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici. Inoltre ai fini dell'attività di certificazione energetica, sono abilitati come soggetti certificatori i tecnici abilitati. La definizione è la seguente: *"Si definisce tecnico abilitato un tecnico operante sia in veste di dipendente di enti ed organismi pubblici o di società di servizi pubbliche o private (comprese le società di ingegneria) che di professionista libero od associato, iscritto ai relativi ordini e collegi professionali, ed abilitato all'esercizio della professione relativa alla progettazione di edifici ed impianti, asserviti agli edifici stessi, nell'ambito delle competenze ad esso attribuite dalla legislazione vigente"*. Ai soli fini della certificazione energetica, sono tecnici abilitati anche i soggetti in possesso di titoli di studio tecnico scientifici, individuati in ambito territoriale da regioni e province autonome, e abilitati dalle predette amministrazioni a seguito di specifici corsi di formazione per la certificazione energetica degli edifici con superamento di esami finale.

3.2.2. DECRETO MINISTERIALE DEL 26 GIUGNO 2009

Il Decreto Ministeriale del 26 giugno 2009 *“Le linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici e gli strumenti di raccordo e cooperazione tra lo Stato e le Regioni”*, porta altre modifiche al decreto legislativo 192/05. Per un’applicazione omogenea e coordinata della certificazione energetica degli edifici su tutto il territorio nazionale, il presente decreto definisce le linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici e gli strumenti di raccordo e cooperazione tra lo Stato e le Regioni. Le linee guida sulla certificazione energetica inserite in questo decreto sono dirette alle regioni o alle province autonome che non si siano ancora allineate alla direttiva europea 2002/91/CE; a quelle che si sono invece allineate, suggerisce di adottare misure atte a favorire un graduale ravvicinamento dei propri strumenti regionali di certificazione energetica degli edifici alle linee guida nazionali. Queste ultime infatti rappresentano il primo strumento che vuole allinearsi alle richieste delle varie norme europee in ambito di classificazione energetica degli edifici, sia per i vari indicatori di prestazione energetica e sia per le metodologie di calcolo caratterizzate dalle norme UNITS 11300 (parte 1° e 2°).

Nell’Articolo 4 vengono descritti gli elementi essenziali del sistema di certificazione energetica, ovvero:

- a) I dati informativi che debbono essere contenuti nell’attestato di certificazione energetica, compresi i dati relativi all’efficienza energetica dell’edificio;
- b) I valori vigenti a norma di legge e i valori di riferimento;
- c) Le norme tecniche di riferimento, conformi a quelle sviluppate in ambito europeo e nazionale;
- d) Le metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici, compresi i metodi semplificati finalizzati a minimizzare gli oneri a carico dei cittadini;
- e) La validità temporale massima dell’attestato;
- f) Le prestazioni relative all’aggiornamento dell’attestato in relazione ad ogni intervento che migliori la prestazione energetica dell’edificio;
- g) I requisiti professionali e i criteri per assicurare la qualificazione e l’indipendenza dei soggetti preposti alla certificazione energetica degli edifici.

Al fine di garantire la promozione di adeguati livelli di qualità dei servizi di certificazione in conformità alla direttiva 2002/91/CE sono riportate linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici negli allegati del presente decreto, nello specifico:

- **Allegato A:** Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici;
- **Allegato B:** Norme tecniche di riferimento;
- **Allegato 1:** Indicazioni per il calcolo della prestazione energetica di edifici non dotati di impianto di climatizzazione invernale e/o di produzione di acqua calda sanitaria;
- **Allegato 2:** Schema di procedura semplificata per la determinazione dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale dell'edificio;
- **Allegato 3:** Tabella riepilogativa sull'utilizzo delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche in relazione agli edifici interessati e ai servizi energetici da valutare ai fini della certificazione energetica;
- **Allegato 4:** Sistema di classificazione nazionale concernente la climatizzazione invernale degli edifici e la produzione di acqua calda sanitaria;
- **Allegato 5:** Attestato di qualificazione energetica Edifici residenziali;
- **Allegato 6:** Attestato di certificazione energetica Edifici residenziali;
- **Allegato 7:** Attestato di certificazione energetica Edifici non residenziali.

3.2.3. DECRETO LEGISLATIVO DEL 3 MARZO 2011, N.28

Il **Decreto legislativo del 3 marzo 2011, 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”* entra in vigore due anni dopo del precedente. Esso definisce gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale necessari per il raggiungimento degli obiettivi fino al 2020 in materia di quota complessiva di energia da fonti rinnovabili, in funzione del consumo finale lordo di energia e di quota di energia da fonti rinnovabili nei trasporti.

Nell’Articolo 3 *“Obiettivi nazionali”* viene stabilito che:

1. La quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia da conseguire nel 2020 è pari al 17%;
2. Nell’ambito dell’obiettivo soprastante, la quota di energia da fonti rinnovabili in tutte le forme di trasporto dovrà essere nel 2020 pari ad almeno il 10% del consumo finale di energia nel settore dei trasporti;

Il presente decreto all’Articolo 11 *“Obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione e negli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni rilevanti”* obbliga i progetti di edifici di nuova costruzione ed i progetti di ristrutturazioni rilevanti degli edifici esistenti all’utilizzo di fonti rinnovabili per la copertura dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento secondo i principi minimi inseriti nell’Allegato 3.

Infine il decreto Lgs 28/11 modifica il precedente decreto Lgs 192/05, infatti, per quanto riguarda la certificazione energetica, obbliga i contratti di compravendita e di locazione di edifici a contenere una clausola con la quale gli acquirenti danno atto di aver ricevuto le informazioni e la documentazione in ordine alla certificazione energetica; inoltre gli annunci commerciali di vendita devono riportare ben evidenziato l’indice di prestazione energetica contenuto nell’ACE.

Un ultimo articolo da menzionare è l’Articolo 30 *“Misure in materia di efficienza energetica”* dove vengono elencati alcuni interventi nei settori energetici al fine di conseguire gli obiettivi congiunti di sviluppo delle fonti rinnovabili e promozione dell’efficienza energetica.

Gli interventi proposti sono i seguenti:

- i. Diffusione di automezzi elettrici, a gas naturale e a GPL;
- ii. Interventi nel settore informatico con particolare riguardo all’utilizzo di server/servizi remoti anche virtuali;
- iii. Illuminazione efficiente con particolare riguardo all’illuminazione pubblica a LED e al terziario;
- iv. Misure di efficientamento nel settore dell’impiantistica industriale;
- v. Misure di efficientamento nel settore della distribuzione idrica;
- vi. Risparmio di energia nei sistemi di telecomunicazioni e uso delle tecnologie delle comunicazioni ai fini del risparmio energetico;
- vii. Recupero di energia;
- viii. Apparecchiature ad alta efficienza per il settore residenziale, terziario e industriale, quali ad esempio gruppi frigo, unità trattamento aria, pompe di calore, elettrodomestici anche dotati di etichetta energetica.

Come accennato in precedenza, l’Allegato 3 specifica che nel caso di edifici nuovi o edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e

realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e delle seguenti percentuali della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento:

- a) Il 20% quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013;
- b) Il 35% quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016;
- c) Il 50% quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è rilasciato dal 1° gennaio 2017.

3.2.4. DECRETO LEGGE DEL 4 GIUGNO 2013, N.63

Un'altra modifica sostanziale al D. Lgs. n.192/2005 avviene con il **Decreto Legge del 4 giugno 2013, n.63** *“Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale”*.

Con l'Articolo 1 *“Modificazioni all'articolo 1 del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192”* vengono cambiate le finalità, puntando sulla promozione al miglioramento della prestazione energetica degli edifici e alla definizione di criteri e modalità per:

- a) Migliorare le prestazioni energetiche degli edifici;
- b) Favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici;
- c) Sostenere la diversificazione energetica;
- d) Promuovere la competitività dell'industria nazionale attraverso lo sviluppo tecnologico;
- e) Coniugare le opportunità offerte dagli obiettivi di efficienza energetica con lo sviluppo del settore delle costruzioni e dell'occupazione;
- f) Conseguire gli obiettivi nazionali in materia energetica e ambientale;
- g) Razionalizzare le procedure nazionali e territoriali per l'attuazione delle normative energetiche al fine di ridurre i costi complessivi, per la pubblica amministrazione e per i cittadini e per le imprese;
- h) Applicare in modo omogeneo e integrato la normativa su tutto il territorio nazionale.

Tale decreto inoltre apporta modifiche ad alcune definizioni e con l'Articolo 3 *“Modificazioni all'articolo 3 del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192”* applica il decreto all'edilizia pubblica e privata e disciplina la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici e i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici soggetti a:

1. Nuova costruzione;
2. Ristrutturazioni importanti;
3. Riqualificazione energetica.

Il presente decreto aggiunge informazioni in materia di edifici a energia quasi zero. Impone infatti a partire dal 31 dicembre 2018 agli immobili pubblici di nuova costruzione di essere ad energia quasi zero (dal 1° gennaio 2021 la disposizione viene applicata a tutti gli edifici di nuova costruzione). Nello stesso ambito verrà poi istituito un piano d'azione per aumentare gli edifici ad energia quasi zero; piano che comprende tra l'altro i seguenti elementi:

- L'applicazione della definizione di edifici a energia quasi zero alle diverse tipologie di edifici e indicatori numerici del consumo di energia primaria, espresso in kWh/m² anno;
- Le politiche e le misure finanziarie o di altro tipo previste per promuovere gli edifici a energia quasi zero, comprese le informazioni relative alle misure nazionali previste per l'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici, in attuazione della direttiva 2009/28/CE;
- L'individuazione, sulla base dell'analisi costi-benefici sul costo di vita economico, di casi specifici per i quali non si applica la definizione di edificio a energia quasi zero;
- Gli obiettivi intermedi di miglioramento della prestazione energetica degli edifici di nuova costruzione entro il 2015.

Infine con l'Articolo 6 *“Modificazioni al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, in materia di attestato di prestazione energetica, rilascio e affissione”* vengono inserite importanti novità riguardanti la certificazione energetica, che così diventerà un documento fondamentale e imprescindibile per un edificio. Tra le novità, quella di rispettare i seguenti criteri e contenuti:

- a) La previsione di metodologie di calcolo semplificate, da rendere disponibili per gli edifici caratterizzati da ridotte dimensioni e prestazioni energetiche di modesta qualità, finalizzate a ridurre i costi a carico dei cittadini;
- b) La definizione di un attestato di prestazione energetica che comprende tutti i dati relativi all'efficienza energetica dell'edificio che consentano ai cittadini di valutare e confrontare edifici diversi. Tra tali dati sono obbligatori:
 - 1) La prestazione energetica globale dell'edificio sia in termini di energia primaria totale che di energia primaria non rinnovabile, attraverso i rispettivi indici;
 - 2) La classe energetica determinata attraverso l'indice di prestazione energetica globale dell'edificio, espresso in energia primaria non rinnovabile;
 - 3) La qualità energetica del fabbricato a contenere i consumi energetici per il riscaldamento e il raffrescamento, attraverso gli indici di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale ed estiva dell'edificio;
 - 4) I valori di riferimento, quali i requisiti minimi di efficienza energetica vigenti a norma di legge;
 - 5) Le emissioni di anidride carbonica;
 - 6) L'energia esportata;
 - 7) Le raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica dell'edificio con le proposte degli interventi più significativi ed economicamente convenienti, separando la previsione di interventi di ristrutturazione importanti da quelli di riqualificazione energetica;
 - 8) Le informazioni correlate al miglioramento della prestazione energetica, quali diagnosi e incentivi di carattere finanziario;
- c) La definizione di uno schema di annuncio di vendita o locazione, per esposizione nelle agenzie immobiliari, che renda uniformi le informazioni sulla qualità energetica degli edifici fornite ai cittadini;
- d) La definizione di un sistema informativo comune per tutto il territorio nazionale, di utilizzo obbligatorio per le regioni e le province autonome, che comprenda la gestione di un catasto degli edifici, degli attestati di prestazione energetica e dei relativi controlli pubblici.

3.2.5. DECRETO LEGISLATIVO DEL 4 LUGLIO 2014, N.102

La finalità del seguente decreto *“Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE”* è di stabilire un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'efficienza energetica, che concorrono all'obiettivo nazionale di risparmio energetico, ovvero nella riduzione entro il 2020 di 20 milioni di Tep dei consumi di energia primaria conteggiati a partire dal 2010.

Per avvicinarsi all'obiettivo nell'Articolo 4 *“Promozione dell'efficienza energetica negli edifici”* il decreto obbliga l'ENEA ad elaborare una proposta di interventi di medio-lungo termine per il miglioramento della prestazione energetica degli immobili sia pubblici che privati comprendente almeno:

- a) Una rassegna del parco immobiliare nazionale fondata su campionamenti statistici;
- b) L'individuazione, sulla base della metodologia di cui all'articolo 5 della direttiva 2010/31/UE, degli interventi più efficaci in termini di costi, differenziati in base alla tipologia di edificio e la zona climatica;
- c) Un elenco aggiornato delle misure, esistenti e proposte, di incentivazione, di accompagnamento e di sostegno finanziario messe a disposizione da soggetti pubblici e privati per le riqualificazioni energetiche e le ristrutturazioni importanti degli edifici, corredate da esempi applicativi e dai risultati conseguiti;
- d) Un'analisi delle barriere tecniche, economiche e finanziarie che ostacolano la realizzazione di interventi di efficientamento energetico negli immobili e le misure di semplificazione e armonizzazione necessarie a ridurre costi e tempi degli interventi e attrarre nuovi investimenti;
- e) Una stima del risparmio energetico e degli ulteriori benefici conseguibili annualmente per mezzo del miglioramento dell'efficienza energetica del parco immobiliare nazionale basata sui dati storici e su previsioni del tasso di riqualificazione annuo.

Un'altra novità è inserita nell'Articolo 5 *“Miglioramento della prestazione energetica degli immobili della Pubblica Amministrazione”* prevede che a partire dal 2014 fino al 2020 gli immobili della pubblica amministrazione centrale dovranno essere sottoposti a riqualificazione energetica nella misura minima del 3% all'anno della superficie coperta utile climatizzata. In alternativa, dovranno essere realizzati interventi che comportino un risparmio energetico cumulato per lo stesso periodo di almeno 0,04 Tep. Sono esclusi dal programma gli immobili con superficie utile totale inferiore a 500 m², gli immobili appartenenti ai beni culturali, destinati a scopi di difesa nazionale e adibiti a luoghi di culto o allo svolgimento di attività religiose.

L'Articolo 8 *“Diagnosi energetiche e sistemi di gestione dell'energia”* vengono obbligate le grandi imprese, ovvero imprese che occupano più di 250 persone, il cui fatturato annuo supera i 50 milioni di euro o il cui totale di bilancio annuo supera i 43 milioni di euro, ad eseguire una diagnosi energetica nei siti produttivi localizzati sul territorio nazionale entro il 5 dicembre 2015. In questo obbligo ricadono anche le imprese a forte consumo di energia. Per la definizione di imprese a forte consumo di energia ci si rifà al Decreto Ministeriale del 5 aprile 2013 in cui sono definite come quelle imprese per le quali, nell'annualità di riferimento, si sono verificate entrambe le seguenti condizioni:

- a) Abbiamo utilizzato, per lo svolgimento della propria attività, almeno 2,4 GWh di energia elettrica oppure almeno 2,4 GWh di energia diversa dall'elettrica;
- b) Il rapporto tra il costo effettivo del quantitativo complessivo dell'energia utilizzata per lo svolgimento della propria attività, e il valore del fatturato non sia inferiore al 3%.

La diagnosi energetica deve contenere anche gli eventuali miglioramenti possibili che producono convenienza economica e beneficio ambientale, e nel caso laddove l'impresa soggetta a diagnosi sia situata in prossimità di reti di teleriscaldamento o in prossimità di impianti cogenerativi ad alto rendimento, la diagnosi deve contenere una valutazione di fattibilità tecnica derivante dall'utilizzo del calore cogenerato o dal collegamento alla rete locale di teleriscaldamento.

L'Articolo 9, prevede che per favorire il contenimento dei consumi energetici attraverso la contabilizzazione dei consumi individuali e la ripartizione delle spese in base ai consumi effettivi, il decreto stabilisce che:

- È obbligatoria l'installazione entro il 31 dicembre 2016, da parte delle imprese di fornitura del servizio, di un contatore di fornitura di calore in corrispondenza dello scambiatore di calore collegato alla rete o del punto di fornitura, qualora il riscaldamento, il raffreddamento o la fornitura di acqua calda per un edificio siano effettuati da una rete di teleriscaldamento o da un sistema di fornitura centralizzato che alimenta una pluralità di edifici;
- È obbligatoria l'installazione entro il 31 dicembre 2016, da parte delle imprese di fornitura del servizio, di contatori individuali per misurare l'effettivo consumo di calore o di raffreddamento o di acqua calda per ciascuna unità immobiliare (nella misura in cui ciò sia tecnicamente possibile, efficiente in termini di costi e proporzionato), nei condomini e negli edifici polifunzionali riforniti da una fonte di riscaldamento o raffreddamento centralizzata o da una rete di teleriscaldamento o da un sistema di fornitura centralizzato che alimenta una pluralità di edifici;
- Nei casi in cui l'uso di contatori individuali non sia tecnicamente possibile o non sia efficiente in termini di costi, si deve ricorrere all'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore individuali in corrispondenza a ciascun radiatore posto all'interno delle unità immobiliari, con esclusione di quelli situati negli spazi comuni degli edifici.

Anche la Pubblica Amministrazione deve attuare interventi di riqualificazione energetica sui propri edifici. Per la realizzazione di questi interventi le pubbliche amministrazioni centrali possono agire tramite l'intervento di una o più E.S.Co, ricorrere allo strumento del finanziamento tramite terzi ed ai contratti di rendimento energetico. Le amministrazioni possono anche usufruire ad esempio del Conto Termico o dei TEE (Certificati Bianchi). Anche se per molti può apparire un controsenso, in particolare nel caso del Conto Termico è stata introdotta la possibilità, per le Pubbliche Amministrazioni, di optare per l'erogazione dell'incentivo tramite acconti e successivi stati di avanzamento lavori.

Nel D.lgs. 102/2014 sono compresi anche degli allegati. Informazioni importanti sono indicate nell'allegato 2, in cui si elencano i criteri minimi che devono possedere per gli audit energetici:

- Basati su dati operativi aggiornati, misurati e tracciabili;
- Comprendono l'esame dettagliato del profilo di consumo energetico di edifici, attività, impianti industriali, trasporto;
- Si basano sull'analisi del costo del ciclo di vita, non sui periodi di ammortamento;
- Sono proporzionati e sufficientemente rappresentativi della situazione energetica globale in modo da individuare in modo affidabile le opportunità di miglioramento significative;
- Consentono calcoli dettagliati e convalidati per le misure proposte per poter fornire informazioni chiare sui potenziali risparmi.

Possono eseguire gli Audit:

- ISPRA solo per lo schema volontario EMAS dal 19 luglio 2016;

- Società di Servizi Energetici (E.S.Co) certificate UNI CEI 11352;
- Esperti in Gestione dell'Energia (EGE) certificati UNI CEI 11339;
- Auditor Energetici certificati secondo norme UNI CEI di prossima elaborazione (entro 15 gennaio 2015).

3.3. Decreto Ministeriale del 26 Giugno 2015

Un altro importante cambiamento per quanto riguarda la certificazione energetica è arrivato con l'emanazione del **decreto ministeriale del 26 giugno 2015**. Esso si divide in 3 parti:

1. *“Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici”;*
2. *“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 degli edifici”;*
3. *“Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 – Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici”.*

Questi decreti hanno una diversa data di entrata in vigore, il primo e il terzo entrano in vigore il 1 ottobre 2015, mentre il secondo il 16 luglio 2015. Andiamo ora ad analizzarli uno alla volta.

3.3.1. REQUISITI MINIMI – DM 26 GIUGNO 2015

Nel primo, l'Articolo 1 *“Ambito di intervento e finalità”* definisce le modalità di applicazione della metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici e anche le prescrizioni e i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche da applicare in edifici di nuova costruzione o esistenti sottoposti a ristrutturazione.

L'Articolo 3 *“Criteri e metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici”* invece determina le norme tecniche nazionali per il calcolo della prestazione energetica degli edifici, ivi incluso l'utilizzo di fonti rinnovabili. Tali norme tecniche sono:

- Raccomandazione CTI 14/2013 *“Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione dell'energia primaria e della prestazione energetica EP per la classificazione dell'edificio”;*
- UNI/TS 11300 - 1 *“Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale”;*
- UNI/TS 11300 - 2 *“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, la ventilazione e l'illuminazione”;*
- UNI/TS 11300 - 3 *“Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva”;*
- UNI/TS 11300 - 4 *“Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria”;*
- UNI EN 15193 *“Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione”.*

Lo stesso articolo suggerisce poi che altre metodologie di calcolo sono riportate nelle Linee guida nazionali nel decreto del Ministro dello sviluppo economico del 26 giugno 2009.

In questo decreto ci sono inoltre altri due articoli interessanti; l'Articolo 4 "*Criteri generali e requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici*" e l'Articolo 7 "*Strumenti di calcolo*". Il primo ci informa che i criteri generali e i requisiti della prestazione energetica per la progettazione degli edifici e per l'installazione degli impianti sono fissati dalla Legge 10/91, dal D.P.R. 26 agosto 1993, n.412 e successive modificazioni, nonché dalle ulteriori disposizioni dell'Allegato 1 del presente decreto. Il secondo informa come il CTI è incaricato di predisporre lo strumento nazionale di riferimento sulla cui base fornire la dichiarazione; inoltre specifica come altri strumenti di calcolo e software commerciali per l'applicazione delle metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici debbano garantire valori con uno scostamento massimo del 5% rispetto ai corrispondenti parametri determinati con lo strumento di riferimento.

Come scritto in precedenza tale decreto contiene anche diversi allegati ed appendici che qui di seguito andremo ad analizzare.

L'Allegato 1 "*Criteri generali e requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici*" è diviso in cinque capitoli:

- 1) **Quadro comune generale per il calcolo della prestazione energetica degli edifici e per la loro classificazione in base alla destinazione d'uso:** Specifica cosa rappresenta la prestazione energetica e ne analizza i modi e i metodi per una corretta compilazione, definendo cosa è possibile considerare e cosa invece no. In più classifica le varie tipologie di edificio raggruppandoli in "edifici di nuova costruzione" e in "soggetti a ristrutturazioni importanti o riqualificazioni", questi ultimi suddividendoli ulteriormente in "ristrutturazioni importanti" e "riqualificazioni energetiche". Agli edifici di nuova costruzione sono assimilabili gli edifici sottoposti a demolizione e ricostruzione o l'ampliamento di edifici esistenti con la nuova porzione superiore al 15% di quello esistente o comunque superiore a 500 m². Per ristrutturazioni importanti di primo livello l'intervento deve interessare l'involucro con un incidenza superiore al 50% e comprendere la ristrutturazione dell'impianto termico. Le ristrutturazioni importanti di secondo livello invece interessano l'involucro edilizio con un incidenza superiore al 25% e può interessare l'impianto termico. Infine si definiscono riqualificazioni energetiche i casi non riconducibili alle due situazioni appena descritte, ma che comunque hanno un impatto sulla prestazione energetica dell'edificio (interventi che coinvolgono una superficie minore del 25%).
- 2) **Prescrizioni comuni per gli edifici di nuova costruzione, gli edifici oggetto di ristrutturazioni importanti o gli edifici sottoposti a riqualificazione energetica:** In esso si definiscono gli ambiti di applicazione, che sono le varie tipologie di edificio in precedenza elencate, e le prescrizioni generali a cui tutti questi edifici devono sottostare; quindi, ad esempio, per le strutture opache verificare l'assenza di muffe o condensa oppure, per le coperture, l'utilizzo di materiali con determinate caratteristiche atte a limitare i fabbisogni energetici dell'edificio. Altre prescrizioni vengono fatte per le installazioni di generatori di calore a biomassa, per gli impianti termici e impianti di micro cogenerazione.
- 3) **Requisiti e prescrizioni specifici per edifici di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazioni importanti di primo livello. Requisiti degli edifici a energia quasi zero:** Definisce le prescrizioni specifiche per questi edifici indicando le dotazioni necessarie per i vari tipi di impianti (climatizzazione invernale, impianti termici). Successivamente poi si definiscono anche i requisiti specifici che questi edifici devono avere per poter essere a norma. Tali requisiti devono essere confrontati poi con quelli dell'edificio di riferimento che si trovano nelle varie appendici del decreto stesso. Infine in questo capitolo viene definito cosa è, e che cosa deve rispettare un edificio, per essere definito come "edificio ad energia quasi zero".

- 4) **Requisiti e prescrizioni specifici per edifici soggetti a ristrutturazioni importanti di secondo livello:** Anche in questo caso come sopra vengono definiti requisiti e prescrizioni, con particolare attenzione all'involucro dell'edificio interessato alla ristrutturazione in cui bisogna verificare anche il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione delle unità di superficie disperdente.
- 5) **Requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici esistenti sottoposti a riqualificazione energetica:** Nell'ultimo capitolo si tratta dei requisiti necessari all'involucro (valori di trasmittanza termica) per la riqualificazione degli impianti termici in cui vengono analizzati anche gli impianti per la climatizzazione invernale, estiva, impianti tecnologici idrico sanitari, impianti di illuminazione e di ventilazione.
- Un particolare aspetto di questo ultimo capitolo riguarda il caso di ristrutturazione o nuova installazione di impianti termici con potenza termica nominale del generatore maggiore o uguale a 100 kW, in cui deve essere realizzata una diagnosi energetica dell'edificio e dell'impianto che metta a confronto le diverse tecnologie e le diverse soluzioni impiantistiche.

Dello stesso decreto poi fanno parte l'Allegato 2 in cui sono riportate le normative di riferimento, l'Appendice A in cui sono definiti i parametri dell'edificio di riferimento e l'Appendice B in cui sono inseriti i requisiti specifici per gli edifici soggetti a riqualificazione energetica.

3.3.2. RELAZIONE TECNICA – DM 26 GIUGNO 2015

Il secondo decreto del 26 giugno 2015 si riferisce alla relazione tecnica di progetto. Nell'Articolo 1 "Ambito di intervento e finalità" specifica come il presente decreto definisca gli schemi e le modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto in funzione delle diverse tipologie: nuove costruzioni, ristrutturazioni importanti e interventi di riqualificazione energetica. Negli allegati poi sono inserite le relazioni tecniche, che nello specifico sono rispettivamente:

- Nell'Allegato 1 la relazione tecnica per nuove costruzioni, ristrutturazioni importanti di primo livello ed edifici ad energia quasi zero;
- Nell'Allegato 2 la relazione tecnica per edifici soggetti a riqualificazione energetica e ristrutturazioni importanti di secondo livello. Costruzioni esistenti con riqualificazione dell'involucro edilizio e di impianti termici;
- Nell'Allegato 3 la relazione tecnica per edifici soggetti a riqualificazione energetica degli impianti tecnici.

3.3.3. CERTIFICAZIONE ENERGETICA – DM 26 GIUGNO 2015

L'ultimo invece *"Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 – Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici"* si riferisce appunto alla certificazione energetica.

In particolare l'Articolo 1 "Finalità e campo di applicazione" pone come finalità quella di favorire l'applicazione omogenea e coordinata dell'attestato di prestazione energetica (APE) degli edifici e delle unità immobiliari su tutto il territorio nazionale definendo inoltre le Linee guida nazionali per l'attestazione della prestazione energetica degli edifici. Allo stesso modo vengono definiti gli strumenti di raccordo e cooperazione tra Stato e regioni e la realizzazione di un sistema informativo comune per tutto il territorio per la gestione di un catasto nazionale degli attestati di prestazione energetica.

Le Linee guida vengono poi esplicate nell'Articolo 3 "*Linee guida nazionali per l'attestazione della prestazione energetica degli edifici*" che prevedono:

- Metodologie di calcolo per gli edifici di ridotte dimensioni e prestazioni energetiche di modesta qualità finalizzate per ridurre i costi a carico dei cittadini;
- Il format di APE comprendente tutti i dati relativi all'efficienza energetica dell'edificio e all'utilizzo delle fonti rinnovabili nello stesso;
- Lo schema di annuncio di vendita o locazione che renda uniformi le informazioni sulla qualità energetica degli edifici fornite ai cittadini;
- La definizione del sistema informativo comune per tutto il territorio nazionale (SIAPE).

Il seguente articolo inoltre informa le regioni e le province autonome che abbiano già adottato propri strumenti di attestazione della prestazione energetica ad allinearsi entro due anni alle Linee guida nazionali.

L'Articolo successivo, ovvero l'Articolo 4 "*Elementi essenziali e disposizioni minime comuni del sistema nazionale e regionale di attestazione della prestazione energetica degli edifici*" stabilisce gli elementi essenziali del sistema di attestazione, i quali, qui di seguito, sono elencati:

- Le informazioni che sono obbligatorie nell'APE, compresi i dati relativi all'efficienza energetica;
- Le norme tecniche di riferimento;
- Le procedure e i metodi di calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Inoltre attribuisce all'APE una validità temporale massima di dieci anni a partire dal suo rilascio e un obbligo di aggiornamento ad ogni intervento di ristrutturazione o riqualificazione che riguardi elementi edilizi o impianti tecnici in maniera tale da modificare la classe energetica dell'edificio. L'Articolo 4 è poi importante perché stabilisce che l'APE deve essere redatto da un soggetto abilitato, (che dovrà effettuare almeno un sopralluogo presso l'edificio) e che deve riportare obbligatoriamente:

- a) La prestazione energetica globale sia in termini di energia primaria totale che di energia primaria non rinnovabile;
- b) La classe energetica;
- c) La qualità energetica del fabbricato;
- d) I requisiti minimi di efficienza energetica vigenti a norma di legge;
- e) Le emissioni di anidride carbonica;
- f) L'energia esportata;
- g) Le raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica con le proposte degli interventi più significativi.

Nel caso poi di offerta di vendita o di locazione i corrispondenti annunci riporteranno gli indici di prestazione energetica dell'involucro e globale dell'edificio e la classe energetica corrispondente.

Anche nel terzo decreto sono inseriti ulteriori documenti. L'Allegato 1 "*Linee guida nazionali per l'attestazione della prestazione energetica degli edifici*" definisce il sistema di attestazione della prestazione energetica degli edifici (APE), comprendente i criteri generali, le metodologie di calcolo, la classificazione degli edifici, le procedure amministrative, i format e le norme per il monitoraggio e i controlli della regolarità tecnica amministrativa. Andiamo ad analizzarle nel dettaglio.

La prima parte dell'allegato si riferisce alla prestazione energetica, essa è espressa attraverso l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile $EP_{gl,nren}$ che tiene conto del fabbisogno di energia non

rinnovabile totale ed è espresso in kWh/m²anno. Nell'APE poi è importante che siano anche riportati l'EP_H e l'EP_C rispettivamente gli indici di prestazione energetica della climatizzazione invernale ed estiva. Viene poi anche evidenziato come l'involucro dell'edificio rappresenti l'elemento che è soggetto a maggior criticità e quindi l'APE dedica particolare attenzione alla prestazione energetica di tale elemento. Lo stesso allegato, sempre nella prima parte, fa una distinzione tra procedure e metodi. Le prime contemplano le attività di reperimento e di scelta dei dati di ingresso, di applicazione del corretto metodo di calcolo, di espressione degli indici di prestazione energetica e di individuazione degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica; mentre i secondi sono gli algoritmi utilizzati per calcolare gli indicatori numerici di prestazione energetica richiesti.

Inoltre specifica che le procedure possono essere di due tipi:

- **Procedura di calcolo di progetto o di calcolo standardizzato:** prevede la valutazione della prestazione energetica a partire dal clima, dall'uso dell'edificio e dalle caratteristiche dell'edificio e degli impianti. Solitamente si applica a edifici di nuova costruzione;
- **Procedura di calcolo da rilievo sull'edificio:** prevede la valutazione della prestazione energetica a partire dai dati in ingresso rilevati direttamente sull'edificio. Solitamente applicata a edifici non sottoposti a ristrutturazione importante.

Allo stesso modo anche i metodi di calcolo possono essere di due tipi:

- **Metodo di calcolo di progetto:** applicabile a tutte le tipologie edilizie, sia per edifici nuovi che per edifici esistenti indipendentemente dalla dimensione;
- **Metodo di calcolo da rilievo sull'edificio:** di cui ci sono due possibili opzioni, il rilievo in sito (realizzabile con l'ausilio di adeguate strumentazioni) e il metodo semplificato (utilizzabile per edifici con superfici utili minori o uguali a 200 m²).

Per l'applicazione di tali metodi è possibile avvalersi di software che garantiscono valori che si discostano al massimo del 5% rispetto ai parametri determinati con lo strumento nazionale di riferimento.

Passando poi alla parte centrale di questo allegato, si parla per della classificazione degli immobili in funzione della prestazione energetica. Questa metodologia è stata adottata per raggiungere gli obiettivi posti dalla direttiva 2010/31/UE. Rispetto alla preesistente normativa sono state introdotte diverse novità per contribuire a rendere di più facile intuizione le carenze energetiche dell'edificio. Una prima modifica è rappresentata dalla classe energetica, determinata sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio EP_{gl,nren}. Tale classificazione è suddivisa in 10 livelli come si può notare dalla figura sottostante.

La scala delle classi è definita a partire dal valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento, il quale è dotato di elementi edilizi e impianti standard con requisiti minimi di legge in vigore dal 1 gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1 gennaio 2021 per tutti gli altri. Questo valore rappresenta il limite di separazione tra la classe B e la A1.

La comparazione con l'edificio di riferimento si effettua perché riferirsi ad una tecnologia standard permette di valorizzare l'utilizzo di tecnologie più efficienti in termini energetici, dando riscontro di tali scelte nella classe energetica raggiunta.

Nella parte finale dell'allegato viene fatto un riepilogo generale sulla procedura della prestazione energetica, quindi i passaggi fondamentali sono:

1. Esecuzione di un rilievo in sito, con determinazione dell'indice di prestazione energetica dell'immobile ed eventuale redazione di una diagnosi energetica per l'individuazione degli interventi di riqualificazione energetica convenienti;
2. Classificazione dell'edificio in funzione degli indici di prestazione energetica;
3. Rilascio dell'attestato di prestazione energetica.

Per finire l'allegato definisce il servizio di attestazione della prestazione energetica, ovvero ciò che essa deve comprendere, differenziando poi i vari servizi per edifici di nuova costruzione ed edifici esistenti. Per i primi c'è l'obbligo di comprendere la valutazione della prestazione energetica dell'edificio, i controlli in cantiere nei momenti più significativi e una verifica finale; per fabbricati esistenti invece l'attestazione deve comprendere l'attività di raccolta dei dati di base necessari e la verifica di completezza dei dati messi a disposizione del cliente.

Quest'ultimo decreto oltre all'Allegato 1 appena descritto comprende le appendici A, B, C e D.

Nell'Appendice A sono definiti i casi di esclusione dall'obbligo di dotazione dell'APE, che sono:

- a) I fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore a 50 m²;
- b) Edifici industriali e artigianali quando gli ambienti sono riscaldati o raffreddati per esigenze di processo;
- c) Edifici agricoli o rurali non residenziali e sprovvisti di climatizzazione;
- d) Edifici che non risultano compresi nelle categorie di edifici classificati sulla base destinazione d'uso di cui all'articolo 3, D.P.R. 26/8/1993, n.412 in cui non è previsto l'installazione di sistemi tecnici;
- e) Edifici adibiti a luoghi di culto;
- f) I ruderi;
- g) I fabbricati in costruzione per i quali non si disponga di agibilità al momento dell'acquisto;
- h) I manufatti non riconducibili alla definizione di edificio.

Le appendici B, C e D contengono rispettivamente il format di attestato di prestazione energetica (APE), il format di indicatore per gli annunci commerciali e il format di attestato di qualificazione energetica.

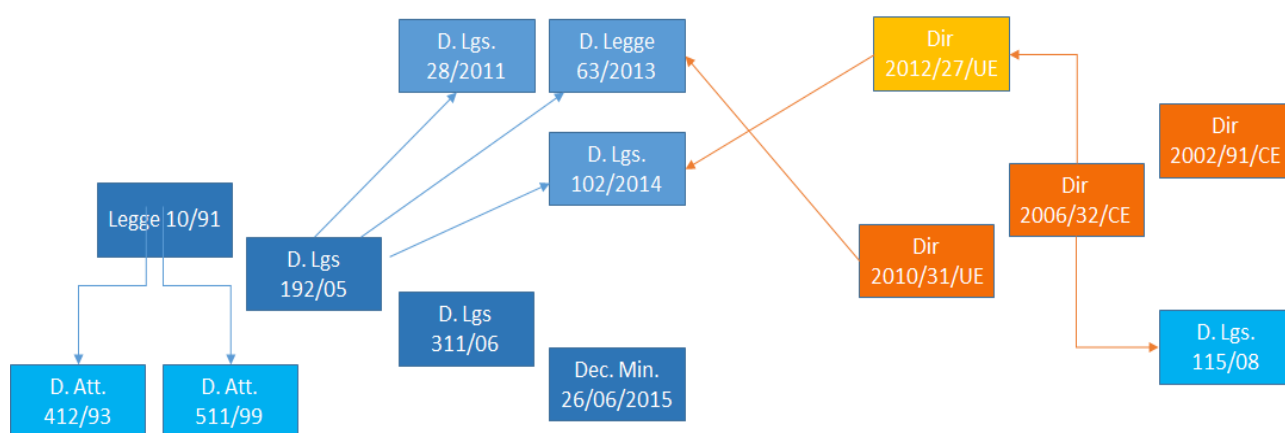


Fig. 9: Schema panorama normativo Europeo e Nazionale sulla certificazione energetica.

CAPITOLO 4 – LA NORMATIVA REGIONALE

In Italia, l'autonomia delle regioni sulla materia di certificazione energetica ha generato una situazione frammentata e a volte confusa; alcune regioni hanno infatti attivato, attraverso norme regionali, un proprio sistema di certificazione energetica. È il caso di Emilia Romagna, Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia le quali hanno introdotto una propria regolamentazione attraverso decreti regionali che modificano in maniera anche sostanziale quanto introdotto dalla normativa nazionale. Le altre regioni invece fanno riferimento alle linee guida nazionali o non hanno un proprio albo di riconoscimento dei professionisti abilitanti alla certificazione energetica.

4.1. Regione Veneto

Per quanto riguarda la regione del Veneto in particolare, non ha adottato una propria disciplina in materia di certificazione energetica degli edifici, pertanto nel territorio regionale si applica la normativa nazionale.

La regione Veneto però negli anni ha cercato di adeguarsi alle norme nazionali emanando delle delibere della giunta regionale, come ad esempio il D.G.R.V. 8 febbraio 2011, n.121 in cui ha istituito il registro regionale degli Attestati di Prestazione Energetica degli edifici (APE). Inoltre ha messo a disposizione dei soggetti certificatori una sezione del portale regionale (Ve.Net.energia-edifici) allo scopo di implementare il registro informatico per l'archiviazione e gestione degli APE.

Attualmente con l'entrata in vigore dei Decreti Ministeriali del 26 giugno 2015 tutte le regioni dovranno adattarsi alle direttive nazionali e quindi le varie norme regionali verranno meno.

Da questo punto di vista la Regione del Veneto si è già attivata ed ha emanato le disposizioni attuative dei suddetti Decreti Ministeriali con il D.G.R.V. 28 settembre 2015, n.1258 in vigore dal 1° ottobre 2015, data dalla quale deve essere utilizzato il nuovo modello di attestato (APE 2015).

La deliberazione della giunta regionale del 28 settembre 2015 nello specifico impone che dal 1 ottobre 2015 dovranno essere utilizzati sul territorio regionale da parte dei tecnici certificatori i tre decreti emanati dal Ministro dello sviluppo economico del 26 giugno 2015.

Lo stesso impone che nella stessa data il tecnico certificatore deve firmare digitalmente e trasmettere alla Regione, utilizzando il sistema Ve.Net.energia-edifici, solamente il nuovo modello di Attestato di Prestazione Energetica; e per gli impianti termici, dichiarati presenti nell'APE deve essere indicato il codice di registrazione nel catasto degli impianti termici "CIRCE", istituito ed attivato dal 2 gennaio 2015. Tale APE firmati digitalmente hanno validità di dieci anni a partire dal loro rilascio.

Vediamo ora le diverse tipologie di certificazione energetica che sono state adottate da alcune delle regioni italiane che hanno cercato di differenziarsi dal panorama nazionale.

4.2. Regione Emilia-Romagna

Come previsto dalla legge regionale n. 26 del 23 dicembre 2004 e in attuazione della direttiva comunitaria 2002/91/CE, la regione Emilia-Romagna si era dotata di un sistema regionale di certificazione energetica degli edifici, operativo dal 1° gennaio 2009.

Questo sistema ha subito però importanti modifiche con la delibera di giunta regionale n. 1275 del 7 settembre 2015 "Approvazione delle disposizioni regionali in materia di attestazione della prestazione

energetica degli edifici (certificazione energetica)”, entrata in vigore il 1° ottobre 2015, con la quale si sono allineati alle disposizioni nazionali.

Nonostante l’allineamento alle politiche nazionali, alcune disposizioni regionali sono rimaste; ad esempio l’attestato di prestazione energetica degli edifici (APE) dovrà essere predisposto e rilasciato da un soggetto certificatore accreditato dalla regione e inoltre la procedura per l’accreditamento degli operatori (singoli tecnici o società) in possesso dei requisiti previsti e interessati a svolgere l’attività di certificazione energetica degli edifici sarà svolta dall’organismo regionale di accreditamento. Le funzioni di questo organismo sono attualmente attribuite alla società pubblica “*Ervet Spa*”.

Infine per dare attuazione all’obbligo di trasmissione alla regione degli attestati di prestazione energetica emessi, come previsto dalla normativa vigente, la regione Emilia-Romagna ha istituito un apposito sistema di registrazione telematica. Il sistema di registrazione degli attestati emessi basa il suo funzionamento su di un apposito applicativo informatico, il “*SACE*” (Sistema Accreditamento Certificazione Energetica degli edifici), reso accessibile in area riservata mediante l’utilizzo di apposite credenziali rilasciate ai soli soggetti certificatori accreditati.

4.3. Regione Piemonte

La base della certificazione energetica in Piemonte è stata la Legge del 28 maggio 2007, n. 13 “*Disposizioni in materia di rendimento energetico nell’edilizia*” che individua gli indirizzi, le prescrizioni e gli strumenti volti a migliorare le prestazioni energetiche degli edifici esistenti e di nuova costruzione; inoltre introduce l’obbligo della certificazione energetica degli edifici. La finalità di questa legge regionale, in attuazione della direttiva 2002/91/CE del parlamento europeo, è quella di promuovere il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici esistenti e di nuova costruzione, tenendo conto delle condizioni climatiche locali al fine di favorire lo sviluppo e l’integrazione delle fonti rinnovabili.

In essa sono evidenziati i casi in cui c’è l’obbligo di certificazione energetica; in particolare, essa è necessaria nei seguenti casi:

- Edifici di nuova costruzione;
- Ristrutturazione edilizia degli edifici;
- Compravendita di un intero immobile o di singole unità immobiliari;
- Locazione di un intero immobile o di singole unità immobiliari;
- Sgravi fiscali o incentivi;
- Attività edilizia prevista dal “*Piano Casa*”.

In più tale legge ordina la redazione dell’attestato di certificazione energetica, nei casi di nuova costruzione e di ristrutturazione degli edifici nell’atto di chiusura dei lavori, e in questi casi, è il costruttore che ha l’obbligo di far produrre ad un certificatore l’attestato di certificazione energetica.

Il sistema di calcolo alla base della redazione degli ACE era quello indicato nella norma tecnica UNITS 11300, e inoltre non era prevista l’autocertificazione per immobili di classe G e non vi era l’obbligo di verifica con sopralluogo da parte del certificatore incaricato; anche se il sopralluogo rimaneva comunque auspicabile ed era indice di serietà del professionista.

Per quanto riguarda il certificatore, è stato istituito il catasto per i certificatori energetici al quale bisogna essere iscritti per poter eseguire la certificazione energetica; inoltre è anche stato creato un sistema informativo regionale per la certificazione “*SICEE*”, attualmente divenuto “*SIPEE*” a causa dell’allineamento da parte della regione Piemonte alla direttiva nazionale di certificazione energetica.

4.4. Regione Valle d'Aosta

Con la legge regionale del 1° agosto 2012, n. 26 la regione Valle d'Aosta ha adottato le norme per la certificazione energetica degli edifici.

Con questa legge regionale sono stati definiti:

- I requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e le caratteristiche delle classi di prestazione energetica degli edifici;
- I criteri di riconoscimento dei corsi di formazione per l'accREDITAMENTO dei certificatori energetici degli edifici;
- Le modalità di accREDITAMENTO dei certificatori energetici e degli ispettori.

