



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

**PIANO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA
DI EDIFICI INDUSTRIALI
DESTINATI AI SERVIZI POSTALI**

VOLUME 1



Tutore:

Prof. Ing. Renato Iovino

Dottorando:

Ing. Paolo Fabozzi

Coordinatore: Prof. Ing. Luciano Rosati

Dottorato in Ingegneria delle Costruzioni

Indirizzo: Recupero edilizio ed Innovazione Tecnologica

Ciclo XXV

INDICE GENERALE

INDICE GENERALE.....	i
indice delle figure.....	v
indice delle tabelle	vii
SOMMARIO	ix
ABSTRACT	xi
RINGRAZIAMENTI.....	xiii
1 RISPARMIO ENERGETICO ED EDILIZIA: CRITERIO MOTIVAZIONALE DELLA RICERCA	15
1.1 Rapporto tra architettura e sostenibilità ambientale: il valore della riqualificazione del patrimonio edilizio.....	15
1.2 Il ruolo di Poste italiane negli obiettivi di risparmio energetico della Comunità Europea	24
1.3 Best practices (italiane e non) in materia di efficienza energetica in azienda e retrofit energetico.....	29
1.3.1 Azienda Asl di Rimini	29
1.3.2 Milano – Piazza IV Novembre.....	32
1.3.3 Altre esperienze internazionali	34
1.4 I vantaggi di un piano energetico per il core business aziendale 36	
1.5 I criteri motivazionali della ricerca	37
2 ANALISI DELLA TIPOLOGIA EDILIZIA: IL CASO DEL C.M.P.....	41
2.1 La tipologia edilizia: il “ Centro di Meccanizzazione Postale” .	41
2.2 Tipologia edilizia a cavallo tra architettura industriale e architettura per il settore terziario	49
2.3 Brevi cenni sull’architettura industriale.....	50
2.4 Caratteri morfologici dell’architettura industriale.....	53
2.4.1 Le tecnologie costruttive del CMP.....	54
2.5 Gli elementi dell’involucro nel caso specifico	61
2.5.1 Il primo calpestio.....	61
2.5.2 Le pareti opache verticali.....	62
2.5.3 Le superfici trasparenti	64
2.5.1 Il solaio di copertura	65
3 ANALISI DEI CASI STUDIO.....	67

3.1	Rilievi sul campo per il calcolo delle trasmittanze	67
3.2	Il cmp di Torino.....	73
3.3	Il cmp di Milano.....	77
3.4	Il cmp di Venezia.....	80
3.5	Il cmp di bologna.....	83
3.6	Il cmp di Ancona	86
3.7	Il cmp di Firenze.....	90
3.8	Il cmp di Roma	94
3.9	Il cmp di Cagliari.....	97
3.10	Il cmp di Napoli.....	100
3.11	Il cmp di Bari.....	104
3.12	Il cmp di Lamezia Terme.....	108
3.13	Il cmp di Palermo	112
4	INQUADRAMENTO NORMATIVO IN CAMPO ENERGETICO	119
4.1	introduzione.....	119
4.2	i primi strumenti normativi	119
4.2.1	Legge 1976 N.373.....	119
4.2.2	Legge 9 Gennaio 1991 N.10	120
4.2.3	D.P.R. 26 Agosto 1993 N.412.....	122
4.3	La visione europea.....	123
4.3.1	Direttiva Europea 2002/91/CE “Energy Performance Building Directive”	124
4.3.2	Direttiva Europea 2006/32/CE.....	126
4.4	Il recepimento italiano	126
4.4.1	D. Lgs. 19 Agosto 2005 N.192 e D.Lgs. 29 Dicembre 2006 N.311	126
4.5	I decreti attuativi	129
4.5.1	D. Lgs. 30 Maggio 2008 N.115.....	129
4.5.2	D.P.R. 2 Aprile 2009 N.59	129
4.5.3	D.M. 26 Giugno 2009 “Linee Guida Nazionali Sulla Certificazione Energetica”.....	136
4.6	La nuova 2010/31/CE “Energy Performance Building Directive”	139
4.7	D.M. 22/11/2012 “Modifica del decreto 26 giugno 2009, recante: linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici”	143
4.8	Legge 03 Agosto 2013 n.90	143
5	PROCEDURA DI CALCOLO.....	147

5.1	Proposta metodologica per indagine energetica su edifici esistenti.....	147
5.2	La modellazione del sistema edificio-impianto	149
5.3	Analisi costi/benefici e monitoraggio futuro.....	150
5.4	Il metodo di calcolo utilizzato.....	151
5.5	Il rendimento dell'impianto.....	162
5.6	le verifiche allo stato di fatto	164
6	IPOTESI DI INTERVENTO: RETROFIT ENERGETICO ...	173
6.1	Introduzione	173
6.2	Coperture a verde (Green Roof)	177
6.2.1	Intervento su edifici in esame: risultati di calcolo.....	184
6.3	Cool Roof	186
6.3.1	Intervento su edifici in esame: Risultati di calcolo	189
6.4	Confronto tra gli interventi in copertura.....	190
6.5	Parete ventilata	190
6.5.1	I vantaggi	192
6.5.1	Gli strati funzionali.....	194
6.6	Sostituzione infissi esistenti.....	198
6.7	Riqualificazione integrale dell' involucro: Interventi adottati 201	
7	ANALISI DEI RISULTATI E POSSIBILI SVILUPPI	203
7.1	Procedura di calcolo degli interventi e analisi dei risultati ottenuti	203
7.1.1	Intervento 1 – Parete Ventilata	203
7.1.2	Intervento 2 – Sostituzione infissi	207
7.1.3	Intervento 3 – Cool roof più isolante.....	213
7.1.4	Intervento 4 – Full retrofit.....	216
7.2	Il rapporto tra volume e fabbisogno netto: la nuova relazione di calcolo.....	219
7.3	Calcolo di $Q_{H,nd}$ per i restanti edifici oggetto di studio	220
7.4	Possibili sviluppi e conclusioni	222
	BIBLIOGRAFIA	224
	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	227

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 Copertura a verde Centro Postale Manhattan	34
Figura 1.2 Consumi elettrici Poste Italiane 2012	39
Figura 2.1 Attività presenti in un CMP	44
Figura 2.2 Organigramma di un CMP	45
Figura 2.3 Vista esterna del CMP di Roma-Fiumicino	47
Figura 2.4 CMP di Roma-Fiumicino-Area trasporti.....	48
Figura 2.5 Morfologia di un CMP.....	53
Figura 2.6 Sistema strutturale di un CMP	54
Figura 2.7 Solaio di copertura di un CMP	56
Figura 2.8 Esempio di portoni sezionali del CMP.....	60
Figura 2.9 Esempio di facciata esterna del CMP	62
Figura 2.10 Esempio di infissi a nastro con frangisole	64
Figura 2.10 Copertura con quadrotti in graniglia di cemento	65
Figura 3.1 Particolare del solaio di primo calpestio su intercapedine	67
Figura 3.2 Particolare del solaio di copertura	68
Figura 3.2 Analisi termografica del solaio di copertura.....	68
Figura 3.4 Esempio di analisi delle trasmittanze per il CMP di Firenze..	70
Figura 3.5 Analisi termografica della parete verticale.....	72
Figura 3.6 Veduta aerea del CMP di Torino.....	73
Figura 3.6 Facciata esterna CMP di Torino	73
Figura 3.8 Veduta aerea del CMP di Milano.....	77
Figura 3.6 Facciata esterna CMP di Milano	77
Figura 3.8 Veduta aerea del CMP di Venezia	80
Figura 3.11 Veduta aerea del CMP di Bologna	83
Figura 3.11 Veduta aerea del CMP di Ancona.....	86
Figura 3.13 Veduta aerea del CMP di Firenze.....	90
Figura 3.14 Veduta aerea del CMP di Roma	94
Figura 3.14 Veduta aerea del CMP di Cagliari.....	97
Figura 3.14 Veduta aerea del CMP di Napoli.....	100
Figura 3.14 Facciata esterna CMP di Napoli.....	101
Figura 3.14 Veduta aerea CMP di Bari.....	104
Figura 3.19 Veduta aerea CMP di Lamezia Terme.....	108
Figura 3.19 Veduta aerea CMP di Palermo	112

Figura 3.19 Facciata esterna CMP di Palermo	113
Figura 6.1 Esempio di copertura a verde	177
Figura 6.1 Stratificazione di una copertura a verde	178
Figura 6.1 Esempio di tecnologia intensiva leggera.....	180
Figura 6.1 Esempio di tecnologia intensiva	181
Figura 6.1 Particolare costruttivo green roof	184
Figura 6.6 Grafico sulle riduzioni di Q a seguito di intervento green roof	186
Figura 6.1 Esempio di cool roof	187
Figura 6.8 Grafico sulle riduzioni di Q a seguito di intervento cool roof	190
Figura 6.9 Esempio di parete ventilata	191
Figura 6.10 Esempio di infissi a nastro a taglio termico	198
Figura 6.10 Esempio di sistema vetrato a doppia pelle.....	199
Figura 6.10 Particolare dei frangisole attualmente esistenti	200
Figura 6.10 Grafico delle riduzioni del fabbisogno Q a seguito di intervento di parete ventilata	207
Figura 7.2 Grafico delle riduzioni del fabbisogno Q a seguito di intervento di sostituzione infissi.....	212
Figura 7.3 Grafico delle riduzioni del fabbisogno Q a seguito di intervento di cool roof.....	215
Figura 7.4 Grafico delle riduzioni del fabbisogno Q a seguito di intervento di full retrofit.....	218
Figura 7.5 Grafico della nuova relazione di calcolo (1)	220

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.1 Elenco dei Centri di Meccanizzazione Postale in Italia	41
Tabella 3.1 Esempio di analisi delle trasmittanze per il CMP di Firenze	69
Tabella 3.1 Confronto tra i risultati di U ottenuti dalle analisi sul campo - Tamponatura.....	71
Tabella 3.1 Confronto tra i risultati di U ottenuti dalle analisi sul campo - Copertura.....	71
Tabella 3.1 Dati geometrici CMP di Torino.....	74
Tabella 3.4 Dati sull'involucro del CMP di Torino	76
Tabella 3.6 Dati geometrici CMP di Milano.....	78
Tabella 3.4 Dati sull'involucro del CMP di Milano	79
Tabella 3.6 Dati geometrici CMP di Venezia	81
Tabella 3.4 Dati sull'involucro del CMP di Venezia	82
Tabella 3.10 Dati geometrici del CMP di Bologna.....	84
Tabella 3.11 Dati sull'involucro del CMP di Bologna.....	85
Tabella 3.12 Dati geometrici del CMP di Ancona.....	86
Tabella 3.13 Dati sull'involucro del CMP di Ancona.....	89
Tabella 3.14 Dati geometrici del CMP di Firenze.....	91
Tabella 3.15 Dati sull'involucro del CMP di Firenze	93
Tabella 3.14 Dati geometrici del CMP di Roma	94
Tabella 3.15 Dati sull'involucro del CMP di Roma.....	96
Tabella 3.14 Dati geometrici del CMP di Cagliari	98
Tabella 3.15 Dati sull'involucro del CMP di Cagliari	99
Tabella 3.14 Dati geometrici del CMP di Napoli.....	101
Tabella 3.15 Dati sull'involucro del CMP di Napoli	103
Tabella 3.14 Dati geometrici del CMP di Bari	105
Tabella 3.15 Dati sull'involucro del CMP di Bari	107
Tabella 3.14 Dati geometrici del CMP di Lamezia Terme	109
Tabella 3.15 Dati sull'involucro del CMP di Lamezia Terme	111
Tabella 3.14 Dati geometrici del CMP di Palermo	113
Tabella 3.15 Dati sull'involucro del CMP di Palermo.....	115
Tabella 3.28 Trasmittanza infissi parte 1.....	116
Tabella 3.29 Trasmittanza infissi parte 2.....	117