L'obbligo della certificazione è previsto in caso di:

- **Nuova costruzione e ristrutturazione:** gli edifici di nuova costruzione, gli edifici interessati da totale demolizione e ricostruzione o sottoposti a ristrutturazione edilizia devono essere dotati di attestati di certificazione energetica, a cura del costruttore. Il certificatore energetico deve essere nominato entro la data di inizio lavori, per consentire i sopralluoghi nella fasi salienti del cantiere. L'attestato di certificazione deve poi essere consegnato in comune del luogo in cui è ubicato l'edificio al fine di ottenere il certificato di agibilità dell'edificio stesso;
- **Compravendita:** nel caso di trasferimento di proprietà a titolo oneroso di un intero edificio o di singole unità immobiliari; infatti nei contratti è inserita l'apposita clausola con la quale l'acquirente dà atto di aver ricevuto le informazioni e la documentazione in ordine alla certificazione energetica dell'edificio o della singola unità immobiliare;
- **Locazione:** nei contratti di locazione di un intero edificio o di singole unità immobiliari deve essere inserita una clausola con la quale il conduttore conferma di aver ricevuto le informazioni e la documentazione in ordine alla certificazione energetica degli edifici. La disposizione si applica solo agli edifici o unità immobiliari già dotati di attestato di certificazione energetica.

Sono esclusi dall'obbligo di certificazione gli edifici residenziali isolati in cui i locali riscaldati hanno una superficie utile inferiore a 50 m²; i fabbricati industriali, artigianali ed agricoli non residenziali, qualora gli ambienti siano climatizzati per esigenze del processo produttivo e i locali non dotati di un sistema di climatizzazione invernale, purché scorporabili agli effetti dell'isolamento termico (per esempio box, cantine, autorimesse, parcheggi multipiano, strutture stagionali a protezione degli impianti sportivi ecc.).

L'attestato di certificazione energetica ha una validità massima di 10 anni a decorrere dalla data di validazione del certificato, e deve essere aggiornato, se ne viene modificata la prestazione energetica, a seguito di interventi che riguardino almeno il 25% della superficie esterna dell'immobile; oppure nel caso di interventi globali di riqualificazione degli impianti di climatizzazione e di produzione di acqua calda sanitaria che prevedano anche l'installazione di un nuovo sistema di generazione e di interventi di ristrutturazione impiantistica o di sostituzione di componenti che possano ridurre la prestazione energetica dell'edificio. La validità dell'attestato decade anche nel caso in cui gli edifici dovessero mutare la destinazione d'uso.

L'attestato di certificazione energetica può essere redatto esclusivamente da un soggetto iscritto nell'elenco regionale dei certificatori energetici e la prestazione energetica dell'edificio oggetto di certificazione deve essere calcolata utilizzando lo strumento di calcolo "**BEAUCMAT**", entrato in vigore

dal 20 luglio 2011 con la delibera della giunta regionale del 6 maggio 2011, n. 1062; oppure mediante un qualunque strumento di calcolo che implementi le stesse metodologie.

La regione, in collaborazione con il **COA energia** "*Centro Osservazione e Attività sull'energia*", ha realizzato il portale energia. Esso consente la gestione delle procedure in materia di certificazione energetica degli edifici, l'implementazione del catasto energetico e la relativa elaborazione statistica dei dati.

Una volta ottenuto l'attestato di certificazione energetica, è possibile affiggere sull'edificio una targa che attesti la sua classe energetica.

Infine per quanto riguarda la pubblica amministrazione, tutti gli edifici di proprietà pubblica devono essere dotati di attestato di certificazione energetica entro il 31 dicembre 2012. L'ACE deve essere affisso in un luogo dell'edificio facilmente accessibile al pubblico.

4.5. Regione Lombardia

In materia di certificazione energetica la regione Lombardia è stata la prima regione italiana ad emanare proprie leggi per l'attuazione della certificazione energetica sul proprio territorio recependo in modo autonomo la Direttiva 2002/92/CE. Essa ha legiferato negli ambiti di competenza regionale, vale a dire sulla determinazione dei casi per i quali sorge l'obbligo della certificazione energetica, sull'individuazione dei soggetti abilitati alla redazione e al rilascio dell'attestato di certificazione energetica e sulla determinazione dei requisiti di forma e contenuto dello stesso.

La disciplina complessiva è contenuta nella delibera della giunta regionale del 26 giugno 2007, n. 8/5018 recante "*Determinazioni inerenti la certificazione energetica degli edifici, in attuazione del D.lgs. 192/2005 e degli art. 9 e 25 della L.R. 24/2006*".

Quest'anno con la pubblicazione del testo della nuova D.G.R. 3868 del 17/07/2015, la regione Lombardia detta le nuove regole in tema di certificazione energetica degli edifici; andiamo ad introdurne le novità.

Innanzitutto la regione Lombardia conferma la strada intrapresa con i provvedimenti precedenti e chiarisce che le disposizioni appena emanate "*prevalgono su quanto previsto nel D.lgs. 192/2005 e nei relativi decreti attuativi, laddove risultino in contrasto con i decreti citati.*", quindi in regione si avranno regole che potranno differire dalle normative nazionali. Vediamo le principali differenze rispetto a queste ultime:

In Lombardia saranno esclusi dall'obbligo di applicazione dei requisiti di prestazione energetica, oltre agli edifici indicati all'art.3, comma 3, del D.lgs. 192/2005, anche gli immobili che rientrino in piani di recupero dettati dallo strumento urbanistico locale, in cui l'intervento edilizio dovesse implicare un'alterazione sostanziale del loro carattere e/o del loro aspetto, sotto il profilo storico, artistico e architettonico, e le strutture temporanee autorizzate per non più di sei mesi.

Tutti gli edifici e le unità immobiliari dovranno essere certificate utilizzando la metodologia approvata con apposita D.G.R. e utilizzando esclusivamente il software "**Cened+2.0**" o un software commerciale che abbia ricevuto dall'organismo di accreditamento regionale l'autorizzazione all'uso di Cened+2.0 Motore. Il "**Cened**" (Certificazione Energetica degli Edifici) è il software elaborato da "**Cestec Spa**" per calcolare e quantificare i consumi energetici dell'edificio soggetto a certificazione. Non sarà pertanto possibile utilizzare software che si basino su procedure diverse da quelle approvate dalla regione Lombardia.

Gli APE prodotti a partire dal 1 ottobre 2015 dovranno essere riferiti ad una sola unità immobiliare e non sarà quindi più possibile redigere APE per interi condomini.

Per quanto riguarda la pubblicazione di annunci immobiliari, le condizioni sono le seguenti:

- a) L'obbligo di indicare le caratteristiche energetiche degli edifici e delle singole unità immobiliari in occasione della pubblicazione di annunci commerciali che hanno come oggetto la loro vendita o locazione, si applica a tutti gli annunci pubblicati su giornali, manifesti, volantini, siti web, trasmessi alla radio o alla televisione, per conto di qualsiasi soggetto;
- b) L'indicazione delle caratteristiche energetiche degli edifici e delle singole unità immobiliari negli annunci commerciali deve essere eseguito:
 - Utilizzando l'apposito format di cui al Decreto Ministeriale 26 giugno 2015 "*Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*", Allegato 1, Appendice C, nel caso di annunci pubblicati da agenzie immobiliari presso le proprie sedi, in relazione ad edifici dotati di attestato di prestazione energetica;
 - Riportando l'indice di prestazione energetica e la classe energetica nel caso di tutti gli altri tipi di annunci.

L'attività di certificazione energetica resta circoscritta unicamente alle singole persone fisiche. In deroga, possono svolgere l'attività di certificazione energetica, limitatamente agli edifici delle pubbliche amministrazioni, i dipendenti di enti o società pubbliche, in possesso dei requisiti previsti ed iscritti all'elenco dei soggetti certificatori accreditati in regione Lombardia. I dipendenti pubblici che svolgono l'attività di certificazione come liberi professionisti possono certificare edifici di proprietà privata, nel rispetto delle condizioni previste per la generalità dei certificatori.

I professionisti che intendono svolgere l'attività di certificazione energetica devono invece iscriversi all'elenco regionale dei soggetti certificatori.

Resta confermato che il soggetto certificatore non può svolgere attività di certificazione sugli edifici per i quali risulti proprietario o sia stato coinvolto, personalmente o comunque in qualità di dipendente, socio o collaboratore di un'azienda terza, in una delle seguenti attività:

1. Progettazione dell'edificio o di qualsiasi impianto tecnico in esso presente;
2. Costruzione dell'edificio o di qualsiasi impianto tecnico in esso presente;
3. Amministrazione dell'edificio;
4. Fornitura di energia per l'edificio;
5. Gestione e/o manutenzione di qualsiasi impianto presente nell'edificio;
6. Responsabile servizio prevenzione e protezione;
7. Connesse alla funzione di direzione lavori.

L'APE redatto dal soggetto certificatore è valido solo se rilasciato dall'organismo di accreditamento attraverso il Catasto Energetico Edifici Regionale (**CEER**). La Lombardia è tra le cinque regioni in Italia ad aver costituito un catasto energetico regionale la cui realizzazione e gestione compete all'organismo regionale di accreditamento. Le informazioni contenute nel catasto sono rese disponibili a tutti gli enti pubblici che ne fanno richiesta alla struttura regionale competente.

La targa energetica è rilasciata dall'organismo di accreditamento. La targa può essere richiesta solo per singola unità immobiliare. Nel caso di edifici pubblici o adibiti ad uso pubblico è fatto obbligo di richiedere la targa e di esporre la stessa in un luogo che ne garantisca la sua massima visibilità e riconoscibilità.

4.6. Regione Trentino Alto Adige

La provincia autonoma di Trento ha stabilito norme sulla certificazione energetica degli edifici con la legge provinciale del 4 marzo 2008 n.1, alla quale sono poi seguiti altre norme che a loro volta disciplinano:

- Soggetti certificatori, attestato di certificazione energetica, requisiti di prestazione energetica e modalità di certificazione (Decreto Presidente Provincia 13 luglio 2009 n. 11 – 13);
- Gestione, tariffe e abilitazioni delle liste dei certificatori energetici (Delibera Giunta provinciale 16 ottobre 2009 n. 2446);
- Modelli degli attestati di certificazione energetica, procedure di trasmissione e modalità di rilascio (Delibera Giunta provinciale 22 dicembre 2009, n. 3110);

L'obbligatorietà della prestazione energetica è stata disposta per:

- **Nuove costruzioni:** i nuovi edifici sono obbligati a dotarsi di prestazione energetica, sui quali può essere affissa una targa che deve riguardare l'intero edificio;
- **Ristrutturazioni:** quando la superficie utile è superiore ai 500 m² e l'edificio è soggetto a completa ristrutturazione dell'involucro, si rende obbligatorio l'APE inoltrando la domanda alla provincia;
- **Demolizione e ricostruzione:** anche in caso di sostituzione edilizia si rende necessario l'attestato di prestazione energetica, ma in questo caso devono comunque rimanere invariati il volume dell'intero edificio e l'area su cui poggia la costruzione;
- **Ampliamenti:** se la modifica incide con una percentuale del volume maggiore al 20%, gli edifici devono dotarsi dell'attestato di prestazione energetica;
- **Edifici pubblici:** entro il 31 dicembre 2013 tutti gli edifici ad uso pubblico devono dotarsi di prestazione energetica ed esporre la targa in modo visibile al pubblico;
- **Locazione e compravendita:** in questo caso la provincia ha deciso di tenere valide le linee guida della legge nazionale per ciò che concerne le modalità ed i tempi di presentazione di attestato in caso di stipula di contratti, fermo restando comunque che i criteri esecutivi della certificazione debbano rispettare le norme provinciali.

Sono esclusi dall'obbligo di prestazione energetica gli edifici tutelati dal codice dei beni culturali e del paesaggio, i fabbricati produttivi riscaldati per esigenze di processo, edifici isolati con superficie minore di 50 m², rifugi alpini ed escursionistici, costruzioni del patrimonio edilizio tradizionale, beni ambientali a restauro o risanamento, edifici non residenziali che non richiedono impianti di riscaldamento e la permanenza di persone è limitata a corti tempi quotidiani.

L'APE ha una durata di 10 anni ma deve aggiornarsi in caso di modifiche che intervengono nella variazione della prestazione energetica dell'edificio stesso.

I controlli vengono effettuati a campione dall'agenzia provinciale per l'energia, anche con l'aiuto degli stessi tecnici abilitati, o anche su segnalazione degli stessi per irregolarità rilevate. I controlli possono essere eseguiti fino ad un tempo di 5 anni dal rilascio della certificazione; il risultato dei controlli viene in seguito comunicato ai comuni o agli organi del quale il certificatore fa parte.

L'APE costituisce un vero e proprio allegato al libretto dell'immobile e va presentato a fine lavori presso il comune dai soli certificatori abilitati.

In definitiva la normativa regionale ha rimandato alle linee guida nazionali i soli riferimenti per quanto concerne l'allegazione dell'attestato di prestazione energetica ai contratti di compravendita, locazione,

ecc., restano invece normati dalla Provincia di Trento tutte le altre disposizioni tecniche per la redazione dell'APE.

Il Trentino Alto Adige però è costituito da due provincie autonome: la provincia di Trento e la provincia di Bolzano, ognuna delle quali ha legiferato in materia di prestazione energetica in maniera indipendente.

Nella provincia di Bolzano ad esempio si fa riferimento al protocollo di calcolo "**CasaClima**" che rilascia la Certificazione Energetica Bolzano (certificazione CasaClima); inoltre quest'ultima può essere redatta esclusivamente da tecnici iscritti all'albo dei certificatori CasaClima.

Nella provincia di Trento invece l'organismo preposto alla regolamentazione della certificazione energetica Trento è "**Odatech**", che abilita i soggetti certificatori e procede ai controlli della correttezza delle prestazioni energetiche.

4.7. Regione Friuli Venezia Giulia

Con la legge regionale n. 23 del 18 agosto 2005 e successive modifiche, la regione Friuli Venezia Giulia ha stabilito che, dal 1° gennaio 2011, la certificazione energetica e la qualificazione energetica degli edifici sono sostituite dalla certificazione di Valutazione Energetica e Ambientale degli edifici (**VEA**). Questo è un sistema di procedure che utilizza le modalità e gli strumenti di valutazione del "*Protocollo regionale per la valutazione della qualità energetica e ambientale di un edificio*" (articolo 6 della L.R. 23/2005), denominato Protocollo VEA. Esso è lo strumento di cui si è dotata la regione "*per disciplinare la valutazione del livello di bio-sostenibilità dei singoli interventi in bioedilizia*".

La certificazione VEA di sostenibilità energetica ambientale comprende sia la certificazione energetica degli edifici di cui al D.lgs. 192/2005, sia la valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici.

Tale certificazione avrà durata massima di 10 anni e sostituirà gli attestati di qualificazione e di certificazione energetica previsti dal D.lgs. 192/2005. Il certificato VEA è obbligatorio dal 1° gennaio 2011.

L'obbligo della certificazione VEA è prevista in caso di:

- **Nuova costruzione** (certificazione edificio intero): gli edifici di nuova costruzione devono essere dotati della certificazione VEA, nel caso in cui la superficie netta totale sia superiore a 50 m²;
- **Ampliamento**: gli edifici soggetti a ampliamento devono essere dotati della certificazione VEA nel caso in cui il volume a temperatura controllata della nuova porzione di costruzione risulti superiore al 20% rispetto a quello esistente e, comunque, nei casi in cui la superficie netta dell'ampliamento sia superiore a 50 m²;
- **Ristrutturazione edilizia**;
- **Restauro e risanamento conservativo**;
- **Manutenzione straordinaria**: gli edifici soggetti a manutenzione straordinaria devono essere dotati di certificazione VEA nel caso in cui si eseguano lavori che modificano le prestazioni energetiche o ambientali o entrambe, dell'unità immobiliare o dell'edificio o degli impianti;
- **Attività di edilizia libera**: gli edifici oggetto di attività di edilizia libera devono essere dotati di certificazione VEA nel caso in cui siano eseguiti lavori che modificano le prestazioni energetiche o ambientali o entrambe, dell'unità immobiliare o dell'edificio o degli impianti e nel caso in cui, per l'esecuzione di tali lavori, siano stati richiesti incentivi o agevolazioni o contribuzioni di qualsiasi natura;
- **Contratti di gestione termica nuovi o rinnovati**: nel caso in cui si vengano rinnovati o si stipulino nuovi contratti relativi alla gestione degli impianti termici o di climatizzazione degli edifici pubblici o nei quali il committente è un soggetto pubblico, la certificazione VEA deve essere

redatta dal contraente o dall'aggiudicatario entro i primi sei mesi di vigenza contrattuale o entro i primi sei mesi dal rinnovo ed è esposta al pubblico nell'atrio di ingresso dell'edificio interessato.

In caso di compravendita e locazione si applica la normativa nazionale, quindi, in questi casi non occorrerà produrre la certificazione VEA ma il semplice attestato di certificazione energetica, così come disposto dalla normativa nazionale.

Sono escluse dall'obbligo di Certificazione VEA:

- Gli immobili tutelati dal codice dei beni culturali e del paesaggio;
- Gli edifici di pregio storico-culturale e testimoniale individuati dalla pianificazione urbanistica, nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe una alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto con particolare riferimento ai caratteri storici o artistici;
- I fabbricati industriali, artigianali e agricoli non residenziali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo o utilizzando reflui energetici del processo produttivo altrimenti inutilizzabili;
- Gli impianti installati ai fini del processo produttivo realizzato nell'edificio, anche se utilizzati, in parte non preponderante, per usi energetici tipici del settore civile, fermo restando l'osservanza delle norme urbanistiche ed edilizie;
- I fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore o uguale a 50 m²;
- Gli ampliamenti, nel caso in cui il volume a temperatura controllata della nuova porzione di costruzione risulti inferiore o uguale al 20% rispetto a quello esistente e, comunque, nei casi in cui la superficie netta dell'ampliamento sia inferiore o uguale a 50 m²;
- I box, le cantine, le autorimesse, i parcheggi multipiano, i depositi, le strutture stagionali a protezione degli impianti sportivi, limitatamente alle porzioni di edificio non adibite a uffici o a usi assimilabili e, comunque, scorporabili agli effetti dell'isolamento termico;
- Le unità immobiliari e gli edifici per i quali sia stata dichiarata l'inabitabilità o l'inagibilità;
- I ruderi e gli edifici oggetto di trasferimento a titolo oneroso, destinati alla demolizione.

CAPITOLO 5 – ANALISI LEGISLATIVA RELATIVA ALLA DIAGNOSI ENERGETICA

5.1. Panorama Legislativo ed Obblighi della Diagnosi Energetica

Ai fini di conseguire gli obiettivi di efficienza energetica imposti a livello europeo, ogni singolo stato membro ha recepito autonomamente a livello nazionale le direttive europee:

- Direttiva 2002/91/CE riguardante l'efficienza energetica nell'edilizia;
- Direttiva 2006/32/CE, concernente l'efficienza energetica negli usi finali e i servizi energetici necessari per adempiere agli obiettivi del Protocollo di Kyoto.

Il concetto di diagnosi energetica viene introdotto per la prima volta nel decreto legislativo del 29 dicembre 2006, 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”* in cui viene definita come: *“procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività e/o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi – benefici e riferire in merito ai risultati.”*

Essa viene citata nell'Articolo 4 del suddetto decreto *“Modifiche all'articolo 9 del decreto legislativo 19 agosto 2005, n.192”* in cui si richiede alle regioni e alle province autonome di Trento e Bolzano di predisporre un programma di sensibilizzazione e riqualificazione energetica del parco immobiliare territoriale sviluppando in particolare alcuni aspetti, tra i quali la realizzazione di diagnosi energetiche a partire dagli edifici presumibilmente a più bassa efficienza.

Nell'allegato I, viene poi richiesto di allegare alla relazione tecnica una diagnosi energetica dell'edificio e dell'impianto che individui gli interventi di riduzione della spesa energetica, i relativi tempi di ritorno degli investimenti, i miglioramenti di classe energetica dell'edificio, motivando le scelte impiantistiche che si vanno a realizzare nel caso di nuova installazione e ristrutturazione di impianti termici o sostituzione di generatori di calore con:

- Potenze nominali al focolare ≥ 100 kW;
- Impianti termici individuali per i quali la somma delle potenze dei singoli generatori o la potenza nominale dell'impianto termico preesistente risulta essere ≥ 100 kW.

Nel D.lgs. 115/08 *“Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE”* vengono toccati vari aspetti riguardanti la diagnosi energetica.

All'articolo 13 *“Edilizia pubblica”* viene previsto l'obbligo di diagnosi energetiche agli edifici pubblici o ad uso pubblico, in caso di interventi di ristrutturazione degli impianti termici o di ristrutturazioni edilizie che riguardino almeno il 15% della superficie esterna dell'involucro edilizio che racchiude il volume lordo riscaldato.

Nell'articolo 16 *“Qualificazione dei fornitori e dei servizi energetici”* è prevista l'approvazione con uno o più decreti del Ministro dello sviluppo economico, a seguito dell'adozione di apposita norma tecnica da parte dell'UNI-CEI, di una procedura di certificazione per le diagnosi energetiche allo scopo di promuovere un processo di incremento del livello di obiettività e di attendibilità per le misure e i sistemi finalizzati al miglioramento dell'efficienza energetica.

Ancora all'articolo 18 *“Diagnosi energetiche e campagne di informazione”* vengono previste una serie di misure che riguardano:

- La definizione da parte dell'agenzia nazionale per l'efficienza energetica (funzione svolta dall'ENEA) delle modalità con cui assicurare la disponibilità di sistemi di diagnosi energetica efficaci e di alta qualità destinati a individuare eventuali misure di miglioramento dell'efficienza energetica applicate in modo indipendente a tutti i consumatori finali;
- La predisposizione, di altre misure quali i questionari e programmi informatici disponibili su internet o inviati per posta per i segmenti del mercato aventi costi di transazione più elevati e per strutture non complesse, garantendo comunque la disponibilità delle diagnosi energetiche per i segmenti di mercato in cui esse non sono commercializzate.

Sempre nello stesso articolo viene stabilita, in modo contraddittorio, l'equivalenza tra certificazione energetica e diagnosi energetica rispondente a requisiti indicati, contraddittorio in quanto al comma 1 fa riferimento all'impiego di procedure di alta qualità, mentre nella definizione della certificazione si fa riferimento a *“suggerimenti in merito agli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della predetta prestazione energetica”*. Di conseguenza non può la certificazione energetica essere equivalente alla diagnosi energetica soddisfacente i commi 1 e 2, ma è sicuramente di qualità inferiore; inoltre la certificazione fa riferimento a condizioni standard di utilizzo dell'edificio, mentre la diagnosi si effettua considerando le condizioni di esercizio effettive.

Infine nell'Allegato 3 *“Metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici e degli impianti”* vengono indicate le norme tecniche da adottare per le metodologie di calcolo per l'esecuzione delle diagnosi energetiche degli edifici, in particolare sono:

- a) UNI TS 11300 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;
- b) UNI TS 11300 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2-1: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria nel caso di utilizzo dei combustibili fossili;
- c) UNI TS 11300 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2-2: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria nel caso di:
 1. Utilizzo di energie rinnovabili (solare-termico, solare fotovoltaico, bio-masse);
 2. Utilizzo di altri sistemi di generazione (cogenerazione, teleriscaldamento, pompe di calore elettriche e a gas).

Nel D.P.R. 59/09, *“Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia”*, viene confermato l'obbligo di allegare alla relazione tecnica una diagnosi energetica dell'edificio e dell'impianto nel caso di:

- Potenze nominali al focolare ≥ 100 kW;
- Nuova installazione e ristrutturazione integrale di impianti termici;
- Sostituzioni di generatori di calore.

In tale diagnosi vanno individuati gli interventi di riduzione della spesa energetica con i relativi tempi di ritorno degli investimenti e i possibili miglioramenti di classe dell'edificio.

Altre disposizioni riguardo le diagnosi energetiche arrivano con il decreto ministeriale del 26 giugno 2009 "*Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*", in cui nel capitolo 8 dell'Allegato A viene riportata la procedura di certificazione energetica degli edifici che comprende il complesso di operazioni svolte dai soggetti certificatori, queste sono:

- 1) L'esecuzione di una diagnosi, o di una verifica di progetto;
- 2) La classificazione dell'edificio in funzione degli indici di prestazione energetica;
- 3) Il rilascio dell'attestato di certificazione energetica.

La diagnosi viene finalizzata alla determinazione della prestazione energetica dell'immobile e all'individuazione degli interventi di riqualificazione energetica che risultano economicamente convenienti e si sviluppa attraverso:

- a) Il reperimento dei dati d'ingresso, relativamente alle caratteristiche climatiche della località, alle caratteristiche dell'utenza, all'uso energetico dell'edificio e alle specifiche caratteristiche dell'edificio e degli impianti, avvalendosi, in primo luogo dell'attestato di qualificazione energetica;
- b) La determinazione della prestazione energetica mediante applicazione di appropriata metodologia, relativamente a tutti gli usi energetici, espressi in base agli indici di prestazione energetica EP totale e parziali;
- c) L'individuazione delle opportunità d'intervento per il miglioramento della prestazione energetica in relazione alle soluzioni tecniche proponibili, ai rapporti costi-benefici e ai tempi di ritorno degli investimenti necessari a realizzarle.

Nello stesso articolo, al comma 3, viene specificato che le modalità esecutive della diagnosi energetica possono essere diverse e commisurate al livello di complessità della metodologia di calcolo utilizzata per la valutazione della prestazione energetica; viene inoltre aggiunto che il soggetto certificatore, nell'ambito della sua attività di diagnosi, verifica o controllo, può procedere alle ispezioni e al collaudo energetico delle opere, avvalendosi, ove necessario, di tecniche strumentali.

Al fine di elaborare un programma di interventi per il miglioramento della prestazione energetica degli immobili della pubblica amministrazione (già precedentemente accennato) il decreto legislativo del 4 luglio 2014, n.102 "*Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE*" predispone nell'Articolo 5 "*Miglioramento della prestazione energetica degli immobili della Pubblica Amministrazione*" che entro il 30 giugno di ciascun anno, le pubbliche amministrazioni propongano interventi per la riqualificazione energetica degli immobili dalle stesse occupati. Tali proposte devono essere formulate sulla base di appropriate diagnosi energetiche.

Nello stesso decreto all'Articolo 8 "*Diagnosi energetiche e sistemi di gestione dell'energia*" vi è l'obbligo per le grandi imprese di eseguire una diagnosi energetica condotta da società di servizi energetici nei siti produttivi localizzati sul territorio nazionale entro il 5 dicembre 2015 e successivamente ogni 4 anni. La grande impresa è l'impresa che occupa almeno 250 persone, oppure, nel caso occupi un numero minore a 250 persone, presenti un fatturato annuo superiore a 50 milioni di euro e un totale di bilancio annuo superiore a 43 milioni di euro.

Tale obbligo si applica anche alle imprese a forte consumo di energia, indipendentemente dalla loro dimensione. Le imprese a forte consumo di energia soggette all'obbligo di diagnosi energetica, sono le imprese iscritte nell'elenco annuale istituito presso la Cassa Conguaglio per il settore elettrico ai sensi

del decreto interministeriale 5 aprile 2013, e quindi sono le imprese che soddisfano entrambe le seguenti condizioni:

- a) Abbiamo utilizzato, per lo svolgimento della propria attività, almeno 2,4 GWh di energia elettrica oppure almeno 2,4 GWh di energia diversa dall'elettrica;
- b) Il rapporto tra il costo effettivo del quantitativo complessivo dell'energia utilizzata per lo svolgimento della propria attività e il valore del fatturato non sia risultato inferiore al 3%.

Inoltre le suddette imprese sono obbligate a dare progressiva attuazione, in tempi ragionevoli, agli interventi di efficienza individuati dalle diagnosi stesse.

L'ENEA al tempo stesso istituisce e gestisce una banca dati delle imprese soggette a diagnosi; inoltre si occupa anche di svolgere i controlli, che dovranno accertare la conformità delle diagnosi alle prescrizioni del presente decreto, e di predisporre un programma triennale di informazione e formazione finalizzato a promuovere e facilitare l'uso efficiente dell'energia. Questo programma include azioni volte a:

- a. Sostenere, sensibilizzare ed incoraggiare le imprese e le PMI nell'esecuzione di diagnosi energetiche con successivi interventi nell'utilizzo degli strumenti incentivanti finalizzati all'installazione di tecnologie efficienti;
- b. Stimolare comportamenti dei dipendenti che contribuiscano a ridurre i consumi energetici della pubblica amministrazione;
- c. Educare gli studenti delle scuole di ogni ordine e grado ad un uso consapevole dell'energia;
- d. Sensibilizzare le famiglie, in particolare quelle che vivono in condomini, rispetto ai benefici delle diagnosi energetiche e rispetto ad un uso consapevole dell'energia;
- e. Favorire la partecipazione delle Banche e degli Istituti finanziari al finanziamento di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica;
- f. Sensibilizzare le imprese e i clienti domestici sull'uso informazioni sui meccanismi di incentivazione e le rispettive modalità di accesso;
- g. Promuovere programmi di formazione per la qualificazione dei soggetti che operano nell'ambito dei servizi energetici, con particolare riferimento agli auditor energetici e agli installatori di elementi edilizi connessi all'energia.

Infine con gli ultimi decreti ministeriali del 26 giugno 2015 nell'Allegato 1 del "*Criteria generali e requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici*" nel capitolo 5 "*Requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici esistenti sottoposti a riqualificazione energetica*" vi è l'obbligo di diagnosi energetica dell'edificio e dell'impianto nel caso di ristrutturazione o di nuova installazione di impianti termici di potenza termica nominale del generatore ≥ 100 kW. Tale diagnosi deve mettere a confronto le diverse soluzioni impiantistiche compatibili e la loro efficacia sotto il profilo dei costi complessivi. La diagnosi energetica deve considerare almeno le seguenti opzioni:

- Impianto centralizzato dotato di caldaia a condensazione con contabilizzazione e termoregolazione del calore per singola unità abitativa;
- Impianto centralizzato dotato di pompa di calore elettrica o a gas con contabilizzazione e termoregolazione del calore per singola unità abitativa;
- Le possibili integrazioni dei suddetti impianti con impianti solari termici;
- Impianto centralizzato di cogenerazione;
- Stazione di teleriscaldamento collegata a una rete efficiente;
- Per gli edifici non residenziali, l'installazione di un sistema di gestione automatica degli edifici e degli impianti.

Perciò dal quadro normativo descritto emerge chiaramente come la diagnosi energetica sia lo strumento necessario alla certificazione energetica per individuare gli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della prestazione energetica del sistema edificio-impianto.

Per quanto riguarda poi il soggetto che può condurre una diagnosi energetica, dall'Articolo 8 del D.lgs. 102/14, fino al 19 luglio 2016 sono le società di servizi energetici, esperti in gestione dell'energia o auditor energetici anche se non in possesso di certificazioni rilasciate sotto accreditamento. A decorrere dalla data indicata, le diagnosi devono essere eseguite da soggetti certificati da organismi accreditati.

Dal punto di vista pratico la procedura per l'esecuzione della diagnosi energetica prevede:

- 1) La messa a punto della struttura energetica aziendale, che consente di avere un quadro completo ed esaustivo della realtà dell'impresa;
- 2) L'azienda poi viene suddivisa in aree funzionali, acquisendo i dati energetici dai contatori generali o dai dati disponibili;
- 3) Si effettua poi la modellazione della realtà aziendale attraverso la costruzione degli inventari energetici;
- 4) La diagnosi si completa con l'individuazione di un percorso virtuoso, in termini di efficienza energetica, tale da ridurre i fabbisogni energetici a parità di attività/servizio.

In particolare poi la diagnosi energetica individua i seguenti dati e informazioni:

- Dati generali dell'azienda (Partita IVA, sede, dipendenti, fatturato, ecc.);
- Consumi energetici;
- Indice prestazionale aziendale dato dal rapporto tra i consumi complessivi e la media della specifica destinazione d'uso dell'azienda;
- Organizzazione dell'attività aziendale;
- Planimetria aziendale con indicazione logistica delle varie aree funzionali.

5.2. Tipologie di Diagnosi Energetiche secondo le linee guida AICARR

Ad oggi esistono tre tipologie di diagnosi energetiche, si differenziano le une dalle altre in funzione del grado di dettaglio e del grado di accuratezza con cui vengono svolte. Questi elementi infatti influiscono direttamente sui livelli di attività necessari per soddisfare le aspettative del committente e sugli obiettivi definiti. Se il livello di dettaglio richiesto è elevato, sarà necessaria una diagnosi di terzo livello (dettagliata), mentre se il livello di dettaglio è molto semplice, sarà sufficiente una diagnosi di primo livello (leggera), nel mezzo troviamo la diagnosi di secondo livello (standard) la quale permette di ottenere i risultati richiesti con un ottimo equilibrio tra qualità e tempi.

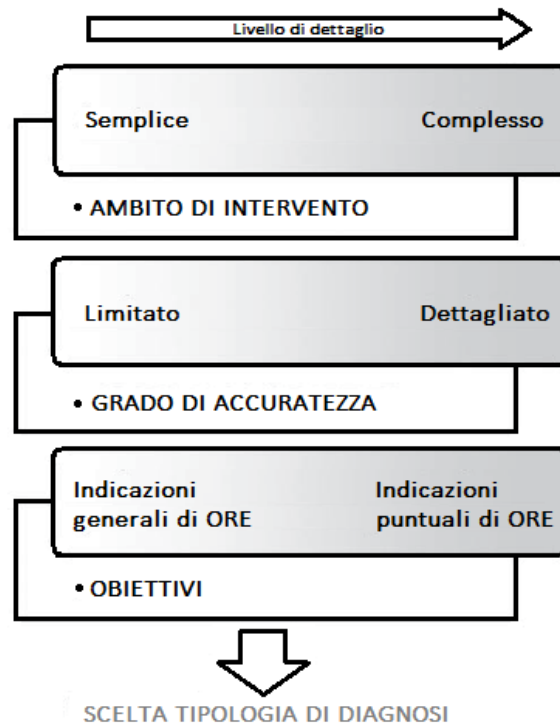


Fig. 10: Scelta della tipologia di diagnosi in funzione del livello di dettaglio.

Verranno ora analizzate le diverse tipologie di diagnosi esistenti:

5.2.1. DIAGNOSI LEGGERA: I LIVELLO

La diagnosi leggera consiste in una visita al sito oggetto di diagnosi con lo scopo di ispezionare visivamente ciascuno dei sistemi e/o sottosistemi energetici. Solitamente include una valutazione dei dati di consumo energetico allo scopo di analizzare le quantità e i profili degli usi di energia, così come fornisce dei confronti con valori medi. È sicuramente la diagnosi meno costosa e più veloce da eseguire, ma può comunque fornire una stima del potenziale di risparmio energetico ed economico grazie all'indicazione delle Opportunità di Risparmio Energetico (ORE) a basso costo di investimento e una lista qualitativa degli scenari di intervento. La diagnosi di primo livello è anche un'opportunità per raccogliere informazioni utili ad una successiva, e più dettagliata diagnosi (II o III livello), se il potenziale di risparmio preliminare appare garantire il raggiungimento di obiettivi più ampi per giustificare un'attività di diagnosi più accurata e quindi più costosa.

5.2.2. DIAGNOSI STANDARD: II LIVELLO

La diagnosi standard si propone di quantificare gli impieghi e le perdite di energia tramite una revisione e un'analisi degli apparati, dei sistemi e delle loro caratteristiche operazionali. Questa analisi può includere anche alcune misure sul posto e verifiche prestazionali per quantificare l'impiego di energia e l'efficienza energetica dei vari sistemi. Per analizzare le efficienze e calcolare il fabbisogno energetico e il risparmio economico legato a miglioramenti e modifiche di ogni sottosistema, si impiegano strumenti di calcolo ingegneristici standard. La diagnosi energetica standard include, quindi, l'analisi economica e l'analisi multicriterio degli scenari di risparmio energetico raccomandati. Questo tipo di diagnosi è solitamente il più raccomandato perché garantisce un buon equilibrio tra qualità dei risultati e costi.

5.2.3. DIAGNOSI DETTAGLIATA: III LIVELLO

Il terzo livello di diagnosi include un'analisi più dettagliata degli impieghi di energia, distinta per funzione e/o destinazione d'uso, e una più completa valutazione dei profili d'uso dell'energia. Ciò viene realizzato attraverso l'impiego di programmi di calcolo di simulazione dinamica dell'edificio considerato. L'operatore deve, ad esempio, eseguire delle simulazione del sistema edificio-impianto che tengano in considerazione la variabilità del clima e tutte le altre variabili legate alle modalità d'uso dell'edificio per prevedere i fabbisogni e gli usi di energia almeno per tutta la durata di un anno. Il suo obiettivo è quello di creare una base di riferimento (*baseline*) per il successivo confronto che sia consistente con gli effettivi consumi del sistema. Quando tale "base" è stata costruita, si possono adottare scenari di intervento che modificano parti del sistema/sottosistema impiantistico, per migliorare l'efficienza energetica. Una volta effettuate le nuove simulazioni nelle nuove configurazioni ottenute, si misurano gli effetti confrontando i risultati con la baseline stessa. Questo metodo tiene anche conto delle interazioni tra i diversi sottosistemi, il che aiuta a prevenire la sovrastima dei risparmi. A causa del tempo richiesto per la raccolta dei dati necessari per descrivere dettagliatamente ogni apparato, e per l'approntamento di un modello sufficientemente accurato per la simulazione dinamica, tale approccio rappresenta il livello più costoso della diagnosi energetica, ma può essere giustificato da un'elevata complessità dell'edificio in esame, non altrimenti trattabile in modo corretto con i livelli precedenti.

TIPOLOGIA	CARATTERISTICHE	RISULTATI
I LIVELLO: Leggera	Visita al sito oggetto di diagnosi con lo scopo di ispezionare visivamente ciascuno dei sistemi energetici	Stima del potenziale di risparmio energetico ed economico grazie all'indicazione delle ORE a basso costo di investimento e lista qualitativa degli scenari di intervento. Indicazioni per una successiva analisi di II o III livello
II LIVELLO: Standard	Analisi energetica dei sistemi impiantistici con modelli di calcolo in regime stazionario. Piccole misurazioni	Indicazione delle ORE e degli scenari di intervento da applicare sull'edificio tramite analisi energetica, economica e multicriterio
III LIVELLO: Dettagliata	Analisi energetica dei sistemi impiantistici con modelli di calcolo dinamico. Misurazioni dettagliate sui componenti	Valutazione del consumo di energia primaria suddiviso per funzione d'uso, vettore energetico e profili d'uso. Indicazione accurata delle ORE e degli scenari di intervento da applicare sull'edificio tramite analisi energetica, economica e multicriterio, interazione tra essi

Tab. 2: Sommario delle tipologie di diagnosi

CAPITOLO 6 – DESCRIZIONE DEI MODELLI DI ANALISI ENERGETICA

Nella progettazione di edifici diventa sempre più importante la ricerca di massimizzazione delle prestazioni energetiche e di comfort del complesso sistema realizzativo, costituito dall'involucro edilizio e dall'impianto termotecnico preposto ad erogare i servizi necessari al funzionamento dell'edificio stesso.

I sistemi di calcolo che si prestano alla simulazione energetica di edifici oggi in commercio si dividono in due categorie fondamentali in base alla tipologia di regime in cui viene condotta la simulazione:

- Simulazione energetica in regime stazionario e/o in regime semi-stazionario;
- Simulazione energetica in regime dinamico.

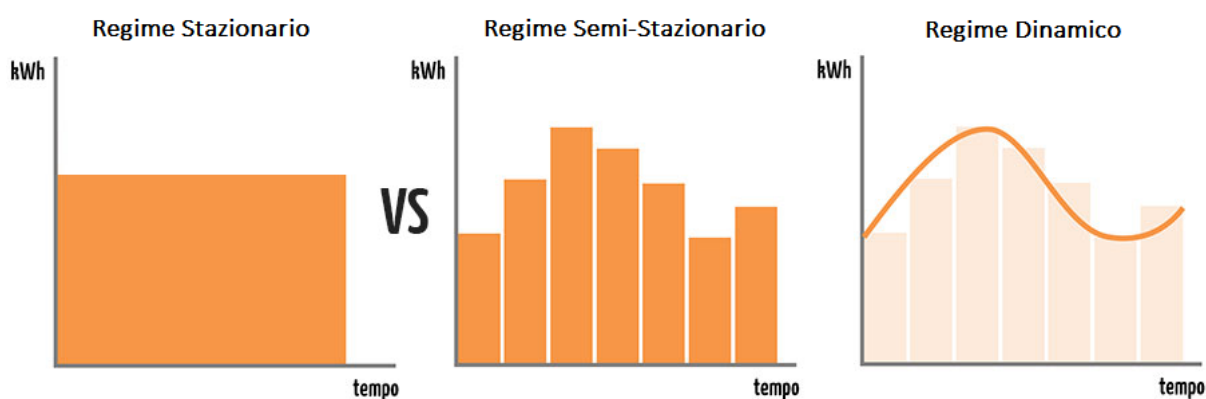


Fig. 11: Rappresentazione schematica delle diverse analisi temporali per i tipi di diagnosi.

Alcuni studi commissionati dal dipartimento americano dell'energia (DOE), hanno svolto alcuni confronti tra queste diverse modalità di analisi, in cui è stata valutata soprattutto la sensibilità dei modelli di simulazione dinamica nell'apprezzare gli effetti della capacità termica degli edifici.

I modelli di calcolo in regime dinamico hanno evidenziato l'efficacia della capacità termica edilizia sia in inverno che in estate, con vantaggi energetici massimizzati in caso di free-cooling notturno durante il periodo estivo. La sensibilità del codice di calcolo dinamico ha diagnosticato differenze di prestazioni significative in presenza di involucro edilizio dotato di capacità termica, sia per quanto riguarda il fabbisogno di energia termica invernale che per quello estivo.

Nell'applicazione della procedura semplificata (stazionaria o semi-stazionaria) è invece emerso come la capacità termica dell'edificio assuma un ruolo di scarso rilievo, sia in termini di fabbisogno energetico invernale che di fabbisogno energetico estivo.

Risultati analoghi vengono riscontrati anche escludendo l'apporto di radiazione solare sulle superfici opache e quindi ottenendo un modello basato su un approccio del tutto analogo a quello previsto con la procedura semplificata.

Perciò si è visto come la variazione climatica, in particolar modo relativa all'apporto di radiazione solare, valutata con strumenti sofisticati, non solo riveste un ruolo fondamentale nella determinazione del fabbisogno energetico degli edifici, ma consente di apprezzare i vantaggi dati dalla capacità termica dell'involucro.

Verranno nel seguito analizzate in maniera più specifica le diverse tipologie di diagnosi energetica.

6.1. Analisi in Regime Stazionario e/o in Regime Semi-Stazionario

Nella simulazione energetica in regime stazionario l'intervallo temporale di simulazione coincide con la stagione di riscaldamento o con la stagione di raffrescamento, mentre nel caso di simulazione energetica semi-stazionaria l'intervallo temporale di simulazione coincide con un singolo mese. Il modello numerico, che possiamo definire semplificato, prevede dunque un trasferimento di energia tra edificio e ambiente esterno in condizioni fisse; cioè vengono mantenute costanti all'interno dell'intervallo temporale di simulazione sia le modalità di utilizzo dell'edificio (occupazione, apporti interni, ecc.) sia le condizioni climatiche. Il calcolo energetico perciò viene effettuato come semplice bilancio termico, tra condizioni interne ed esterne all'edificio, attraverso l'utilizzo dell'analogia termoelettrica. Il flusso di calore dovuto al potenziale termico causato dalla differenza di temperatura tra interno ed esterno viene rallentato dalla resistenza costituita dalla trasmittanza del componente di involucro edilizio. Si tratta in sostanza di un calcolo della potenza media trasferita attraverso l'involucro in base alle condizioni al contorno medie (stagionali o mensili) e ad apporti termici medi. Moltiplicando il valore ottenuto per il periodo di tempo dell'intervallo temporale di simulazione e, nel caso di simulazione semi-stazionaria, sommando i contributi di tutti gli intervalli (mesi), si ottiene il fabbisogno energetico dell'involucro edilizio.

Il consumo energetico (elettricità, gas naturale, ecc.) viene anch'esso calcolato in regime stazionario o semi-stazionario sulla base del fabbisogno energetico dell'involucro, rispettivamente stagionale o mensile, utilizzando dei fattori di correlazione che tengono conto del tipo di sistema impiantistico utilizzato.

6.2. Analisi in Regime Dinamico

Anche nella simulazione energetica in regime dinamico, come per le precedenti, il flusso di calore segue l'analogia elettrotermica. In aggiunta alle caratteristiche resistive dell'involucro sono però prese in considerazione anche le caratteristiche capacitive, ovvero si tiene conto della proprietà di immagazzinare del calore da parte degli elementi massivi dell'involucro. Si valorizza pertanto la cosiddetta inerzia termica dell'involucro edilizio opaco. Ciò è possibile se si utilizza un intervallo temporale di simulazione più breve rispetto al caso di simulazione energetica in regime stazionario o semi-stazionario e facendo in modo che le condizioni di partenza nei calcoli energetici per ciascun intervallo di tempo sia il risultato dei calcoli condotti per l'intervallo di tempo precedente. Così, l'intervallo temporale di simulazione può arrivare fino al minuto e la temperatura interna ai locali non sia un dato imposto, ma un risultato della simulazione energetica.

In pratica è possibile non inserire l'impianto e vedere come fluttua la temperatura interna dei locali al variare delle forzanti del sistema. Queste ultime non sono fisse come nel caso precedente, ma programmate nel tempo attraverso l'utilizzo di schemi temporali (occupazione, apporti gratuiti, ecc.) e di file climatici ricavati da elaborazioni statistiche. Tali informazioni poi permettono di valutare in anticipo come quel particolare involucro assieme a quel particolare sistema impiantistico riesca a reagire alle sollecitazioni a cui verrà sottoposto nella realtà il sistema una volta realizzato.

Al giorno d'oggi sono disponibili metodologie di calcolo in regime dinamico molto dettagliate che permettono di tenere in considerazione contemporaneamente la maggior parte dei fenomeni termofisici che si instaurano durante l'utilizzo del sistema edificio-impianto.

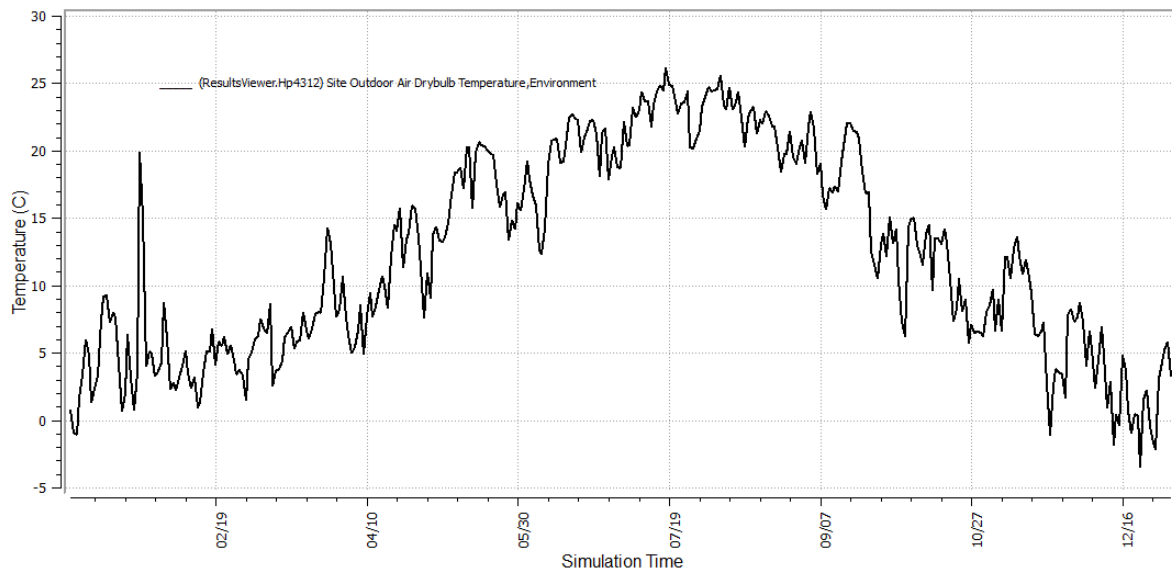


Fig. 12: Esempio di temperatura esterna utilizzata in una simulazione dinamica

L'enorme numero di dati processati unito alla caratteristica intrinseca delle metodologie dinamiche di avere intervalli temporali di simulazione molto brevi, comporta oneri di calcolo molto elevati. D'altra parte però, le risorse dei calcolatori moderni permettono di condurre simulazioni energetiche dinamiche di modelli di edifici anche di notevole complessità in tempi ragionevoli, estendendo di fatto a chiunque la possibilità di effettuare questo tipo di analisi.

Oltre però alla complessità degli algoritmi di calcolo c'è anche l'enorme mole di dati di input necessari alla simulazione. Bisogna pensare che per effettuare una simulazione sono necessarie tutte le informazioni geometriche e termofisiche dell'involucro, tutte le caratteristiche prestazionali degli impianti, tutti i dati di utilizzo degli ambienti (apporti gratuiti, occupazione, ecc.), nonché tutti i dati climatici del luogo. Inoltre, ogni simulazione, porta con sé moltissimi dati di output di non facile lettura. All'interno di un programma per simulazioni dinamiche sono molti gli aspetti che possono essere studiati in maniera esaustiva.

Un primo aspetto fondamentale è la "bioclimatica". Questa consiste nella valorizzazione degli elementi atmosferici del sito di edificazione al fine di ottenere buone condizioni di comfort all'interno degli spazi abitabili a prescindere dall'utilizzo di sistemi impiantistici di climatizzazione.

Ecco quindi che la progettazione bioclimatica si avvale di:

- Orientamento dell'edificio;
- Grado di coibentazione dell'involucro edilizio;
- Massa termica del singolo ambiente;
- Controllo della radiazione solare entrante dai componenti trasparenti dell'involucro;
- Ventilazione naturale;
- Umidificazione.

Molti di questi aspetti sono collegati gli uni agli altri e devono essere bilanciati al fine di avere il massimo effetto utile in termini di comfort e di risparmio energetico.

L'orientamento dell'edificio, per esempio, è strettamente collegato alla radiazione solare, nonché alla ventilazione. D'altro canto l'utilizzo di massa termica ha poco senso se non si provvede allo smaltimento del calore assorbito dalla struttura con un'opportuna ventilazione notturna.

Per una buona progettazione è perciò necessario valutare tutti gli aspetti bioclimatici dell'edificio collegati al clima della località di edificazione in modo dinamico, ovvero nel loro evolversi nel tempo. Solo in questo modo è possibile verificare, oltre al beneficio complessivo, anche situazioni puntuali problematiche che potrebbero verificarsi.

Un secondo aspetto fondamentale è quello di definire il corretto isolamento dei componenti di involucro. Una simulazione energetica dinamica permette di valutare step by step l'efficacia di oggetti o altri elementi architettonici preposti al controllo della radiazione solare. Questi devono infatti essere in grado di permettere l'apporto solare nella stagione invernale e la schermatura della radiazione nella stagione estiva.

Oltre ad una valutazione complessiva a lungo termine, di per sé molto utile e molto precisa con strumenti dinamici, è bene monitorare l'andamento della temperatura interna dell'aria nell'intero arco della giornata per evitare che gli apporti solari assieme agli apporti dovuti alle attività umane nei periodi di occupazione dei locali provochino fenomeni di surriscaldamento indesiderato.

Un ultimo aspetto importante che può essere studiato con la simulazione dinamica è la strategia denominata *"air flow network"*, che con l'utilizzo di algoritmi che tengono conto dell'effetto di galleggiamento dell'aria e di parametri disponibili nel file climatico, può valutare il contributo bioclimatico generato dall'utilizzo di strategie di ventilazione naturale. Lo sfruttamento della ventilazione naturale offre sia la possibilità di raffrescamento naturale diurno nella mezza stagione, sia la possibilità di smaltimento notturno del calore immagazzinato nella struttura durante il giorno in estate. Posizionare bocchette di ventilazione, rivedere la disposizione e l'altezza delle finestre e prevedere logiche comportamentali degli occupanti, sono accorgimenti che, pur modificando l'aspetto architettonico, possono migliorare notevolmente le condizioni di comfort interno.

6.2.1. DESCRIZIONE DEL SOFTWARE ENERGYPLUS

Il motore di calcolo EnergyPlus è uno dei più affermati programmi di simulazione energetica in regime dinamico di edifici. Sviluppato dal dipartimento dell'energia degli Stati Uniti d'America con la collaborazione delle maggiori università mondiali, EnergyPlus permette la valutazione di molteplici parametri connessi all'utilizzo reale del sistema edificio-impianto. È possibile valutare ad ogni step temporale l'andamento dei parametri di comfort e di consumo in funzione al grado di isolamento dell'involucro, alla massa termica utilizzata, ai tassi di ventilazione previsti e/o generati dalla ventilazione naturale e dovuti alla volontaria apertura dei serramenti, all'utilizzo di sistemi di controllo attivo e/o passivo della radiazione solare, all'orientazione dell'edificio e ad altri numerosi fattori. Inoltre è possibile valutare particolarità oggettive critiche del funzionamento dell'impianto HVAC confrontando tra loro differenti soluzioni e valutando, in termini di consumo energetico, comfort abitativo ed impatto ambientale, i benefici di una soluzione rispetto all'altra. EnergyPlus è strutturato in molti moduli di programma che lavorano simultaneamente per calcolare, utilizzando un'ampia varietà di sistemi e fonti di energia, il fabbisogno energetico di riscaldamento e di raffrescamento di un edificio e l'andamento di tutti i parametri prestazionali e di comfort collegati



Fig. 13: Logo Software EnergyPlus

all'utilizzo dello stesso. Ciò viene fatto simulando l'edificio ed i sistemi energetici associati ad esso in funzione delle diverse condizioni ambientali ed operative.

A differenza dei programmi che prevedono una simulazione sequenziale, EnergyPlus è un programma a simulazione integrata. Nei programmi a simulazione sequenziale le tre parti principali del modello, zona dell'edificio (*zone*), sistema di trattamento aria (*system*) e impianto centralizzato di generazione (*plant*), sono simulati sequenzialmente senza che vi sia feedback tra loro. Si inizia quindi con il bilancio termico di zona che aggiorna le condizioni operative della zona e determina il carico di riscaldamento-raffrescamento ad ogni step di simulazione. Queste informazioni sono trasferite alla simulazione dell'unità di trattamento aria per determinare la risposta del sistema. Questa risposta quindi non influisce sulle condizioni operative di zona. Infine, allo stesso modo, le informazioni del sistema ad aria sono trasferite all'impianto centralizzato di generazione senza alcun feedback. Questa tecnica di simulazione lavora bene in alcune situazioni, ma può portare talvolta a risultati non realistici fisicamente.

Al fine di ottenere una simulazione fisicamente realistica, gli elementi devono quindi essere connessi tra loro attraverso uno schema di risoluzione simultanea. L'intero programma integrato può essere rappresentato come una serie di elementi funzionali collegati tra loro da circuiti che distribuiscono i vettori fluidi (i cicli dell'aria e dell'acqua del programma). I circuiti sono costituiti da un semi-circuito di domanda e da un semi-circuito di alimentazione, mentre, in generale, lo schema di risoluzione si basa sul calcolo ricorsivo e sull'iterazione successiva per far convergere domanda e alimentazione.

Il fulcro centrale della simulazione energetica dinamica è comunque il modello dell'edificio basato sui principi fondamentali di bilancio termico.

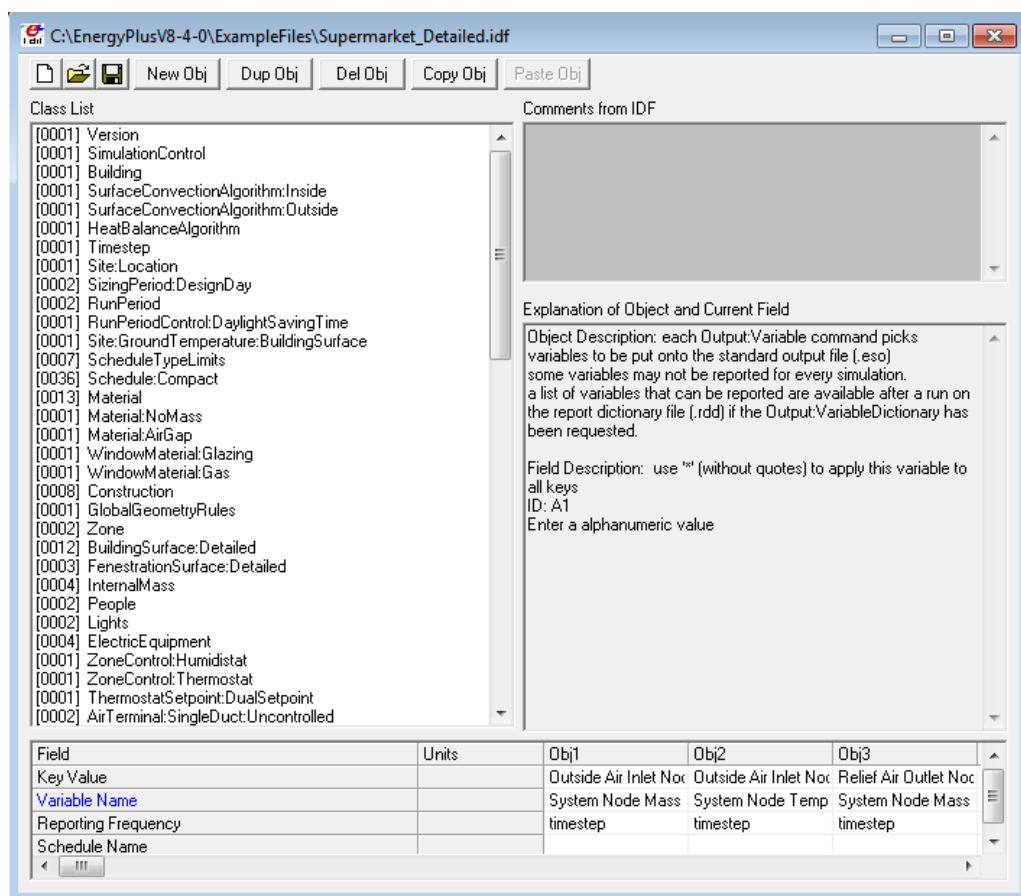


Fig. 14: Esempio Schermata EnergyPlus

EnergyPlus è dunque un motore di calcolo complesso, ma modulare, che permette all'utente esperto di valutare tutte le caratteristiche più importanti del proprio progetto. Visto che una diagnosi energetica deve avere la possibilità di adattare all'utenza i profili degli apporti termici, oltre alla possibilità di simulare in modo dettagliato il funzionamento e il comportamento dell'impianto, EnergyPlus diventa fondamentale per la sua corretta realizzazione.

6.2.2. COSTRUZIONE GRAFICA DEL MODELLO CON SKETCHUP

EnergyPlus è un programma che non prevede un'interfaccia grafica semplice e intuitiva, infatti non è considerato un programma "user friendly". Per un suo utilizzo più semplice e veloce vengono affiancati ad esso una serie di programmi per permettono di facilitare l'inserimento dei dati. Uno di questi programmi è SketchUp; esso permette di disegnare l'edificio in 3D, crearne una struttura grafica e attraverso un plug-in far in modo di essere letto ed utilizzato dal software principale, ovvero EnergyPlus.

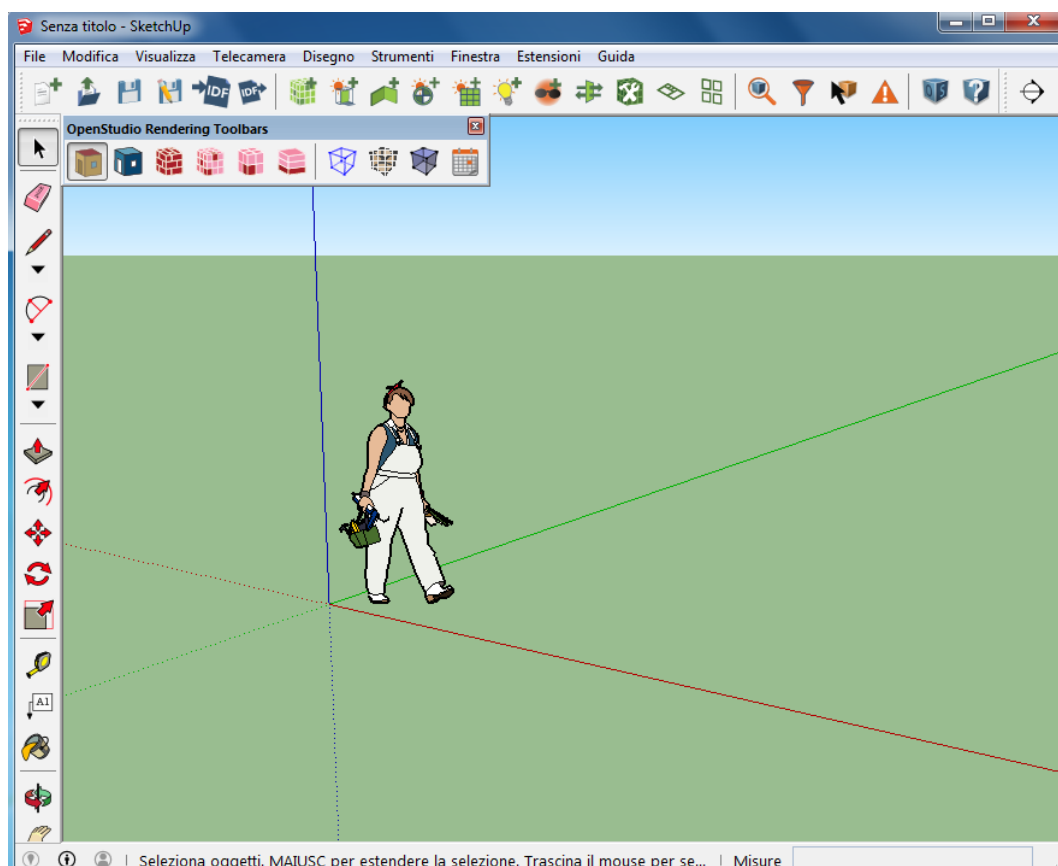


Fig. 16: SketchUp, schermata iniziale

La pagina iniziale, come si può osservare, è costituita da una zona centrale utilizzata per disegnare il modello vero e proprio; tutt'attorno invece sono posizionati una serie di tasti, orizzontali e verticali. La colonna verticale di sinistra costituisce l'insieme di tasti che servono per disegnare l'edificio e quindi propri del programma di disegno; la fila orizzontale invece comprende l'insieme dei tasti aggiuntivi che il plug-in fornisce.

Analizzando nello specifico, i primi sei tasti servono per salvare il file disegnato in diversi formati:

1. Come file di SketchUp;
2. Come file di Openstudio;
3. Come file di EnergyPlus.

Queste tre possibilità permettono di creare il proprio edificio in 3D e poi di poterlo esportare e importare in diversi formati in modo che possa venir aperto dal programma desiderato.

I successivi tasti, sempre posizionati sulla fila orizzontale, costituiscono le proprietà dell'edificio, ovvero permettono di inserire nuovi elementi; rispettivamente:

- Nuovi spazi;
- Nuove superfici oscuranti;
- Nuove strutture interne;
- Nuovi controlli di luce solare;
- Nuove mappe per l'illuminazione;
- Nuove strutture luminose;
- Nuovi sensori abbaglianti;

Tutti queste possibilità di inserimento sono poi lette dal software principale se inserite nel modello grafico.

Continuando con la descrizione i successivi tasti danno la possibilità di accoppiare due superfici, per far in modo che il programma la consideri come singola, oppure c'è la possibilità di cercare una determinata superficie con il tasto ricerca. Simile a questo tasto sono anche i successivi che non inseriscono nessun elemento nuovo, ma danno la possibilità di interrogare la superficie selezionata e di restituire tutte le informazioni che essa contiene.

Gli altri tasti sono secondari e permettono di visualizzare le superfici interne all'edificio attraverso dei piani di taglio oppure di evidenziare le strutture simili all'interno dello stesso disegno e di rappresentarle con lo stesso colore a seconda del tipo di costruzione; tipo di costruzione, tipo di spazio, zona termica e piano dell'edificio.

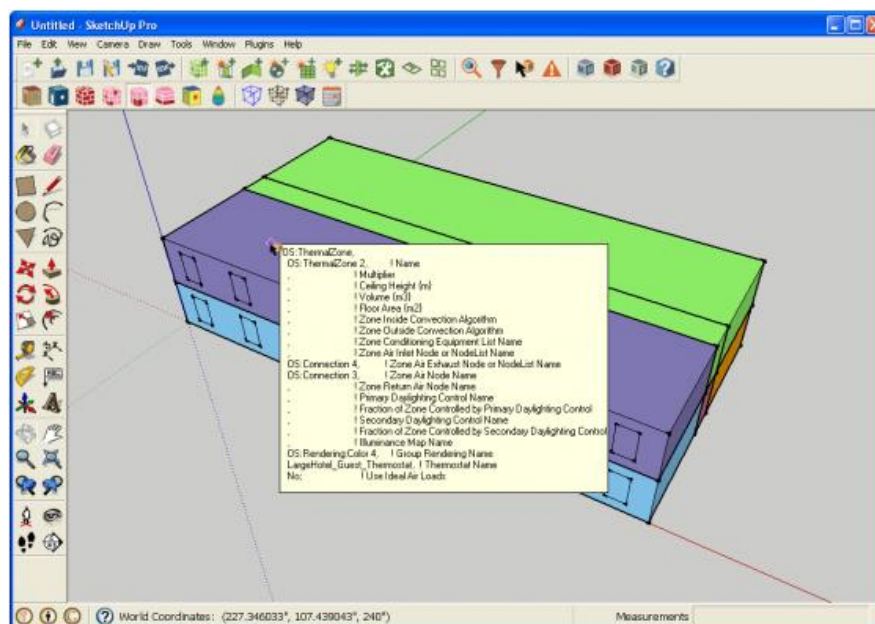


Fig. 17: Esempio Modello SketchUp con plug-in Openstudio

Inoltre il plug-in permette di inserire direttamente all'interno del modello alcuni tipi di strutture già predefinite che si trovano all'interno della libreria del programma; è possibile disegnare quindi un modello definendone la destinazione finale, ad esempio un ufficio, una scuola, un ospedale; così facendo il modello viene automaticamente arredato di tutti i carichi interni e delle strutture tipiche che caratterizzano il tipo di edificio.

Infine il tasto con l'icona di Openstudio fa partire direttamente la simulazione dell'edificio da SketchUp senza il bisogno di aprire nessun altro programma.

6.2.3. INTERFACCIA GRAFICA PER LA SIMULAZIONE CON ENERGYPLUS

Openstudio è un insieme di strumenti atti a supportare tutta la modellazione energetica degli edifici utilizzando come sistema di calcolo il software EnergyPlus, in maniera semplice e intuitiva. All'interno di Openstudio vi sono alcune strutture che aiutano e completano la modellazione dell'edificio per il calcolo dinamico; tra queste ci sono:

- **Openstudio SketchUp Plug-in**, che, come appena visto, permette di disegnare il modello in 3D dell'edificio attraverso il programma SketchUp;
- **ResultsViewer**, che permette di plottare e confrontare i dati in uscita dalla simulazione.

OpenStudio



Fig. 18: Logo Software OpenStudio

Il programma è complesso e ramificato. Al suo interno è possibile utilizzare diverse opzioni che consentono di modificare il file e personalizzarlo al meglio secondo il proprio caso di studio.

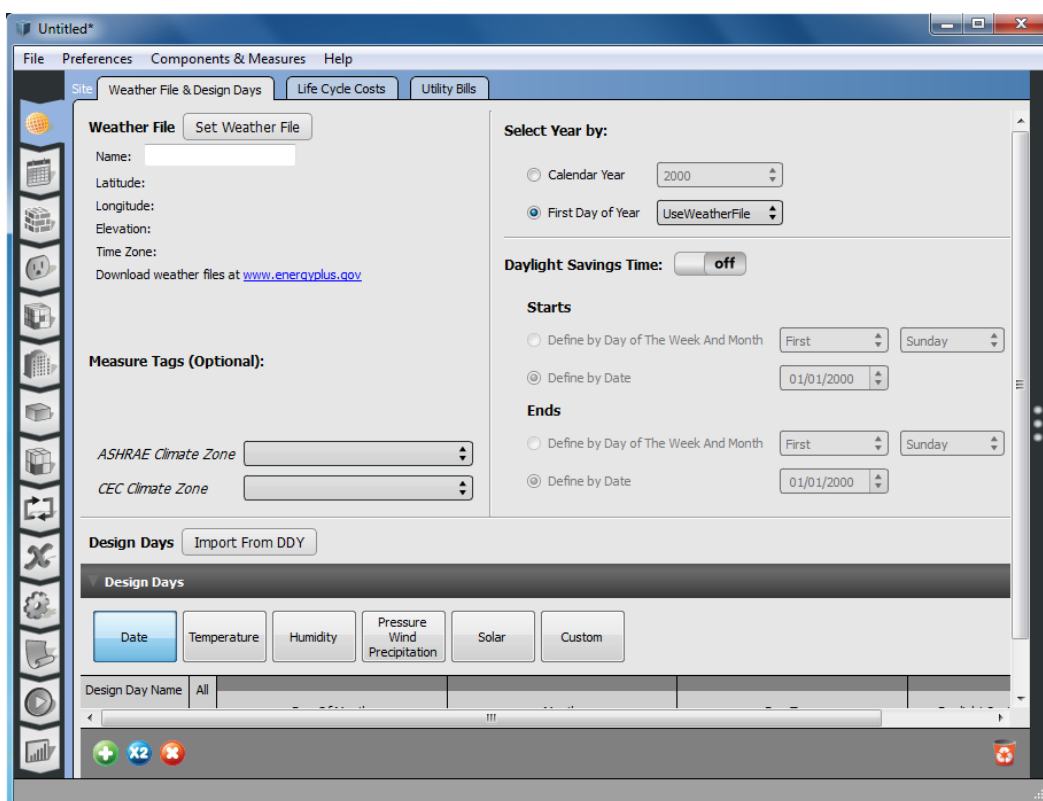


Fig. 19: Openstudio, schermata iniziale

Il programma contiene una serie di pagine, quella iniziale è caratterizzata dal sito dell'edificio. Il primo passo è quello di inserire il dato ambientale, il cosiddetto "*weather file*". Questo è necessario perché nella valutazione energetica del sistema edificio o edificio-impianto, occorre disporre dei dati orari delle grandezze meteorologiche per il sito geografico in esame.

Vediamo qui di seguito come è costruito un "*weather file*", da cosa è formato e cosa lo caratterizza.

Le grandezze necessarie che formano il "*weather file*" sono:

- La radiazione solare, nelle sue componenti diretta e diffusa sul piano orizzontale;
- La temperatura;
- L'umidità relativa;
- La velocità dell'aria.

Perché le valutazioni energetiche siano significative le distribuzioni orarie delle grandezze meteorologiche devono rappresentare le sequenze temporali più probabili. Per ottenere ciò occorre costruire un anno tipo utilizzando serie statistiche di dati climatici su base possibilmente ventennale.

La costruzione di sequenze orarie di dati climatici più probabili, e quindi dell'anno tipo, per vari siti in Italia è stata affrontata nel Progetto Finalizzato Energetica nel 1979 dall'IFA (Istituto di Fisica dell'Atmosfera del CNR) nel seguente modo. Dai dati provenienti dalle stazioni del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (68 stazioni sparse in modo piuttosto omogeneo sul territorio nazionale), raccolti in maniera praticamente continua nel periodo 1951-1970, sono state calcolate, per ogni stazione, il valore medio e la varianza della temperatura dell'aria per ogni mese dell'anno sull'intera popolazione. La stessa operazione è stata poi ripetuta per ogni singolo mese di ogni singolo anno. È stato quindi selezionato quale mese tipo fosse più rappresentativo, ovvero quello con valore medio e varianza della temperatura dell'aria più prossimi ai valori calcolati per quel mese sull'intera popolazione. L'anno tipo è stato infine costruito come composizione dei mesi tipo.

Generato così l'anno tipo, che è costituito da una sequenza di mesi reali (cioè effettivamente verificatisi) provenienti da anni diversi, sono state estratte dall'insieme dei dati e aggiunti alla temperatura dell'aria (dati orari ottenuti per interpolazione dai dati orari) le altre grandezze meteorologiche:

- La velocità del vento a 10 metri dal suolo (data dalla media aritmetica calcolata nei 10 minuti centrati intorno all'ora sinottica a cui il valore si riferisce);
- L'umidità relativa dell'aria al suolo;
- Il numero di ore e di decimi di ora di sole verificatisi nell'intera giornata.

A tali dati, disponibili per ognuna delle 68 stazioni è stata aggiunta l'irradiazione solare totale giornaliera sul piano orizzontale (dato rilevato a partire dal 1958).

Tornando alla descrizione del programma, più in basso invece, nella stessa pagina, dopo aver inserito il "*weather file*" vengono considerate le caratteristiche climatiche estreme del posto. Queste vengono utilizzate dal programma per calcolare e dimensionare automaticamente alcune caratteristiche dell'impianto rispetto appunto alle condizioni estreme. Sempre nella prima pagina esistono altre due finestre che permettono di impostare un ciclo di vita e di stimare il costo delle future bollette.

Le successive tre pagine del programma corrispondono rispettivamente a "*Schedules*", "*Costructions*" e "*Loads*". Nella prima vi è la possibilità di poter modificare le situazioni di carichi interni durante la giornata, ed impostare questo per qualsiasi giorno dell'anno. I carichi interni variano dalle temperature

interne degli ambienti, alle persone che ci sono all'interno o all'equipaggiamento elettrico. Questo lo si può fare per ogni ambiente dell'edificio.

La seconda pagina, ovvero "Costructions" permette di inserire e modificare tutte le varie costruzioni dell'immobile con la possibilità di inserire costruzioni o materiali contenuti nella libreria del programma. In più è possibile inserire la struttura delle tipologie di superfici e di infissi propri dell'edificio, creandone di nuovi, rendendo così il progetto il più reale possibile.

Infine nell'ultima di queste tre pagine si possono dare le definizioni dei vari carichi interni. Questi comprendono le categorie di:

- Persone, definendone una quantità o un'unità su m²;
- Luci ed equipaggiamento elettrico;
- Gas e Acqua.

Anche queste definizioni si possono applicare liberamente ad ogni singola stanza.

Successiva alle tre pagine sopra descritte vi è quella denominata "Space type" in cui vi è una tabella dove per tutti gli spazi viene fatto un riassunto delle caratteristiche e dei carichi interni precedentemente inseriti.

Simile alla pagina "Space type" è la successiva, denominata "Facility" in cui si fa un riassunto della tipologia di costruzione e dei vari livelli dell'immobile.

Le pagine seguenti sono probabilmente le più importanti del programma ai fini del modello; esse sono "Spaces", "Thermal zones" e "HVAC systems".

È in "Spaces" che tutte le strutture e le caratteristiche dei carichi interni possono essere applicati alle varie stanze e ai vari spazi dell'edificio che si sta progettando. È possibile inserire i carichi interni, le superfici, gli infissi e, se ce ne sono, anche le partizioni interne (murature interne nella stanza) e le ombreggiature (provocate da altri edifici o dalla vegetazione). In altre parole è in questa pagina che si crea la struttura dell'edificio.

Space Name	All	Story	Thermal Zone	Space Type	Default Construction Set	Default Schedule Set	Part of
	<input type="checkbox"/>	Apply to Selected	Apply to Selected	Apply to Selected	Apply to Selected	Apply to Selected	
Aula_1	<input type="checkbox"/>	Piano_Terra	Zona_Aula_1	Classe_Asilo_Monte	Costruzione_Asilo_Montebell		
Aula_2	<input type="checkbox"/>	Piano_Terra	Zona_Aula_2	Classe_Asilo_Monte	Costruzione_Asilo_Montebell		
Aula_3	<input type="checkbox"/>	Piano_Terra	Zona_Aula_3	Classe_Asilo_Monte	Costruzione_Asilo_Montebell		
Bagno_Cucina	<input type="checkbox"/>	Piano_Terra	Zona_Bagno_Cucina	Bagni_Asilo_Monte	Costruzione_Asilo_Montebell		
Bagno_Magazzino	<input type="checkbox"/>	Piano_Terra	Zona_Bagno_Magazzino	Bagni_Asilo_Monte	Costruzione_Asilo_Montebell		
Bagno_Mensa	<input type="checkbox"/>	Piano_Terra	Zona_Bagno_Mensa	Bagni_Asilo_Monte	Costruzione_Asilo_Montebell		
Biblioteca	<input type="checkbox"/>	Piano_Terra	Zona_Biblioteca	Biblioteca_Asilo_Monte	Costruzione_Asilo_Montebell		
Corridoio_1	<input type="checkbox"/>	Piano_Terra	Zona_Corridoio_1	Corridoio_Asilo_Monte	Costruzione_Asilo_Montebell		
Corridoio_2	<input type="checkbox"/>	Piano_Terra	Zona_Corridoio_2	Corridoio_Asilo_Monte	Costruzione_Asilo_Montebell		
Mensa_1	<input type="checkbox"/>	Piano_Terra	Zona_Mensa_1	Mensa_Asilo_Monte	Costruzione_Asilo_Montebell		

Fig. 20: Esempio Schermata “Spaces” in Openstudio

In “*Thermal zones*” invece è possibile vedere tutte le zone termiche create, quindi tutte le divisioni che sono state create nel proprio modello. Per ogni zona termica inoltre è possibile impostare la temperatura di setpoint desiderata sia per la stagione invernale che per la stagione estiva.

Infine nella terza pagina è possibile inserire il sistema di HVAC. Nello specifico si possono inserire numerose tipologie di impianti, le principali sono:

- Sistemi di riscaldamento e di raffrescamento ad aria;
- Sistemi di riscaldamento e raffrescamento ad acqua;
- Sistemi per l’acqua calda sanitaria;
- Sistemi per la refrigerazione;

Per ogni sistema poi è possibile inserire nel circuito i vari elementi che lo rappresentano; dalle caldaie, alle pompe di calore; dalle turbine ai sensori di temperatura. Il tutto poi collegato ad ogni zona termica a cui il sistema si riferisce.

Successiva a questa pagina si trovano le pagine “*Output variables*” e “*Simulation settings*” che rispettivamente consentono di decidere a proprio piacimento le variabili di uscita della simulazione, e le caratteristiche di essa.

Infine le ultime due pagine sono “*Run simulation*” in cui si dà il via alla simulazione del modello creato e in cui si possono vedere eventuali errori o avvisi; e infine “*Results summary*” in cui, una volta che la simulazione è andata a buon fine, è possibile vedere i risultati ottenuti. Essi si dividono nelle varie categorie e sono visualizzate tramite tabelle numeriche, grafici a colonne e diagrammi.

CAPITOLO 7 – CASO DI STUDIO: DIAGNOSI ENERGETICA DELLA SCUOLA MATERNA “MENEGON”

Nella seguente trattazione si affronta il caso della diagnosi energetica della Scuola Materna “Menegon” di Montebelluna. Si seguirà un primo approccio che consiste nella diagnosi energetica di primo livello basato sull’osservazione del fabbricato ed i suoi consumi e si prosegue con due modellazioni, una di tipo stazionario secondo modalità di uso e consumo in condizioni standard e poi secondo modellazioni di tipo dinamico secondo modalità di uso e consumo adattate all’utenza.

7.1. Inquadramento Generale dell’Edificio e del Sito

Il caso di studio riguarda il fabbricato della scuola materna “Menegon” di Montebelluna. La scuola di proprietà Comunale, si trova nella frazione di Mercato Vecchio di Montebelluna e accoglie un numero di 60 bambini e altro personale addetto alla cura.

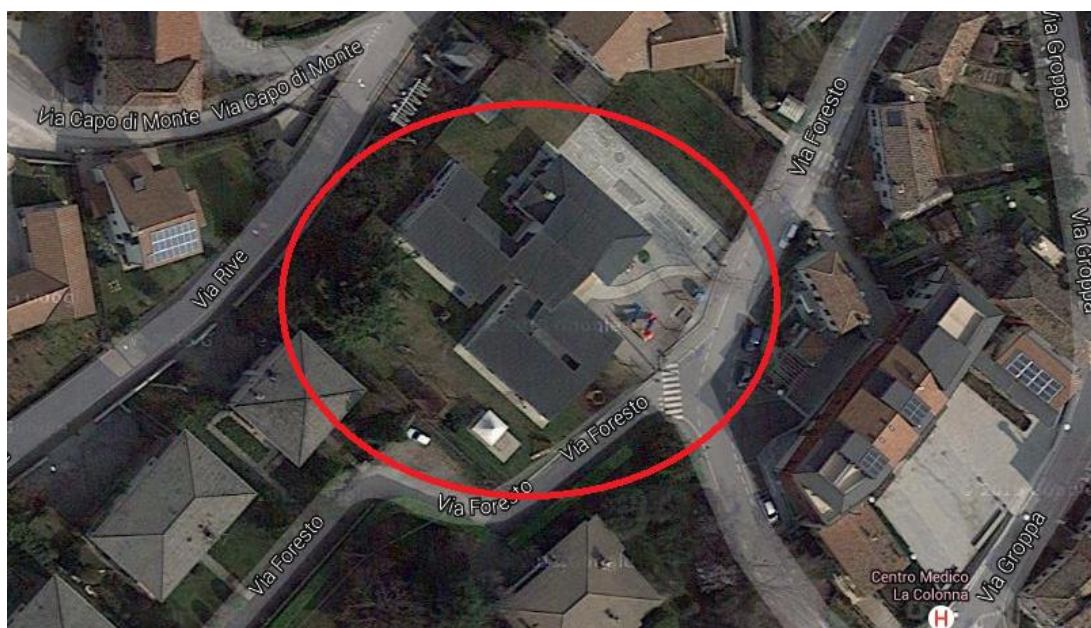


Fig. 21: Visione dall’alto della Scuola Materna “Menegon” di Montebelluna. Fonte | Google Maps

Dati Anagrafici	
Indirizzo	Via Foresto, 81
Comune	Montebelluna
Provincia	Treviso
Destinazione d'uso prevalente	
Categoria E.7 attività scolastiche	
Anno di costruzione	1967
Stato di occupazione e utilizzo	
La struttura è attualmente in utilizzo e si sviluppa su un unico piano terra	

Tab. 3: Dati generali della struttura e principali fattori tipologici dell’involucro

In tabella Tab.4 si riportano i principali parametri climatici per la definizione dell'inquadramento climatico/ambientale della località in cui è ubicato l'immobile.

Dati del comune di Montebelluna	
Superficie	48,98 km ²
Classificazione sismica	Sismicità media
Coordinate Geografiche	
Latitudine	45°46'44"04 N
Longitudine	12°2'58"92 E
Gradi decimali	45,7789; 12,0497
Altitudine (m s.l.m.)	
Casa Comunale	109
Minima	69
Massima	343
Escursione Altimetrica	274
Zona Altimetrica	Pianura
Parametri Climatici	
Gradi Giorno	2404
Zona Climatica	E
Periodo Riscaldamento	15 ottobre - 15 aprile

Tab. 4: I principali parametri climatici e ambientali del comune di Montebelluna

Le temperature medie mensili (esprese in °C) determinate in base alla norma UNI 10349, sono le seguenti:

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
2,3	3,9	7,9	12,7	16,6	21,1	23,3	22,7	19,3	13,5	7,7	3,8

Tab. 5: Temperatura medie mensili (esprese in °C) determinate in base alla norma UNI 10349

Le irradiazioni medie mensili (esprese in MJ/m²) determinate in base alla norma UNI 10349, sono:

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
N	1,6	2,5	3,6	5,2	7,7	9,5	9,1	6,4	4,1	2,8	1,7	1,4
NE	1,7	3,1	5,4	7,8	10,7	12,6	12,8	10,2	6,8	3,9	1,9	1,5
E	3,7	6,2	9,0	10,8	13,3	15,0	15,8	14,0	10,9	7,4	3,8	3,3
SE	6,5	9,3	11,4	11,5	12,4	12,9	14,0	14,1	13,0	10,7	6,4	6,1
S	8,3	11,2	12,1	10,4	10,1	10,0	10,8	11,9	12,9	12,4	8,0	7,9
SW	6,5	9,3	11,4	11,5	12,4	12,9	14,0	14,1	13,0	10,7	6,4	6,1
W	3,7	6,2	9,0	10,8	13,3	15,0	15,8	14,0	10,9	7,4	3,8	3,3
NW	1,7	3,1	5,4	7,8	10,7	12,6	12,8	10,2	6,8	3,9	1,9	1,5
H Tot.	4,5	7,8	12,1	15,7	20,1	23,0	23,9	20,3	14,9	9,5	4,8	3,9

Tab. 6: Irradiazioni medie mensili (esprese in MJ/m²) determinate in base alla norma UNI 10349

Le umidità relative medie mensili esterne (in %) determinate in base alla norma UNI 10349 sono:

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
92,5	75,0	64,3	65,7	71,3	65,4	69,4	72,0	73,9	62,2	87,5	81,1

Tab. 7: Umidità relative medie mensili esterne (esprese in %) determinate in base alla norma UNI 10349

7.1.1. DATI TECNICO-COSTRUTTIVI DELL'INVOLUCRO

La scuola materna edificata nel 1967, nel 1998 è stata oggetto di lavori di manutenzione, che comprendevano la sostituzione del manto di copertura in eternit con l'attuale manto di lamiera e strato di isolante, la sostituzione di porte e soglie, l'eliminazione delle barriere architettoniche e la tinteggiatura.

Nel 2014 è stato eseguito un miglioramento sismico, in particolare, sono stati inseriti dei pilastri in calcestruzzo armato nelle pareti del salone e delle aule. Nelle stesse pareti poi è stato realizzato un cappotto esterno per migliorarne l'isolamento termico. Infine sono state sostituite alcune porte e modificate le dimensioni di alcune finestre sempre per rendere più stabile la struttura dal punto di vista sismico.

Dati geometrici dell'edificio	
Volume al lordo delle strutture che lo delimitano [m ³]	2448,85
Superficie esterna che delimita il volume lordo [m ²]	1967,00
Rapporto S/V [m ⁻¹]	0,80
Superficie utile dell'immobile [m ²]	496,35

Tab. 8: Dati geometrici della Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna

L'edificio è costituito da tre corpi pressoché rettangolari collegati tra loro da un salone centrale. Il corpo a Nord-Est si può assimilare ad un rettangolo di dimensioni 15,30 x 13,10 metri, il corpo a Nord-Ovest misura in pianta 15,95 x 15,80 metri ed infine quello a Sud ha dimensioni 17,15 x 9,10 metri.

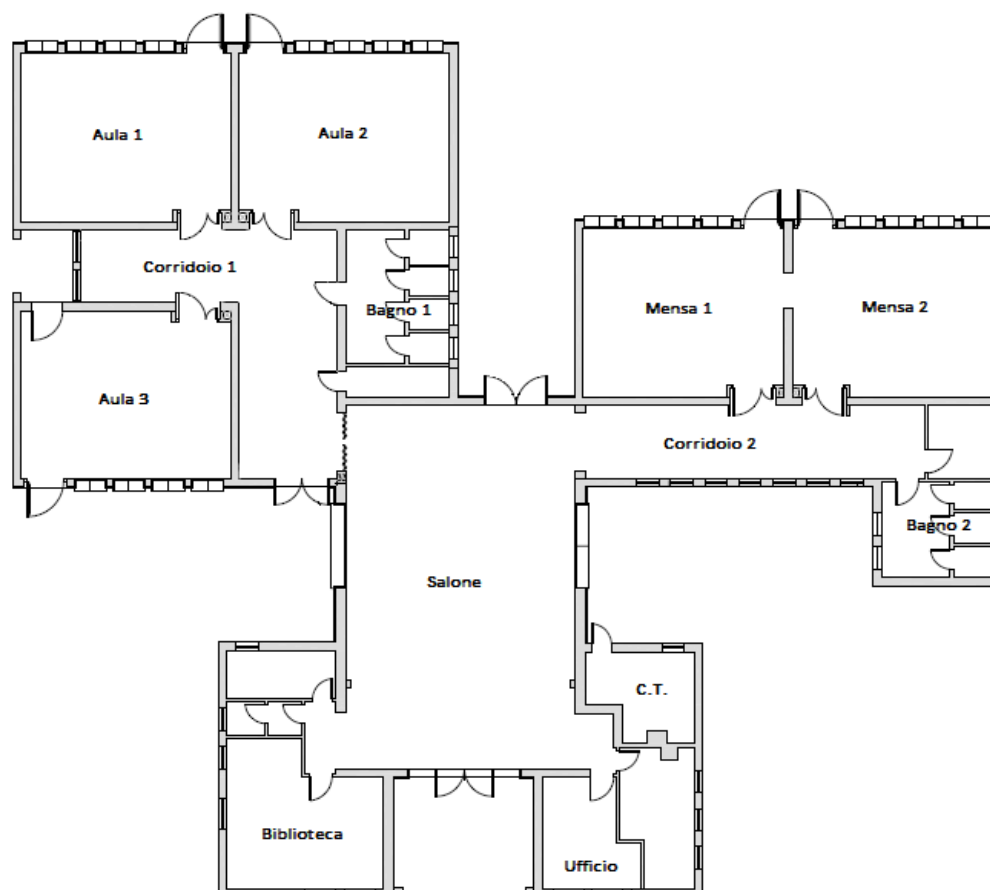


Fig. 22: Pianta della Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna

La distribuzione interna delle destinazioni d'uso si compone nel seguente modo:

- A Nord-Est sono posizionate le due mense ed i locali servizi igienici;
- A Nord-Ovest sono sviluppate tre aule ed i locali servizi igienici;
- Nel corpo a Sud invece si trovano un locale biblioteca, un servizio igienico, il portico, un ufficio e la centrale termica accessibile dall'esterno.