Tabella 4.1 Tipologie di interventi	131
Tabella 4.1 Classificazione edifici in base alla destinazione d'uso	132
Tabella 4.3 Verifiche da rispettare	132
Tabella 5.1 Gradi Giorno e Zona Climatica per ogni CMP	152
Tabella 5.1 Gradi Giorno e Zona Climatica per ogni CMP	154
Tabella 5.3 Valore di U per le superfici opache	155
Tabella 5.3 Valore di U per le superfici finestrate	156
Tabella 5.5 Valore del fabbisogno energetico per riscaldamento allo stato di fatto.....	165
Tabella 5.5 Valore dell'indice di prestazione energetica allo stato di fatto.....	166
Tabella 5.5 Verifica della trasmittanza del solaio di copertura	168
Tabella 5.8 Verifica della trasmittanza del solaio di primo calpestio	168
Tabella 5.8 Verifica della trasmittanza della parete verticale	169
Tabella 5.3 Verifica di U per le superfici finestrate	170
Tabella 5.3 Verifica di EP rispetto all'EP_{lim}	172
Tabella 5.3 Riduzione del fabbisogno Q dovuto a intervento green roof.....	185
Tabella 5.3 Riduzione del fabbisogno Q dovuto a intervento cool roof.....	189
Tabella 7.1 Trasmittanza di progetto a seguito di intervento 1.....	203
Tabella 7.2 Aliquote delle dispersioni termiche di progetto a seguito di intervento di parete ventilata.....	205
Tabella 7.2 Trasmittanza di progetto a seguito di intervento 2 – parte 1.....	208
Tabella 7.2 Trasmittanza di progetto a seguito di intervento 2 – parte 2.....	209
Tabella 7.2 Aliquote delle dispersioni termiche di progetto a seguito di intervento di sostituzione infissi	211
Tabella 7.2 Trasmittanza di progetto a seguito di intervento 3	213
Tabella 7.7 Aliquote delle dispersioni termiche di progetto a seguito di intervento di cool roof più isolante.....	214
Tabella 7.8 Aliquote delle dispersioni termiche di progetto a seguito di intervento di full retrofit.....	217
Tabella 7.8 Valori di Q_{H,nd} per i restanti CMP non oggetto di studio	221

SOMMARIO

L'attività di ricerca incentra il proprio campo di azione sull'involucro edilizio, sviluppando la tesi intitolata: "Piano di riqualificazione energetica di edifici industriali destinati al settore terziario".

Nella prima parte della tesi sono state analizzate le caratteristiche costruttive, morfologiche e geometriche di un particolare campione di edifici industriali destinati ai servizi postali intercettando gli elementi comuni dell'involucro edilizio in relazione a: superficie di tamponatura, superficie di primo calpestio, superficie di copertura, infissi. A seguito di analisi puntuale si è riscontrato che, questi particolari edifici, anche se realizzati in regioni differenti, sono risultati molto simili fra loro e questo fattore comune ha reso interessante l'ipotesi di una pianificazione energetica basata sulla valutazione delle prestazioni degli involucri esistenti.

Nella seconda parte della tesi, sono stati analizzati i dati climatici delle zone geografiche in cui è localizzato ogni edificio: gradi giorno, esposizione, temperature medie mensili, irradianza solare e i valori limite di trasmittanza U e indice di prestazione energetica EP imposti dalla norma.

Per tali strutture è stata calcolato il fabbisogno energetico per il riscaldamento invernale e le dispersioni attraverso i ponti termici applicando diversi strumenti di calcolo più o meno avanzati (Software: Termolog Epix 4.0, Iris 2.0) riscontrando un sostanziale accordo tra i risultati ottenuti, con interessanti indicazioni sulla scelta degli interventi di riqualificazione energetica. Dall'analisi dei risultati si è pervenuti ad una relazione che lega il rapporto tra fabbisogno netto di energia per riscaldamento e gradi giorno della località in cui sorge l'edificio con il volume riscaldato.

Dall'analisi prestazionale che manifesta una indiscutibile inefficienza, dalle caratteristiche della geometria dei volumi e dal rapporto tra le varie superfici dell'involucro in termini di consistenza è emersa la possibilità di prevedere interventi di retrofit energetico finalizzati all'abbattimento delle dispersioni termiche quali: intervento di cool-roof più isolante in copertura, intervento di parete ventilata in facciata, intervento di sostituzione degli infissi esistenti con sistemi innovativi a doppia pelle isolanti ed auto schermanti.

Dal calcolo del fabbisogno energetico di progetto per ogni singolo intervento e per il full retrofit sono pervenuti risultati variabili a seconda della zona climatica e del rapporto di forma con un notevole abbattimento, in tutti i casi, delle

dispersioni e una cospicua riduzione dei consumi energetici sia su scala nazionale che per ogni singolo edificio oggetto di studio.

Sulla base dei valori ottenuti, per ampliare tale studio ad ulteriori corpi edilizi, si è elaborata una relazione di calcolo grazie alla quale si riesce a stimare facilmente, conoscendo il volume del fabbricato, il fabbisogno energetico dell'edificio riqualificato a seguito di determinati interventi di retrofit energetico.

ABSTRACT

Research activity focuses its field of action on the building envelope, developing the thesis entitled: “Plan for upgrading the energy efficiency of industrial buildings for the tertiary sector”.

In the first part of the thesis we have analyzed the structural features of a particular morphological and geometrical sample of industrial buildings intended for postal services by intercepting the common elements of the building in relation to: infill surface, the first surface of pavement, the surface coverage fixtures. Following a detailed analysis, it was found that these particular buildings, although made in different regions, the results are very similar to each other and this common factor made it interesting the hypothesis of an energy plan based on the evaluation of the performance of existing wrappers.

In the second part of the thesis, we have analyzed the climatic data of the geographical areas in which it is located all the building: degree day, exposure, average monthly temperatures, solar irradiance and the limit values of transmittance U and energy performance index EP imposed by the standard.

For such structures has been calculated energy demand for heating in winter and losses through thermal bridges by applying different calculation tools more or less advanced (Software: Termolog Epix 4.0, Iris 2.0) and found substantial agreement between the results obtained with interesting guidance on the selection of redevelopment energy. Analysis of the results has been achieved to a relationship between the ratio of net energy requirements for heating degree days and the locality in which the building rises with the heated volume.