L'altezza interna dei locali è variabile, in quanto i solai di copertura risultano inclinati, ad eccezione del corridoio 1 nel blocco Nord-Ovest. In questo corridoio l'altezza interna è pari a 2,75 metri, gli altri locali invece presentano un'altezza interna variabile da un minimo di 2,60 ad un massimo di 4,10 metri, con una pendenza di falda di circa il 25%. L'altezza massima dell'edificio si riscontra nel salone principale, dove nel colmo si è misurata un'altezza di 4,90 metri.



Fig. 23: Prospetto Sud ed Est della Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna

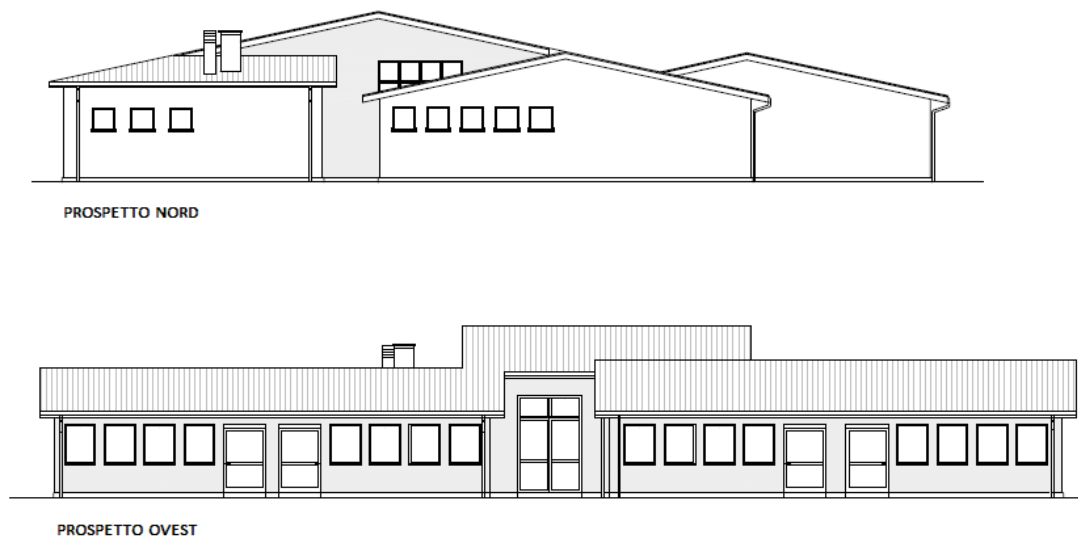


Fig. 24: Prospetto Nord ed Ovest della Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna

Per l'analisi delle stratigrafie della struttura si è fatto riferimento alle informazioni raccolte in una relazione tecnica relativa al miglioramento sismico del 2014. Da tale relazione si evincono diverse informazioni che vengono di seguito riportate. Le strutture della scuola sono le seguenti:

- **Pavimento contro terra:** struttura in calcestruzzo armato con rifinitura in piastrelle;
- **Parete esterna:** struttura in mattoni pieni esternamente intonacata (da 30 e 40cm), con parziale applicazione di cappotto in EPS da 4 cm;
- **Serramenti:** telaio metallico senza taglio termico e vetri doppi ad aria non basso emissivi;
- **Copertura:** copertura in latero cemento isolata e rifinitura in lamiera metallica.

Si riportano le strutture opache verticali e orizzontali con le loro caratteristiche fisiche:

Descrizione Struttura: (A) Muratura Perimetrale Esterna con cappotto esterno

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Intonaco interno.	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021
3	Mattone pieno di laterizio (250*120*50) spessore 375	375		2.128	675.00	20.570	840	0.470
4	Malta di cemento.	15	1.400	93.333	30.00	8.500	1000	0.011
5	Polistirene - espanso estruso (con pelle) - mv.30	40	0.036	0.900	1.20	1.040	1200	1.111
6	Intonaco plastico per cappotti	5	0.400	80.000	9.00	9.380	840	0.013
7	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 1.796 m²K/W		SPESSORE = 450 mm			CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 62.015 kJ/m²K		TRASMITTANZA = 0.557 W/m²K	
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.03 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.05			MASSA SUPERFICIALE = 706 kg/m²			
					SFASAMENTO = 14.54 h			

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs. 192/05 e s.m.i..

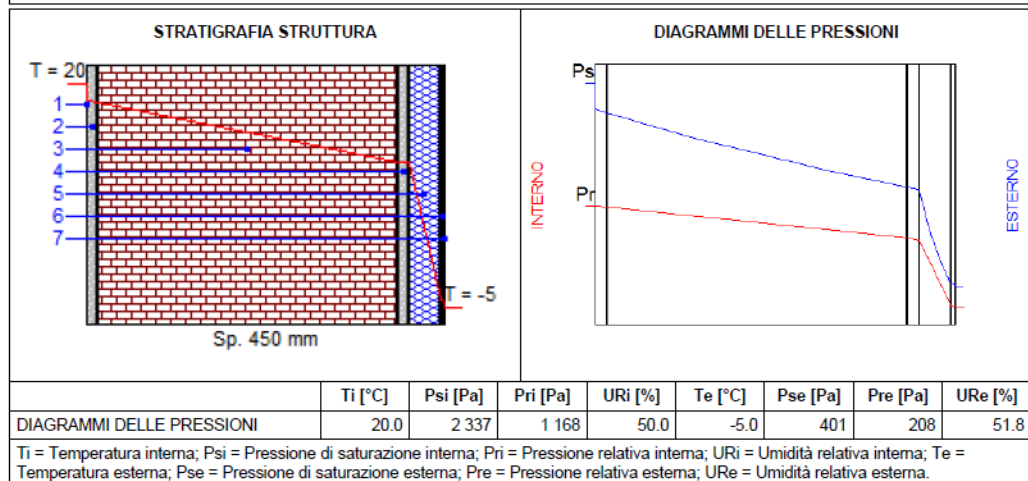


Fig. 25: Descrizione struttura Muratura Perimetrale Esterna di spessore 45 cm con cappotto esterno

Descrizione Struttura: (B) Muratura Perimetrale Esterna da 30 cm (senza cappotto)

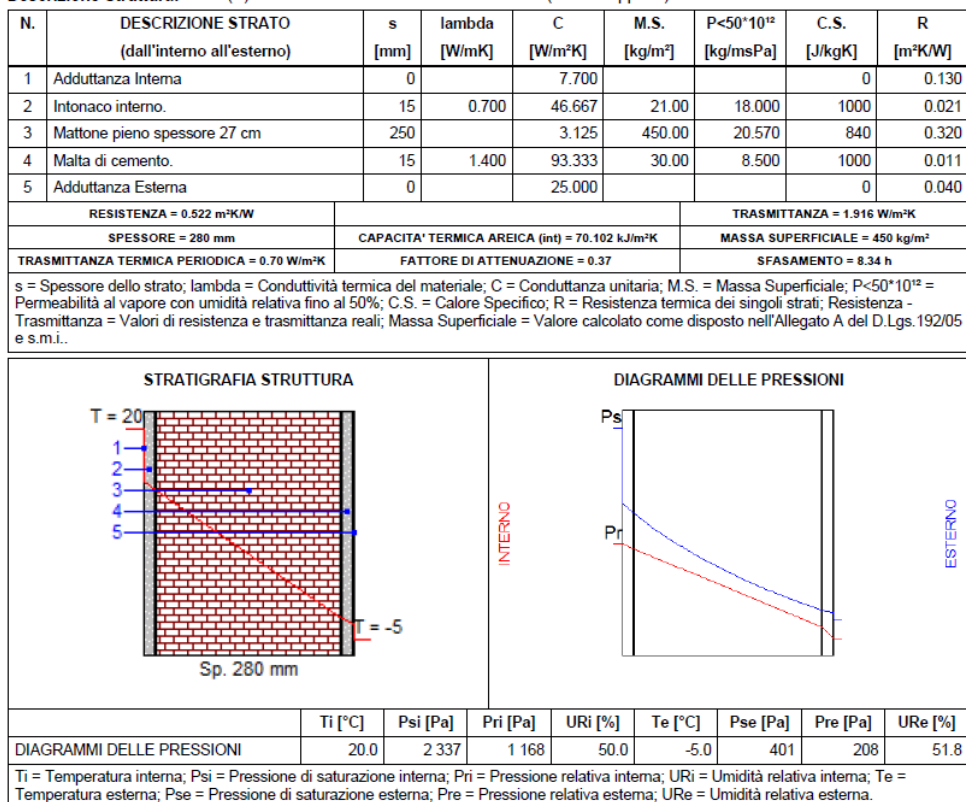


Fig. 26: Descrizione struttura Muratura di spessore 30 cm senza cappotto esterno

Descrizione Struttura: (C) Muratura Esterna da 30 cm con cappotto esterno

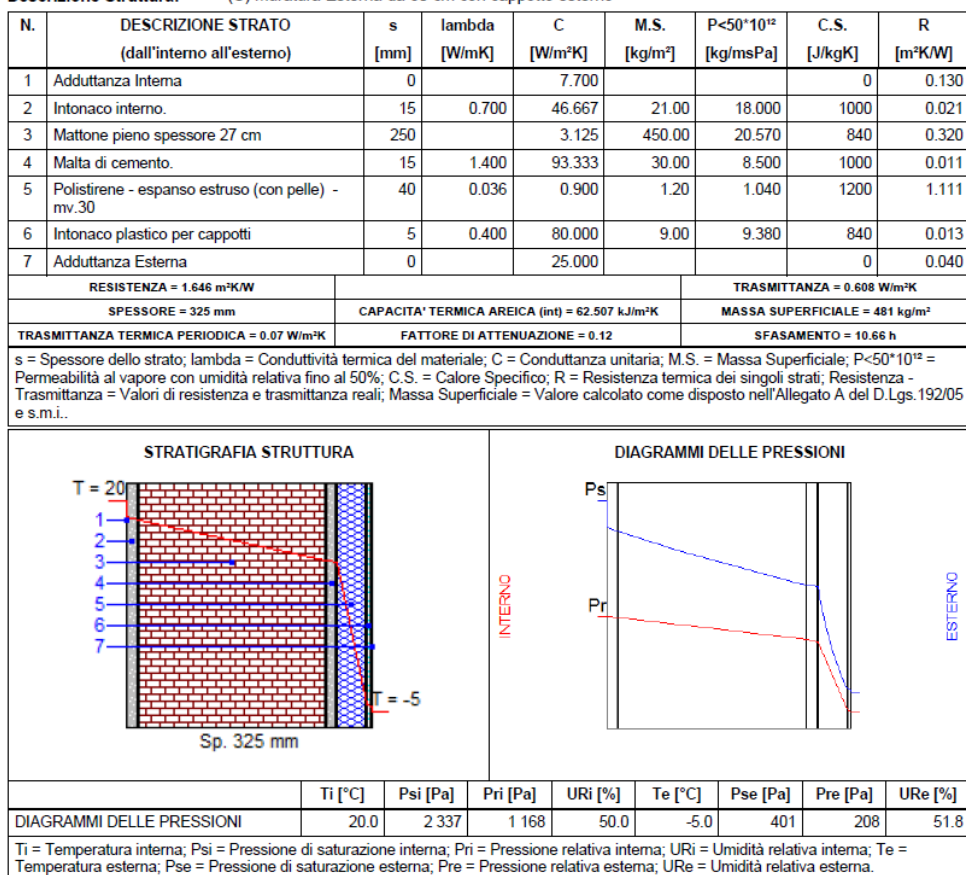


Fig. 27: Descrizione struttura Muratura Perimetrale Esterna di spessore 32,5 cm senza cappotto esterno

Descrizione Struttura: Solaio di copertura esistente in laterocemento isolato e rivestimento lamiera

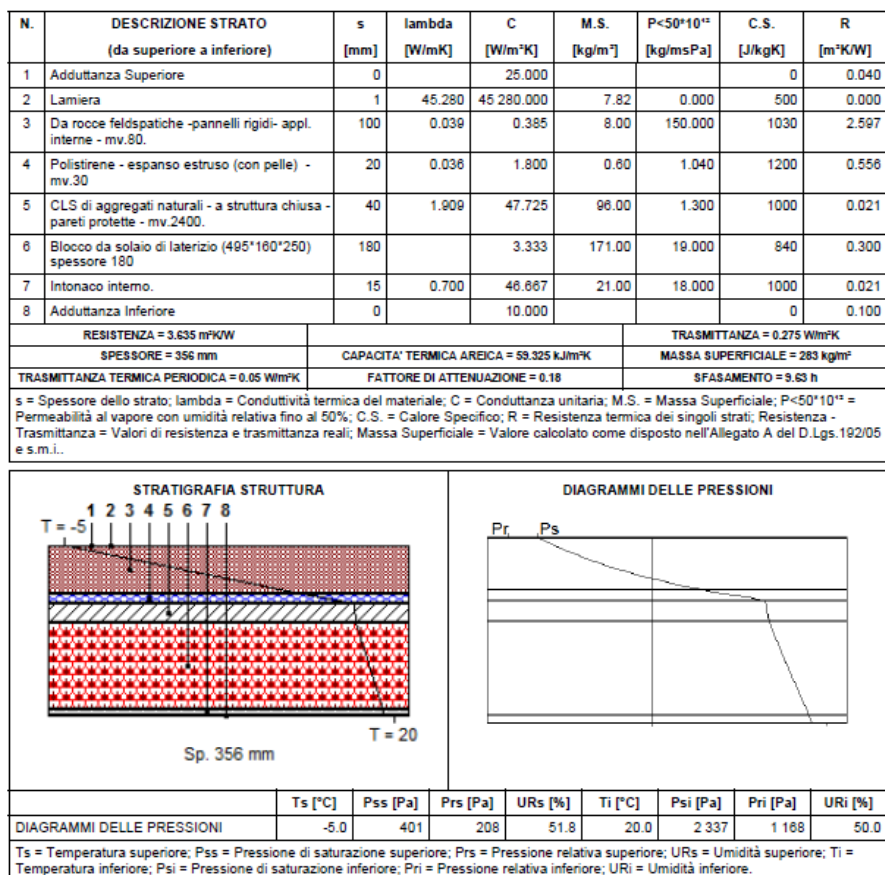


Fig. 28: Descrizione struttura Solaio di copertura di spessore 35,6 cm isolato

Descrizione Struttura: Pavimento controterra asilo (ipotizzato)

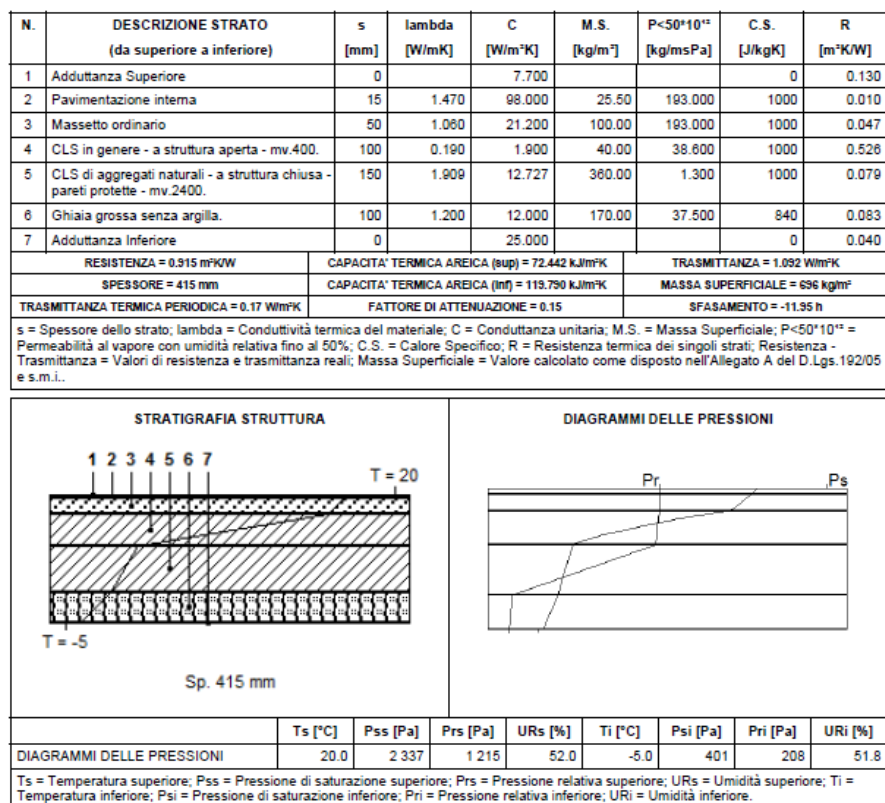


Fig. 29: Descrizione struttura Pavimento controterra spessore 41,5 cm

Si conclude la descrizione con il riporto dell'abaco dei serramenti dell'intera struttura composti da finestre e porte finestre. Nello specifico troviamo:

1. Portafinestra del salone centrale situato nella parete Sud;

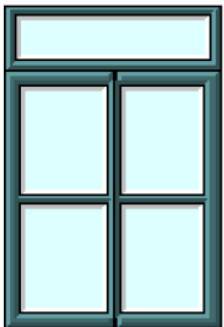
Descrizione Struttura: (7) Serramento con telaio metallico e vetri doppi - Salone Principale								
Dimensioni: L = 2.23 m; H = 2.20 m								
SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	3.817	1.089	19.020	2.700	7.000	0.080	3.965	0.75
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0.6 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Prospetto B.2 UNI/TS 11300-1:2014; Ug: da Prospetto B.1 UNI/TS 11300-1:2014								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								
INFISSO								
								
COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO							0.2220	
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA							0.130 m ² K/W	
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA							0.040 m ² K/W	
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA							7.700 W/m ² K	
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA							25.000 W/m ² K	
RESISTENZA TERMICA TOTALE							0.252 m ² K/W	
TRASMITTANZA TOTALE							3.965 W/m ² K	
TRASMITTANZA VETRO TOTALE							2.700 W/m ² K	

Fig. 30: Descrizione struttura Serramento Salone principale, Portafinestra a due ante

2. Finestroni situate nel salone centrale nelle pareti Est e Ovest;

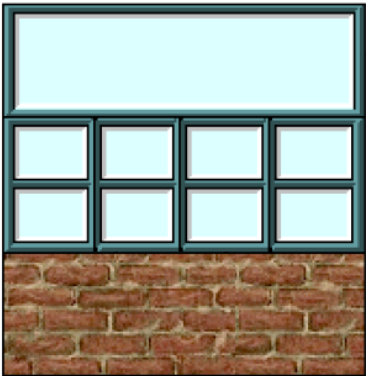
Descrizione Struttura: (3) Serramento con telaio in metallo e vetro doppio - salone principale								
Dimensioni: L = 2.95 m; H = 3.83 m								
SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	9.676	1.623	39.580	2.700	7.000	0.080	3.598	0.75
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0.93 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Prospetto B.2 UNI/TS 11300-1:2014; Ug: da Prospetto B.1 UNI/TS 11300-1:2014								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								
INFISSO								
								
COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO							0.1436	
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA							0.130 m ² K/W	
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA							0.040 m ² K/W	
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA							7.700 W/m ² K	
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA							25.000 W/m ² K	
RESISTENZA TERMICA TOTALE							0.278 m ² K/W	
TRASMITTANZA TOTALE							3.598 W/m ² K	
TRASMITTANZA VETRO TOTALE							2.700 W/m ² K	

Fig. 31: Descrizione struttura Serramento Salone principale, Vetrata

3. Portafinestra del salone centrale situato nella parete Nord nella parete verso il portico;

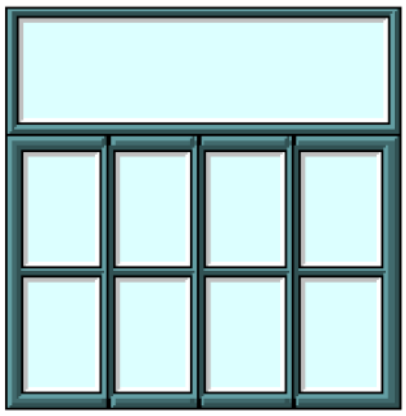
Descrizione Struttura: (6) Serramento con telaio metallico e vetri doppi - Salone Principale								
Dimensioni: L = 4.00 m; H = 4.00 m								
SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	13.552	2.448	49.560	2.700	7.000	0.080	3.606	0.75
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0.6 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Prospetto B.2 UNI/TS 11300-1:2014; Ug: da Prospetto B.1 UNI/TS 11300-1:2014								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								
INFISSO								
								
COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO							0.1530	
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA							0.130 m ² K/W	
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA							0.040 m ² K/W	
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA							7.700 W/m ² K	
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA							25.000 W/m ² K	
RESISTENZA TERMICA TOTALE							0.277 m ² K/W	
TRASMITTANZA TOTALE							3.606 W/m ² K	
TRASMITTANZA VETRO TOTALE							2.700 W/m ² K	

Fig. 32: Descrizione struttura Serramento Salone principale, Entrata atrio

4. Portafinestra situata nelle classi e nelle mense;

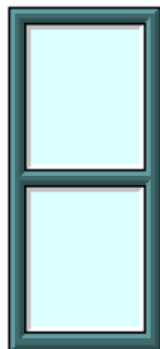
Descrizione Struttura: (5) Serramento con telaio metallico e vetro doppio - Porta finestra una anta classi								
Dimensioni: L = 1.30 m; H = 2.35 m								
SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	2.417	0.638	8.800	2.700	7.000	0.080	3.829	0.75
Ponte Termico Infisso-Parete: = 1.15 [W/mK]								
Fonte - Uf: da Prospetto B.2 UNI/TS 11300-1:2014; Ug: da Prospetto B.1 UNI/TS 11300-1:2014								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								
INFISSO								
								
COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO							0.2089	
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA							0.130 m ² K/W	
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA							0.040 m ² K/W	
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA							7.700 W/m ² K	
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA							25.000 W/m ² K	
RESISTENZA TERMICA TOTALE							0.261 m ² K/W	
TRASMITTANZA TOTALE							3.829 W/m ² K	
TRASMITTANZA VETRO TOTALE							2.700 W/m ² K	

Fig. 33: Descrizione struttura Serramento Classi e Mense, Portafinestra ad una anta

5. Finestre appartenenti alle classi e alle mense;


Descrizione Struttura: (1) Serramento esistente con telaio in metallo e vetro doppio normale - classi										
Dimensioni: L = 1.10 m; H = 1.40 m										
SERRAMENTO SINGOLO										
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]		
INFISSO	1.166	0.374	4.360	2.700	7.000	0.080	3.972	0.75		
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0.41 [W/mK]										
Fonte - Uf: da Prospetto B.2 UNI/TS 11300-1:2014; Ug: da Prospetto B.1 UNI/TS 11300-1:2014										
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.										
INFISSO										
			COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO						0.2431	
			RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA						0.130	m ² K/W
			RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA						0.040	m ² K/W
			CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA						7.700	W/m ² K
			CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA						25.000	W/m ² K
			RESISTENZA TERMICA TOTALE						0.252	m ² K/W
			TRASMITTANZA TOTALE						3.972	W/m ² K
			TRASMITTANZA VETRO TOTALE						2.700	W/m ² K

Fig. 34: Descrizione struttura Serramento edificio, Finestra esterna h=1,4 m l=1,1 m

6. Finestre piccole situate nel corridoio 2 della struttura e nella zona dei bagni.

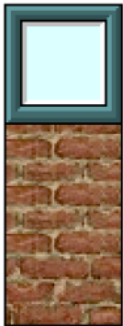
Descrizione Struttura: (2) Serramento esistente con telaio in metallo e vetri doppi (no cappotto)										
Dimensioni: L = 0.80 m; H = 0.80 m										
SERRAMENTO SINGOLO										
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]		
INFISSO	0.410	0.230	2.560	2.700	7.000	0.080	4.568	0.75		
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0.6 [W/mK]										
Fonte - Uf: da Prospetto B.2 UNI/TS 11300-1:2014; Ug: da Prospetto B.1 UNI/TS 11300-1:2014										
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.										
INFISSO										
			COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO						0.3600	
			RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA						0.130	m ² K/W
			RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA						0.040	m ² K/W
			CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA						7.700	W/m ² K
			CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA						25.000	W/m ² K
			RESISTENZA TERMICA TOTALE						0.219	m ² K/W
			TRASMITTANZA TOTALE						4.568	W/m ² K
			TRASMITTANZA VETRO TOTALE						2.700	W/m ² K

Fig. 35: Descrizione struttura Serramento edificio, Finestra esterna h=0,8 m l=0,8 m

Si sono analizzati tutti i ponti termici presenti nell'edificio reale e poi si è proceduto con il calcolo della Trasmittanza termica lineare (Kl) del ponte termico secondo le specifiche della UNI EN ISO 10211. Le seguenti strutture sono state realizzate con lo stesso programma usato per la simulazione in regime stazionario. Esse sono relative a :

Codice Struttura: 01
Descrizione Struttura: Ponte termico "Angolo" con muratura corrente: muri senza isolamento [(1) Muro, Spessore: 300 mm, 0.837 W/mK;]
Trasmittanza Lineare: 0.22 W/mK

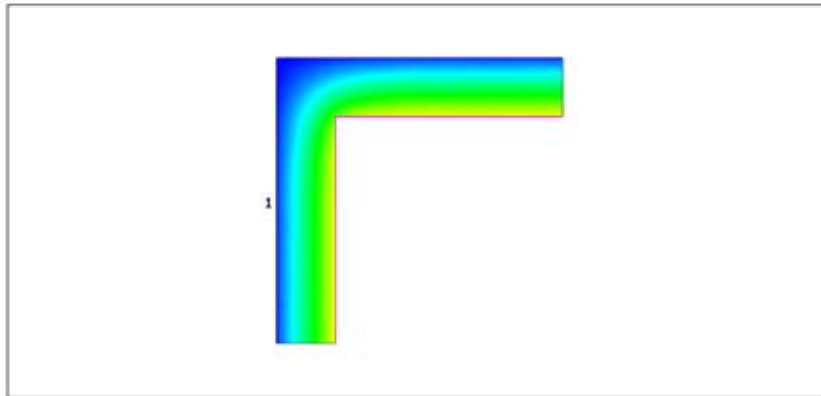


Fig. 36: Descrizione struttura Ponte termico ad angolo con muratura non isolata

Codice Struttura: 02
Descrizione Struttura: Ponte termico "Angolo con muratura corrente": muri con isolamento esterno ("cappotto") [(1) Muro, Spessore: 260 mm, 1.2675 W/mK; (2) Isolante, Spessore: 40 mm, 0.03 W/mK;]
Trasmittanza Lineare: 0.22 W/mK

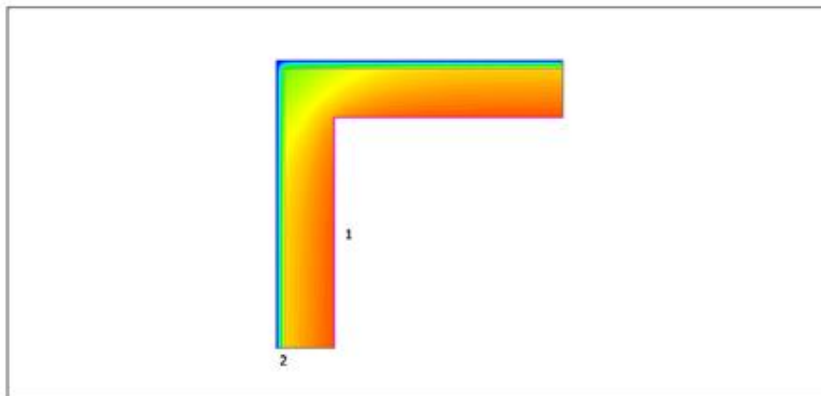


Fig. 37: Descrizione struttura Ponte termico ad angolo con muratura isolata

Codice Struttura: 03
Descrizione Struttura: Ponte Termico "Pareti interne": muro esterno con isolamento esterno [(1) Muro, Spessore: 260 mm, 1.2675 W/mK; (2) Isolante, Spessore: 40 mm, 0.03 W/mK; (3) Muro, Spessore: 260 mm, 1.2675 W/mK; (4) Tramezzo, Spessore: 300 mm, 2.79 W/mK;]
Trasmittanza Lineare: 0.23 W/mK

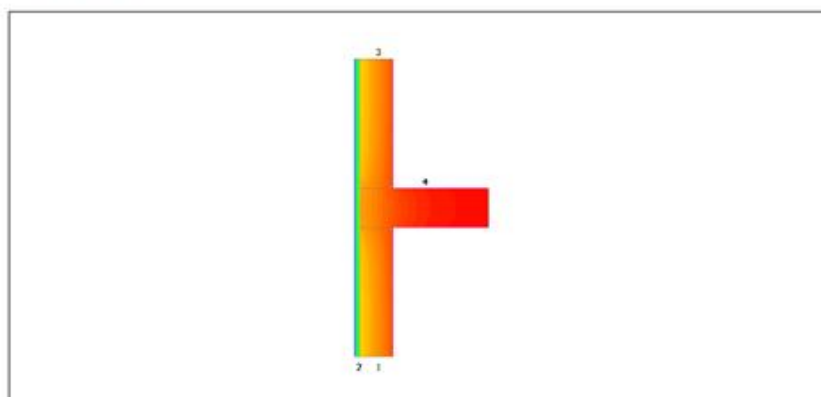


Fig. 38: Descrizione struttura Ponte termico pareti interne con muratura isolata

Codice Struttura: 04
Descrizione Struttura: Ponte termico "Angolo" con muratura corrente: muri senza isolamento: [(1) Muro, Spessore: 300 mm, 0.837 W/mK;]
Trasmittanza Lineare: -0.77 W/mK

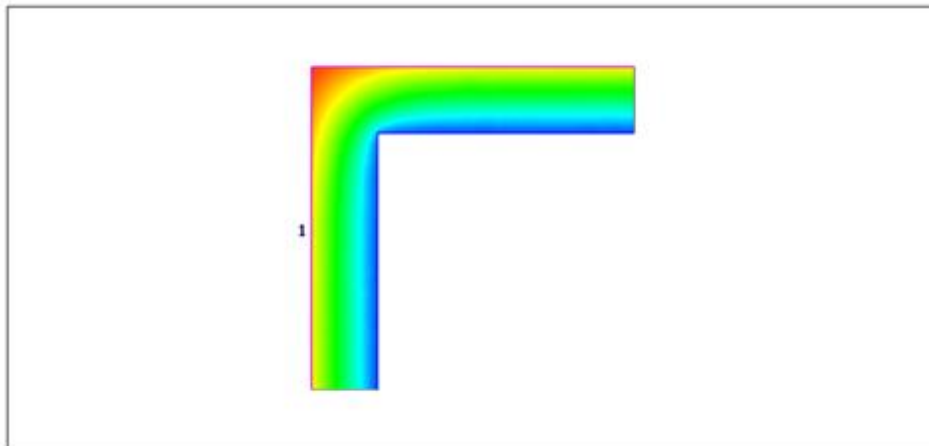


Fig. 39: Descrizione struttura Ponte termico ad angolo invertito con muratura non isolata

Codice Struttura: 05
Descrizione Struttura: Ponte termico "Angolo con muratura corrente": muri con isolamento interno: [(1) Isolante, Spessore: 40 mm, 0.03 W/mK; (2) Muro, Spessore: 260 mm, 1.2675 W/mK;]
Trasmittanza Lineare: -0.32 W/mK

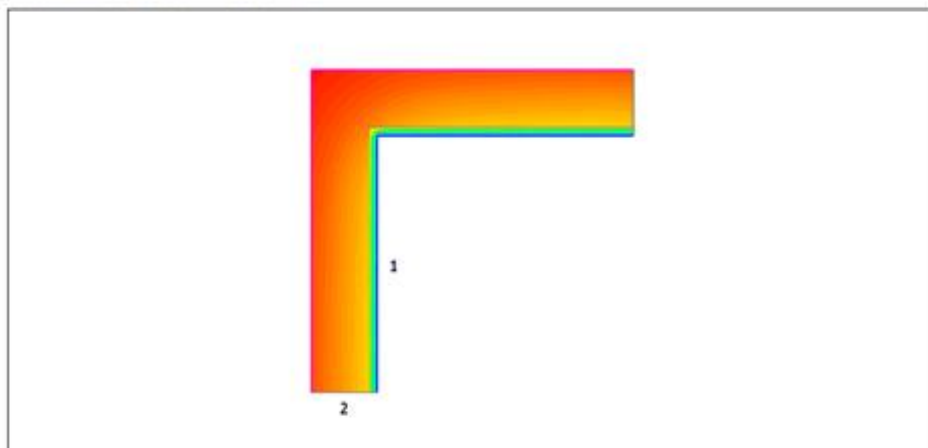


Fig. 40: Descrizione struttura Ponte termico ad angolo invertito con muratura isolata

Codice Struttura: 06
Descrizione Struttura: Ponte Termico "Tetto": muro con isolamento esterno - soletta con isolamento superiore: [(1) Isolante, Spessore: 40 mm, 0.03 W/mK; (2) Soletta, Spessore: 296 mm, 0.2537 W/mK; (3) Muro, Spessore: 260 mm, 1.2675 W/mK; (4) Isolante, Spessore: 40 mm, 0.03 W/mK;]
Trasmittanza Lineare: 0.25 W/mK

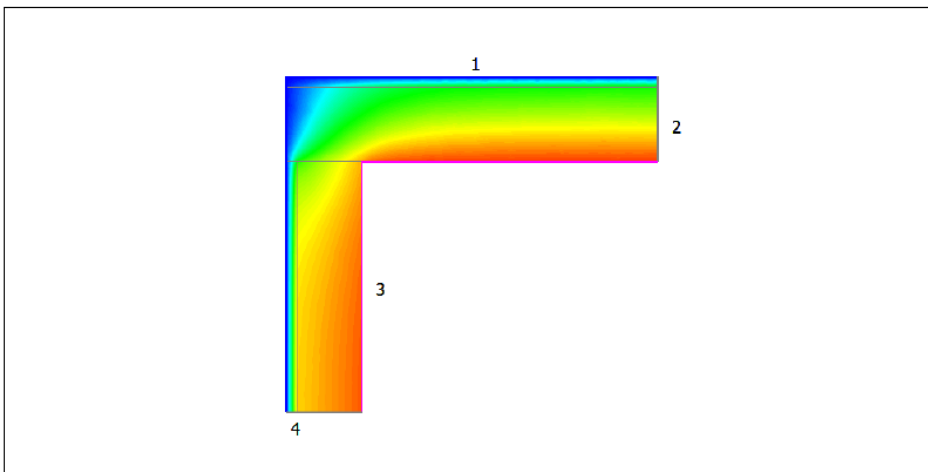


Fig. 41: Descrizione struttura Ponte termico Solaio esistente

Codice Struttura: 07
Descrizione Struttura: Ponte Termico "Pareti interne": muro esterno senza isolamento:[(1) Tramezzo, Spessore: 200 mm, 4.59 W/mK; (2) Muro, Spessore: 300 mm, 0.837 W/mK;]
Trasmittanza Lineare: 0.44 W/mK

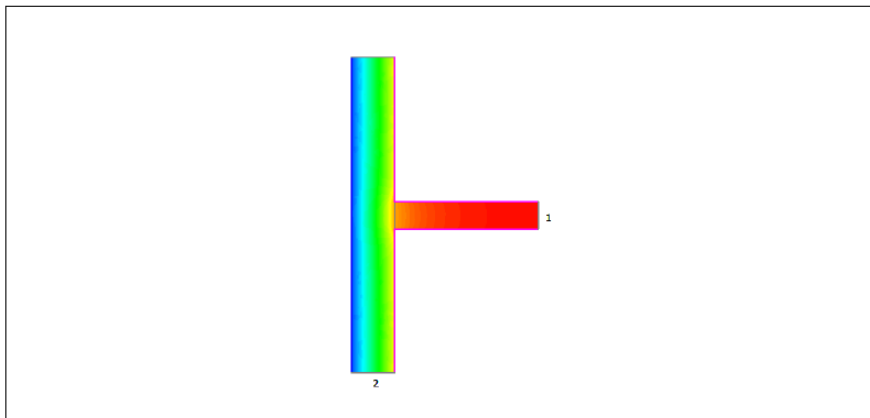


Fig. 42: Descrizione struttura Ponte termico pareti interne con muratura non isolata

Codice Struttura: 08
Descrizione Struttura: Ponte Termico "Pavimento con soletta su terreno": muro con isolamento esterno - soletta senza isolamento:[(1) Muro inferiore, Profondità: 260 mm, 0.985 W/mK; (2) Muro, Spessore: 260 mm, 1.2675 W/mK; (3) Soletta, Spessore: 345 mm, 1.5215 W/mK; (4) Isolante, Spessore: 40 mm, 0.03 W/mK; ; ;]
Trasmittanza Lineare: 0.42 W/mK

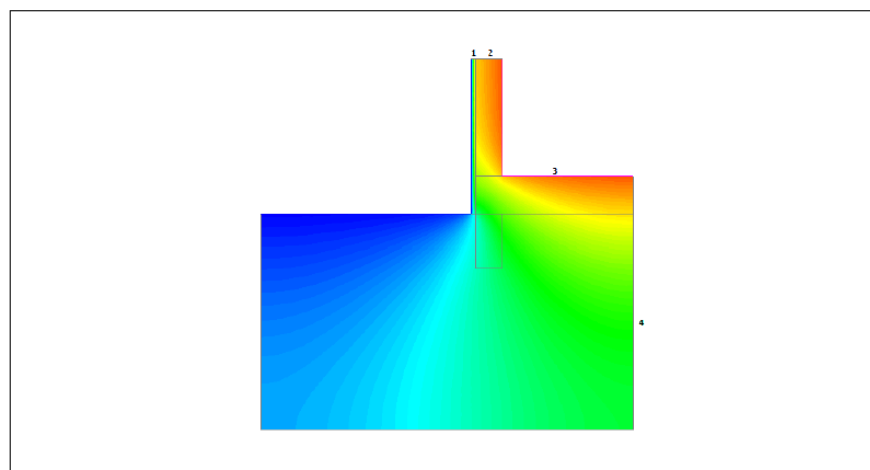


Fig. 43: Descrizione struttura Ponte termico pavimento controterra con muratura non isolata

Codice Struttura: 09
Descrizione Struttura: Ponte Termico "Pavimento con soletta su terreno": muro senza isolamento - soletta senza isolamento:[(1) Muro inferiore, Profondità: 300 mm, 0.985 W/mK; (2) Soletta, Spessore: 345 mm, 1.5215 W/mK; (3) Terreno, Spessore: 2000 mm, 1.5 W/mK; ;]
Trasmittanza Lineare: 0.70 W/mK

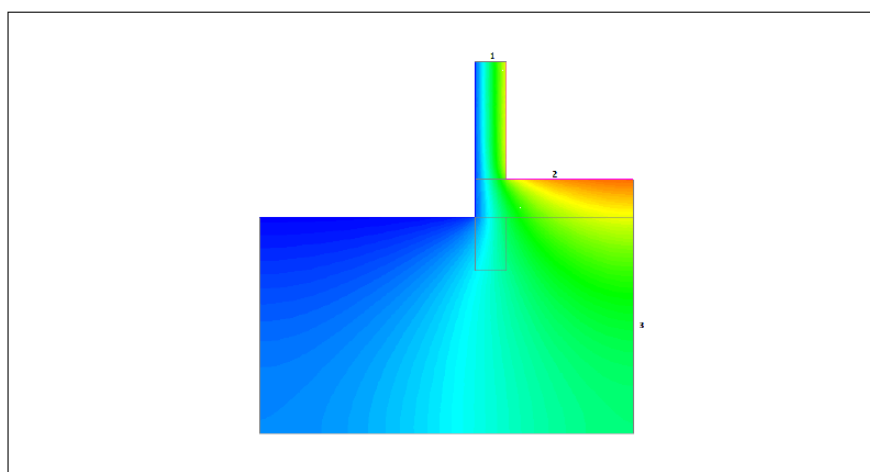


Fig. 44: Descrizione struttura Ponte termico pavimento controterra con muratura isolata

Codice Struttura: 10
Descrizione Struttura: Ponte termico "apertura porte e finestre": muro con isolamento esterno:[(1) Telaio, Spessore: 60 mm, 0.42 W/mK; (2) Muro, Spessore: 300 mm, 1.4625 W/mK; (3) Isolante, Spessore: 40 mm, 0.03 W/mK; ;]
Trasmittanza Lineare: 1.08 W/mK

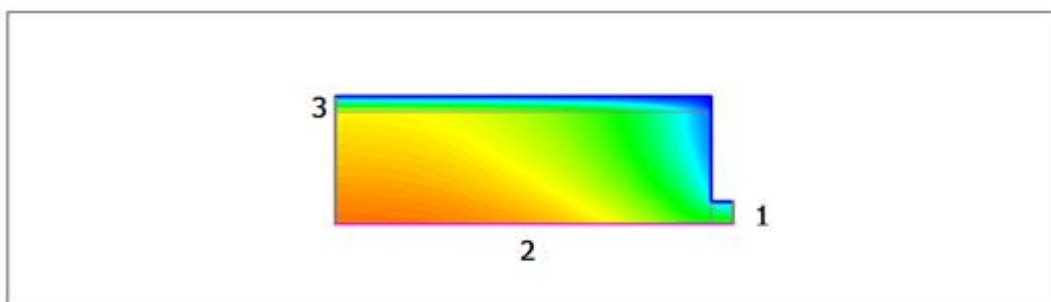


Fig. 45: Descrizione struttura Ponte termico serramento con muratura non isolata spessore 30 cm

Codice Struttura: 11
Descrizione Struttura: Ponte termico "apertura porte e finestre": muro senza isolamento:[(1) Telaio, Spessore: 60 mm, 0.42 W/mK; (2) Muro, Spessore: 300 mm, 0.852 W/mK; ;]
Trasmittanza Lineare: 0.41 W/mK

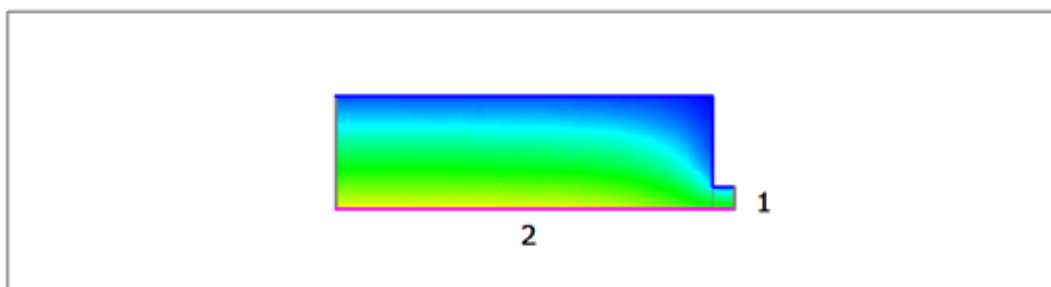


Fig. 46: Descrizione struttura Ponte termico serramento con muratura isolata spessore 30 cm

Codice Struttura: 12
Descrizione Struttura: Ponte termico "apertura porte e finestre": muro con isolamento esterno:[(1) Telaio, Spessore: 60 mm, 0.42 W/mK; (2) Muro, Spessore: 400 mm, 1.1063 W/mK; (3) Isolante, Spessore: 40 mm, 0.03 W/mK; ;]
Trasmittanza Lineare: 1.03 W/mK

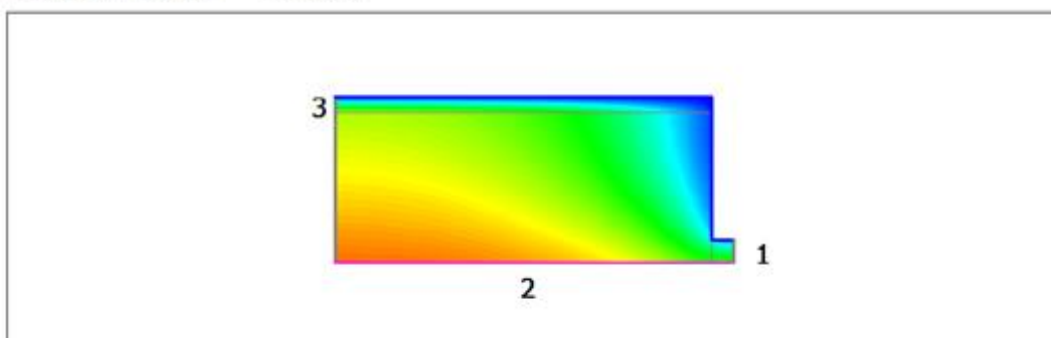


Fig. 47: Descrizione struttura Ponte termico serramento con muratura isolata spessore 40 cm

7.1.2. DATI RELATIVI AGLI IMPIANTI

7.1.2.1. SISTEMA DI GENERAZIONE PER IL RISCALDAMENTO

Il sistema di generazione della scuola materna si compone di una caldaia a basamento di tipo standard a gasolio. Le principali caratteristiche vengono riassunte nella tabella sottostante.