Performance analysis that shows an undeniable inefficiency, the characteristics of the geometry of the volumes and the relationship between the various surfaces of the housing in terms of consistency has emerged the possibility of providing energy retrofits aimed slaughter of

heat loss, such as: intervention more cool-roof insulation cover, ventilated wall in front of intervention, intervention replacement of existing fixtures with innovative double skin insulated and self shielding.

The calculation of the energy needs of the project for each operation and for the full retrofit have reached varying results depending on the climate zone and the aspect ratio with a significant reduction in all cases, dispersions and a considerable reduction in energy consumption on a national scale for each building under study.

On the basis of the values obtained, to expand the study to additional parts of the building, has developed a relationship of calculation by which you can easily estimate, knowing the volume of the building, the energy requirements of the building redeveloped as a result of certain actions energy retrofit.

RINGRAZIAMENTI

A Gianpaolo, Gennaro, Domenico, Antonio e Giorgia senza i quali non sarei riuscito a realizzare questo progetto di ricerca.

A mio fratello Gianluca che per la sua sola presenza mi insegna ad essere sempre umile nonostante i traguardi e i continui obiettivi della vita.

A Mario e Giuseppina, che mi hanno insegnato che nella vita non bisogna fermarsi mai.

A Pina, l'unico bene prezioso che ho la fortuna di custodire.

1 RISPARMIO ENERGETICO ED EDILIZIA: CRITERIO MOTIVAZIONALE DELLA RICERCA

1.1 RAPPORTO TRA ARCHITETTURA E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE: IL VALORE DELLA RIQUALIFICAZIONE DEL PATRIMONIO EDILIZIO

Superata la soglia del terzo millennio l'umanità si trova a fare i conti con la sfida della sostenibilità, una sfida che comporta innanzitutto la capacità di tenere insieme progresso tecnologico e rispetto dell'ambiente. L'energia¹ rappresenta la principale risorsa di sviluppo economico dell'uomo²: la sua scoperta ha permesso di unificare in unico quadro sia le tradizionali conoscenze della meccanica che i fenomeni di recente acquisizione, dando così completamento alla seconda rivoluzione scientifica dell'Ottocento che seguiva quella comunemente chiamata *rivoluzione industriale*³. Nel corso della storia varie fonti di energia sono

¹ Esso nasce con la constatazione che l'energia termica (il calore) passa spontaneamente dai corpi a temperatura più elevata a quelli a temperatura inferiore, ma non viceversa. Questa semplice osservazione permise di comprendere il carattere irreversibile di alcune trasformazioni energetiche (secondo principio della termodinamica). Inoltre, se alcune trasformazioni avvengono spontaneamente (caduta dei gravi, riscaldamento per attrito), altre si verificano solo utilizzando adeguati convertitori (motori) che rendono disponibile soltanto parte dell'energia assorbita.

² L'energia è una delle più importanti risorse naturali che incidono direttamente sul benessere dell'umanità. Senza energia non sarebbero possibili le presenti attività industriali e sociali. La maggior parte dei problemi ambientali, sia regionali che globali sono correlati anch'essi all'energia. Più del 75% di tutta l'energia primaria proviene da rilevanti giacimenti di combustibile fossile con conseguente produzione di emissioni nocive. In particolare di tutta l'energia prodotta nel mondo il 35% proviene dal petrolio, il 24% dal carbone, il 20% dal gas naturale, l'11% dalle biomasse, il 2% dall'idroelettrico, il 7% dal nucleare, lo 0,6% dal geotermico, lo 0,45% dal solare, lo 0,05% dall'eolico.

³ Dal punto di vista meramente energetico, dobbiamo dire che da quando l'uomo imparò a controllare il fuoco, i combustibili hanno accompagnato tutte le tappe della civiltà, ma solo alla fine del Seicento si è trovato il modo di trasformare il calore in energia meccanica, superando cioè le limitazioni naturali che condizionavano le utilizzazioni dell'energia e segnando una netta discontinuità nella storia umana tanto che, per alcuni storici dell'economia, la rivoluzione industriale non sarebbe stato altro

diventate prevalenti originando, di volta in volta, differenti paradigmi energetici⁴, ognuno dei quali frutto di determinate innovazioni tecnologiche, di nuovi flussi internazionali di combustibili e di fenomeni di riallocazione del potere economico e della divisione internazionale del lavoro. Nel tempo, quindi, si è assistito al passaggio da una «civiltà del legno»⁵ a quella del carbone⁶ e al suo definitivo trionfo col vapore⁷;

che «il processo che permise di intraprendere lo sfruttamento su vasta scala di nuove fonti di energia per mezzo di convertitori inanimati». Cf C.M. CIPOLLA, *Uomini, tecniche, economie*, Milano 1966, 52. Le conseguenze di questa rottura possono essere apprezzate esaminando le variazioni di lungo periodo nella dotazione giornaliera pro capite di energia. In linea generale, è stato notato che dall'inizio dell'industrializzazione la crescita di dotazione dell'energia (che ha comportato l'aumento di 7 volte dei consumi e di 2 volte dell'efficienza) è stata più o meno pari alla crescita del prodotto pro capite. Si tratta di un'ulteriore prova dell'importanza dello studio dei consumi dell'energia nella spiegazione dei problemi della crescita economica di lungo periodo e di un possibile sviluppo sostenibile. Su questo tema, si rimanda a P. MALANIMA, *Economia preindustriale. Mille anni dal IX al XVIII secolo*, Milano 1995.

⁴ Il concetto di «paradigma» riveste un importante ruolo esplicativo all'interno del pensiero contemporaneo. La sua formulazione si è avuta con TH. KUHN, uno dei più influenti epistemologi contemporaneo che ha centrato la propria attenzione sulle modalità con cui avvengono le grandi svolte concettuali all'interno del pensiero scientifico (*La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Torino 2009) e poi sulla dialettica tra tradizione scientifica ed emergenza di nuovi modelli interpretativi (*La tensione essenziale. Cambiamento e continuità nella scienza*, Torino 1985). Secondo l'epistemologo tedesco la scienza è caratterizzata dall'adozione pressoché unanime di un sistema di principi, chiamato appunto «paradigma», che funge come una mappa ermeneutica in grado di fornire gli snodi necessari alla comprensione della realtà. Ad un certo punto della storia, però, il paradigma viene messo in crisi dalla disponibilità di un nuovo paradigma che lo sostituisce, consentendo il progresso scientifico, razionale e culturale.