Dati tecnici generatore di calore	
Costruttore/Marca	RIELLO
Modello	3500-S110
Anno di costruzione	1995
Fluido Termovettore	ACQUA
Destinazione d'uso	RISCALDAMENTO
Combustibile di alimentazione	GASOLIO
Potenza termica del focolare nominale massima	141,8 kW
Potenza termica utile nominale massima	127,9 kW
Stato conservativo manutentivo	SUFFICIENTE




Tab. 9: Dati Tecnici del Generatore di Calore

7.1.2.2. SISTEMA DI GENERAZIONE PER ACS


L'acqua calda sanitaria, all'interno della scuola materna, viene prodotta attraverso boiler elettrici. In totale, all'interno della struttura sono installati tre boiler elettrici, uno in ogni bagno dell'edificio.

Dati tecnici boiler elettrici (B)	B1
Costruttore/Marca	ARISTON
Modello	VID 80 R
Pressione (bar)	8
Potenza (W)	1200
Voltaggio (V)	230
Capacità (litri)	80




Tab. 10: Dati Tecnici Boiler Elettrico B1

Dati tecnici boiler elettrici (B)	B2
Costruttore/Marca	LIKE
Modello	EV/508
Pressione (bar)	8
Potenza (W)	1200
Voltaggio (V)	230
Capacità (litri)	80 litri



Tab. 11: Dati Tecnici Boiler Elettrico B2

Dati tecnici boiler elettrici (B)	B3	
Costruttore/Marca	LIKE	
Modello	ER/215N	
Pressione	8 bar	
Potenza	1500 W	
Voltaggio	230 V	
Capacità	15 litri	

Tab. 12: Dati Tecnici Boiler Elettrico B3

Non è presente nessun sistema per il raffrescamento estivo della struttura, nessun altra tipologia di impianto per il ricambio e/o per il trattamento dell'aria interna.

7.1.2.3. GRUPPI FRIGO

Non sono presenti sistemi per la produzione del freddo all'interno della struttura.

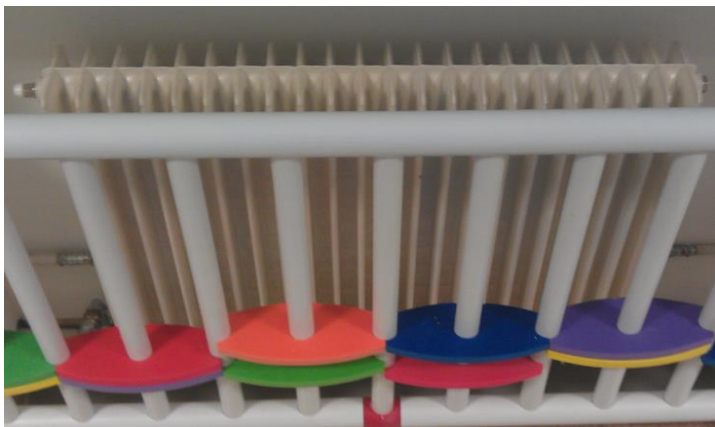
7.1.2.4. SISTEMI PER IL TRATTAMENTO DELL'ARIA

Non sono presenti sistemi per il trattamento dell'aria all'interno della struttura.

7.1.2.5. ALTRI CONDIZIONATORI AUTONOMI ED IMPIANTI TIPO SPLIT, STUFE O SCALDA ACQUA AUTONOMI

Non sono presenti altri sistemi di produzione di tipo autonomo all'interno della struttura.

7.1.2.6. TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA NEGLI AMBIENTI

Dati terminali negli ambienti	
Tipologia presente negli ambienti	RADIATORI
	

Tab. 13: Terminali di emissione

Il sistema di emissione ed erogazione del calore utilizzato è composto da una serie di radiatori, distribuiti all'interno della struttura. I radiatori sono principalmente di tipo lamellare in acciaio verniciati. Si trovano però anche altre tipologie come un radiatore in ghisa a quattro colonne posizionato nella biblioteca e radiatori tubolari a tre colonne nel corridoio 1.

7.1.2.7. SISTEMA DI REGOLAZIONE

L'impianto è dotato di un sistema di termoregolazione con termostato di zona sulla temperatura operante interna. La tipologia di termoregolazione installata per la conduzione degli impianti è la seguente: continua con attenuazione notturna intermittente. Il sistema di regolazione è controllato tramite:

- Centralina di regolazione climatica marca Trend, modello lite, con programmazione oraria nelle 24 ore su 2 livelli di temperatura.
- Valvola di regolazione Coster, modello CVH 63.

7.1.2.8. SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

La distribuzione è fatta con delle tubazioni in polietilene reticolato (PEX), tutte a vista all'interno della struttura.

7.1.3. DATI DI CONSUMO DEI VETTORI ENERGETICI

Nella tabella seguente sono riportati i consumi dei vettori energetici dell'immobile, sostenuti negli ultimi anni.

Tipologia Combustibile	Consumi Annui					U.M.
	Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012	Anno 2013	Anno 2014	
Metano	-	-	-	-	-	Stm ³
Gasolio	-	7981	7631	7525	7442	Litri
GPL	-	-	-	-	-	Litri
Energia Elettrica	10445	10507	10472	10317	11427	kWhe
Combustibile per ACS	-	-	-	-	-	kWh
Altro	-	-	-	-	-	-

Tab. 14: Consumi di Riscaldamento e di Elettricità della Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna

Dalla tabella si nota come i valori dell'elettricità consumata sono pressoché costanti negli anni. Discorso diverso invece per quanto riguarda il consumo di gasolio. Si vede infatti come dal 2011 il consumo è in costante diminuzione. Questo è probabilmente da attribuire a periodi invernali sempre più miti ed anche ad un maggior accorgimento rispetto al risparmio energetico da parte della scuola materna. Infine il risparmio di gasolio effettuato nel 2014 è in parte da ricondurre ai lavori di miglioramento energetico della struttura effettuati nell'estate dello stesso anno. Infatti i consumi dei mesi da Ottobre a Dicembre sono avvenuti a lavori conclusi.

7.1.4. TERMOGRAFIA

All'interno di questa trattazione di diagnosi energetica si è deciso di raccogliere e riportare i risultati relativi ad un'analisi termografica della struttura svolta in data 14 gennaio 2016.



Fig. 48: Veduta esterna Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna | Fonte: Google Maps

La termografia è una tecnica di indagine non distruttiva in grado di determinare le temperature di una superficie attraverso la misura della radiazione infrarossa emessa. La mappa delle temperature viene visualizzata direttamente sullo schermo di una termocamera. Alla radianza di ogni pixel è associato il valore di temperatura corrispondente al punto del corpo esaminato.

Il termogramma che ne deriva, e che poi riporteremo all'interno della trattazione, è una rappresentazione verosimile dell'oggetto indagato, dove si riconoscono proporzioni e forma. Il principale vantaggio della termografia è quello dell'assoluta non invasività della prova, con la possibilità di ripetere le misure nel tempo e verificare i mutamenti al cambiare delle condizioni, dovute alle motivazioni e problematiche che possono insorgere nel tempo.

Tale tecnologia permette di individuare problematiche connesse all'edificio in modo semplice, rapido e accurato. L'utilizzo di una termocamera offre un quadro completo della situazione e la possibilità di realizzarne un rapporto diagnostico dettagliato. Ciò consente di individuare problemi non rilevabili normalmente tramite l'ispezione visiva mediante l'identificazione di carenze senza distruggere la struttura e documentandone le criticità rilevate tramite la elaborazione di report specifici. Le carenze o problematiche possono essere rappresentate dall'individuazione di stati di degrado anche non in fase avanzata o di differenti materiali presenti nella struttura (ad es. infiltrazione d'acqua, umidità di risalita, tessitura muraria). Le applicazioni relative al settore edilizio consentono di individuare una serie di problematiche, tipo la presenza di: umidità, ponti termici, infiltrazione d'aria (serramenti), problemi connessi all'isolamento termico, infiltrazioni d'acqua sui tetti, tubazioni non isolate, ventilazione e riscaldamento, riscaldamenti a pavimento, uscite di ventilazione. Inoltre: evidenziare lacune nei quadri elettrici e nei componenti idraulici, piuttosto che analizzare le dispersioni termiche, individuare una tessitura muraria, lo stato degli intonaci o verificare lo stato di aderenza dei rivestimenti ceramici.

7.1.4.1. ANALISI TERMOGRAFICA ESTERNA



Fig. 49: Immagine n° 01 della Termografia

Descrizione

Foto scattata all'esterno dell'edificio, evidenzia il prospetto Nord-Est della struttura. Si nota un ponte termico sul davanzale delle finestre e anche lungo il telaio del serramento. Si vede come il tetto è ben isolato visto il colore più scuro delle pareti esterne.

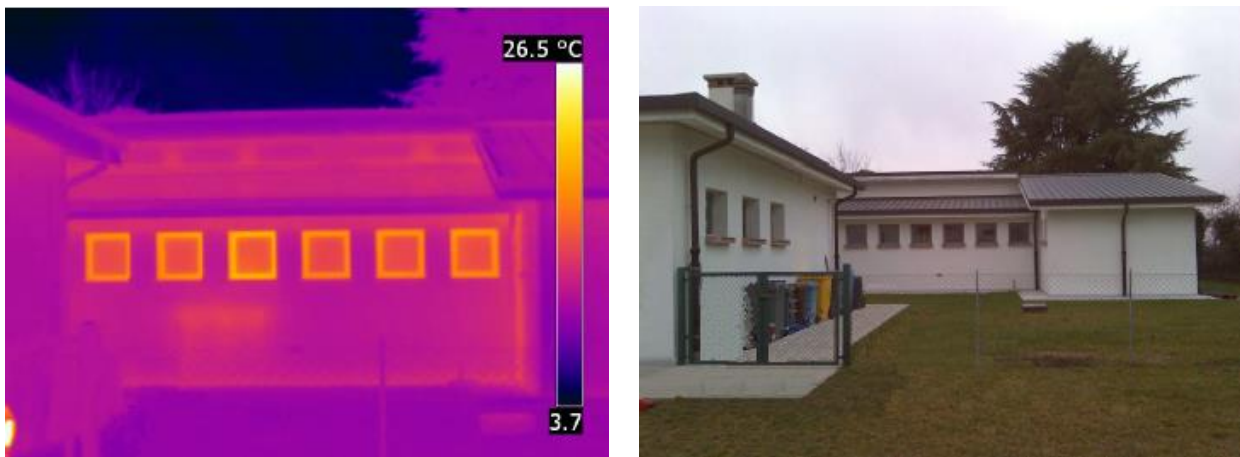


Fig. 50: Immagine n° 02 della Termografia

Descrizione

Foto scattata all'esterno dell'edificio, evidenzia il prospetto Nord-Ovest della struttura. Si nota un ponte termico lungo il telaio dei serramenti. Di particolare interesse l'ombra nel muro sotto i serramenti che evidenzia la presenza del radiatore all'interno. Inoltre, in alto, si notano delle macchie più scure che rappresentano delle finestre oscurate durante gli ultimi lavori edilizi.



Fig. 51: Immagine n° 03 della Termografia

Descrizione
Foto scattata all'esterno dell'edificio, evidenzia il prospetto Nord della struttura, nella zona in cui si trova il portico. Si nota un ponte termico lungo il telaio del serramento e sulla giunzione tra le pareti verticali.



Fig. 52: Immagine n° 04 della Termografia

Descrizione
Foto scattata all'esterno dell'edificio. Evidenzia un particolare della finestra del prospetto Nord - Est della struttura. Si evidenzia un ponte termico sul davanzale e in parte lungo il telaio del serramento.

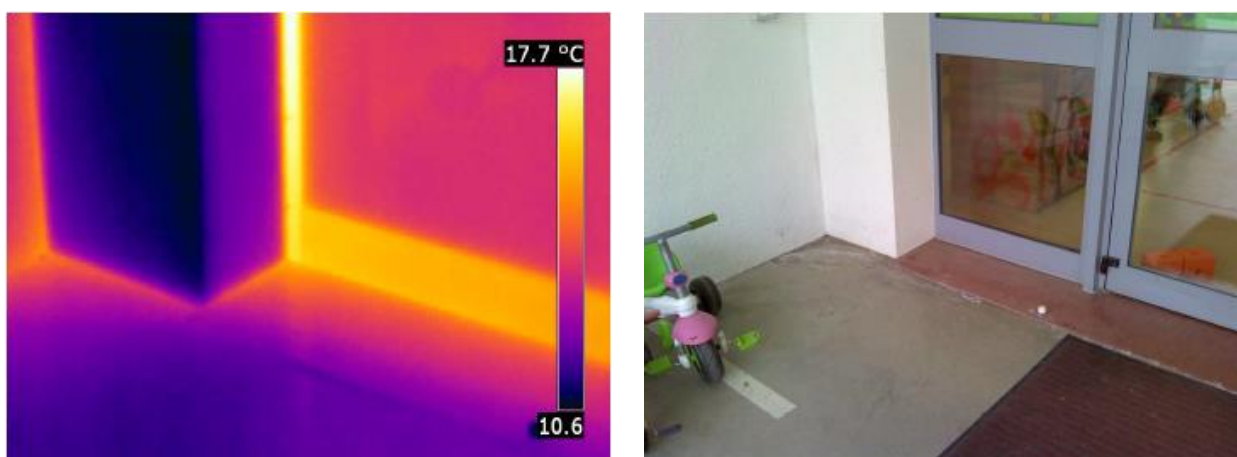


Fig. 53: Immagine n° 05 della Termografia

Descrizione
Foto scattata all'esterno dell'edificio. Evidenzia un particolare della portafinestra del prospetto Nord della struttura, nel portico. Si evidenzia un ponte termico sulla soglia e lungo il telaio del serramento. A sinistra inoltre si può notare il ponte termico di innesco tra murature verticali.

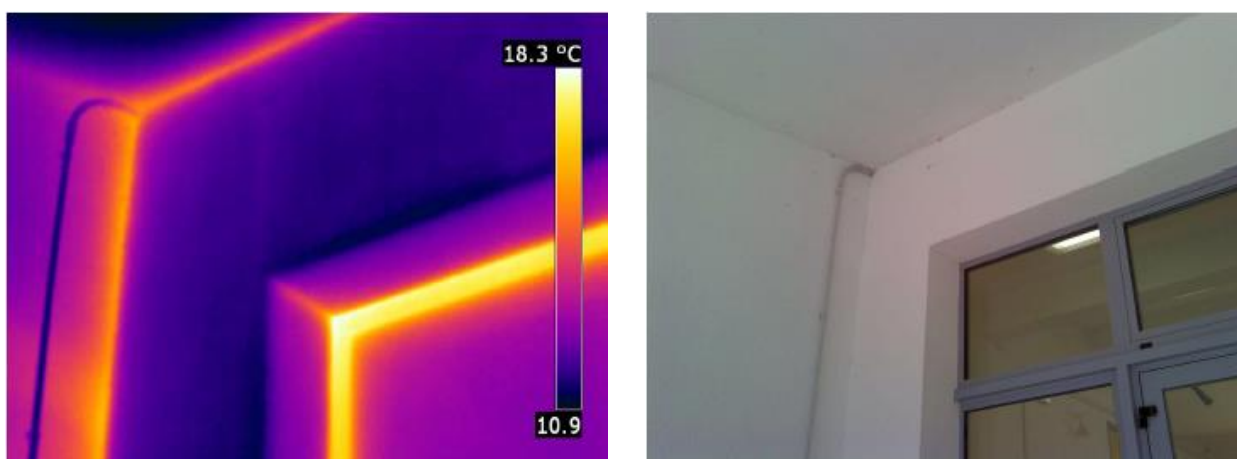


Fig. 54: Immagine n° 06 della Termografia

Descrizione
Foto scattata all'esterno dell'edificio. Evidenzia un particolare della portafinestra del prospetto Nord della struttura, nel portico. Si evidenzia un ponte termico lungo il telaio del serramento. A sinistra inoltre si può notare il ponte termico di innesco tra muratura verticale e muratura orizzontale del soffitto.

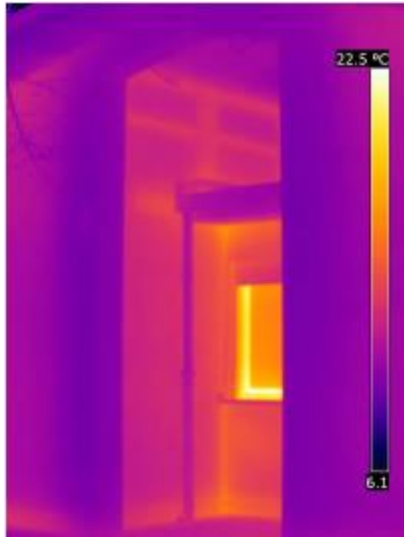


Fig. 55: Immagine n° 07 della Termografia

Descrizione

Foto scattata all'esterno dell'edificio. Evidenzia il prospetto Est della struttura. Si evidenzia un ponte termico lungo il telaio del serramento e anche lungo la parete verticale a fianco dello stesso. In alto invece si notano alcune parti del muro più chiare ed altre più scure che evidenziano delle finestre oscurate da alcuni lavori edilizi.



Fig. 56: Immagine n° 08 della Termografia

Descrizione

Foto scattata all'esterno dell'edificio. Evidenzia il prospetto Sud-Est della struttura, nella zona delle classi. Si evidenziano i numerosi ponti termici lungo il telaio dei serramenti. Inoltre si nota un lungo ponte termico sullo zoccolo basso della muratura esterna.



Fig. 57: Immagine n° 09 della Termografia

Descrizione
Foto scattata all'esterno dell'edificio. Evidenzia il prospetto Sud della struttura. Si evidenziano i numerosi ponti termici lungo il telaio del serramento. Inoltre si nota un lungo ponte termico sullo zoccolo basso della muratura esterna.

7.1.4.2. ANALISI TERMOGRAFICA INTERNA

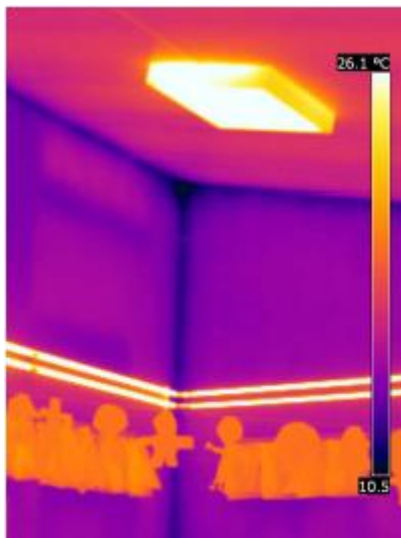


Fig. 58: Immagine n° 10 della termografia

Descrizione
Foto scattata all'interno dell'edificio, nell'Aula 1. Evidenzia l'angolo Nord-Est della stanza. Si evidenzia un ponte termico accentuato di tipo lineare lungo gli angoli delle pareti verticali e con l'intersezione tra di esse e la copertura orizzontale. Un particolare dell'immagine sono le due linee sottili che si vedono al centro, e che rappresentano i tubi di alimentazione dei radiatori, che nell'edificio sono interni a vista.



Fig. 59: Immagine n° 11 della Termografia

Descrizione

Foto scattata all'interno dell'edificio, nell'Aula 1. Evidenzia l'angolo Sud-Est della stanza. Si evidenzia un ponte termico accentuato di tipo lineare lungo gli angoli delle pareti verticali e con l'intersezione tra di esse e la copertura orizzontale. Anche in questo caso si notano i tubi di alimentazione dei radiatori.

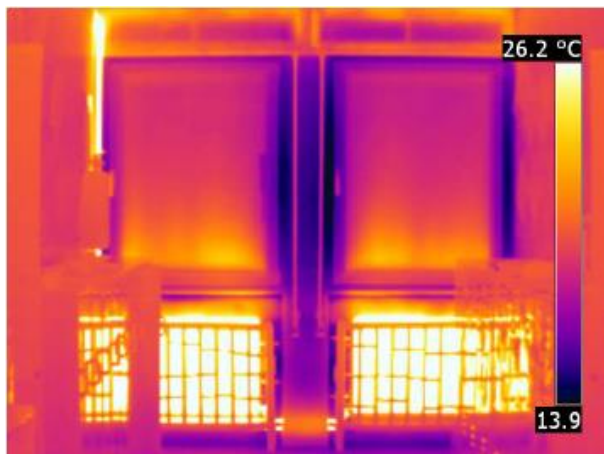


Fig. 60: Immagine n° 12 della Termografia

Descrizione

Foto scattata all'interno dell'edificio, nel Corridoio 1. Evidenzia il lato Est della struttura. Si notano numerosi ponti termici accentuati lungo i profili verticali dei serramenti che comporta una forte dissipazione di calore. Da notare le ombre al di sopra delle finestre che rappresentano i cassettoni delle tapparelle.



Fig. 61: Immagine n° 13 della Termografia

Descrizione
Foto scattata all'interno dell'edificio, nell'Aula 2. Evidenzia l'angolo Sud-Est della stanza. Si nota un ponte termico accentuato alla base della portafinestra, che comporta una probabile formazione di spifferi d'aria.



Fig. 62: Immagine n° 14 della Termografia

Descrizione
Foto scattata all'interno dell'edificio, nell'Aula 3. Evidenzia l'angolo Nord-Est della stanza. Anche in questo caso si nota un ponte termico accentuato alla base della portafinestra, che comporta una probabile formazione di spifferi d'aria.

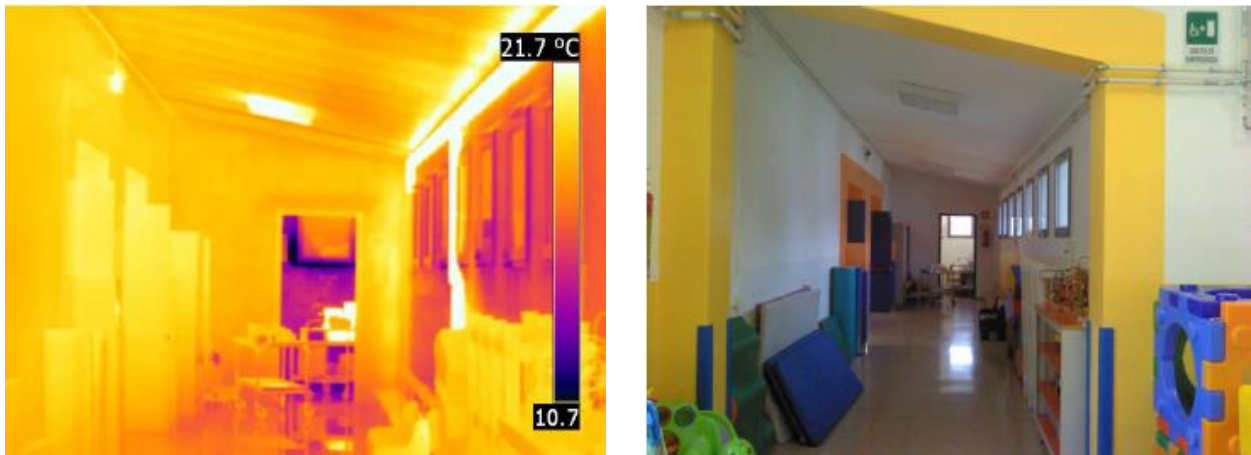


Fig. 63: Immagine n° 15 della Termografia

Descrizione

Foto scattata all'interno dell'edificio, nel Corridoio 2. Evidenzia l'intero corridoio verso Nord-Ovest. Si nota la differenza di colori tra pareti interne, a sinistra dell'immagine, e pareti verso l'esterno, a destra e alla fine del corridoio. Si notano inoltre i ponti termici lungo i telai dei serramenti.

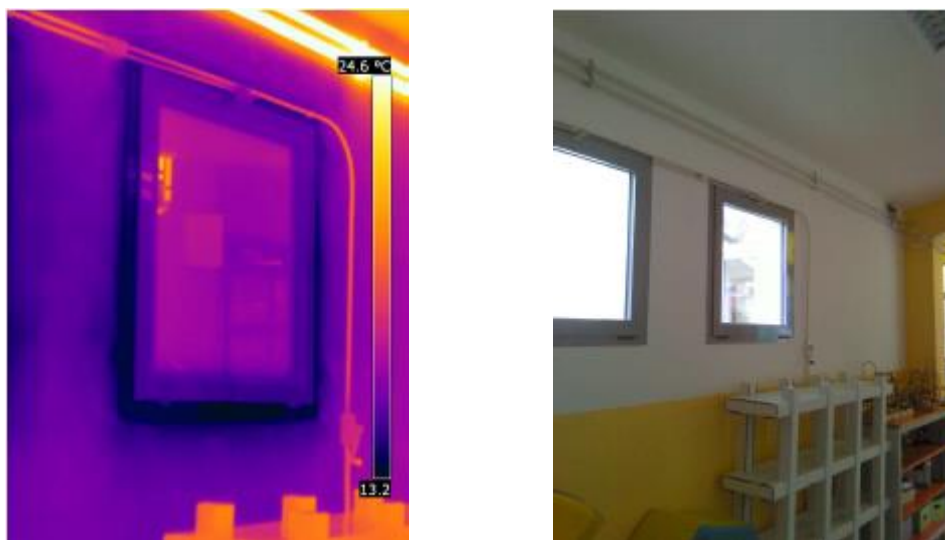


Fig. 64: Immagine n° 16 della Termografia

Descrizione

Foto scattata all'interno dell'edificio, nel Corridoio 2. Evidenzia il lato Nord della struttura. In questo caso si è messo in evidenza il ponte termico lungo il telaio del serramento, che comporta una notevole dissipazione di calore.

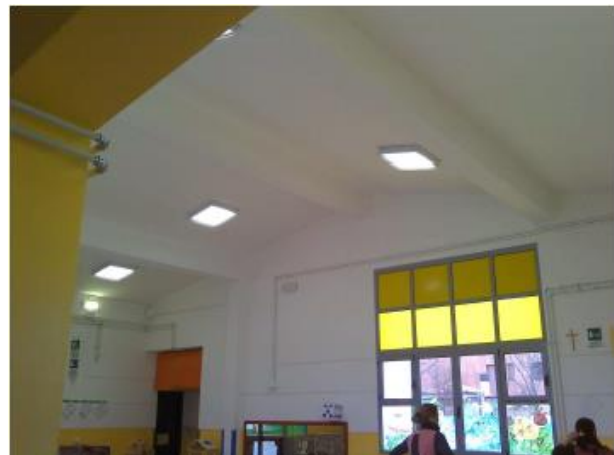


Fig. 65: Immagine n° 17 della Termografia

Descrizione
Foto scattata all'interno dell'edificio, nel Salone. Evidenzia il lato Nord-Est della struttura. Si evidenzia il ponte termico lineare d'angolo lungo l'incontro tra pareti verticali e il solaio orizzontale. Si vedono anche i travetti all'interno del solaio di copertura. Da notare anche come la parete verticale del salone sia nella zona di destra più fredda rispetto alla parte di sinistra.



Fig. 66: Immagine n° 18 della Termografia

Descrizione
Foto scattata all'interno dell'edificio, nel Salone. Evidenzia il lato Nord-Ovest della struttura. Si evidenzia anche in questo caso il ponte termico lineare d'angolo lungo l'incontro tra pareti verticali e il solaio orizzontale. Si vedono i travetti all'interno del solaio di copertura, e in basso a sinistra si nota il ponte termico provocato dai telai del serramento della vetrata del salone.

7.2. Modellazione in regime Stazionario

7.2.1. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

La prima analisi oggetto di questa diagnosi energetica è rappresentata dalla costruzione di un modello energetico della struttura dell'asilo analizzato con un programma che lavora in condizioni stazionarie.

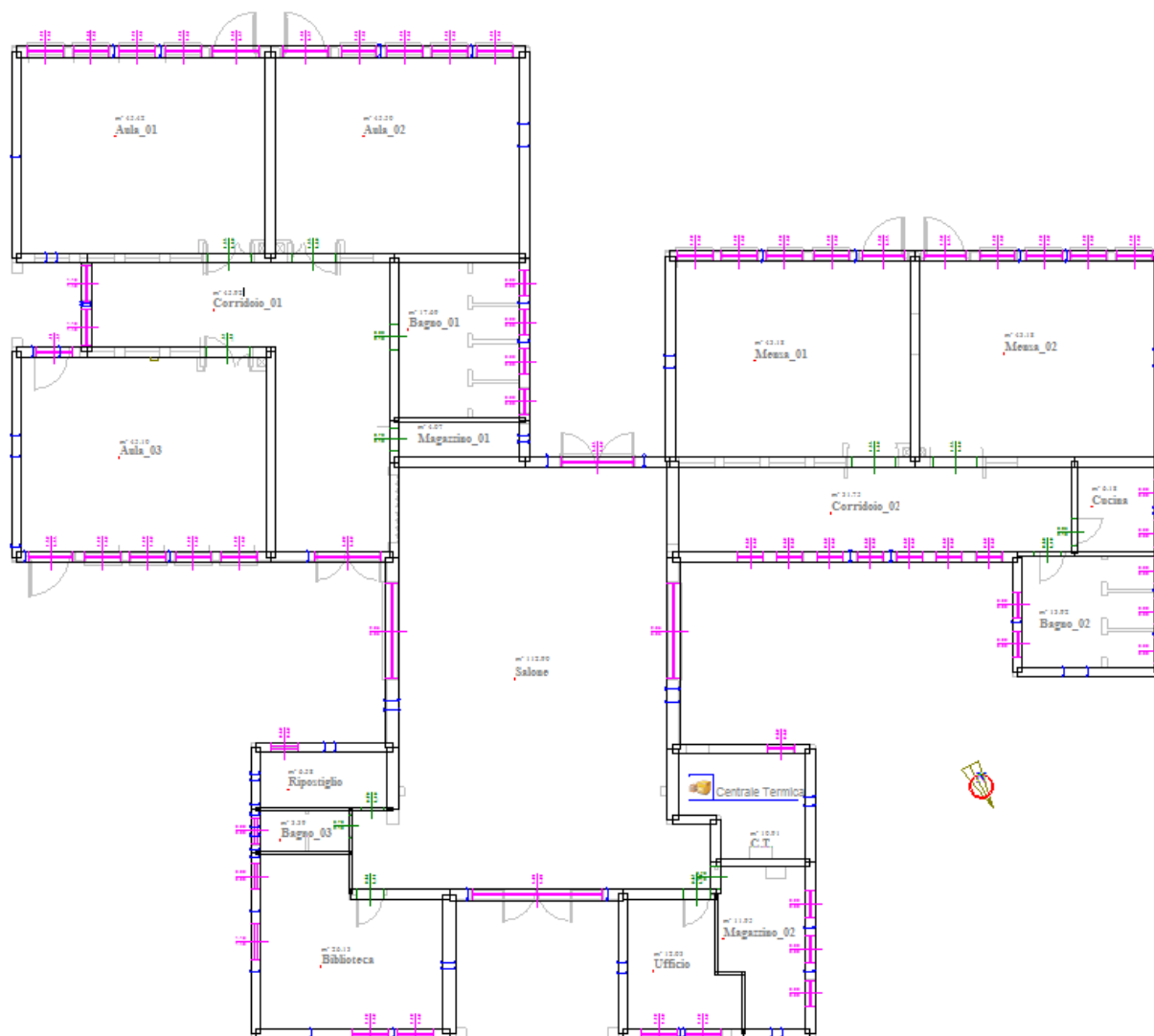


Fig. 67: Pianta Scuola Materna "Menegon" di Montebelluna | Fonte: Software TerMus

Un'analisi delle dispersioni per trasmissione e apporti (interni e solari), attraverso le varie tipologie di strutture che delimitano il volume riscaldato, mette in evidenza come i diversi ambienti si comportino in modo differente. Le zone contraddistinte dal colore rosso, sono gli ambienti che richiedono il minor fabbisogno di calore, mentre le zone con il colore blu, rappresentano le zone con maggior fabbisogno. Si noti come le zone delle aule dell'asilo che presentano delle ampie finestrate, hanno maggiori dispersioni, ma vengono ampiamente compensate dai grandi apporti solari e quindi complessivamente si bilanciano positivamente. Chiaramente questa situazione si realizza quando ci sono delle effettive situazioni di soleggiamento invernale. I grafici riportano la grandezza definita Q_h , cioè il fabbisogno di energia termica per riscaldamento.



Vani	[Qh/m ²]
» Corridoio_01	113.68 kWh/m ²
» Aula_02	175.73 kWh/m ²
» Mensa_01	175.95 kWh/m ²
» Magazzino_01	177.49 kWh/m ²
» Mensa_02	179.84 kWh/m ²
» Aula_01	189.05 kWh/m ²
» Salone	202.20 kWh/m ²
» Corridoio_02	238.55 kWh/m ²
» Aula_03	239.80 kWh/m ²
» Bagno_01	246.10 kWh/m ²
» Cucina	351.52 kWh/m ²
» Biblioteca	375.98 kWh/m ²
» Bagno_02	450.81 kWh/m ²
» Ufficio	573.38 kWh/m ²
» Bagno_03	625.30 kWh/m ²

Min = 113.68 kWh/m²

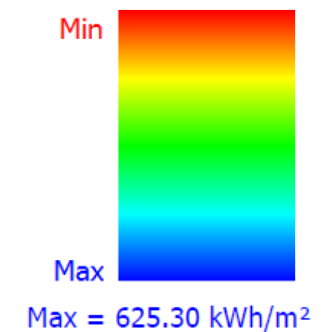


Fig. 68: Fabbisogno di energia termica per il riscaldamento per ogni ambiente della scuola materna. Colori in funzione della quantità necessaria

Risultati	
Durata del periodo di riscaldamento	183 G
Fabbisogno di Energia Termica Utile per Riscaldamento	110 744.61 kWh
Fabbisogno di Energia Primaria per il Riscaldamento	160 964.58 kWh
Fabbisogno di Energia Elettrica degli Ausiliari dell'impianto di Riscaldamento	134.97 kWh
Durata del periodo di raffrescamento	84 G
Fabbisogno di Energia Utile per Raffrescamento (solo involucro)	-8 563.93 kWh
Volumi di ACS	175.20 m ³
Fabbisogno di Energia Termica per ACS	5 517.08 kWh
Fabbisogno di Energia Primaria per ACS	15 492.40 kWh
Fabbisogno di Energia Elettrica degli Ausiliari dell'impianto di ACS	0.00 kWh

Calcolo di Potenza	
Temperatura Esterna di Progetto	-5.00 °C
Dispersione MASSIMA per Trasmissione	48.39 kW
Dispersione MASSIMA per Ventilazione	7.81 kW
Carico termico di Progetto (trasmissione + ventilazione + fattore di ripresa)	64.14 kW

Dati Prestazione Energetica per la Certificazione	
Indice di prestazione termica utile per raffrescamento	17.254 kWh/m ² anno
Indice di prestazione termica utile per riscaldamento	223.119 kWh/m ² anno
Indice di Prestazione Energetica per RISCALDAMENTO - EPI	324.298 kWh/m ² anno
Indice di Prestazione Energetica per ACS - EPacs	31.213 kWh/m ² anno
Classe Energetica Globale dell' EODC	E

Fig. 69: Risultati ottenuti dalla simulazione in regime stazionario della Scuola Materna "Menegon"

Da questa prima figura si possono osservare i risultati ottenuti con la simulazione in regime stazionario. I dati più importanti sono il Fabbisogno di Energia Primaria per il Riscaldamento, il Fabbisogno di Energia Primaria per ACS e il Carico termico di Progetto (trasmissione + ventilazione + fattore di ripresa). I risultati ottenuti sono da considerarsi come il valore massimo raggiungibile in quanto sono calcolati considerando l'edificio reale ma in condizioni standard, ovvero mantenendo per tutta la stagione invernale 24 ore su 24 la temperatura interna di 20°C e considerando la temperatura esterna quella media mensile.

7.2.1.1. FABBISOGNO PER IL RISCALDAMENTO

Fabbisogni per il Riscaldamento									
	Un.Mis.	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Totale
INVOLUCRO									
QhTR	MJ	21 791.56	58 813.31	80 470.36	86 972.81	71 354.35	59 010.88	19 416.87	397 830.14
QhVE	MJ	5 329.75	14 466.69	19 688.82	21 511.86	17 673.67	14 705.85	4 930.36	98 307.00
QhHT	MJ	27 121.31	73 280.00	100 159.17	108 484.66	89 028.03	73 716.72	24 347.23	496 137.14
Qsol	MJ	7 376.02	8 579.26	8 207.02	8 815.69	11 814.08	16 743.17	8 593.94	70 129.19
Qint	MJ	2 916.14	5 146.14	5 317.68	5 317.68	4 803.06	5 317.68	2 573.07	31 391.44
Qh,nd [MJ]	MJ	17 634.61	59 842.98	86 781.97	94 494.57	72 757.63	52 787.49	14 381.35	398 680.60
Qh,nd	kWh	4 898.50	16 623.05	24 106.10	26 248.49	20 210.45	14 663.19	3 994.82	110 744.61
IMPIANTO									
Qlr	kWh	10.28	18.15	18.75	18.75	16.94	18.75	9.07	110.69
QIA	kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EtaGN		0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	-
EtaEh		0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	-
EtaRh		0.79	0.89	0.92	0.92	0.89	0.83	0.75	-
EtaD		0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	-
VETTORI ENERGETICI									
Qx	kWh	8.58	20.78	26.50	28.14	23.23	20.29	7.45	134.97
CMB1	kg	628.50	1 889.20	2 648.22	2 874.35	2 294.06	1 788.07	536.87	12 659.27

Valori energetici relativi al riscaldamento, in regime di funzionamento continuo per i giorni di attivazione dell'impianto ex D.P.R. 412/93; QhTR = Dispersione per Trasmissione; QhVE = Dispersione per Ventilazione; Qsol = Energia Termica da Apporti Solari; Qint = Energia Termica da Apporti Interni; Qh,nd [MJ] = Fabbisogno di Energia Termica Utile per Riscaldamento; Qh,nd = Fabbisogno di Energia Termica Utile per Riscaldamento; EtaEh = Rendimento di Emissione; EtaRh = Rendimento di Regolazione; EtaD = Rendimento di Distribuzione; QIA = Perdite di Accumulo; EtaGN = Rendimento di Generazione; CMB1 = Gasolio;

Fig. 70: Fabbisogni per il riscaldamento ottenuti dalla simulazione in regime stazionario

La figura Fig.70 invece mostra più nello specifico i risultati relativi alla sola stagione del riscaldamento. Dividendo il fabbisogno totale nei mesi della stagione invernale.

Stessa cosa viene evidenziata nella prossima figura (Fig.71) riferita al fabbisogno per l'ACS.

7.2.1.2. FABBISOGNO PER L'ACS

Fabbisogni per l' ACS

periodo invernale									
	Un.Mis.	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Totale
PERDITE DI IMPIANTO									
QwI	kWh	256.96	453.46	468.57	468.57	423.23	468.57	226.73	-
EtaE		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-
EtaD		0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	-
EtaGN		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	-
QIGN	kWh	92.51	163.25	168.69	168.69	152.37	168.69	81.62	995.82
VETTORI ENERGETICI									
Qx	kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CMB1	kWh	370.03	653.00	674.77	674.77	609.47	674.77	326.50	3 983.29

QwI = Fabbisogno di Energia Termica per ACS (periodo invernale); EtaE = Rendimento di Erogazione; EtaD = Rendimento di Distribuzione; EtaGN = Rendimento di Generazione; QIGN = Perdite totali di Generazione nella CT relative all'EODC; Qx = Fabbisogno Totale di Energia Elettrica degli Ausiliari; CMB1 = Elettricit ;

periodo estivo									
	Un.Mis.	Apr	Mag	Gi�	Lug	Ago	Set	Ott	Totale
PERDITE DI IMPIANTO									
QwE	kWh	226.73	468.57	453.46	468.57	468.57	453.46	211.61	-
EtaE		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-
EtaD		0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	-
EtaGN		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	-
QIGN	kWh	81.62	168.69	163.25	168.69	168.69	163.25	76.18	990.38
VETTORI ENERGETICI									
Qx	kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CMB1	kWh	326.50	674.77	653.00	674.77	674.77	653.00	304.73	3 961.53

QwE = Fabbisogno di Energia Termica per ACS (periodo estivo); EtaE = Rendimento di Erogazione; EtaD = Rendimento di Distribuzione; EtaGN = Rendimento di Generazione; QIGN = Perdite totali di Generazione nella CT relative all'EODC; Qx = Fabbisogno Totale di Energia Elettrica degli Ausiliari; CMB1 = Elettricit ;

Fig. 71: Fabbisogni per l'ACS ottenuti dalla simulazione in regime stazionario

7.2.1.3. RIEPILOGO DISPERSIONI SINGOLI AMBIENTI

Riepilogo dispersioni

Dispersioni per Vani					
Descrizione vano	AreaN [m ²]	Qh [kWh]	Aliquota [%]	Qp [W]	Aliquota [%]
Aula_01	45.42	8 586.73	7.75	5 532.50	8.63
Aula_02	45.50	7 995.63	7.22	5 160.71	8.05
Aula_03	45.10	10 815.92	9.77	6 364.06	9.92
Corridoio_01	45.92	5 219.77	4.71	3 591.83	5.60
Bagno_01	17.69	4 352.58	3.93	2 325.64	3.63
Magazzino_01	4.07	722.38	0.65	393.09	0.61
Salone	112.90	22 828.16	20.61	13 320.92	20.77
Biblioteca	26.13	9 822.74	8.87	5 267.09	8.21
Ufficio	12.03	6 896.36	6.23	2 860.84	4.46
Bagno_03	3.39	2 118.20	1.91	713.44	1.11
Corridoio_02	31.75	7 575.06	6.84	4 181.02	6.52
Mensa_01	43.18	7 596.84	6.86	4 977.29	7.76
Mensa_02	43.18	7 764.56	7.01	4 996.12	7.79
Cucina	6.18	2 173.57	1.96	1 127.76	1.76
Bagno_02	13.92	6 276.11	5.67	3 323.50	5.18
Totale	496.35	110 744.61	100.00	64 135.80	100.00

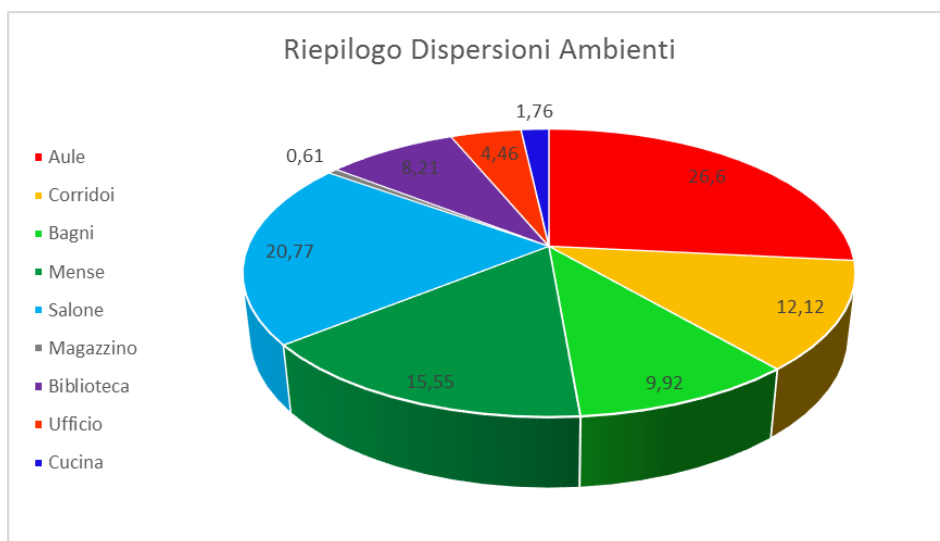


Fig. 72: Riepilogo dispersioni singoli ambienti ottenuti dalla simulazione in regime stazionario

La tabella con il rispettivo diagramma a torta descrive le dispersioni dei singoli ambienti. Come c'era da aspettarsi, il Salone e le Aule sono gli ambienti con pi  dispersioni, infatti insieme raggiungono quasi il 50% delle dispersioni totali.