⁵ Le civiltà prima del Settecento furono «civiltà del legno», per l'importanza che esso ebbe nelle costruzioni, nella meccanica, nella fabbricazione di utensili e, soprattutto, come fonte di energia. «L'onnipresenza del legno ha pesato enormemente fino a non molto tempo fa. L'Europa molto ben ripartita dal punto di vista forestale, ha trovato in ciò una delle ragioni della propria potenza. Di fronte a lei l'Islam è stato minato sul lungo periodo dalla penuria delle risorse di legname e dal loro progressivo esaurirsi». Cf F. BRADUEL, *Civiltà materiale, economia e capitalismo*, Torino 1982, 79.

⁶ Nel primo decennio del Settecento due innovazioni assegnarono al carbone un ruolo del tutto nuovo rispetto a quello che aveva avuto prima, dando avvio alla nuova «civiltà del carbone»: la prima fu la messa a punto di convertitori inanimati per ottenere energia meccanica dal calore; la seconda consentì di utilizzare questo fossile nella fusione del minerale di ferro, utilizzando il carbone non solo per la sua funzionalità termica, ma anche come indispensabile agente chimico per la riduzione del minerale. Queste due innovazioni innescarono un singolare circolo virtuoso tra espansione del consumo del fossile, sviluppo della meccanica, decollo della siderurgia,

quindi, siamo passati alla produzione centralizzata e alla formazione di reti di distribuzione di energia, fino ad arrivare all'avvento del petrolio⁸. Le crisi petrolifere degli anni Settanta avevano ridestato l'interesse anche per le fonti rinnovabili, il contributo delle quali fu, tuttavia, ritenuto limitato, trascurabile se non, addirittura, a rendimento negativo. Per attenuare la dipendenza dal petrolio, allora, si attuò una diversificazione basata sul ritorno al carbone e al crescente ricorso a gas naturale e nucleare.

Il successo dei combustibili fossili è stato legato più a fattori connessi alle loro intrinseche caratteristiche, all'evoluzione complessiva del sistema economico, alle innovazioni tecnologiche che non alla loro disponibilità o al loro prezzo. Sono stati quasi del tutto ignorati i costi sociali, ambientali ed economici, a medio e lungo termine, dell'utilizzo di

meccanizzazione dei trasporti ed ulteriore diffusione e intensificazione della domanda di carbone che, grazie poi ad ulteriori e continue innovazioni, avrebbe impresso al sistema economico una ininterrotta spinta propulsiva destinata ad esaurirsi solo verso la fine dell'Ottocento.

⁷ Solo grazie ai miglioramenti che nel primo trentennio dell'Ottocento ne reso più pratico e flessibile l'impiego, il vapore divenne più conveniente e fu adottato nelle attività più disparate. Per questo motivo, «carbone e vapore non fecero la rivoluzione industriale ma ne permisero lo straordinario sviluppo e diffusione». D. LANDES, *Prometeo liberato*, Torino 1978, 123. Il sistema energetico basato sul carbone ebbe effetti ambientali modesti durante l'estrazione (scorie alla bocca della miniera) e il trasporto (polveri durante la movimentazione). La combustione, invece, produce anidride carbonica, ossidi di azoto e zolfo, fumi, polveri e ceneri. Per gran parte del XIX secolo gli impieghi avvennero in modo parcellizzato, anche a causa della relativamente modesta potenza delle singole macchine: nei trasporti, dunque, gli effetti del paradigma carbone – vapore sugli ecosistemi furono trascurabili. Divennero significativi, invece, nelle aree urbane, a causa del loro utilizzo per il riscaldamento, e nelle regioni densamente industriali o nei distretti siderurgici, con conseguenze che, in mancanza di studi specifici, sono da ipotizzare come gravi per la salute della popolazione. In questo senso, la produzione di gas aggravò la situazione: la purificazione originava, infatti, un liquido velenoso che era disperso di notte per le strade o scaricato nelle fognature, inquinando fiumi ed incidendo sull'equilibrio dell'ecosistema.

⁸ La storia del petrolio è quella di una lenta e graduale affermazione. Alla fine dell'Ottocento la sua adozione era frenata da numerosi fattori: elevati costi di trasporto imposti dalle ferrovie, eccessive e repentine oscillazioni dei prezzi, ma soprattutto era frenata dal fatto che tutta l'impiantistica era progettata per il carbone; il paradigma dominante, quindi, ostacolava l'affermazione della nuova fonte energetica. La sua penetrazione poté avvenire solo in ambiti del tutto nuovi, grazie all'adozione di nuovi convertitori. Solo con la Grande guerra il petrolio cessò di essere una semplice alternativa al carbone e divenne la principale risorsa strategica, influenzando lo sviluppo energetico ed economico.

ciascuna fonte energetica. Le attuali condizioni di criticità energetica, economica ed ambientale indicano la necessità di uno sguardo d'insieme sui temi dell'energia, dell'ambiente e dello sviluppo. Questi temi, infatti, sono intimamente correlati, tanto che l'alterazione o la crisi di uno di essi si ripercuote a cascata sugli altri elementi. Ogni sistema energetico ha, infatti, ricadute sull'ambiente e questo non è esclusivo appannaggio delle società industriali e post industriali (basti ricordare l'incidenza del fattore antropico dovuto nei secoli alle modalità di produzione legati all'agricoltura e alle migrazioni⁹) e, soprattutto, vale anche per quelle produzioni di energia apparentemente meno inquinanti. Il progresso tecnologico ha, nel tempo, drasticamente ridotto gli inquinanti per unità prodotta da combustibili fossili; tuttavia, è aumentata l'emissione complessiva, mettendo a rischio la conservazione degli equilibri biologici del pianeta sul lungo periodo. Non si tratta, quindi, di fare riferimento a generiche ragioni ecologiche o sanitarie; oltretutto, proprio l'attenzione per i problemi ecologici è, di fatto, frutto dello sviluppo economico: solo società liberate dai bisogni primari di sopravvivenza possono nutrire preoccupazione per l'ambiente (dopo aver contribuito al suo degrado). In primo luogo, allora, la necessità di uno sviluppo sostenibile rimanda a ragioni di ordine socioeconomico: l'alterazione dell'equilibrio ambientale, perpetuata attraverso il ricorso indiscriminato a fonti fossili, si sta tramutando nell'indisponibilità delle stesse fonti¹⁰ con un conseguente crollo della capacità energetica e il collasso dell'intero sistema di sviluppo.