7.2.1.4. DISPERSIONI TOTALI

Dispersioni totali

Componenti	QhTR [kWh]	Aliquota [%]	Qp [W]	Aliquota [%]
Muri verticali	41 217.84	37.30	18 040.73	37.29
Solai superiori	11 108.11	10.05	4 342.70	8.98
Solai inferiori	9 620.69	8.71	3 996.63	8.26
Finestre	41 068.92	37.16	18 498.72	38.23
Ponti termici	7 492.81	6.78	3 506.37	7.25
Totale	110 508.37	100.00	48 385.14	100.00

AreaN = Superficie netta disperdente; Qh = Fabbisogno di Energia Termica Utile per Riscaldamento; Qp = Carico termico di Progetto (trasmissione + ventilazione + fattore di ripresa) - POTENZA; U = Trasmittanza termica (comprese le adduttanze); QhTR = Dispersione per Trasmissione.

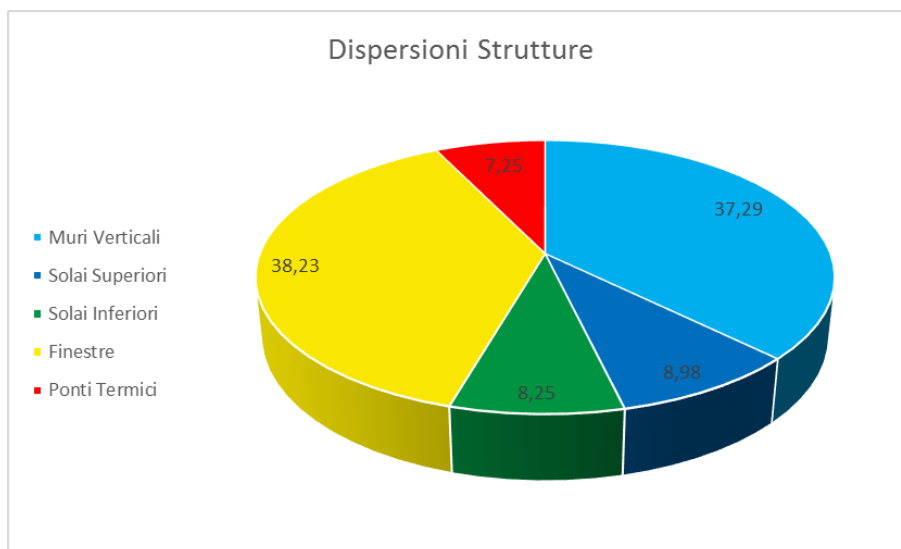


Fig. 73: Riepilogo dispersioni dei componenti ottenuti dalla simulazione in regime stazionario

Quasi un 40% delle dispersioni provengono dalle finestre. Questo è dovuto al fatto che nonostante siano presenti vetri doppi in tutte le superfici trasparenti, i telai sono in metallo e senza taglio termico. Ciò provoca grosse dispersioni evidenziate anche dalle foto realizzate dalla termografia.

7.2.1.5. PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, a netto dei rendimenti degli impianti presenti.

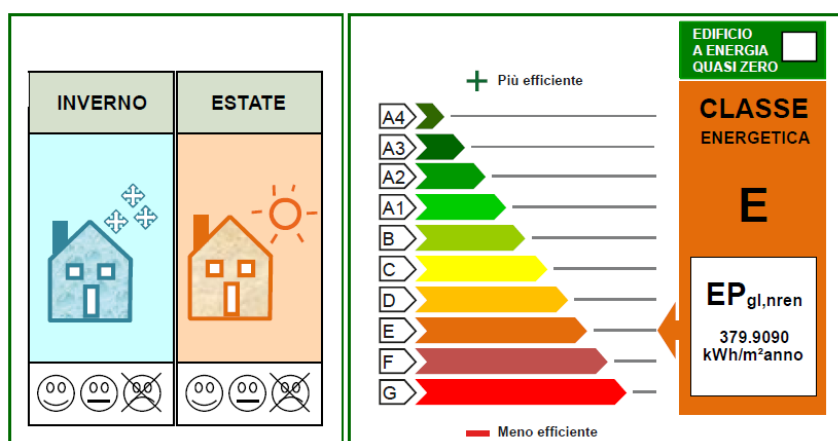


Fig. 74: Prestazione energetica globale del fabbricato

7.2.1.6. PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI

	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete	14290.11 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,ren} 379.91 kWh/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Gas naturale		
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input checked="" type="checkbox"/>	Gasolio e Olio combustibile	12659.27 kg	Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} 13.53 kWh/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico		
<input type="checkbox"/>	Solare termico		
<input type="checkbox"/>	Eolico		Emissioni di CO ₂ 95.49 kg/m ² anno
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro:		

Fig. 75: Prestazione energetica degli impianti e consumi stimati

Quest'ultima figura mostra i consumi ipotizzati dal programma in regime stazionario. Confrontiamoli con quelli reali:

Per quanto riguarda i consumi di energia elettrica si ottiene un consumo di circa 14300 kWh, mentre nella realtà si ottiene mediamente un valore attorno ai 10600 kWh. Questa differenza di circa 3500 kWh si può giustificare nel diverso utilizzo degli apparecchi elettrici e delle luci interne presenti nella Scuola Materna rispetto ai valori standard di riferimento con cui è stata eseguita questa simulazione.

Discorso analogo può essere fatto per quanto riguarda il consumo di gasolio per il riscaldamento. In questa simulazione si ottiene un consumo di quasi 12700 kg, che tradotti in litri sono poco più di 15100 litri. Questo valore ottenuto è più del doppio rispetto ai 7442 litri consumati nell'ultimo anno. Una differenza così elevata è giustificata se si pensa che, come accennato in precedenza, nella simulazione statica le condizioni di riscaldamento sono considerate costanti durante tutto l'arco di periodo invernale attribuendo agli ambienti interni una temperatura costante di 20°C. Nella realtà invece le temperature interne sono organizzate a due livelli di temperatura, a 20°C durante il giorno, mentre durante la notte, i weekend e il periodo di inattività la temperatura è impostata a 18°C.

Un'altra possibile causa di questa differenza tra i risultati è da ricercarsi nelle temperature esterne. Nel software vengono prese le temperature medie mensili che quindi sono sì un valore medio, ma non si avvicinano abbastanza alla realtà e non considerano la differenza di temperatura tra giorno e notte, valore molto importante visto l'utilizzo della Scuola Materna soltanto nelle ore diurne.

7.3. Modellazione in Regime Dinamico: Analisi e Risultati

7.3.1. PRIMO STEP: COSTRUZIONE GRAFICA DEL MODELLO

La modellazione in regime dinamico di un edificio prevede la creazione di un modello tridimensionale. Per eseguire tale operazione si è utilizzato un applicativo denominato “SketchUp”.

Quindi riassumendo:

1. Si è creato un nuovo tipo di spazio, su cui disegnare la struttura interessata;
2. Si è identificata ogni singola struttura e si è definito ogni singolo spazio e zona termica dell’edificio;
3. Si sono inseriti gli elementi trasparenti (serramenti della struttura con porte e finestre).

Qui di seguito il modello in 3D disegnato attraverso SketchUp della scuola materna “Menegon”. Sempre con lo stesso programma si è definita la posizione dell’edificio, che attraverso l’utilizzo di “Google Maps” permette di individuare l’edificio e quindi la precisa posizione di esso.

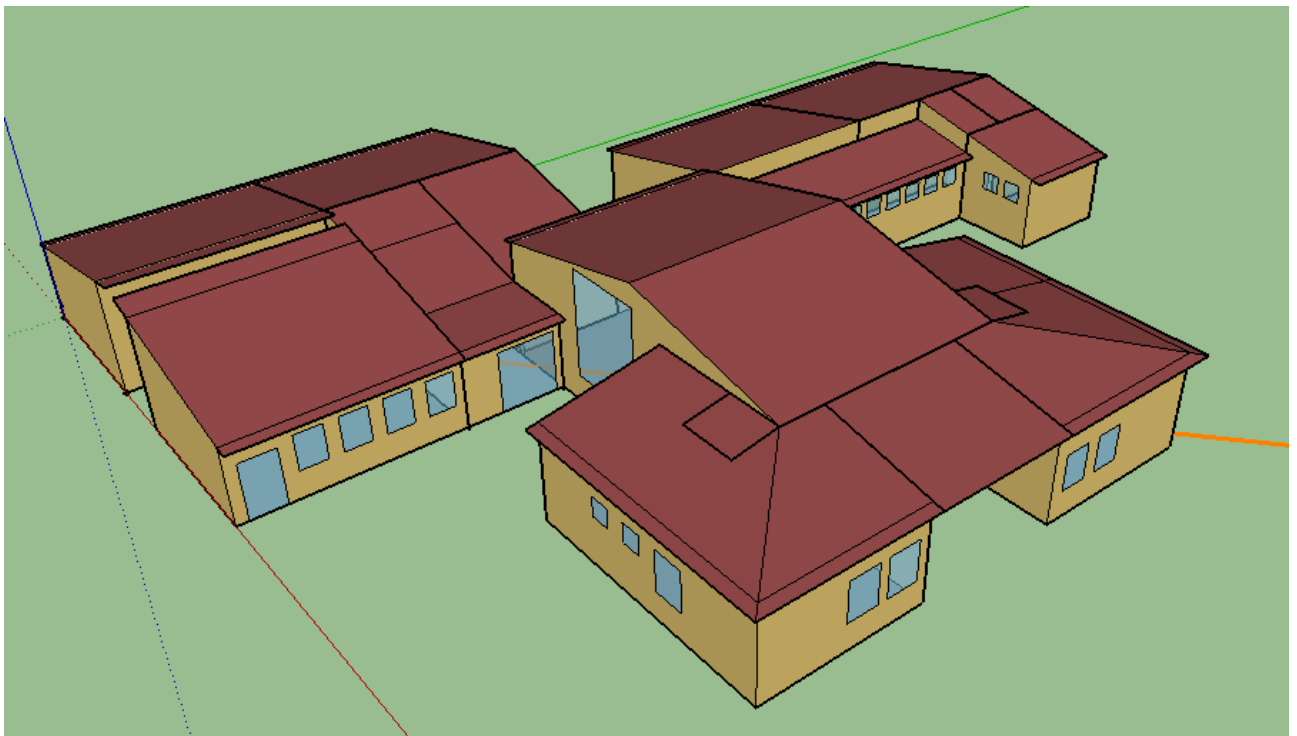


Fig. 76: Immagine modello in 3D della Scuola Materna “Menegon” disegnato con il software SketchUp

Con un secondo applicativo “Openstudio”, ho preso il modello precedentemente preparato ed ho aperto il file del modello. Questa operazione viene fatta al fine di poter definire tutte le altre caratteristiche del modello (involucro e impianti presenti) e del sito ambientale in cui è inserito.

7.3.2. SECONDO STEP: INSERIMENTO DATI DI INPUT DEL MODELLO

7.3.2.1. SCELTA DEL "WEATHER FILE"

In Openstudio invece il programma chiede di inserire il file meteo. In questo caso si è preso come file del meteo quello relativo a "Treviso-Istrana", disponibile gratuitamente dalla libreria.

La distanza tra la posizione della scuola materna e l'aeroporto è di circa 11 km. Vista la natura del lavoro si è deciso di considerare tale distanza trascurabile e quindi utilizzare questo pacchetto di dati senza dover acquistare quelli specifici della località in esame.

La tabella sottostante indica la differenza delle due località dal punto di vista climatico.

Montebelluna località reale		Istrana "weather file"	
Latitudine	45,79°	Latitudine	45,68°
Longitudine	12,04°	Longitudine	12,10°
Altitudine	139 metri s.l.m.	Altitudine	45 metri s.l.m.
Gradi Giorno	2404	Gradi Giorno	2405
Zona Climatica	E	Zona Climatica	E

Tab. 15: Differenza dati climatici tra le località di Montebelluna (TV) e Istrana (TV)

Si nota immediatamente che le caratteristiche sono molto simili, tranne per una piccola differenza sull'altitudine del posto.

7.3.2.2. COSTRUZIONE DELLE STRATIGRAFIE DEI VARI ELEMENTI EDILIZI

Si sono poi definite le caratteristiche costruttive dei vari elementi edilizi, già visti in precedenza. Sono stati quindi selezionati i materiali necessari per costruire la struttura delle murature, utilizzando la libreria del programma ove possibile; in quei casi in cui i materiali cercati non fossero simili a quelli reali, sono stati creati ex novo direttamente nel programma.

Per definire un nuovo materiale le proprietà necessarie sono le seguenti:

- Tipo di superficie (ruvida o liscia);
- Lo spessore (m);
- La conduttività (W/m^*K);
- La densità (kg/m^3);
- Il calore specifico (J/kg^*K);
- I coefficienti di assorbimento termico, solare e visibile.

A questo punto avendo a disposizione tutti i materiali necessari sono state costruite le stratigrafie delle murature inserendo i vari materiali iniziando da quello esterno fino a quello interno.

7.3.2.3. ATTRIBUZIONE DEI CARICHI INTERNI E DELLE TEMPERATURE DEI LOCALI

Successivamente si è passati ad inserire le informazioni riguardanti i carichi interni dei vari ambienti durante l'arco della giornata e nei vari mesi dell'intero anno. Questo si può fare anche per quanto riguarda le temperature interne e di controllo per il riscaldamento ed eventualmente anche per il

raffrescamento. Nel modello i carichi interni rappresentano l'andamento nell'arco della giornata degli apparecchi elettrici, delle luci e delle persone all'interno delle varie stanze.

Per quanto riguarda l'attribuzione delle temperature, ho inserito la temperatura di controllo per il riscaldamento, per il raffrescamento e dell'acqua calda sanitaria in uscita dal sistema di generazione. Per quanto riguarda le infiltrazioni, si sono attribuiti dei valori simili per tutto l'edificio. In particolare si è definito anche l'attività di una persona all'interno dell'edificio. Considerando l'attività dei bambini, che è sempre abbastanza elevata si è preso come valore quello di 120 W a persona. Si analizzano ora nel dettaglio i diversi carichi e la loro attribuzione del singolo valore. I carichi interni corrispondono agli apporti in watt dovuti alla presenza di persone, apparecchiature elettriche, luci, ecc. Per ogni locale, in base alla particolare destinazione d'uso si sono valutati nel seguente modo:

Per i **Bagni** sono stati inseriti: Le persone; Le luci; i consumi di acqua. Per quanto riguarda il periodo di utilizzo dei bagni, nella scuola materna solitamente sono definiti degli orari, in cui le varie classi si recano a turno nei bagni. Questi sono quattro durante l'arco della giornata e sono indicativamente:

- Dalle 9.30 alle 10.00;
- Dalle 11.45 alle 12.30;
- Dalle 13.45 alle 14.30;
- Dalle 15.30 alle 16.00;

Le luci all'interno della scuola materna sono normalmente spente e vengono accese solo quando vi è l'utilizzo. La curva di carico è quindi è simile a quella del suo utilizzo, ovvero con i quattro picchi bene evidenti nel corso della giornata; una leggera differenza tra i due grafici avviene durante le ore notturne in cui il carico luminoso non è nullo perché è presente la luce d'emergenza. Tra un turno e l'altro poi viene inserito un valore diverso dallo zero per indicare i possibili utilizzi. Per il consumo dell'acqua vengono inseriti i quattro picchi relativi ai turni e vengono inseriti dei valori non nulli tra un turno e l'altro per lo stesso motivo detto in precedenza. Ai picchi però in questo caso non viene attribuito il valore unitario in quanto la scuola è provvista di tre boiler elettrici separati, ma nel modello del programma questo lo si è semplificato inserendone uno unico, questo per velocizzare e snellire la procedura di simulazione. Il risultato finale è lo stesso solo che i valori dei carichi dei bagni sono mediati. Vi è stata inserita inoltre una piccola differenza di valori tra il periodo gennaio-giugno e il periodo settembre-dicembre; nel primo infatti i valori sono leggermente superiori in quanto è stato considerato che nel periodo primaverile il consumo di acqua sia leggermente superiore a causa delle temperature più alte. Per quanto riguarda le rispettive definizioni sono riassunte nella tabella sottostante:

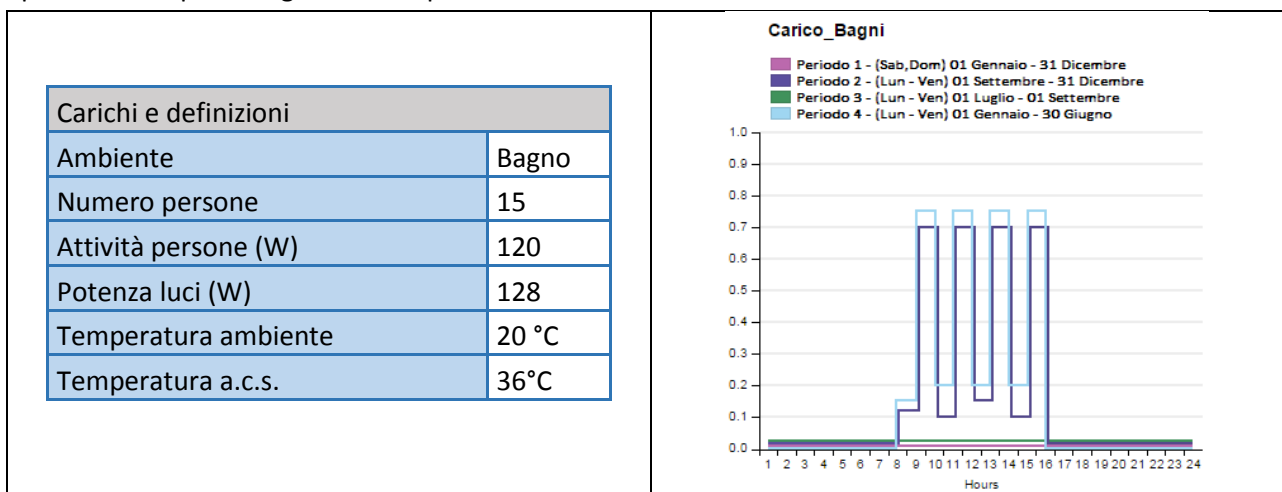


Fig. 77: Carichi interni dei bagni e distribuzione di essi durante la giornata

I carichi interni della **Biblioteca** che sono stati inseriti sono: Le persone; Le luci; I consumi di acqua.

La biblioteca interna all'edificio è una delle stanze più usate. Essa viene usata quasi ogni giorno e i bambini della scuola materna, anche in questo caso, ne usufruiscono a turno. Solitamente i turni sono la mattina dalle 9.00 alle 11.30 e il pomeriggio dalle 14.00 alle 15.30. In questo caso il picco di carico non è unitario visto che questo locale non è usato l'intero giorno.

Anche per quanto riguarda le luci, il grafico del carico è analogo a quello dell'utilizzo della stanza. Vi è però una leggera modifica in quanto, essendo la stanza provvista di quattro finestre, d'estate è ben illuminata e quindi nel periodo aprile-giugno le luci sono meno utilizzate; è quindi spiegato il picco ad un valore più basso del precedente in quei mesi.

Infine c'è da considerare anche un consumo d'acqua, in quanto adiacente alla biblioteca vi è un piccolo bagno, solitamente usato dagli adulti o dalle maestre. Per il motivo spiegato prima, ovvero del circuito unico e non separato il picco non è unitario. In questo caso è anche molto più piccolo vista la minor presenza di adulti all'interno dell'edificio ed essendo questo bagno molto più piccolo rispetto a quelli precedentemente descritti. Un riassunto dei carichi e delle definizioni lo si può vedere nella foto e nella tabella sottostante:

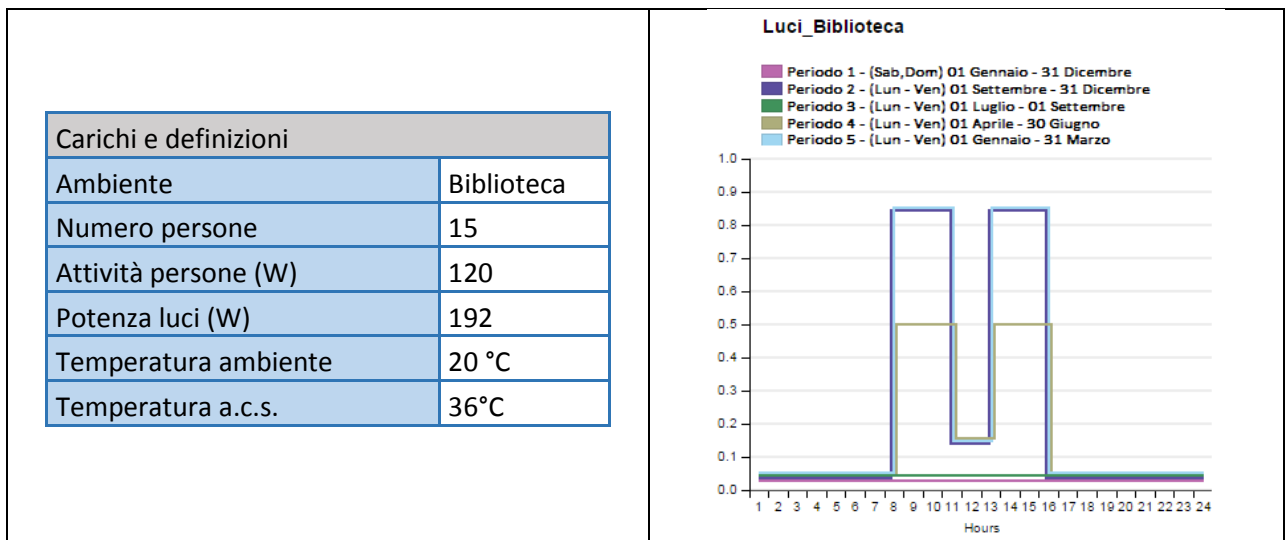


Fig. 78: Carichi interni della biblioteca e distribuzione di essi durante la giornata

I carichi interni nelle **Classi** che sono stati inseriti sono i seguenti:

- Le persone;
- Le luci;
- Gli apparecchi elettrici.

La classe, chiaramente, è l'ambiente più utilizzato dell'intero edificio. I bambini arrivano alla scuola materna verso le 8.00 - 9.00 del mattino e ci restano all'incirca fino alle 16.00. Durante la giornata i bambini si trovano per la maggior parte del tempo in classe, tranne durante l'ora del pranzo. Il periodo in cui si pranza nel modello è stato definito dalle 11.45 fino alle 13.30; in cui si è considerato anche il tempo necessario per l'utilizzo del bagno ed eventuali possibili ritardi. Anche nel caso della classe, come accaduto per la biblioteca, il picco di carico non è unitario; questo perché nelle occasioni in cui i bambini vengono portati in biblioteca l'aula resta vuota.

All'interno delle classi le luci restano accese soltanto durante l'utilizzo dell'ambiente stesso, perciò nel periodo del pranzo e durante gli spostamenti in biblioteca o nel salone le luci vengono spente. Da notare

anche in questo caso un minor utilizzo delle luci durante il periodo aprile-giugno in cui attraverso le quattro vetrate e la porta finestra l'apporto della luce solare è sufficiente.

Infine la struttura del grafico è simile anche per gli apparecchi elettrici, infatti vengono considerati attivi durante tutto l'arco della giornata. Essi possono essere computer, cellulari o apparecchi per la pulizia.

Vediamo dalla tabella sottostante un riassunto delle caratteristiche dei carichi presenti nella classe:

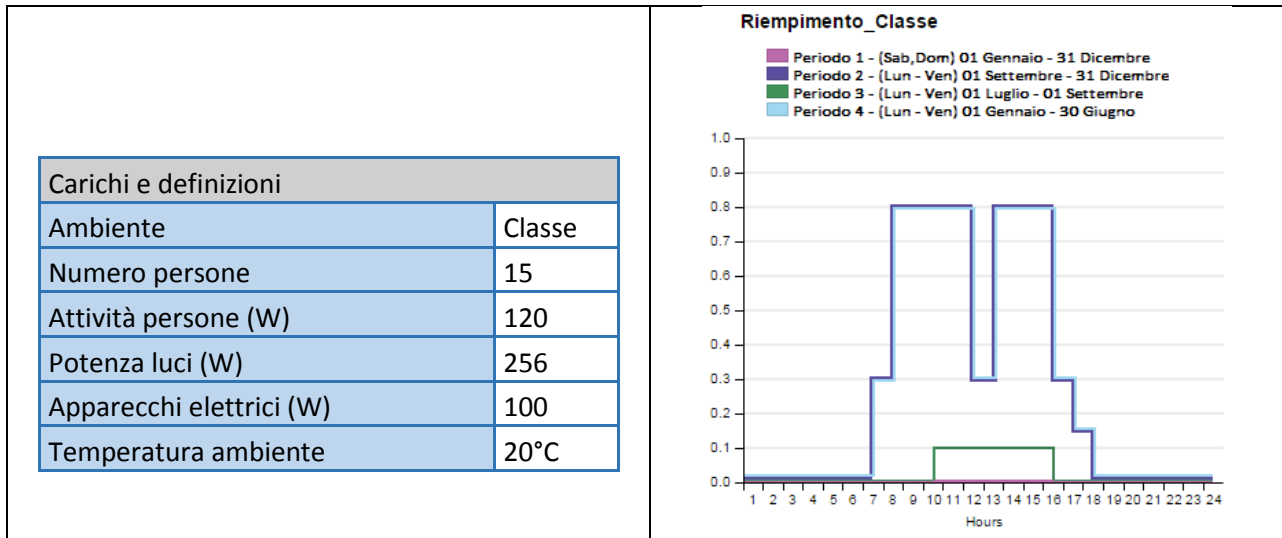


Fig. 79: Carichi interni delle classi e distribuzione di essi durante la giornata

I carichi interni inseriti per i **Corridoi** sono i seguenti:

- Le persone;
- Le luci.

Nei due corridoi all'interno dell'edificio, i carichi interni delle persone sono stati considerati in modo diverso rispetto alle stanze in precedenza descritte, ovvero il grafico non ha due picchi che rappresentano le ore della giornata prima e dopo il pranzo. Questo è stato fatto perché si sono considerati i due corridoi come zone di interconnessione tra ambienti, e quindi in qualche modo, durante l'arco della giornata mai vuoti per lunghi periodi. Anche per quanto riguarda le luci il ragionamento fatto per gli spazi precedenti non vale più. Infatti l'edificio è una scuola materna, con genitori che entrano ed escono dall'edificio, quindi per una questione di sicurezza e anche di utilizzo le luci dei corridoi, e come vedremo successivamente, anche del salone principale, sono sempre accese durante la giornata.

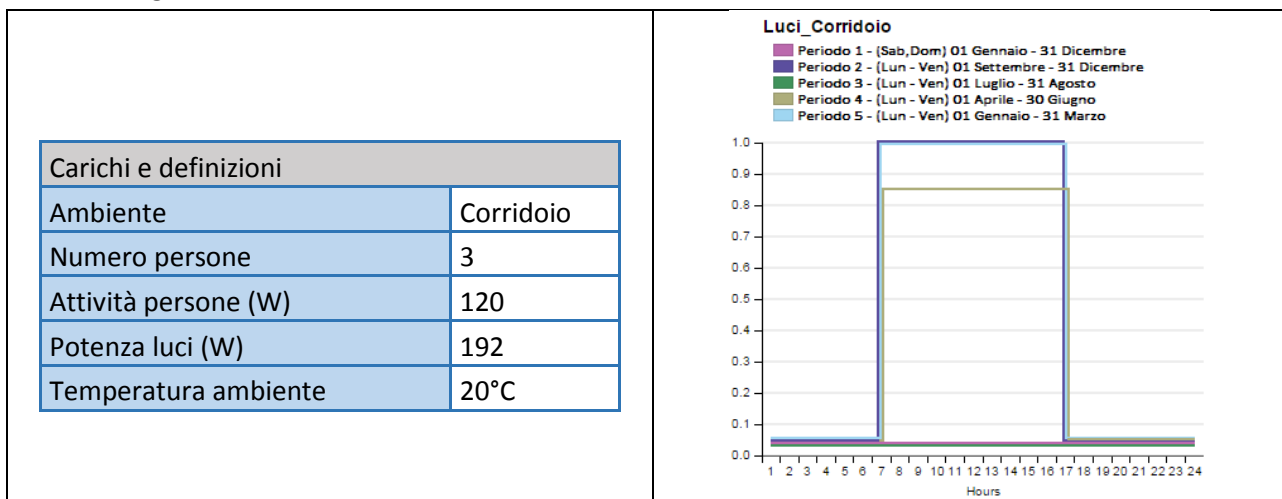


Fig. 80: Carichi interni dei corridoi e distribuzione di essi durante la giornata

I carichi interni considerati nelle **Mense** sono i seguenti:

- Le persone;
- Le luci;
- Gli apparecchi elettrici.

Dal punto di vista dell'utilizzo della mensa da parte delle persone, il discorso è l'inverso rispetto a quello fatto per le altre stanze della scuola materna fin qui analizzate. Infatti nella mensa i bambini, e al tempo stesso le maestre entrano nella pausa pranzo, ovvero indicativamente nel periodo che va dalle 12.00 alle 14.00. Perciò il grafico della capienza, in questo caso, ha un solo picco nella fascia di tempo sopracitata. Allo stesso modo anche il grafico delle luci avrà un picco centrale nell'arco della giornata; esso dura per un periodo leggermente superiore in quanto si è considerato il tempo necessario alla preparazione dei tavoli prima del pranzo e la successiva pulizia. In questo caso, come per le classi e la biblioteca, le luci nei mesi di aprile, maggio e giugno sono rappresentate con un grafico a picco ridotto visto la parete ricca di vetrate che garantisce una buona luminosità anche con le luci spente. Infine nella mensa sono stati considerati anche le apparecchiature elettriche in quanto è utilizzata solitamente durante il pomeriggio per alcuni laboratori.

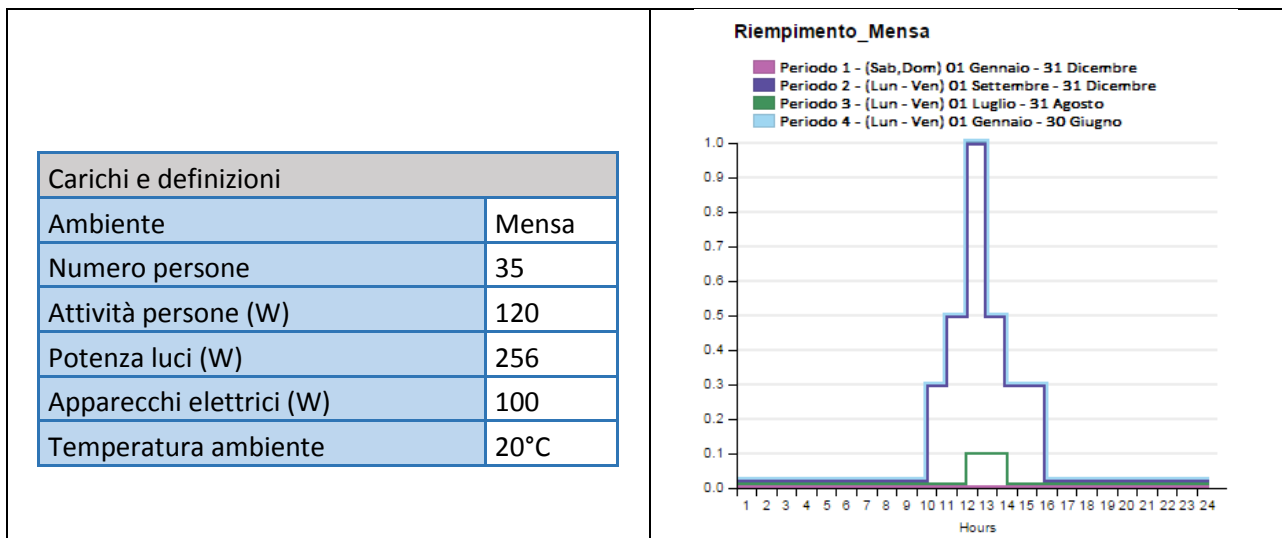


Fig. 81: Carichi interni delle mense e distribuzione di essi durante la giornata

Per le definizioni delle persone all'interno della mensa il ragionamento che è stato fatto è il seguente; a pranzo tutti i bambini, le maestre e i responsabili partecipano insieme. Considerando che all'interno dell'asilo ci sono circa 60 bambini, e che gli adulti invece siano una decina, il numero di persone che mediamente popola la mensa è di 35.

I carichi interni da considerare per il **Salone** sono:

- Le persone;
- Le luci;
- Gli apparecchi elettrici.

All'interno del salone principale vi sono alcune attrezzature per i bambini, questo perché viene utilizzato a scopo ricreativo in alcuni momenti della giornata. Ecco spiegato il motivo del doppio picco di utilizzo anche per il salone. Le luci invece, come nel caso dei corridoi sono tenute sempre accese per tutto l'arco della giornata. Da considerare anche gli apparecchi elettrici per la presenza delle stampanti e fotocopiatrici.

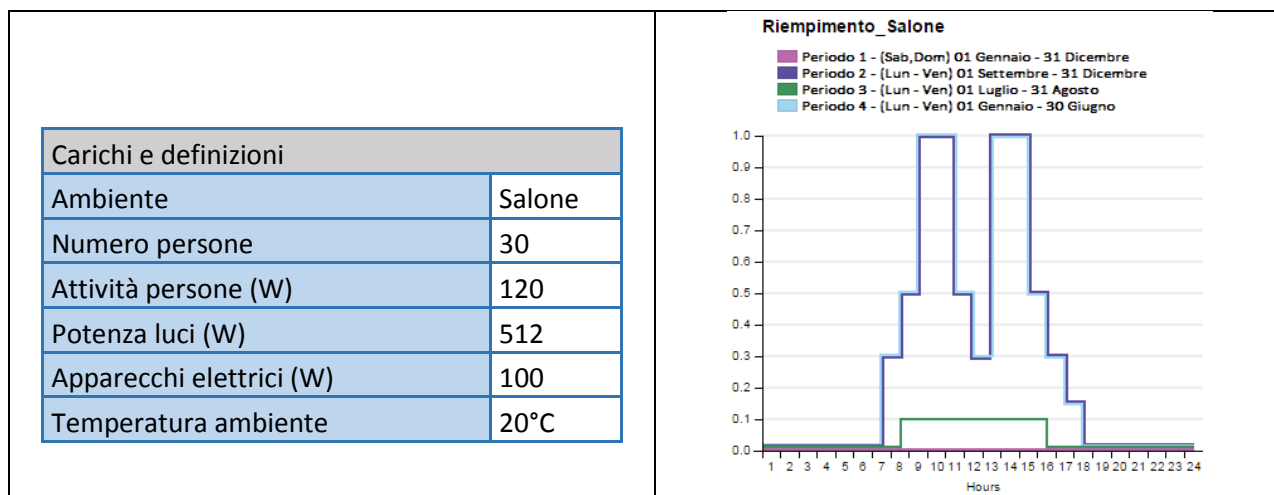


Fig. 82: Carichi interni del salone e distribuzione di essi durante la giornata

Analizzando le definizioni invece il salone è la stanza più particolare dell'intero edificio. Partendo dalle persone, come già citato in precedenza, i bambini usano questa stanza durante le pause durante la giornata. Solitamente ne viene fatta una la mattina, e una il pomeriggio dopo pranzo. In più il salone viene usato come luogo ricreativo nelle giornate invernali, e quando piove. All'interno del salone in queste situazioni vi sono più classi insieme, ed è per questo quindi che è stato inserito 30 come numero di persone durante l'arco della giornata che usufruiscono del salone.

I carichi interni da considerare all'interno dell'Ufficio sono:

- Le persone;
- Le luci;
- Gli apparecchi elettrici.

L'ufficio è uno dei pochi spazi all'interno della scuola che sono utilizzati dai soli adulti. Anche in questo caso vi sono i due picchi che rappresentano le due parti della giornata prima e dopo pranzo. In questo caso il grafico prosegue anche oltre le 16.00 in quanto succede a volte che l'ufficio venga occupato anche oltre l'orario d'uscita dei bambini. Per luci e apparecchi elettrici il discorso è analogo, ed entrambi vengono considerati per tutto l'arco della giornata. Per le luci, un discorso ulteriore va fatto per il periodo estivo in cui grazie alle due finestre l'ambiente può essere illuminato dalla luce naturale e quindi questo consente di avere un possibile risparmio energetico.

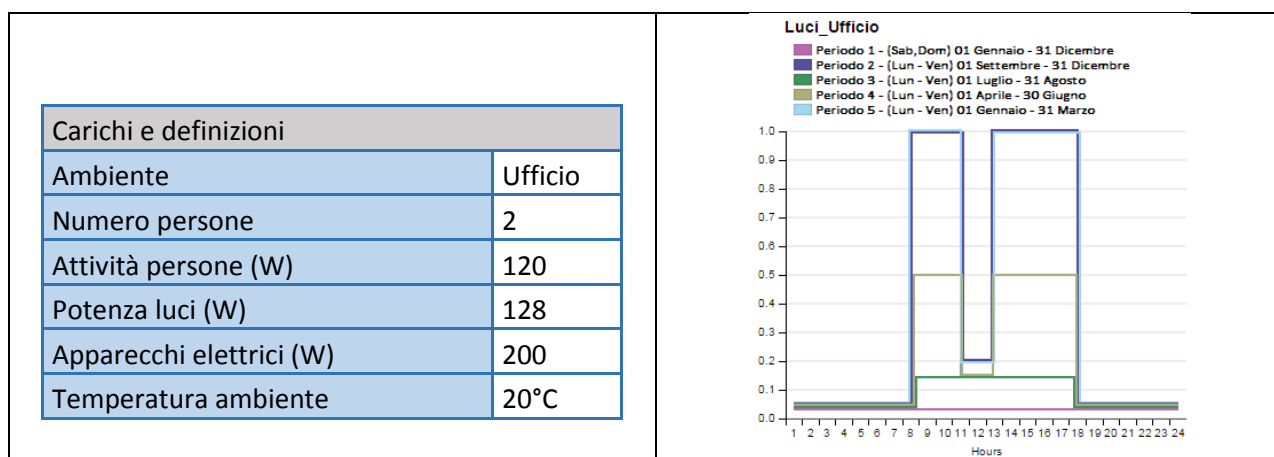


Fig. 83: Carichi interni dei bagni e distribuzione di essi durante la giornata

La quantità di persone che si trovano solitamente all'interno all'ufficio è 2; e visto che al suo interno si trovano due computer, la potenza legata ai carichi elettrici è stata definita pari a 200 W, in cui si è tenuto conto di 60-80 W per ogni computer più 50-70 W per altri possibili apparecchi all'interno dell'ufficio quali stampanti o cellulari. Per le luci invece la stanza ha al suo interno due luci al neon composte da 4 lampade da 16 W ciascuna per un totale di 160 W di potenza.

7.3.2.4. INSERIMENTO DEL SISTEMA HVAC

Facciamo ora un breve riepilogo di quello fatto finora all'interno del programma per la modellazione del nostro edificio. Per prima cosa abbiamo inserito la posizione e il file meteo di riferimento per le condizioni del tempo necessarie alla simulazione dinamica, successivamente come spiegato nei precedenti paragrafi per ogni zona della scuola abbiamo definito i vari carichi interni e quindi le luci, le persone, gli apparecchi elettrici e dove necessario anche il sistema di acqua calda sanitaria.

A questo punto un passaggio ulteriore da fare, anche se già in parte trattato, è quello dell'inserimento dei muri reali nel disegno fatto in 3D. Le strutture in questione sono già state descritte precedentemente e quindi è stato necessario solamente inserire i valori delle caratteristiche per i vari materiali e la composizione degli strati per ogni struttura.

Perciò attraverso la pagina denominata "*Spaces*" sono stati inseriti tutti i particolari fin qua descritti per avere in questo modo lo scheletro esterno dell'edificio e il comportamento interno il più reale e il più completo possibile.

L'ultimo step necessario per la completa compilazione del modello è quello di inserire all'interno dell'edificio il sistema di riscaldamento e di raffrescamento.

All'interno della scuola non è presente alcun sistema per la climatizzazione estiva, ma il programma Openstudio non accetta questa possibilità. È necessario quindi ovviare a questo problema inserendo un'appropriata temperatura di setpoint. La temperatura di setpoint è la temperatura alla quale è impostato il sistema climatizzativo per la sua attivazione, perciò non avendo nessun sistema del genere io voglio che quello preimpostato nel programma, come sistema di raffrescamento di default, non si azioni mai. La soluzione è quindi quella di impostare la temperatura di setpoint molto elevata, ad una temperatura praticamente impossibile da raggiungere in una stanza; nel nostro caso è stata impostata a 70°C.

Passiamo ora al sistema di riscaldamento, come accennato in precedenza, l'intero edificio è riscaldato da una caldaia a gasolio tramite dei radiatori. Per quanto riguarda la caldaia per simularla si è preso un "*HW Boiler*" impostando i valori relativi alla caldaia reale. Per prima cosa si è impostato il tipo di combustibile, e si è scelto il "*FuelOil #1*" che il programma associa come gasolio, successivamente si è poi inserita la potenza della caldaia di 127,9 kW, il rendimento termico nominale dell'89,1% e la temperatura d'uscita dell'acqua dalla caldaia di 82°C.

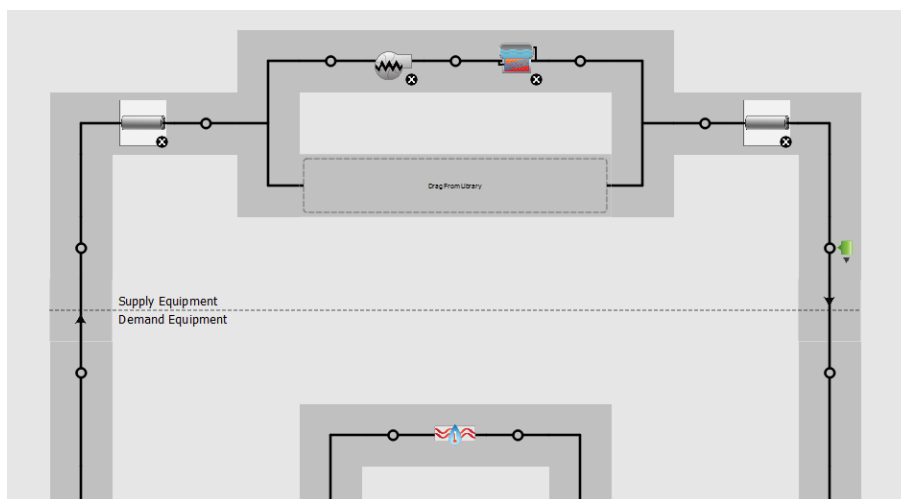


Fig. 84: Immagine della costruzione dell'impianto di riscaldamento dell'Asilo nel software OpenStudio

Un primo problema è emerso nella disposizione dei radiatori, infatti essi non sono permessi nel programma. Openstudio è un programma americano, e negli Stati Uniti d'America come sistema di riscaldamento viene usata l'aria, a discapito dei sistemi ad acqua. Il sistema ad acqua più vicino ai tradizionali radiatori è il sistema di riscaldamento a battiscopa radiante. È un'alternativa ai normali sistemi radianti, e concettualmente è estremamente semplice: il sistema radiante è posizionato lungo il perimetro delle stanze (in particolare lungo le pareti esterne) in sostituzione ai normali battiscopa. Il calore passa dal sistema e si distribuisce sulle pareti con duplice effetto: riscalda le superfici interne dei muri che a loro volta irradiano calore all'interno della stanza e tengono asciutti i muri dall'eventuale possibile presenza di umidità. Costruttivamente il sistema di riscaldamento è composto da due tubi di materiale altamente conduttivo (usualmente rame), la mandata contenente acqua calda ad una temperatura che è funzione del tipo di sistema di generazione utilizzato, ed il ritorno contenente acqua fredda.

Inserendo questi oggetti quindi il problema è stato risolto. Si è preso perciò per ogni stanza riscaldata un radiatore a battiscopa e lo si è dimensionato in funzione dei radiatori esistenti nella scuola materna inserendo come temperatura media dell'acqua 70°C (media tra entrata di 80°C e uscita di 60°C), come potenza la somma dei radiatori esistenti in ogni stanza e dimensionando in automatico il resto delle altre caratteristiche.

Altro particolare del sistema di riscaldamento della scuola materna è la presenza dei tubi di distribuzione dell'acqua a vista e interni all'edificio. Per simulare questo nel modello del programma ho inserito i tubi interni definendo il diametro del tubo e la lunghezza di esso; per quest'ultima ho mediato un valore inserendo la lunghezza di 80 metri per tubo.

Ultimo aspetto riguardante l'inserimento del sistema di riscaldamento riguarda la temperatura di setpoint per il periodo invernale. La scuola attiva la caldaia da settembre ad aprile, perciò in questo periodo si è impostata la temperatura di 18°C nel periodo notturno e i sabati e le domeniche, mentre per i giorni feriali dalle 7.00 alle 18.00 la temperatura è impostata sui 20°C. Nel periodo tra maggio e agosto in cui la caldaia è spenta la temperatura deve essere impostata in modo che la caldaia non si attivi; per questo motivo la temperatura è stata impostata a 5°C ovvero una temperatura difficilmente raggiungibile nell'edificio nel periodo estivo.

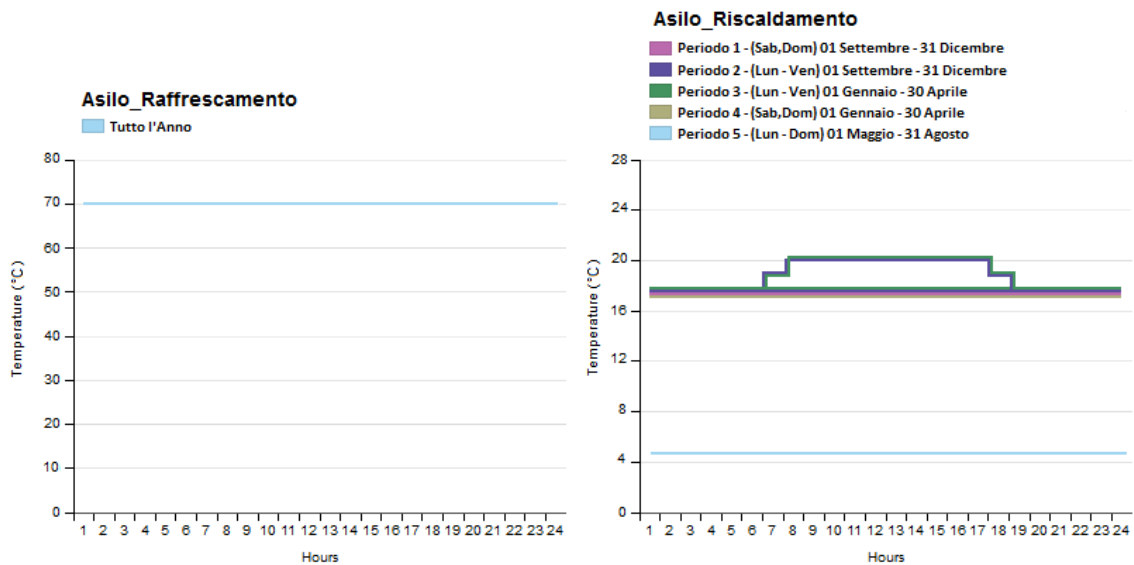


Fig. 85: Temperature di riferimento per il sistema di raffrescamento e per il sistema di riscaldamento

Altro sistema da impostare è quello dell'acqua calda sanitaria. In precedenza ho già accennato come l'edificio è provvisto di tre boiler elettrici, e che nel programma non è possibile impostare tre sistemi differenti e per rendere il più possibile reale il sistema si è agito in questa maniera:

- Per prima cosa si sono inseriti i tre sistemi di distribuzione dell'acqua, riferendoli alle rispettive stanze, ovvero i due bagni usati dai bambini e il bagno della biblioteca;
- Successivamente si è creato il ciclo dell'acqua calda sanitaria, considerando un boiler unico, il più reale possibile, e poi collegandolo ai vari sistemi di distribuzione della scuola materna. I dati inseriti sono la capacità del boiler impostata di 175 litri e la potenza di 1200 W;
- Infine i tre sistemi reali della scuola materna non necessitano di una pompa per la fuoriuscita dell'acqua, mentre all'interno del programma è necessaria. Per ovviare a questo è stata inserita una pompa fittizia il cui rendimento è unitario in modo da incidere il meno possibile sui consumi

Ecco qui sotto lo schema per l'acqua calda sanitaria nel modello di simulazione:

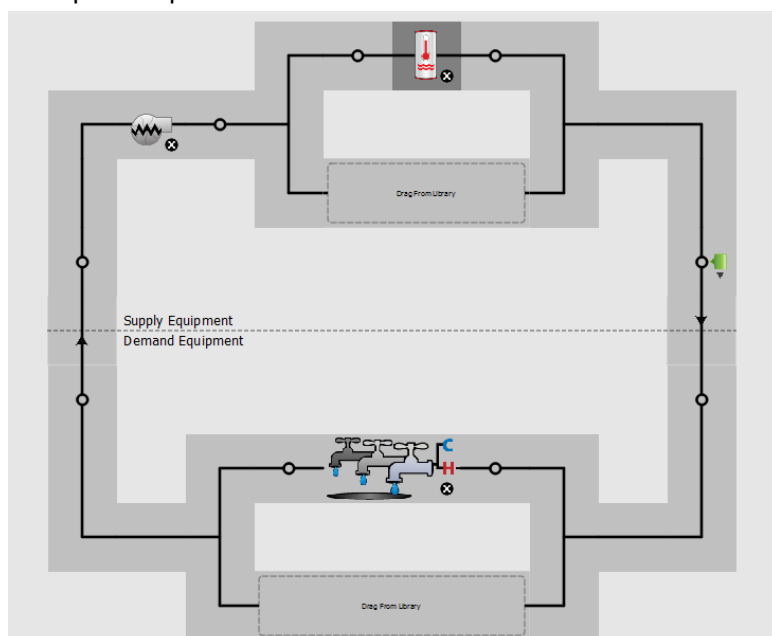


Fig. 86: Schema per l'ACS inserito nel software OpenStudio

7.3.3. ANALISI DEI RISULTATI

Una volta inseriti tutti i dati come indicato nel capitolo precedente si è fatta partire la simulazione. Con il software Openstudio una volta completata la simulazione si ha la possibilità di visualizzare diversi risultati; questo è dovuto al fatto che, come già accennato in precedenza, il programma utilizza come software di simulazione EnergyPlus e successivamente Openstudio rielabora questi risultati.

	Value
Weather File	Treviso-Istrana - ITA IGDG WMO# = 160980
Latitude [°]	45.68
Longitude [°]	12.10
Elevation [m]	45.00
Time Zone	1.00
North Axis Angle [°]	310.00
Rotation for Appendix G [°]	0.00
Hours Simulated [hrs.]	8760.00

Tab. 16: Dati generali del “Weather File” utilizzato per la simulazione dinamica

Openstudio Results

Building Summary

Information	Value	Units
Building Name	Asilo_Mercato_Vecchio	building_name
Net Site Energy	291,757	kBtu
Total Building Area	5,775	ft^2
EUI (Based on Net Site Energy and Total Building Area)	50.52	kBtu/ft^2

Fig. 87: Output OpenStudio: Sommario dell’edificio simulato

EnergyPlus Results

Site and Source Energy

	Total Energy [GJ]	Energy Per Total Building Area [MJ/m ²]
Total Site Energy	307.82	573.74
Net Site Energy	307.82	573.74
Total Source Energy	433.48	807.95
Net Source Energy	433.48	807.95

Tab. 17: Energia consumata dall’edificio in GJ e in funzione dei m²

Building Area

	Area [m ²]
Net Conditioned Building Area	536.52
Unconditioned Building Area	0.00
Total Building Area	536.52

Tab. 18: Area riscaldata della Scuola Materna “Menegon”

I risultati dei due programmi sono diversi, e si possono facilmente distinguere dall'unità di misura usata. Infatti EnergyPlus utilizza il sistema internazionale di unità di misura, mentre Openstudio utilizza il sistema consuetudinario statunitense.

Le tabelle soprastanti indicano i dati generali dell'edificio e i principali risultati della simulazione. In particolare viene riportato il "Weather file" utilizzato e le sue principali caratteristiche, l'area totale dell'edificio, l'energia utilizzata e la stessa in funzione dell'area totale.

Qui di seguito invece si sono inseriti i dati di "Sizing Period Design Day" e rappresentano le condizioni estreme che consentono ai programmi di simulazione di autodimensionare determinati valori in funzione proprio delle peggiori condizioni riscontrabili.

Sizing Period Design Days						
	Maximum Dry Bulb (F)	Daily Temperature Range (F)	Humidity Value	Humidity Type	Wind Speed (mph)	Wind Direction
TREVISO-ISTRANA ANN CLG .4% CONDNS DB=>MWB	91.76	52.34	73.58	Wetbulb [F]	4.47	200.0
TREVISO-ISTRANA ANN CLG .4% CONDNS DP=>MDB	81.32	52.34	73.76	Dewpoint [F]	4.47	200.0
TREVISO-ISTRANA ANN CLG .4% CONDNS ENTH=>MDB	86.54	52.34	32.42	Enthalpy [Btu/lb]	4.47	200.0
TREVISO-ISTRANA ANN CLG .4% CONDNS WB=>MDB	86.36	52.34	76.64	Wetbulb [F]	4.47	200.0
TREVISO-ISTRANA ANN HTG 99.6% CONDNS DB	21.56	32.0	21.56	Wetbulb [F]	2.91	40.0
TREVISO-ISTRANA ANN HTG WIND 99.6% CONDNS WS=>MCDB	36.86	32.0	36.86	Wetbulb [F]	27.51	40.0
TREVISO-ISTRANA ANN HUM_N 99.6% CONDNS DP=>MCDB	34.7	32.0	9.14	Dewpoint [F]	2.91	40.0

Fig. 88: Output OpenStudio: Valori di riferimento dei "Design Days"

Sizing Period: Design Days

	Maximum Dry Bulb [°C]	Daily Temperature Range [Δ°C]	Humidity Value	Humidity Type	Wind Speed [m/s]	Wind Direction
TREVISO-ISTRANA ANN CLG 4% CONDNS DB=> MWB	33.20	11.30	23.10	Wetbulb [°C]	2.00	200.00
TREVISO-ISTRANA ANN CLG 4% CONDNS DP=> MDB	27.40	11.30	23.20	Dewpoint [°C]	2.00	200.00
TREVISO-ISTRANA ANN CLG 4% CONDNS ENTH=> MDB	30.30	11.30	75400.00	Enthalpy [J/kg]	2.00	200.00
TREVISO-ISTRANA ANN CLG 4% CONDNS WB=> MDB	30.20	11.30	24.80	Wetbulb [°C]	2.00	200.00
TREVISO-ISTRANA ANN HTG 99.6% CONDNS DB	-5.80	0.00	-5.80	Wetbulb [°C]	1.30	40.00
TREVISO-ISTRANA ANN HTG WIND 99.6% CONDNS WS=> MCDB	2.70	0.00	2.70	Wetbulb [°C]	12.30	40.00
TREVISO-ISTRANA ANN HUM_N 99.6% CONDNS DP=> MCDB	1.50	0.00	-12.70	Dewpoint [°C]	1.30	40.00

Tab. 19: Valori di riferimento dei "Design Days" utilizzati da EnergyPlus

Si analizzano ora i risultati più nello specifico, e quindi si riportano i valori che i software associano ai consumi dei vari usi all'interno dell'edificio.

EnergyPlus Results

End Uses

	Electricity [GJ]	Natural Gas [GJ]	Additional Fuel [GJ]	District Cooling [GJ]	District Heating [GJ]	Water [m ³]
Heating	0.00	0.00	259.91	0.00	0.00	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	17.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	5.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	5.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	18.43	0.00	0.00	0.00	0.00	246.92
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	47.91	0.00	259.91	0.00	0.00	246.92

Tab. 20: Consumi energetici usi finali

Openstudio Results

End Use - view table

End Use	Consumption (kBtu)
Heating	246,347
Cooling	0
Interior Lighting	16,975
Exterior Lighting	5,270
Interior Equipment	5,156
Pumps	550
Water Systems	17,468

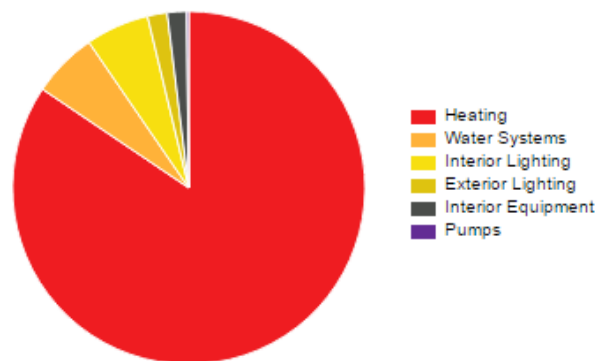


Fig. 89: Output OpenStudio: Consumi finali. A destra rappresentazione con un diagramma a torta

Energy Use - view table

Fuel	Consumption (kBtu)
Electricity	45,410
Natural Gas	0
Additional Fuel	246,347
District Cooling	0
District Heating	0

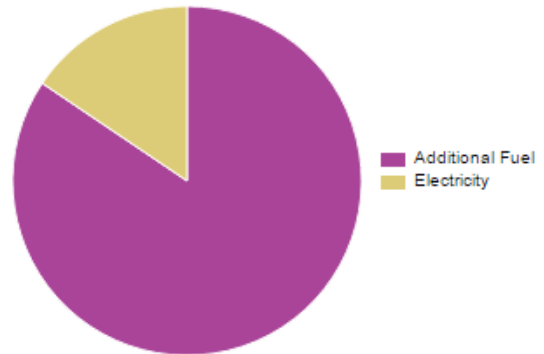


Fig. 90: Output OpenStudio: Consumi energetici finali. A destra rappresentazione con un diagramma a torta

Monthly Load Profiles - view table

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Average Outdoor Air Dry Bulb (F)	40.7	39.4	44.6	50.3	62.6	67.1	73.1	71.8	63.5	50.8	45.8	36.6
Cooling Load (MBtu)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Heating Load (MBtu)	47.17	42.85	30.42	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.94	18.94	36.33	55.79

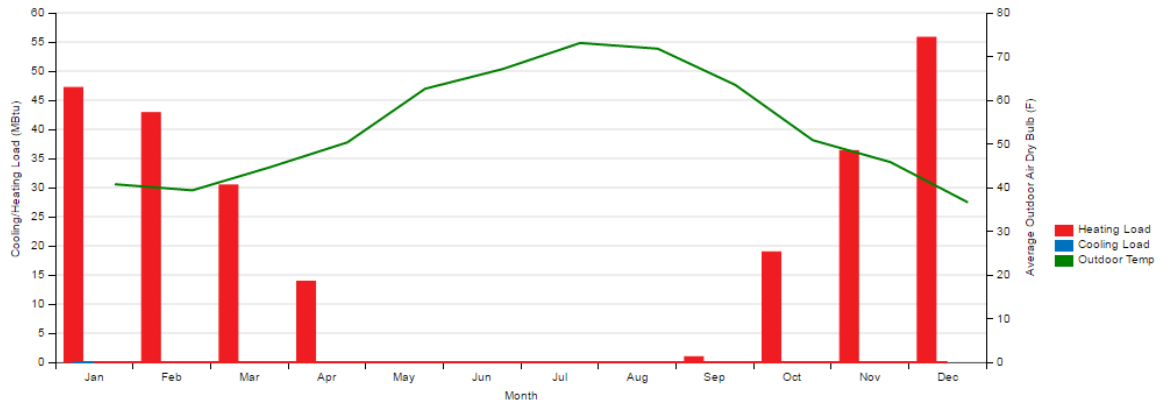


Fig. 91: Output OpenStudio: Consumi energetici per il riscaldamento confrontati con le temperature esterne del luogo. Valori mensili

Analizziamo i risultati ottenuti dalla simulazione. Nella tabella dei risultati di EnergyPlus, nella colonna denominata "Additional Fuel" il risultato della simulazione è 259.91 GJ. Ora questo valore deve essere confrontato con quello ottenuto dai consumi reali.

Per trasformare il valore di energia in litri di gasolio le operazioni che sono state fatte sono le seguenti:

- Si è trasformato il valore da GJ a Kg di gasolio utilizzando il potere calorifico inferiore del gasolio.

$$\frac{259.91 \text{ GJ}}{0.0427 \frac{\text{GJ}}{\text{Kg}}} = 6086.88 \text{ Kg}$$

- A questo punto, attraverso la densità del gasolio per il riscaldamento si arriva ad ottenere il valore in litri.

$$\frac{6086.88 \text{ Kg}}{0.835 \frac{\text{Kg}}{\text{litro}}} = 7289.68 \text{ litri}$$

Si ottiene quindi un valore di 7289.68 litri di consumo di gasolio. L'ultimo valore di consumo ottenuto dalle bollette del comune è di 7442 litri. Si osserva quindi una differenza di quasi 155 litri. Questo è da riferirsi al fatto che l'ultimo valore della bolletta è del 2014. Il 2014 è anche l'anno in cui sono stati effettuati gli ultimi lavori di adeguamento antisismico, durante i quali sono stati inseriti anche i cappotti esterni ad alcune murature esterne. Quindi, essendosi svolti i lavori nel periodo estivo, l'edificio ha usufruito dei benefici del cappotto esterno solo per un breve periodo.

Se è poi confrontato il consumo di combustibile ottenuto nel 2014 e nel 2013, e si è osservato un risparmio di 83 litri nel 2014. Questo risparmio poi lo si è attribuito ai tre mesi invernali di Ottobre, Novembre e Dicembre, in cui si è goduto dei vantaggi del rivestimento esterno. Si è ottenuto così un risparmio mensile di circa 33 litri di combustibile, che se viene considerato per l'intero anno di riscaldamento, ovvero dal 15 Ottobre al 15 Aprile si dovrebbe ottenere un risparmio di circa 200 litri; risparmio ipotizzato ottenuto solo grazie all'installazione del cappotto esterno.

Confrontando allora il 2013, anno in cui il cappotto non era ancora stato installato, con il 2016, anno in cui il cappotto è presente si ottiene una differenza di circa 235 litri di gasolio consumato in meno nel 2016, risultato quindi in linea con le aspettative.

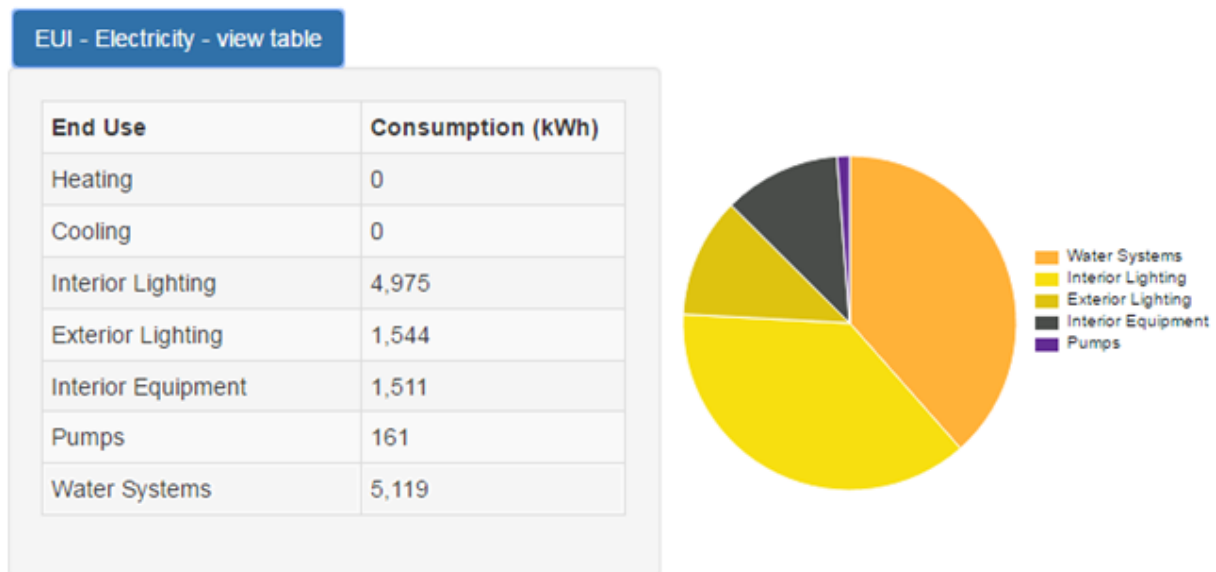


Fig. 92: Output OpenStudio: Consumi elettrici finali. A destra rappresentazione con un diagramma a torta

Electricity Consumption (kWh) - view table

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating													
Cooling													
Interior Lighting	495.31	465.52	530.47	401.49	387.98	396.38	141.34	129.0	491.62	495.56	509.08	530.74	4974.47
Exterior Lighting	162.75	147.0	110.25	105.0	108.5	105.0	108.5	108.5	106.75	161.0	157.5	162.75	1543.5
Interior Equipment	141.37	132.52	150.72	144.65	141.37	144.65	52.66	48.21	134.83	135.99	139.02	144.84	1510.84
Pumps	31.18	27.99	18.24	8.14	1.61	1.68	0.22	0.15	1.64	10.15	22.12	38.82	161.94
Water Systems	457.78	428.07	485.62	466.67	457.87	466.67	191.25	178.11	483.07	487.13	497.71	518.52	5118.45
Total	1288.38	1201.09	1295.3	1125.95	1097.34	1114.38	493.96	463.97	1217.91	1289.83	1325.43	1395.66	13309.21

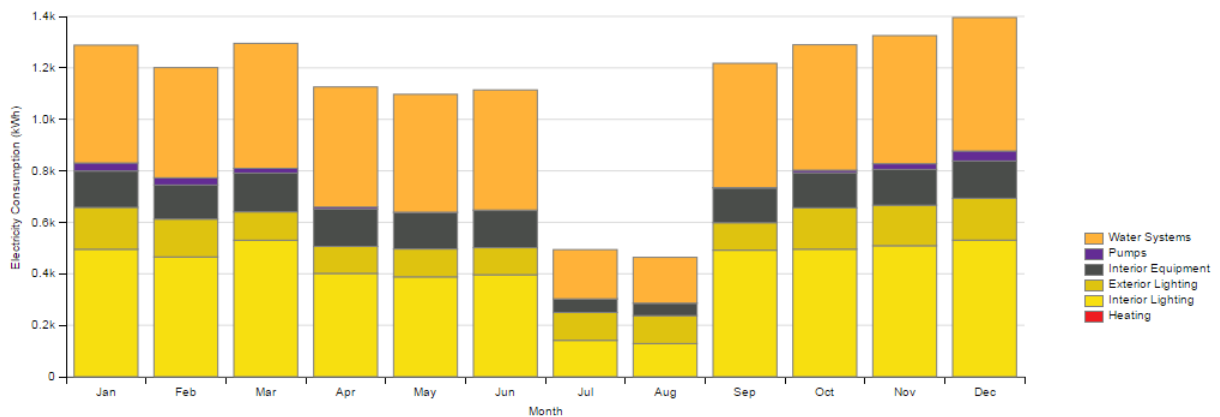


Fig. 93: Output OpenStudio: Consumi energetici finali. Valori mensili

Per quanto riguarda il consumo elettrico il discorso è leggermente diverso. Mentre per simulare i carichi e i consumi della caldaia è bastato inserire le temperature impostate nel termostato; per quanto riguarda i carichi e i consumi elettrici il discorso è più complicato. Le variabili in gioco sono molte, infatti sono stati inseriti consumi elettrici riguardanti l'illuminazione interna ed esterna, gli apparecchi interni e l'acqua calda sanitaria ottenuta con dei boiler elettrici. Le tante variabili in gioco e l'incertezza di esse fanno sì che ottenere un consumo simulato simile al consumo reale sia difficile.

Il valore ottenuto dalla simulazione è di 13309.21 kWh, mentre il consumo degli ultimi anni è mediamente di 10600 kWh. Come detto quindi la differenza è importante tra i due valori.

La differenza è da cercarsi innanzitutto nell'illuminazione esterna, che nella simulazione è stata inserita con una potenza totale di 350 W, ma che nella realtà non è stata verificata. In secondo luogo, assume un ruolo importante nel consumo totale l'illuminazione interna. Essa ha una variabilità molto elevata, infatti gli spazi che sono maggiormente utilizzati sono le classi e il salone, i quali entrambi sono caratterizzati da numerose componenti finestrate e quindi hanno l'opportunità di avere una notevole capacità di luce solare in entrata. Questo permette di poter adattare l'utilizzo dell'illuminazione alle condizioni climatiche giornaliere e quindi rendere di difficile simulazione il consumo di energia elettrica.

Base Surface Constructions

Construction	Net Area (ft ²)	Surface Count	R Value (ft ² *h*R/Btu)
Muratura Perimetrale Esterna con cappotto esterno	699	3	9.26
Muratura Perimetrale Esterna da 30 cm (senza cappotto)	6,642	30	1.98
Muratura Perimetrale Esterna da 30 cm con cappotto	794	6	8.36
Muro 20cm	339	3	1.48
Solaio di Copertura	6,705	40	19.74

Fig. 94: Output OpenStudio: Sommario murature presenti all'interno dell'edificio

La figura soprastante evidenzia le tipologie di muratura esistenti nella scuola materna. Come si può notare la tipologia principale di muratura presente nella struttura è la muratura di 30 cm di spessore senza cappotto, essa infatti oltre a costituire la maggior parte delle murature interne, costituisce anche la totalità delle murature esterne se si tolgono le murature delle classi e del salone principale.

Si può intuire, osservando anche il valore di resistenza, che installare un cappotto esterno su tutte le superfici esterne presenti comporterebbe un notevole risparmio energetico assicurato.

Window-Wall Ratio

	Total	North (315° to 45°)	East (45° to 135°)	South (135° to 225°)	West (225° to 315°)
Gross Wall Area [m ²]	651.99	155.64	165.29	165.77	165.29
Above Ground Wall Area [m ²]	651.99	155.64	165.29	165.77	165.29
Window Opening Area [m ²]	124.36	42.29	19.77	41.97	20.34
Gross Window-Wall Ratio [%]	19.07	27.17	11.96	25.32	12.30
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	19.07	27.17	11.96	25.32	12.30

Tab. 21: Superfici murature esposte nelle diverse direzioni. Percentuale di componenti vetrate sul totale

Sub Surface Constructions

Construction	Area (ft ²)	Surface Count	U-Factor (Btu/ft ² *h*R)
Finestra	713	54	0.709
Porta finestra	402	8	0.664
Porta_Metallo	25	1	1.057

Fig. 95: Output OpenStudio: Sommario Serramenti presenti nell'edificio e Trasmittanza associata

La tabella soprastante esamina le finestre e portefinestre presenti nell'Asilo. Tralasciando la porta in metallo (entrata per la centrale termica) le portefinestre e le finestre presentano una trasmittanza termica globale abbastanza elevata. Questa è il risultato della trasmittanza dei telai e dei vetri. I primi sono in metallo senza taglio termico e hanno una trasmittanza termica di circa 7 W/m²K (1,23 Btu/ft²*h*R), mentre i secondi sono composti da vetri doppi con trasmittanza termica pari a circa 2,7 W/m²K (0,47 Btu/ft²*h*R). La composizione di questi porta ai valori ritrovati in tabella. Considerati

separatamente i vetri non hanno una trasmittanza termica elevata; al contrario i telai sono abbastanza scadenti dal punto di vista energetico.

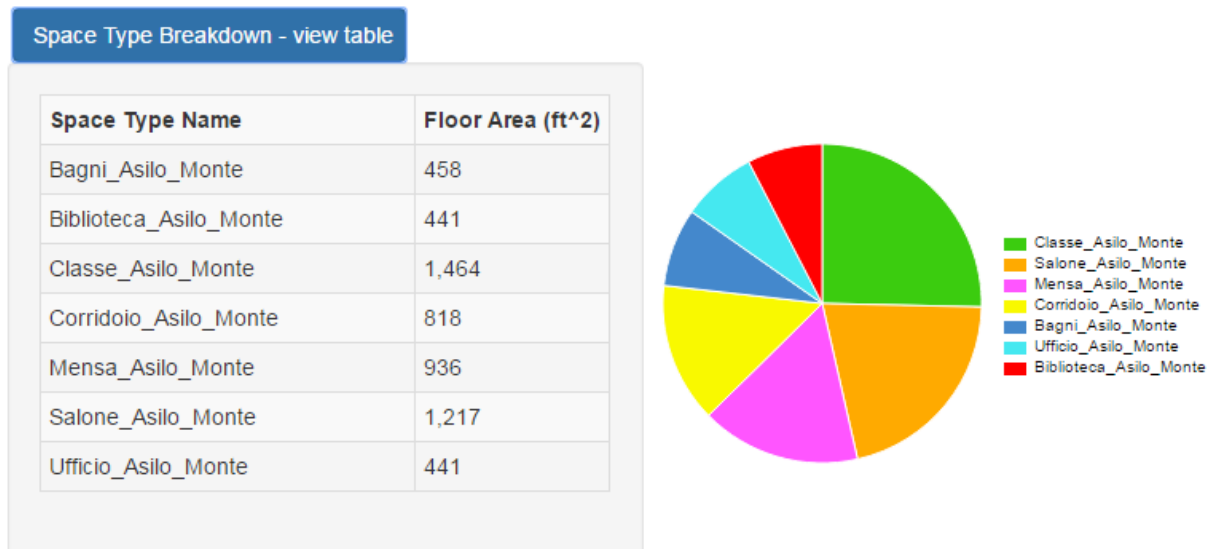


Fig. 96: Output OpenStudio: Divisione degli spazi all'interno dell'intero edificio. Rappresentazione con diagramma a torta

La tabella e il grafico a torta soprastanti evidenziano la superficie delle stanze nell'Asilo. Si può notare come le classi e il salone fanno la parte del leone e occupano quasi la metà dell'intero edificio.

Le tabelle sottostanti invece riepilogano l'intero immobile, descrivendo le caratteristiche di ogni stanza; in particolare ne riportano l'area, il volume, l'area dei muri e delle finestre, le luci, le persone e gli apparecchi elettrici.

Le due tabelle sono riferite a due software differenti, e lo si può notare dall'unità di misura differenti. La prima tabella infatti è stata ricavata da EnergyPlus, mentre la seconda è ricavata dal software Openstudio.

Zone Summary

	Area [m ²]	Volume [m ³]	Gross Wall Area [m ²]	Window Glass Area [m ²]	Lighting [W/m ²]	People [m ² per person]	Plug and Process [W/m ²]
ZONA_AULA_1	45.42	166.57	58.37	7.00	5.636	3.03	1.7613
ZONA_AULA_2	45.42	159.68	42.00	7.00	5.636	3.03	1.7613
ZONA_AULA_3	45.20	173.34	59.42	7.00	5.664	3.01	1.7701
ZONA_BAGNO_CUCINA	5.76	22.00	10.00	0.92	22.207	0.38	0.0000
ZONA_BAGNO_MAGAZINO	24.08	82.47	20.62	1.85	5.315	1.61	0.0000
ZONA_BAGNO_MENSA	12.74	44.00	31.62	2.31	10.050	0.85	0.0000
ZONA_BIBLIOTECA	40.96	162.23	81.43	5.88	4.687	2.73	0.0000
ZONA_CORRIDOIO_1	43.90	138.29	31.37	6.70	4.374	14.63	0.0000
ZONA_CORRIDOIO_2	32.07	108.98	31.21	3.24	5.987	10.69	0.0000
ZONA_MENSA_1	43.46	152.17	47.12	7.00	5.889	1.24	1.8406
ZONA_MENSA_2	43.46	152.17	43.92	7.00	5.889	1.24	1.8406
ZONA_SALONE	113.09	615.58	113.37	43.50	4.527	3.77	1.3264
ZONA_UFFICIO_1	40.96	96.74	90.67	4.18	3.125	20.48	4.8827
Total	536.52	2074.25	661.10	103.58	5.368	2.52	1.3979

Tab. 22: Riepilogo delle diverse zone dell'edificio

Zone Summary

	Area (ft ²)	Part of Total Floor Area (Y/N)	Volume (ft ³)	Multiplier	Gross Wall Area (ft ²)	Window Glass Area (ft ²)	Lighting (W/ft ²)	People (ft ² /person)	Plug and Process (W/ft ²)
ZONA_AULA_1	488.9	Yes	5882.36	1.00	628.29	75.35	0.52	32.61	0.16
ZONA_AULA_2	488.9	Yes	5639.05	1.00	452.08	75.35	0.52	32.61	0.16
ZONA_AULA_3	486.53	Yes	6121.44	1.00	639.59	75.35	0.53	32.4	0.16
ZONA_BAGNO_CUCINA	62.0	Yes	776.92	1.00	107.64	9.9	2.06	4.09	0.0
ZONA_BAGNO_MAGAZZINO	259.19	Yes	2912.4	1.00	221.95	19.91	0.49	17.33	0.0
ZONA_BAGNO_MENSA	137.13	Yes	1553.85	1.00	340.35	24.86	0.93	9.15	0.0
ZONA_BIBLIOTECA	440.89	Yes	5729.1	1.00	876.51	63.29	0.44	29.39	0.0
ZONA_CORRIDOIO_1	472.54	Yes	4883.67	1.00	337.66	72.12	0.41	157.48	0.0
ZONA_CORRIDOIO_2	345.2	Yes	3848.59	1.00	335.94	34.88	0.56	115.07	0.0
ZONA_MENSA_1	467.8	Yes	5373.83	1.00	507.2	75.35	0.55	13.35	0.17
ZONA_MENSA_2	467.8	Yes	5373.83	1.00	472.75	75.35	0.55	13.35	0.17
ZONA_SALONE	1217.29	Yes	21739.0	1.00	1220.3	468.23	0.42	40.58	0.12
ZONA_UFFICIO_1	440.89	Yes	3416.34	1.00	975.96	44.99	0.29	220.44	0.45
Total	5775.05		73251.45		7116.02	1114.93	0.5	27.13	0.13

Fig. 97: Output OpenStudio: Riepilogo delle diverse zone dell'edificio

	Lighting Power Density [W/m ²]	Zone Area [m ²]	Total Power [W]	Schedule Name	Scheduled Hours/Week [hrs]	Hours/Week > 1% [hrs]	Consumption [GJ]
ZONA_BAGNO_CUCINA LUCI_BAGNI	22.2068	5.76	128.00	LUCI_BAGNO	17.67	168.00	0.42
ZONA_BAGNO_MAGAZZINO LUCI_BAGNI	5.3156	24.08	128.00	LUCI_BAGNO	17.67	168.00	0.42
ZONA_BAGNO_MENSA LUCI_BAGNI	10.0503	12.74	128.00	LUCI_BAGNO	17.67	168.00	0.42
ZONA_BIBLIOTECA LUCI_BIBLIOTECA	4.6874	40.96	192.00	LUCI_BIBLIOTECA	26.04	168.00	0.94
ZONA_AULA_1 LUCI_CLASSE	5.6362	45.42	256.00	LUCI_CLASSE	30.30	168.00	1.46
ZONA_AULA_2 LUCI_CLASSE	5.6362	45.42	256.00	LUCI_CLASSE	30.30	168.00	1.46
ZONA_AULA_3 LUCI_CLASSE	5.6643	45.20	256.00	LUCI_CLASSE	30.30	168.00	1.46
ZONA_CORRIDOIO_1 LUCI_CORRIDOIO	4.3740	43.90	192.00	LUCI_CORRIDOIO	45.44	168.00	1.64
ZONA_CORRIDOIO_2 LUCI_CORRIDOIO	5.9871	32.07	192.00	LUCI_CORRIDOIO	45.44	168.00	1.64
ZONA_MENSA_1 LUCI_MENSA	5.8899	43.46	256.00	LUCI_MENSA	18.95	168.00	0.91
ZONA_MENSA_2 LUCI_MENSA	5.8899	43.46	256.00	LUCI_MENSA	18.95	168.00	0.91
ZONA_SALONE LUCI_SALONE	4.5275	113.09	512.00	LUCI_SALONE	55.50	168.00	5.33
ZONA_UFFICIO_1 LUCI_UFFICIO	3.1249	40.96	128.00	LUCI_UFFICIO	37.36	168.00	0.90
Interior Lighting Total	5.3679	536.52	2880.0				17.91

Tab. 23: Riassunto per ogni zona dell'edificio dei consumi elettrici e di altre caratteristiche inerenti ad essi

La tabella denominata “Interior Lighting” mostra per ogni zona dell’Asilo le caratteristiche dell’illuminazione interna. Di particolare interesse sono le colonne che evidenziano la potenza totale installata, la densità di potenza e il consumo energetico.

Un altro risultato interessante sono le seguenti due tabelle. Sono state ricavate dal software Openstudio; nel dettaglio, la prima tabella riporta la quantità di ore in cui un determinato ambiente si trova entro un range di temperature. L’ultima colonna invece rappresenta la temperatura media misurata durante l’anno all’interno delle varie stanze.

Si può notare come, per tutte le stanze, nella maggior parte delle ore si collocano principalmente entro due range, che sono tra i 61 – 70 °F e tra i 76 – 83 °F. In gradi Celsius i due range sono circa tra 16 – 21 °C e tra 24 – 28°C; questo è probabilmente dovuto al fatto che per tutto il periodo invernale le temperature interne sono regolate dal termostato che è settato con un range di temperature che va dai 18°C ai 20°C. Il secondo intervallo invece trae giustificazione dal fatto che l’edificio, essendo privo di un qualsiasi impianto di condizionamento estivo, è soggetto alle temperature esterne.

Temperature (Table values represent hours spent in each temperature range)

Zone	Unmet Htg (hr)	Unmet Htg (Occ) (F)	< 56 (F)	56-61 (F)	61-66 (F)	66-68 (F)	68-70 (F)	70-72 (F)	72-74 (F)	74-76 (F)	76-78 (F)	78-83 (F)	>= 83 (hr)	Unmet Clg (F)	Unmet Clg (Occ)	Mean Temp (F)
ZONA_AULA_1	0	0	0	0	2807	572	1561	338	312	405	432	1575	742	0	0	71.6 (F)
ZONA_AULA_2	0	0	0	0	2777	596	1521	358	364	502	499	1722	421	0	0	71.3 (F)
ZONA_AULA_3	0	0	0	0	3011	556	1612	311	338	441	542	1552	397	0	0	70.9 (F)
ZONA_BAGNO_CUCINA	0	0	0	0	2856	578	1038	422	627	445	607	1577	603	0	0	71.7 (F)
ZONA_BAGNO_MAGAZZINO	0	0	0	0	2992	632	1663	393	466	672	625	1304	13	0	0	70.2 (F)
ZONA_BAGNO_MENSA	0	0	0	6	3110	500	1483	441	301	409	488	1359	650	0	0	71.1 (F)
ZONA_BIBLIOTECA	0	0	0	0	2882	595	1789	259	240	355	491	1435	697	0	0	71.3 (F)
ZONA_CORRIDOIO_1	0	0	0	0	3150	556	1834	285	526	632	748	1029	0	0	0	69.7 (F)
ZONA_CORRIDOIO_2	0	0	0	0	2982	607	1775	265	291	584	602	1523	131	0	0	70.5 (F)
ZONA_MENSA_1	0	0	0	0	2709	598	1374	354	395	508	533	1531	741	0	0	71.8 (F)
ZONA_MENSA_2	0	0	0	0	2750	602	1378	338	394	545	548	1579	618	0	0	71.6 (F)
ZONA_SALONE	0	0	0	0	2595	695	1093	602	482	525	418	1413	850	0	0	72.2 (F)
ZONA_UFFICIO_1	34	34	0	3	3066	556	1785	203	237	380	516	1330	672	0	0	71.0 (F)

Fig. 98: Output OpenStudio: Durata in ore in vari intervalli di temperatura. Valori per ogni zona

La tabella riguardante l’umidità interna all’edificio è funzione della precedente. Anche qui infatti si notano due range di umidità; in cui il primo con umidità inferiore al 30% è da associare all’intervallo con temperature più basse, il secondo invece che comprende un’umidità tra il 50% e il 60% è da ricollegarsi al range di temperature maggiori. Questo ragionamento è dettato dal fatto che generalmente a temperature più basse l’umidità è inferiore; viceversa a temperature maggiori anche l’umidità è superiore.

Humidity (Table values represent hours spent in each Humidity range)

Zone	< 30 (%)	30-35 (%)	35-40 (%)	40-45 (%)	45-50 (%)	50-55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	>= 80 (%)	Mean Relative Humidity (%)
ZONA_AULA_1	958	458	542	564	745	1106	1108	764	510	414	355	56.2 (%)
ZONA_AULA_2	885	450	489	525	604	957	1053	817	496	381	363	59.1 (%)
ZONA_AULA_3	945	460	531	482	616	960	1097	1023	597	460	368	57.1 (%)
ZONA_BAGNO_CUCINA	1047	471	543	589	856	1143	967	668	361	254	247	56.3 (%)
ZONA_BAGNO_MAGAZZINO	998	496	513	522	555	880	1049	973	624	461	336	57.0 (%)
ZONA_BAGNO_MENSA	1132	527	587	565	866	1207	1013	749	399	246	235	54.1 (%)
ZONA_BIBLIOTECA	1134	558	639	743	1085	1430	1146	674	375	282	196	50.3 (%)
ZONA_CORRIDOIO_1	1045	584	721	733	774	931	1106	1073	732	483	277	51.4 (%)
ZONA_CORRIDOIO_2	1043	549	658	726	897	1212	1201	993	523	364	266	51.0 (%)
ZONA_MENSA_1	1136	510	581	625	797	1146	1110	653	391	259	246	55.2 (%)
ZONA_MENSA_2	1124	509	558	618	755	1084	1132	710	404	280	251	55.6 (%)
ZONA_SALONE	877	480	598	594	832	1165	1180	849	615	396	312	54.5 (%)
ZONA_UFFICIO_1	1365	813	885	813	1022	1321	1096	762	386	192	60	46.2 (%)

Fig. 99: Output OpenStudio: Durata in ore in vari intervalli di umidità. Valori per ogni zona

Le successive figure sono sempre ricavate dalla simulazione dinamica della Scuola Materna di Montebelluna, a differenza delle precedenti però si è utilizzato un altro tipo di software di visualizzazione dei risultati. Il software si chiama **“ResultsViewer”** e dà la possibilità di vedere l’andamento annuale di numerose caratteristiche appartenenti all’edificio.

Le due immagini sottostanti rappresentano l’andamento annuo e giornaliero del consumo di combustibile per il riscaldamento. Si nota come il consumo è nullo nell’intervallo centrale del grafico che corrisponde al periodo che va dal 15 Aprile fino al 15 Ottobre. Per il resto dell’anno si vede come il consumo è maggiore nei mesi invernali come risposta alle temperature esterne più rigide.

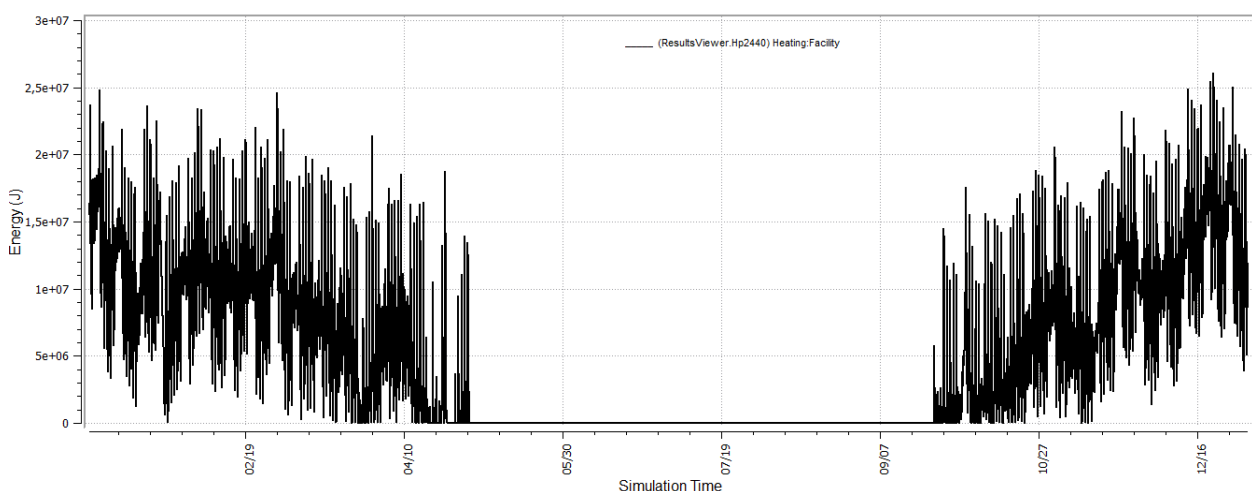


Fig. 100: Output OpenStudio: Andamento consumo carburante per il riscaldamento in un anno

Se si va poi ad osservare l’andamento giornaliero si nota come un giorno tipo è caratterizzato da un picco centrale a metà mattinata che corrisponde al cambiamento di temperatura imposto dal termostato. Successivamente il picco scende progressivamente a causa del progressivo aumento della

temperatura esterna. Infine durante la nottata il consumo cresce lentamente per il motivo opposto a quanto detto precedentemente, nonostante la temperatura impostata da termostato sia più bassa.