Tuttavia, proprio l'odierna fase politica, economica, ambientale, segnata sia da mutamenti climatici ed energetici a livello internazionale e locale, che da una situazione di profonda stagnazione economica,

⁹ Oltre al classico tema dei disboscamenti, non mancano le testimonianze di civiltà preindustriali travolte da catastrofi ascrivibili a dissesti ambientali di origine antropica: dalla fine della cultura della *Mesa Verde* (USA), all'inaridimento delle steppe dell'Asia Centrale che sarebbe stato all'origine delle vaste migrazioni di popoli note comunemente come «invasioni barbariche». Non vanno dimenticati, poi, di quelle produzioni che ebbero un impatto molto forte sull'ecosistema, come il metodo Leblanc per la produzione di soda, utilizzato per quasi tutto l'Ottocento, che produceva 8t di scorie altamente inquinanti (per la presenza di cloro e solfati) per ogni 1t di prodotto. Un altro esempio è dato dai disastrosi effetti dell'estrazione e della raffinazione dello zolfo in Sicilia.

¹⁰ L'obiettivo della crescita indefinita postulata dagli economisti è, infatti, in palese contraddizione con la constatazione che gli ecosistemi naturali «invariabilmente smettono di crescere quando raggiungono i limiti rappresentati dalle risorse disponibili». J. MARTINEZ-ALIERE, *Economia ecologica*, Milano 1991, 8-9.

rappresenta anche l'occasione per riflettere sui limiti dell'attuale sistema di sviluppo e i profondi legami tra recessione economica, crisi energetica, cambiamenti climatici e razionalizzazione delle risorse. Può essere, quindi, l'occasione per convertire i problemi energetici e climatici in prospettive di rilancio definitivo di quella che viene chiamata la *terza rivoluzione industriale* incentrata su un modello a bassa intensità energetica e ridotto impatto ambientale (soprattutto in termini di emissioni di carbonio)¹¹.

L'odierna crisi economica e finanziaria è, infatti, figlia di uno strabismo storico che ha dissociato le azioni compiute dall'uomo dagli effetti a lungo raggio che le stesse azioni avrebbero prodotto sul sistema. La soluzione alla crisi, quindi, non può più fare appello alla medesima mentalità che l'ha prodotta, ma deve invertire la rotta, aprendo una nuova stagione di sviluppo sostenibile che, da un lato, investa su un'economia in grado di non perdere di competitività riducendo drasticamente le emissioni di carbonio e, dall'altro, di rilanciare i temi della solidarietà, dell'equità, della salvaguardia dell'ambiente. Questo comporta un ineludibile e non più procrastinabile cambiamento dell'attuale modello di sviluppo, per coniugare la riduzione del consumo delle risorse con il miglioramento delle condizioni dei Paesi in via di sviluppo, l'attenuazione dei forti squilibri economici e sociali presenti nei Paesi industrializzati e la crescita dei Paesi poveri, obiettivi tutti che si rivelano non solo incompatibili, ma addirittura confliggenti, se non

¹¹ «Siamo arrivati alla fine di un processo lento ma costante, iniziato negli anni '70 con il "Progetto Finalizzato Energetica", che per la prima volta ha affrontato in modo integrato un insieme di tematiche teoriche, tecnologiche, socio-economiche, normative e ambientali. Da allora abbiamo assistito ad un periodo di sostanziale inerzia della politica settoriale, caratterizzato da iniziative e provvedimenti legislativi frammentari e incoerenti, di cui stiamo pagando le conseguenze proprio in questi anni. È facile constatare che alla lunghissima assenza di pianificazione energetica in Italia si tenda a rispondere ancora oggi insistendo sul modello esistente, quello agonizzante della seconda rivoluzione industriale. Una strategia fondata sul petrolio e sul gas, addirittura deprivati da costi e valutazioni ambientali, sull'immagine di una Italia hub del gas mediterraneo, su una finta autarchia ottenuta con trivellazioni e sviluppo di turbogas, dove sono ipotizzate centralizzazioni delle funzioni operative sul tema dell'energia con esautorazione degli enti locali. E dove l'efficienza energetica e le fonti rinnovabili sono prese in considerazione solo per il vincolo impositivo del 20-20-20 dell'UE, ma di fatto permangono senza sostegno e prospettive concrete perché abbandonate a se stesse in un mercato ostile che non le favorisce». F. IACONA, «Efficienza energetica anno zero: il punto di vista dell'AiCARR», *FMI* 22 (2013) 6-7.

avviene un mutamento dell'attuale paradigma di sviluppo¹².

Nel rilancio di uno sviluppo sostenibile, proprio il fattore energetico sembra essere il nodo cruciale intorno al quale si raggruppano le criticità che hanno portato al collasso del sistema e, al tempo stesso, le occasioni e le possibilità di un suo rilancio. La situazione attuale, sottolineata anche dal Vertice di Poznan sul clima del 2008, è abbastanza critica: c'è ancora molto cammino da percorrere per giungere ad una reale condivisione delle analisi, delle soluzioni e rimedi energetici necessari; ancora più lontani appaiono la reale partecipazione popolare e il consenso sociale. Questa situazione implica l'assunzione di responsabilità su una triplice direttrice: in primo luogo, legare il conseguimento degli obiettivi ad un reale processo di sviluppo industriale per la produzione di componenti e sistemi valorizzando le vocazione energetiche proprie del territorio; in secondo luogo, diretta conseguenza del primo punto, investire nei temi della ricerca e dello sviluppo tecnologico in modo da favorire la terza rivoluzione industriale a basse emissioni di carbonio attraverso investimenti mirati verso risorse energetiche endogene, incentivi verdi e fondi strutturali; infine, sembra essere decisiva una intensa attività di riqualificazione del patrimonio edilizio. Si tratta di una sfida che si presenta estremamente complessa perché comporta la diffusione nel territorio di un sistema di piccoli impianti a gestione locale, sviluppando la generazione distribuita dell'energia in modo strutturale come modello del futuro energetico. Occorre, inoltre, riqualificare la rete di distribuzione (separando nettamente le competenze di produzione e