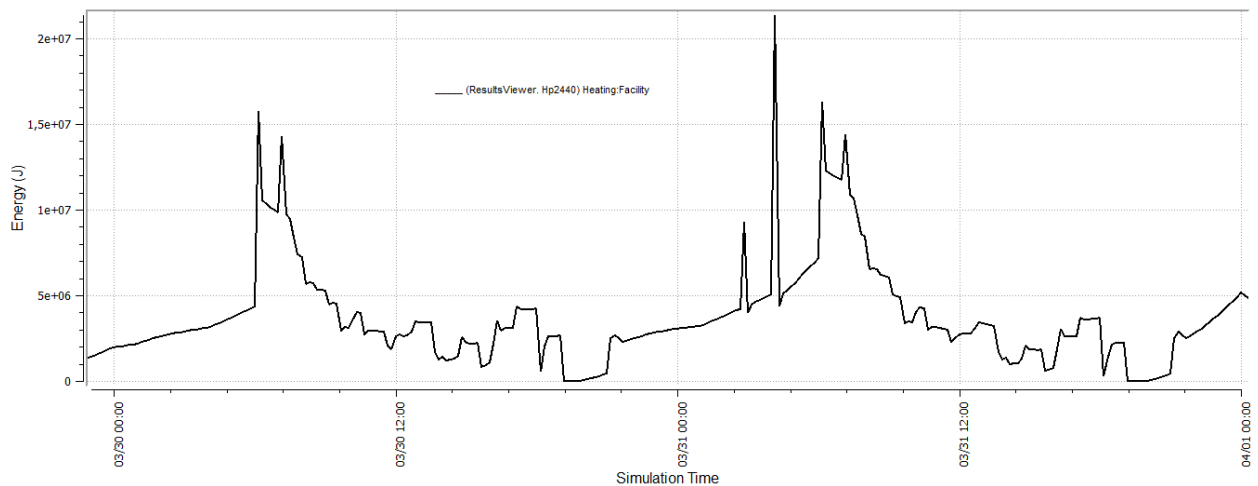


Fig. 101: Output OpenStudio: Andamento consumo giornaliero di combustibile per il riscaldamento

Altra immagine interessante è quella sottostante. Essa evidenzia due curve, che rappresentano la stessa cosa, ovvero la temperatura dell'aria esterna. La differenza sta nel grado di dettaglio con cui sono misurate. Infatti la curva colorata rappresenta le temperature calcolate mensilmente, mentre la curva nera utilizza temperature misurate giornalmente.

Quello che si nota è che l'andamento generale è lo stesso, però c'è molta differenza tra misura mensile e misura giornaliera. Ciò evidenzia quindi come una simulazione dinamica che utilizza temperature giornaliere, possa essere molto più dettagliata e veritiera di una simulazione stazionaria o semi-stazionaria.

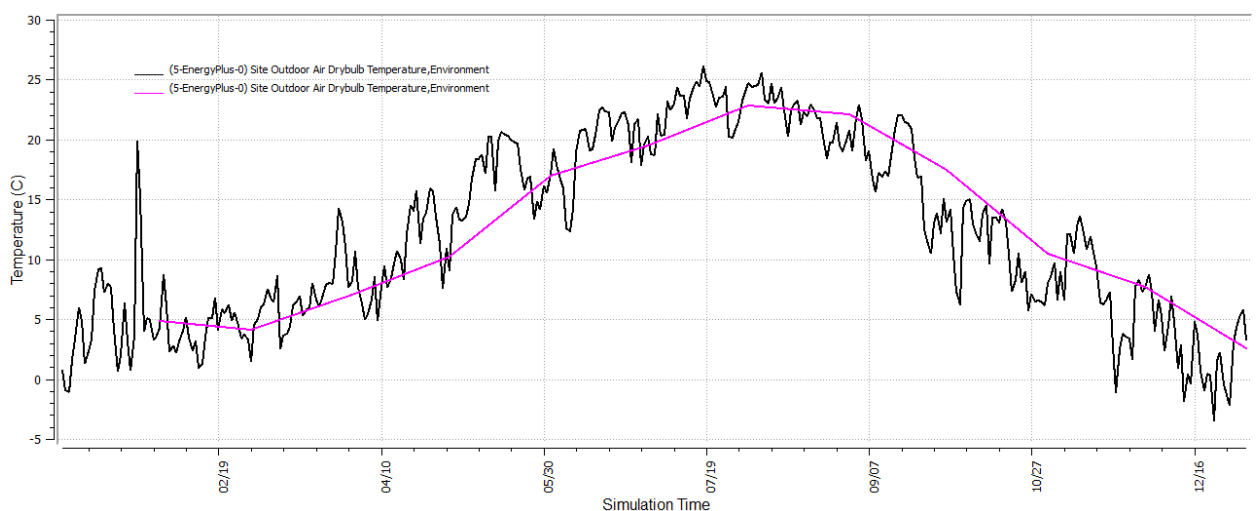


Fig. 102: Output OpenStudio: Andamento temperatura esterna. Valori giornalieri e mensili

Le due immagini successive invece si riferiscono alla temperatura giornaliera interna alla Scuola Materna calcolata durante la simulazione per tutte le stanze dell'immobile.

L'andamento che si può notare nella prima immagine è simile a quello imposto dal termostato con le temperature che crescono maggiormente nella parte centrale della giornata.

Se si analizzano nel dettaglio le varie curve si vede come le mense sono gli ambienti che raggiungono le temperature maggiori, questo probabilmente per l'elevato numero di persone che le occupano. I bagni invece registrano principalmente tre picchi nella giornata che sono coincidenti con i turni che vengono fatti durante la giornata. Le stanze restanti invece durante la mattinata hanno una temperatura che aumenta leggermente, poi successivamente, durante l'ora di pranzo, svuotandosi, la temperatura cala, per poi rialzarsi nel pomeriggio. Per finire, nella serata si nota che in tutti gli ambienti la temperatura cala per allinearsi ai 18°C impostati dal termostato.

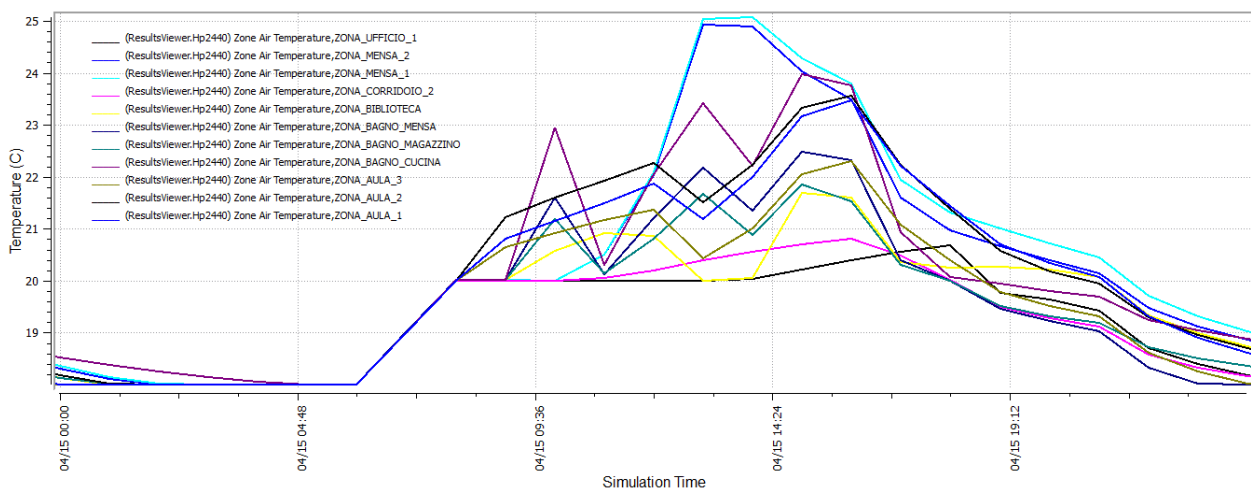


Fig. 103: Output OpenStudio: Temperature interne giornaliere del 15/04/2016 dell'edificio

Quest'altra figura invece rappresenta un giorno d'estate, periodo in cui la Scuola Materna è chiusa. Si può notare come le temperature sono molto elevate, in quanto in alcune stanze si raggiungono i 29°C, e anche durante la notte non scendono sotto i 25°C.

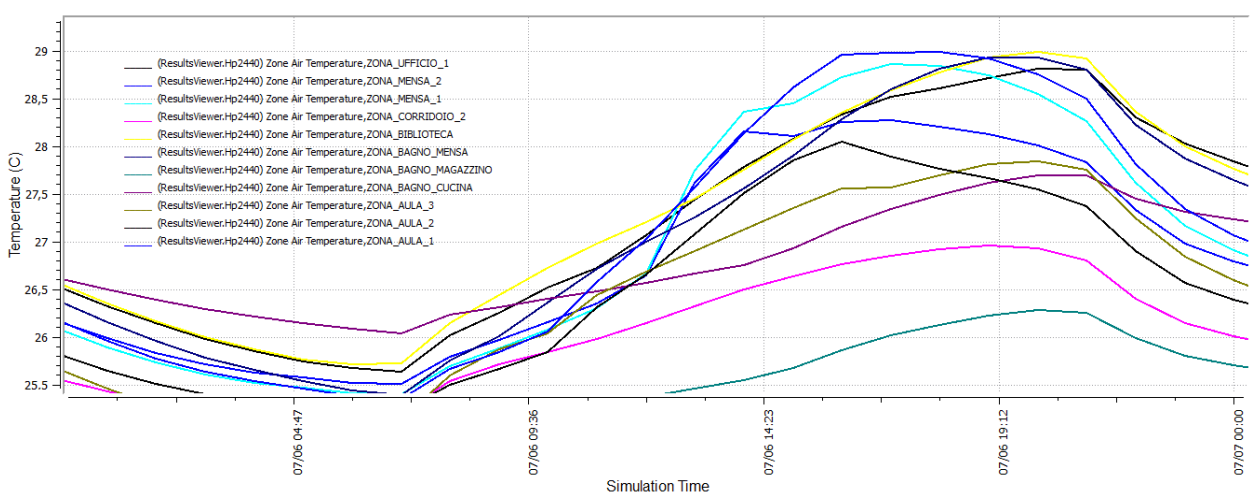


Fig. 104: Output OpenStudio: Temperature interne giornaliere del 06/07/2016 dell'edificio

Le prossime due figure rappresentano sempre la temperatura interna di un ambiente, solo che viene visualizzata in maniera differente.

Le figure in ascissa rappresentano la durata dell'intero anno, mentre in ordinata hanno le ore del giorno. Entrambe le figure sono caratterizzate da una macchia centrale di colore giallo-arancio. Essa rappresenta il periodo estivo in cui le temperature raggiungono le temperature più elevate. Le due ali

lateralis invece rappresentano il periodo di riscaldamento invernale. A colpo d'occhio, osservando la figura e la scala di colori della temperatura si nota come durante il giorno la temperatura mediamente è intorno ai 20-22°C, mentre d'estate la temperatura si alza di molto, soprattutto durante le ore pomeridiane in cui l'accumulo di calore è maggiore.

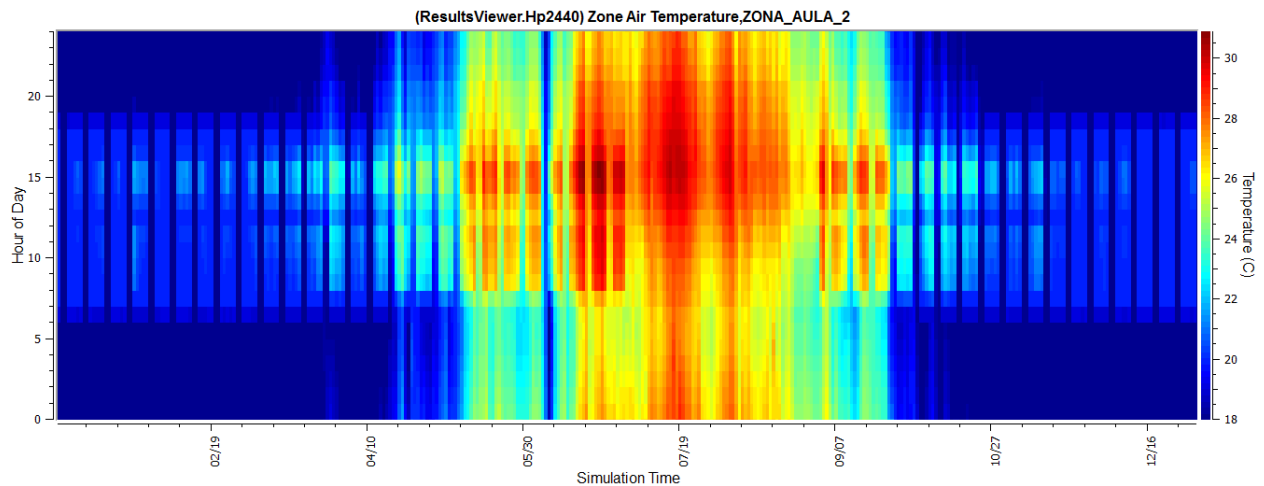


Fig. 105: Output OpenStudio: Temperature dell'Aula 2 viste attraverso il software Results Viewer

Le tre figure rappresentano tre differenti stanze. Nella seconda immagine, rappresentativa della mensa si nota come le ali laterali sono più marcate e si sviluppano per un intervallo di tempo minore; questo perché la mensa è utilizzata da molte persone e per un breve arco di tempo.

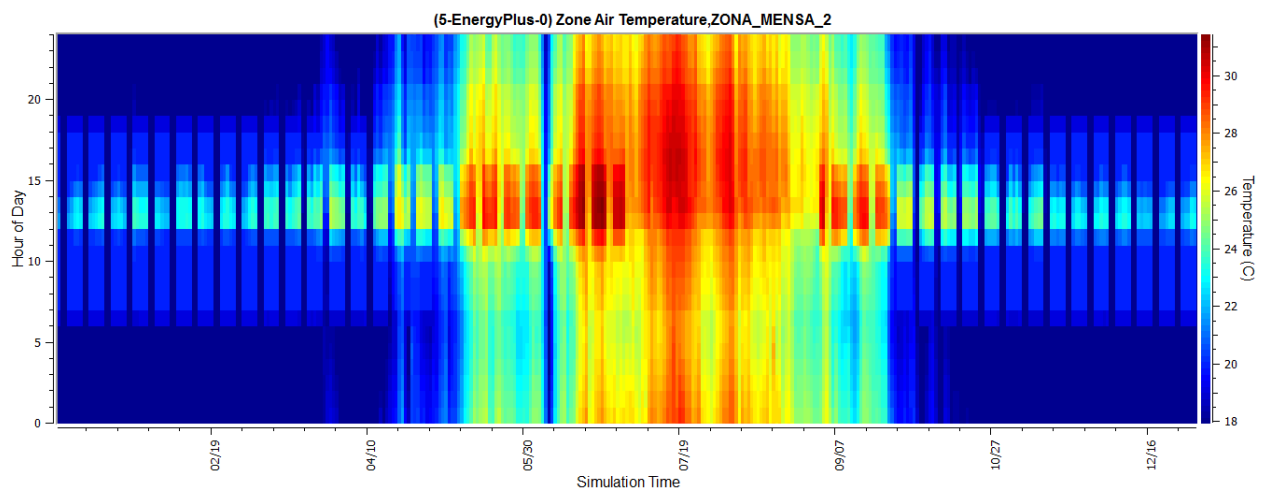


Fig. 106: Output OpenStudio: Temperature della Mensa 2 viste attraverso il software Results Viewer

Nel salone invece, la terza immagine, un particolare che si può notare è la macchia centrale più raccolta nel centro della figura. Un comportamento simile può giustificarsi a causa dell'elevato volume che il salone possiede, e che quindi permette una dispersione del calore maggiore. Inoltre il salone è in comunicazione diretta con entrambi i corridoi dell'edificio, il che permette un miglior ricircolo d'aria.

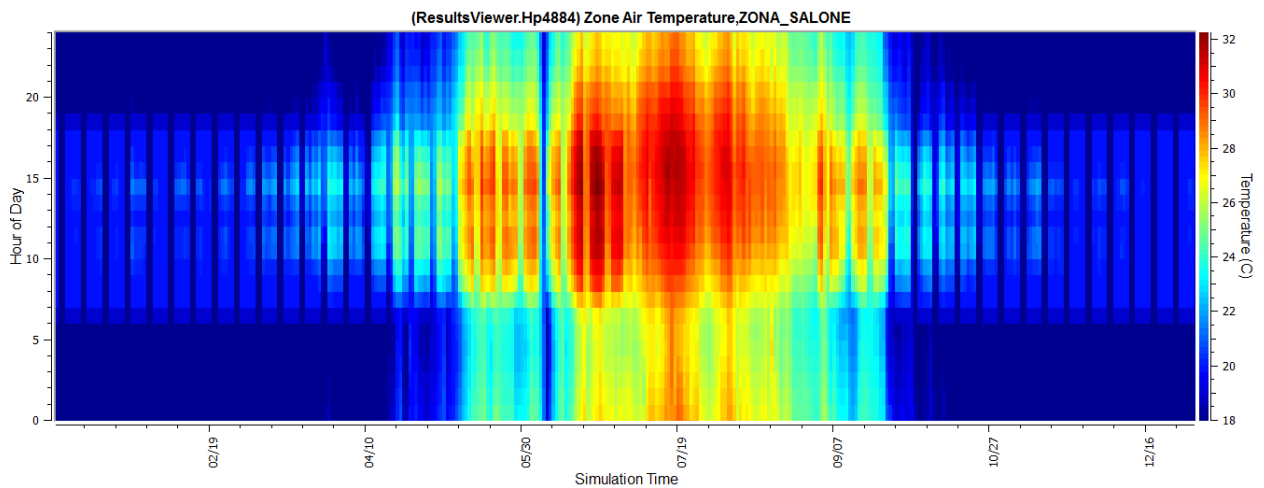


Fig. 107: Output OpenStudio: Temperature del Salone viste attraverso il software Results Viewer

Discorso differente invece per le ultime due immagini. Esse rappresentano l'umidità interna all'edificio, in particolare sono rappresentate l'ufficio e il corridoio che collega le classi.

Entrambe le figure sono meno omogenee, ma allo stesso modo si può notare una zona centrale, riferita ai mesi estivi, più chiara, e che associa un'umidità maggiore rispetto al periodo invernale in cui il colore predominante è il blu.

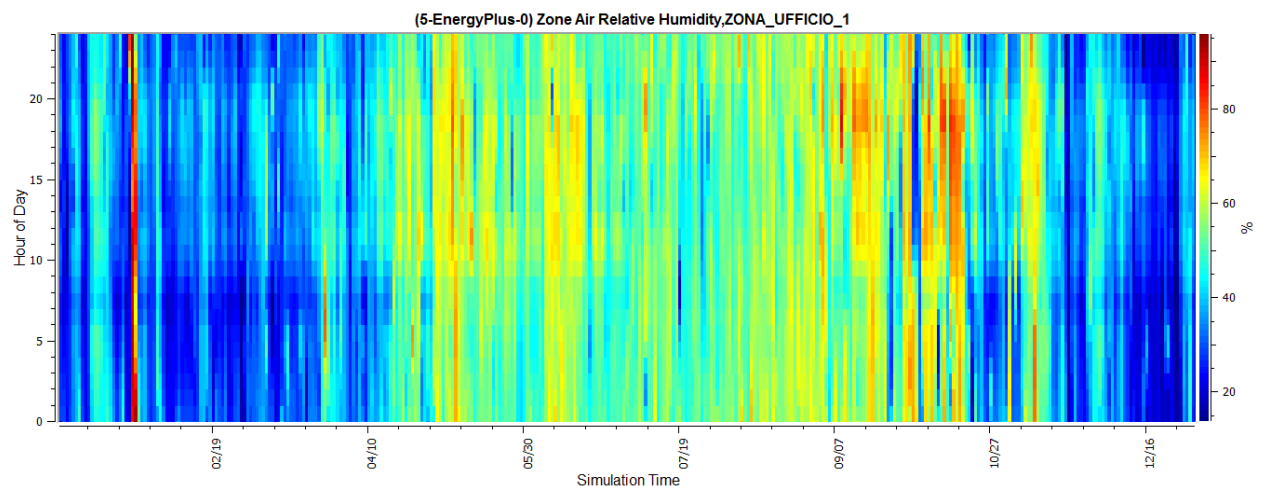


Fig. 108: Output OpenStudio: Umidità relativa dell'Ufficio vista attraverso il software Results Viewer

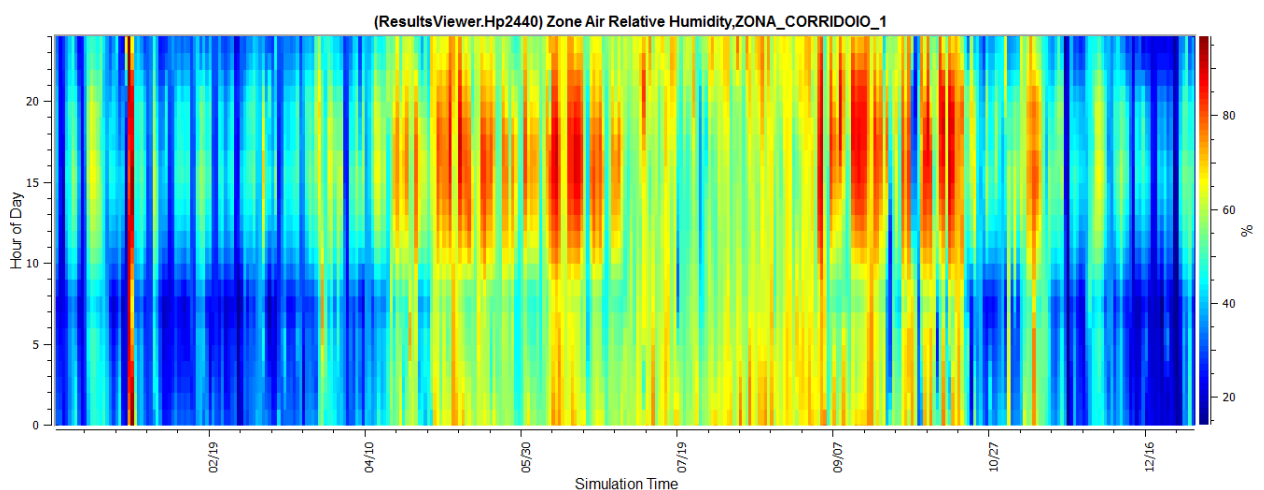


Fig. 109: Output OpenStudio: Umidità relativa del Corridoio 1 vista attraverso il software Results Viewer

Surfaces by Class

	Total	Outdoors
Wall	102	102
Floor	14	14
Roof	40	40
Internal Mass	0	0
Building Detached Shading	0	0
Fixed Detached Shading	0	0
Window	62	62
Door	35	1
Glass Door	0	0
Shading	0	0
Overhang	0	0
Fin	0	0
Tubular Daylighting Device Dome	0	0
Tubular Daylighting Device Diffuser	0	0

Input Fields

	Count
IDF Objects	1026
Defaulted Fields	793
Fields with Defaults	2061
Autosized Fields	22
Autosizable Fields	65
Autocalculated Fields	554
Autocalculatable Fields	554

Tab. 24: Resoconto finale del numero di superfici e di input contenuti nell'intero modello di simulazione

Queste ultime due tabelle fanno un resoconto finale. La tabella a sinistra si riferisce alle superfici presenti nell'edificio differenziate per categoria; mentre la tabella a destra conteggia i dati inseriti, di default e autocalcolati all'interno dell'intero modello.

7.4. Conclusioni

7.4.1. CONSIDERAZIONI FINALI DEI PROGRAMMI

Le diverse metodologie di calcolo utilizzate, ovvero la simulazione dinamica e la simulazione stazionaria, permettono di analizzare uno stesso sito in modalità differenti. Essi poi ci restituiscono una serie di informazioni che permettono di conoscere al meglio le caratteristiche dell'edificio. In questo modo è possibile programmare determinate azioni volte a sviluppare il modello che meglio rappresenta il comportamento energetico del fabbricato. I due sistemi sono assolutamente uno in completamento dell'altro, in quanto ogni diagnosi energetica si articola su step successivi che si differenziano sia per impegno di risorse utilizzate che per tipologia di risultato cercato.

Tale trattazione vuole dare un'idea indicativa degli strumenti che sono ad oggi a disposizione e quali siano i limiti di applicazione degli stessi.

Per quanto riguarda l'individuazione dei possibili interventi che si possono attuare è necessario considerare due componenti importanti: il risparmio in termini energetici e il rientro in termini temporali dell'investimento economico effettuato. L'analisi economica degli interventi è quasi sempre l'aspetto più importante all'interno in una diagnosi energetica, in quanto tocca l'aspetto spesso più delicato per il cliente, ovvero quello monetario. In questa tesi si vuole mettere in evidenza la prima parte di una diagnosi, ovvero la creazione di un modello di simulazione e i risultati che da esso si possono ottenere, quindi l'analisi economica riveste solamente un ruolo parziale. Si darà comunque una breve indicazione dei possibili interventi migliorativi, del risparmio che si può da esso conseguire e del rientro in termini temporali degli interventi proposti.

7.4.2. POSSIBILI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Gli interventi migliorativi possibili individuati sono:

- Sostituzione del generatore di calore con passaggio da gasolio a gas metano;
- Sostituzione dei serramenti con nuovi elementi a taglio termico e vetri tripli basso emissivi;
- Sostituzione delle luci interne ed esterne al neon con nuove a LED;
- Applicazione di un cappotto esterno per tutte le murature esterne dell'edificio.

7.4.2.1. INTERVENTO DI SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE

L'intervento consiste nella sostituzione del vecchio generatore con nuovo generatore a condensazione a basamento con migliori rendimenti alimentato a gas naturale.



Fig. 110: Soluzione n°1: Caldaia a Condensazione a Gas Metano

Analisi dei risultati:

	Pre-intervento	Post-intervento n°1
Fabbisogno Energetico [GJ]	259.91	231.32
Consumi	7290 litri	6451 Nm ³
Costo [€]	7741.9	4961.1
Risparmio [€/anno]	-	2780.8

Tab. 25: Risparmio ottenuto con la soluzione n°1 attraverso la simulazione dinamica

Con la sostituzione descritta si nota come il risparmio energetico sia quasi di 30 GJ. La tabella analizza anche l'intervento da punto di vista economico. Nei calcoli si sono utilizzati i seguenti valori di poteri calorifici: 42.697 MJ/kg per il Gasolio, mentre 35.856 MJ/Nm³ per il Metano. Inoltre il prezzo utilizzato per i due combustibili è stato rispettivamente di 1.062 €/litro per il Gasolio e di 0.769 €/Nm³ per il Metano (prezzi aggiornati al 28/03/2016).

Considerando il costo di una caldaia a condensazione da 120 kW di circa 15000 € e valutando i costi di installazione e di allestimento della nuova centrale termica dell'ordine dei 10000 – 13000 € si arriva ad un totale di circa 25000 - 28000 €. Il tempo di ritorno economico considerando tale cifra si aggira perciò intorno ai 9 – 10 avendo ottenuto come risparmio circa 2800 € all'anno.

7.4.2.2. INTERVENTO DI SOSTITUZIONE DEI SERRAMENTI CON NUOVI A TAGLIO TERMICO E VETRI TRIPLI

L'intervento consiste nel sostituire i vecchi serramenti formati da vetri doppi e telaio in metallo senza taglio termico ($U_{\text{frame}} = 7 \text{ W/m}^2\text{K}$), con nuovi elementi con telaio metallico a taglio termico e vetri tripli. I nuovi serramenti avranno una trasmittanza termica globale di circa $1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$. ($U_{\text{Pre-intervento}} = 3.90 - 4.50 \text{ W/m}^2\text{K}$).

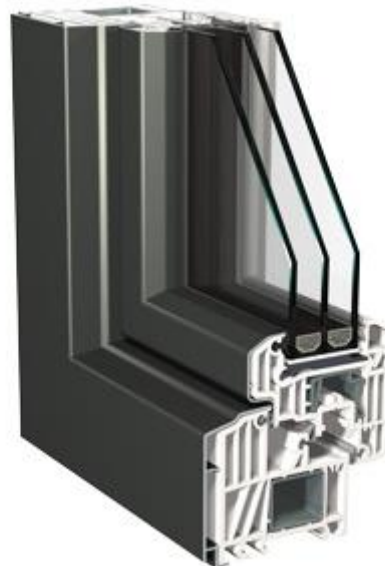


Fig. 111: Soluzione n° 2: Serramenti metallici con vetri tripli

Analisi dei risultati:

	Pre-intervento	Post-intervento n°2
U Frame [$\text{W/m}^2\text{K}$]	7.0	1.0
U Glass [$\text{W/m}^2\text{K}$]	2.7	1.1
U Globale [$\text{W/m}^2\text{K}$]	Da 3.90 a 4.50	1.1
Fabbisogno Energetico [GJ]	259.91	219.12
Consumi [litri]	7290	6146
Costo [€]	7741.9	6527.0
Risparmio [€/anno]	-	1214.9

Tab. 26: Risparmio ottenuto con la soluzione n°2 attraverso la simulazione dinamica

Per quanto riguarda i serramenti presenti nell'edificio, la loro completa sostituzione potrebbe arrivare a costare anche fino a 30000 €. Questo perché i serramenti a vetri tripli sono abbastanza costosi, e all'interno della Scuola Materna ce ne sono parecchi.

Se poi si considera il risparmio annuo con questo intervento si vede come il tempo di ritorno economico sia di circa 25 anni. Il valore è abbastanza elevato, questo perché nonostante i serramenti esistenti siano di scarsa qualità, la scuola non utilizza nessun impianto di climatizzazione estiva e quindi i benefici che si avrebbero nella stagione estiva non vengono presi in considerazione.

7.4.2.3. INTERVENTO DI SOSTITUZIONE DELLE LUCI INTERNE ED ESTERNE CON DELLE NUOVE A LED



Fig. 112: Soluzione n° 3: Luci a LED

L'intervento consiste nella sostituzione di tutte le luci interne presenti nell'edificio con delle nuove luci a LED. Le luci a LED rispetto alle luci al neon hanno una potenza minore e inoltre hanno una durata maggiore, che può arrivare fino a 5 volte tanto rispetto alle luci al neon.

Analisi dei risultati:

	Pre-intervento	Post-intervento n°3
Potenza singola luce [W]	16	7
Potenza totale installata [W]	2880.0	1080.0
Consumo elettrico annuo [kWh]	13309.21	9084.87
Risparmio [kWh]	-	4224.34

Tab. 27: Risparmio ottenuto con la soluzione n°3 attraverso la simulazione dinamica

All'interno di questa analisi oltre all'illuminazione interna, è stata modificata anche l'illuminazione esterna. Al posto dei 350 W di potenza installata con le luci al neon, è stato inserito un valore di 100 W per le luci a LED.

Nonostante le luci interne siano nella realtà di diverse misure, è stata fatta una semplificazione nel modello inserendo luci tutte uguali. Come si può osservare dalla tabella la potenza totale installata con le luci a LED si è quasi ridotta di un terzo, e anche il consumo elettrico è diminuito considerevolmente. Il risparmio ottenuto è di circa il 30%.

Per quanto riguarda il costo, se si considerano la totalità delle luci al neon all'interno dell'edificio sono circa 140. Se queste vengono sostituite con luci a LED dal costo di circa 7 - 8 € cadauna e considerando il costo di installazione si arriva indicativamente ad un costo di circa 1300 – 1500 €. Dato il risparmio ottenuto di 4224 kWh, se esso viene trasformato in euro ottengo un risparmio annuo di circa 250 €, ottenendo quindi un tempo di ritorno dell'investimento di circa 6 anni.

7.4.2.4. INTERVENTO DI APPLICAZIONE DI UN CAPPOTTO ESTERNO PER TUTTO L'EDIFICIO

L'intervento consiste nell'applicare un cappotto esterno. Nel 2014 infatti, gli ultimi lavori eseguiti per renderlo stabile dal punto di vista sismico comprendevano anche una parziale applicazione di un cappotto esterno formato da due lastre di cartongesso di spessore 2 cm ciascuna. Questa applicazione però è stata eseguita solo sulle pareti del salone centrale e su alcune pareti delle aule e delle mense. Con questo intervento invece ci si propone di intervenire su tutte le murature esterne della Scuola Materna.

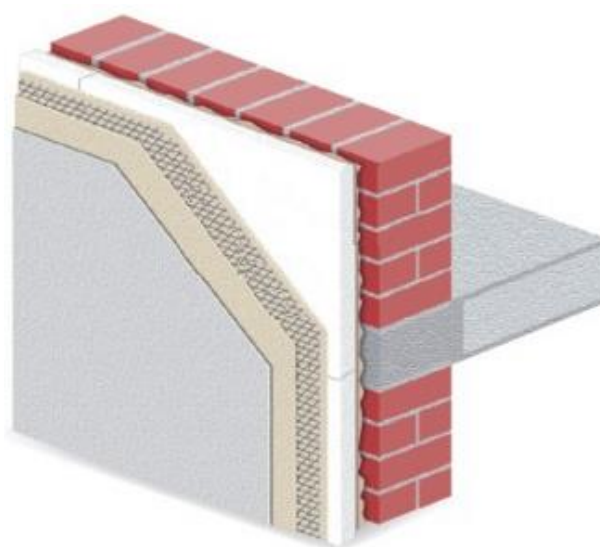


Fig. 113: Installazione cappotto esterno in polistirene espanso

Analisi risultati:

	Pre-intervento	Post-intervento n°4
Fabbisogno Energetico [GJ]	259.91	189.07
Consumi [litri]	7290	5303
Costo [€]	7741.9	5631.8
Risparmio [€/anno]	-	2110.1

Tab. 28: Risparmio ottenuto con la soluzione n°4 attraverso la simulazione dinamica

Dal punto di vista del risparmio economico si nota come con l'installazione del cappotto esterno su tutto l'edificio si potrebbero risparmiare circa 2100 € all'anno.

Una considerazione importante da fare è che notando il primo intervento di sostituzione della caldaia si nota come il fabbisogno energetico risultante sia maggiore rispetto a questo caso, e nonostante questo il risparmio in termini economici è minore. Questo accade perché il fabbisogno è un valore espresso in termini energetici. In questo caso l'applicazione di un cappotto esterno non modifica il combustibile, che è sempre gasolio. Nel caso precedente invece il fabbisogno ottenuto è da trasformare prima in m³ di metano e poi in euro attraverso il valore al m³; quest'ultimo notoriamente più economico rispetto al costo del gasolio. Ecco il motivo del risparmio superiore nonostante un fabbisogno energetico maggiore.

Indicativamente il costo per l'installazione di un cappotto esterno di questo tipo è dell'ordine dei 50 €/m², nel caso dell'Asilo andrebbe fatto per circa 430 m² raggiungendo un costo complessivo del lavoro di circa 21500 € e perciò si ottiene un tempo di ritorno economico dell'ordine dei 10 anni.

7.4.2.5. CLASSIFICAZIONE FINALE POST INTERVENTI

	Pre-intervento	Post-intervento tot n°1
Fabbisogno Energetico [GJ]	259.91	149.86
Consumo elettrico annuo [kWh]	13309.21	9017.54
Consumi	7290 litri	4179 Nm ³
Costo [€]	7741.9	3214.0
Risparmio [kWh]	-	4291.7
Risparmio Complessivo [€/anno]	-	4781.2

Tab. 29: Risparmio ottenuto unendo tutte le precedenti soluzioni attraverso la simulazione dinamica

Come si può osservare dall'ultima riga della tabella soprastante, il risparmio complessivo che si può ottenere in un anno è di poco inferiore ai 4800 €. Se invece si va a considerare il costo totale di tutti gli interventi si ottiene un conto di circa 75000 €. Il tutto quindi se viene tradotto in un tempo di ritorno economico si ottiene un valore vicino ai 16 anni.

Sicuramente un fattore determinante in questo risultato è la sostituzione n°2, ovvero la sostituzione della totalità dei serramenti. Infatti come già analizzato in precedenza il costo rispetto al risparmio è molto elevato. Per questo è stata effettuata un'ulteriore simulazione in cui si sono simulate tutte le soluzioni in precedenza citate, escludendo però la n°2 (sostituzione serramenti), i risultati ottenuti sono i seguenti:

	Pre-intervento	Post-intervento tot n°2
Fabbisogno Energetico [GJ]	259.91	175.06
Consumo elettrico annuo [kWh]	13309.21	9045.87
Consumi	7290 litri	4882 Nm ³
Costo [€]	7741.9	3754.5
Risparmio [kWh]	-	3987.4
Risparmio Complessivo [€/anno]	-	4240.7

Tab. 30: Risparmio ottenuto utilizzando le soluzioni n°1, n°3 e n°4 attraverso la simulazione dinamica

In questo caso il risparmio complessivo che si ottiene è minore rispetto a prima, infatti si raggiunge un risparmio stimato di poco superiore a 4200 € rispetto ai quasi 4800 € del caso precedente. Di contro però anche il costo totale delle modifiche effettuate è minore, infatti in questo caso si ottiene un costo complessivo del totale dei lavori di circa 45000 €. A conti fatti quindi otteniamo un tempo di ritorno economico di circa 11 anni, decisamente inferiore rispetto a prima.

Si può concludere dicendo che, sulla base dei risultati ottenuti dalle diverse simulazioni, la Scuola Materna ha sicuramente la possibilità di eseguire numerosi interventi ai fini della riduzione del fabbisogno e del risparmio energetico. L'intervento sostitutivo della caldaia è probabilmente il più costoso considerando sia il costo proprio della caldaia, sia quello dei lavori di installazione e di adeguamento, ma anche il più utile se si pensa all'aspetto economico e all'aspetto ambientale. In più si è notato che grazie all'applicazione del cappotto esterno durante i lavori svoltisi nel 2014 sarebbe possibile installare una caldaia con una potenza inferiore ai 120 kW attuali, e dell'ordine dei 90 kW ottenendo quindi un doppio vantaggio.

Altro intervento importante che andrebbe fatto è l'installazione completa del cappotto esterno su tutte le superfici esterne. Questo perché si completerebbe l'intera struttura rendendo ancor più funzionale l'installazione già effettuata su alcune murature.

CONCLUSIONI

Il risultato più importante del lavoro di tesi è stato la creazione di un modello della Scuola Materna “Menegon” di Montebelluna il più possibile vicino alla realtà, cercando di adattare al software EnergyPlus il reale comportamento dell’edificio. Per la realizzazione, il lavoro svolto si è concentrato prima di tutto sull’esecuzione di un modello tridimensionale dell’edificio. Successivamente si è associata ad ogni superficie del modello 3D la rispettiva struttura costruttiva, definendo le diverse zone termiche della Scuola Materna e le condizioni al contorno. Nelle condizioni interne sono state inserite le varie modalità di occupazione di tutti gli ambienti, come le luci, il numero di occupanti e gli apparecchi elettrici presenti in tutto l’edificio. Nelle condizioni esterne invece si è inserito il cosiddetto “weather file” che contiene i valori di temperatura, umidità e altre importanti variabili inerenti alle condizioni meteo del luogo.

Sono proprio le condizioni al contorno e in particolare le condizioni esterne che giocano un ruolo fondamentale per ottenere una simulazione che ben si adatti alle condizioni reali dell’edificio.

Sono questi adattamenti che portano i software di simulazione dinamica ad avere un livello di accuratezza e di precisione superiore ai software con regime di simulazione stazionario.

I risultati ottenuti sono i fabbisogni energetici dell’edificio e delle singole zone termiche, il consumo del combustibile e altri importanti risultati come le temperature e l’umidità interne degli ambienti oppure le singole caratteristiche delle varie superfici appartenenti all’edificio.

Gli esiti finali mi permettono poi di collegarmi ad un altro aspetto trattato all’interno del tesi, ovvero al confronto tra i software stazionari e software dinamici. Le differenze riscontrate sono evidenti, non solo sul valore dei risultati ottenuti, ma anche sulla loro tipologia e sulla quantità. Proprio quest’ultimo aspetto fa pendere l’ago della bilancia a favore dei software a simulazione dinamica, infatti mentre nel software stazionario i risultati si limitano al fabbisogno energetico, in quello dinamico sono riportati sì i fabbisogni energetici dell’edificio, ma anche una serie di altri dati, già citati in precedenza, come ad esempio l’umidità e le temperature interne degli ambienti o l’andamento del consumo di combustibile, che a differenza dei risultati in regime stazionario sono orari. In questo modo riescono ad essere molto più precise e dettagliate.

Di contro chiaramente c’è il quantitativo di tempo e di informazioni che è necessario inserire nei due differenti software. In EnergyPlus esiste infatti una moltitudine di dati e di informazioni da inserire che non è possibile modificare nel software a simulazione stazionaria.

La possibilità di inserire, analizzare e osservare la variabilità delle diverse grandezze e variabili che regolano questi modelli dinamici rappresenta una grande risorsa per poter gestire sistemi sempre più complessi. Tali modelli rappresentano una risposta alle nuove esigenze della progettazione “intelligente” che è volta a sfruttare appieno tutte le variabili dell’involucro e dei suoi utilizzatori, potendo progettare soluzioni impiantistiche più flessibili, più efficienti e meno energivore.

La nuova tipologia di edifici del presente e del futuro sarà indirizzata verso gli edifici ad energia quasi zero, o meglio ancora, “autosufficienti” dal punto di vista energetico. Questi sono edifici ad altissima prestazione energetica e con un consumo molto basso tanto da rendere in alcuni casi non necessario l’attacco alla rete elettrica nazionale. Essi hanno perciò bisogno di strumenti idonei alle nuove necessità di progettazione, ovvero software in grado di prevedere e simulare il comportamento interno o il livello di comfort raggiunto a seconda delle diverse tipologie di utilizzo e delle varie richieste del cliente. Questi strumenti perciò rappresentano e rappresenteranno la base di studio e la chiave di svolta necessari allo sviluppo di questi edifici fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi previsti dalla COP21.

NORMATIVA TECNICA

- UNI 9910 – 1991, Terminologia sulla fidatezza e sulla qualità del servizio
- UNI EN 834 – 1997, Ripartitori dei costi di riscaldamento per la determinazione del consumo dei radiatori – Apparecchiature ad alimentazione elettrica
- UNI EN ISO 13791 – 2005, Prestazione termica degli edifici – Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione – Criteri generali e procedure di validazione
- UNI EN ISO 15927-4 – 2005, Prestazione termoigrometrica degli edifici – Calcolo e presentazione dei dati climatici – Parte 4: Dati orari per la valutazione del fabbisogno annuale di energia per il riscaldamento e raffrescamento
- UNI 8364-3 – 2007, Impianti di riscaldamento – Parte 3: Controllo e manutenzione
- UNI EN 15603 – 2008, Prestazione energetica degli edifici – Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica
- UNI EN 15265 – 2008, Prestazione energetica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti mediante metodi dinamici – Criteri generali e procedimenti di validazione
- UNI EN ISO 6946 – 2008, Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo
- UNI EN ISO 13790 – 2008, Prestazione energetica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento
- UNI CEI 11352 – 2010, Gestione dell'energia – Società che forniscono servizi energetici (ESCO) – Requisiti generali e lista di controllo per la verifica dei requisiti
- UNI/TR 11388 – 2010, Sistemi di ripartizione delle spese di climatizzazione invernale utilizzando valvole di corpo scaldante e totalizzatore dei tempi di inserzione
- UNI CEI EN ISO 50001 – 2011, Sistemi di gestione dell'energia – Requisiti e linee guida per l'uso
- UNI CEI/TR 11428 – 2011, Gestione dell'energia – Diagnosi energetiche – Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica
- UNI TS 11300 Parte 1, Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- UNI TS 11300 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 Parte 3, Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva
- UNI TS 11300 Parte 4, Utilizzo di energia rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
- UNI 9019 – 2013, Sistemi di contabilizzazione indiretta basati sul totalizzatore di zona termica o unità immobiliare per il calcolo dell'energia termica utile tramite i tempi di inserzione del corpo scaldante compensati dai gradi giorno dell'unità immobiliare

- UNI 10200 – 2013, Impianti termici centralizzati di climatizzazione invernale e produzione di acqua calda sanitaria – Criteri di ripartizione delle spese di climatizzazione invernale ed acqua calda sanitaria

BIBLIOGRAFIA

- EnergyPlus Documentation, v8.4.0, Basic Concepts Manual – Essential Information You Need about Running EnergyPlus
- EnergyPlus Documentation, v8.4.0, The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output
- EnergyPlus Documentation, v8.4.0, Insider secrets to Using EnergyPlus
- Dati climatici “G.DE GIORGIO”, Spiegazione “Weather Data”
- AICARR, Efficienza Energetica attraverso la Diagnosi e il Servizio Energia negli Edifici, Linee Guida
- International Energy Agency, World Energy Outlook 2015
- ENEA, Rapporto Annuale Efficienza Energetica

WEBGRAFIA

[1] www.mygreenbuildings.org

[2] www.enea.it

[3] www.anit.it

[4] www.openstudio.net

[5] www.cop21paris.org

[6] www.nytimes.com

[7] www.sketchup.com

[8] www.edilclima.it