¹² «Tutti i miglioramenti della condizione umana sono stati vissuti come conquiste contro le limitazioni imposte dalla natura: un atteggiamento presente in molte culture, ma enfatizzato ed esasperato dal pensiero occidentale che in tutte le sue manifestazioni più significative non ha mancato di evidenziare questo tipo di rapporto uomo – natura. Per le tre religioni che si richiamano al Dio di Abramo l'uomo è stato creato come signore del mondo, per il razionalismo cartesiano e il marxismo esso deve conquistare, possedere e sottomettere la natura. Sulla base di questa visione del mondo (e di sé) l'uomo ha finora creduto di essere signore del creato e come tale si è comportato, come se ogni risorsa del pianeta fosse finalizzata a soddisfare i suoi bisogni immediati. Così come nel XVI secolo la rivoluzione copernicana tolse alla Terra il privilegio della centralità, ricollocandola in un Universo costruito in diversa prospettiva, ora solo un analogo, radicale, mutamento di prospettiva circa il proprio ruolo nella natura, una nuova rivoluzione copernicana, consentirà all'uomo di collocarsi in una posizione nuova all'interno del pianeta di cui è ospite, abbandonando il ruolo centrale che ha sempre creduto gli spettasse per assumere un più consapevole ruolo di comprimario». C. PAVESE, «L'energia, le risorse, l'ambiente», in P.A. TONINELLI (ed.), *Lo sviluppo economico moderno*, Venezia 2002, 154.

quelle di distribuzione e guidare il periodo di transizione dai combustibili fossili a fonti di energia ecosostenibili. La rivoluzione energetica coinvolge l'intero sistema produttivo con la conseguente necessità di ripensare a modalità più efficienti ed intelligenti di gestione delle reti, che mettano in relazione diversi dispositivi di produzione, accumulo, consumo e controllo, all'interno e fra vari bacini territoriali, con l'obiettivo di valorizzare tutte queste potenzialità¹³.

Su questa linea si sono mosse le politiche dell'Unione Europea degli ultimi anni¹⁴, incentrate sulla diffusione delle nuove tecnologie e sul finanziamento delle attività di ricerca e sviluppo in ambito energetico per

¹³ Per questo motivo, sembra essere diventata decisiva la formulazione e l'acquisizione di un piano energetico. Il Piano energetico si presenta come uno strumento per la programmazione di uno sviluppo economico sostenibile mediante interventi in grado di conseguire i più elevati livelli di efficienza, competitività, flessibilità e sicurezza grazie all'interazione di fattori quali l'uso razionale delle risorse presenti sul territorio, l'incremento del risparmio energetico e l'utilizzo di fonti rinnovabili. Lo sganciamento, quindi, da un modello energetico legato esclusivamente alle fonti fossili dipenderà sia dalla capacità dei territori di contenere e ridurre la domanda, che dalla parallela volontà di investire nella diversificazione della produzione. Il Piano energetico si presenta come uno strumento organico, una pianificazione accurata delle attività da porre in essere: questo dovrebbe porre fine alle iniziative sporadiche, incostanti e, quindi, incapaci di produrre vero cambiamento. Per questo motivo, condizione necessaria è l'articolazione e intersecazione del Piano con gli altri strumenti programmatici e di settore in modo da renderlo uno strumento di programmazione dinamico, capace, cioè, di adattarsi alle trasformazioni del mercato, alle evoluzioni tecnologiche, economiche e sociali, e alle trasformazioni del quadro di riferimento nazionale e comunitario. Il Piano energetico è chiamato, quindi, a farsi promotore degli accordi di Kyoto, a valorizzare le risorse naturali ed ambientali presenti sul territorio, a promuovere processi di filiere corte territoriali, a stimolare lo sviluppo di modelli di *governance* locali che avviino misure di politica industriale fortemente innovative e a potenziare la ricerca e il trasferimento tecnologico.

¹⁴ Secondo quanto stabilito dal pacchetto clima dell'Unione Europea, l'Italia dovrà ridurre entro il 2020 le proprie emissioni a effetto serra del 13% rispetto ai livelli del 2005 nei soli settori non soggetti alla Direttiva *Emission Trading System*. Si tratta di un importante obiettivo, il cui mancato raggiungimento potrebbe costare almeno 7 miliardi di euro. Non solo: esso può diventare l'occasione per un risparmio in termini di importazioni di combustibili fossili, oltre ai benefici a lungo termine determinati dallo sviluppo economico di un settore innovativo come quello delle fonti rinnovabili. Perché effettivamente il raggiungimento degli obiettivi si coniughi con i vantaggi a breve, medio e lungo termine, però, occorrerà limitare il ricorso ai meccanismi di flessibilità come il *Clean Development Mechanism* che si presentano fortemente ambigui perché tolgono investimenti dal proprio territorio e li sviluppano in impianti localizzati fuori dall'UE, senza che, tra l'altro, sia possibile con certezza misurarne l'effettiva efficacia.

favorire il passaggio ad un'economia più compatibile con l'ambiente, basata su una combinazione di tecnologie e di risorse energetiche ad alta efficienza e bassa emissione di gas serra, assicurando, al tempo stesso, sicurezza nell'approvvigionamento¹⁵.

Due sembrano, allora, essere le sfide associate al comparto energetico: in primo luogo, far sì che l'introduzione di politiche energetiche incentrate sulla progressiva «decarbonizzazione» offra importanti opportunità commerciali nei settori tecnologici legati all'efficienza

¹⁵ Circa l'80% dell'energia utilizzata nell'UE proviene da fonti fossili che oltre ad essere le principali fonti di emissioni di CO₂ sono limitate e, nel tempo, sempre meno disponibili. Ciononostante, senza un adeguato controllo del consumo energetico e una differenziazione delle fonti, la dipendenza dalle importazioni di petrolio e gas potrebbe raggiungere rispettivamente il 93% e l'84% entro il 2030. Questo scenario ha spinto la Commissione Europea a riesaminare la propria politica energetica presentando il pacchetto di azioni in materia energetica inserite nel documento *Due volte 20 per il 2020. L'opportunità del cambiamento climatico per l'Europa*. Il documento, ratificato il 17 dicembre 2008, si propone, in primo luogo, la riduzione delle emissioni di CO₂ del 20% rispetto a quelle del 1990 e, in secondo luogo, il raggiungimento di un livello minimo di copertura del fabbisogno complessivo di energia mediante fonti rinnovabili pari al 20% (per l'Italia 17%), comprensivo di un minimo del 10% di fonti rinnovabili nei trasporti. Questo accordo comporterà trasformazioni radicali in tutti gli Stati membri, trasformazioni, però, che diventeranno grosse opportunità di crescita economica. Il 13 novembre 2008, inoltre, la Commissione Europea ha varato il pacchetto di misure *Second Strategic Energy Review* che si articola in tre direttive per sviluppare al meglio l'efficienza energetica negli edifici e nella certificazione energetica e per incrementare il numero di prodotti sottoposti al *label* energetico. Questo documento *si concentra sul problema delle infrastrutture e delle reti di trasporto. Sicurezza, rapidità, flessibilità, integrazione e diversificazione sono i concetti-chiave messi in evidenza quali obiettivi irrinunciabili per il potenziamento dei network energetici europei*. La Commissione europea ha cercato, in questo modo, di rilanciare le proposte sui cambiamenti climatici destinate a realizzare l'obiettivo del 20-20-20, ovvero ottenere entro il 2020 meno 20% di consumi, meno 20% di emissioni di CO₂, più 20% di energia da fonti rinnovabili. Il nuovo piano d'azione dell'UE in materia di sicurezza e solidarietà energetica definisce cinque ambiti in cui sono necessari ulteriori interventi per garantire un approvvigionamento sicuro e sostenibile: infrastrutture e diversificazione degli approvvigionamenti energetici; relazioni esterne in materia di energia; riserve di petrolio e gas e meccanismi di risposta alla crisi; efficienza energetica; fare il miglior uso possibile delle risorse energetiche proprie dell'UE. In particolare, la Commissione lancia «un pacchetto di proposte a favore dell'efficienza energetica che punta a far risparmiare energia in alcuni settori chiave, ad esempio rafforzando la normativa riguardante l'efficienza energetica degli edifici e dei prodotti che consumano energia e dando maggiore importanza alla certificazione delle prestazioni energetiche oltre che alle relazioni sulle ispezioni per gli impianti di riscaldamento e condizionamento».

energetica e alle energie rinnovabili, promuovendo, oltre al contenimento della spesa energetica, anche una modernizzazione ecologica del sistema economico. In secondo luogo, la creazione di un sistema di *governance* a livello locale che consenta di investire sul territorio, creando condizioni di convenienza insediative per le imprese, privilegiando la qualità delle infrastrutture e dei servizi del territorio per favorirne la permanenza; un sistema di *governance* in grado di ri-orientare immediatamente quei progetti o atteggiamenti che non raggiungerebbero gli obiettivi prefissati e privilegiare, al contrario, i progetti che coinvolgano più imprese e maggiori settori produttivi e si rivelino a minore impatto ambientale e a maggior impatto tecnologico ed occupazionale; un sistema di *governance* capace, infine, di potenziare la ricerca e lo sviluppo, investendo sulla formazione permanente.

L'inquinamento energetico ed il relativo crescente consumo hanno evidenziato, nel settore immobiliare, la necessità di razionalizzare il problema del contenimento energetico con azioni e proposte idonee a perseguire regole edilizie di natura bioclimatica o bioarchitettónica sul «nuovo costruito», ma anche nell'intervento sull'esistente. Conseguisce la necessità di definire un'adeguata politica di governo del sistema energetico volta al suo miglioramento nella pratica edilizia. Non a caso *La Direttiva Europea* 2002/91, relativa al rendimento energetico nell'edilizia¹⁶, considera, in maniera esplicita, gli interventi di recupero o ristrutturazione una vera opportunità di miglioramento di rendimento energetico nel settore delle costruzioni.

Il CIB (*Conseil International du Batiment*) nella stesura dell'Agenda 21¹⁷ per l'edilizia indica che la strada perseguibile per invertire la tendenza non richiede l'utilizzo di tecniche complesse o costose, quanto la riconsiderazione dell'intero processo progettuale in una direzione di integrazione strategica tra le diverse competenze coinvolte. La diminuzione significativa del consumo energetico imputabile al settore edilizio richiede un generale miglioramento delle prestazioni degli edifici

¹⁶ La sua preparazione è stata curata dalla Direzione Generale Trasporti ed Energia (DG-TREN) della Commissione e predisposta con l'obiettivo di promuovere uno «strumento di salvaguardia ambientale» che consenta di rispettare i vincoli posti dal Protocollo di Kyoto, individuando nell'efficienza energetica degli edifici un contributo sostanziale al raggiungimento di questo obiettivo.

¹⁷ Agenda 21 è il «Piano di azione per realizzazione dello sviluppo sostenibile proiettato nel XXI secolo» sottoscritto dalle nazioni partecipanti alla Conferenza mondiale dell'ambiente e dello sviluppo, «Vertice della Terra», tenutosi a Rio de Janeiro nel 1992

e l'integrazione di sistemi di sfruttamento di fonti energetiche alternative. Per quanto riguarda gli interventi sul patrimonio edilizio esistente, non si può immaginare di intervenire con interventi di recupero senza un processo di riqualificazione tecnologica degli edifici, considerando l'aspetto energetico come elemento irrinunciabile in un quadro orientato alla sostenibilità. Lo sviluppo di tecnologie per il *retrofit* energetico degli edifici è da considerarsi quindi una attività prioritaria se si vuole ottenere un impatto significativo sul contenimento dei consumi energetici in edilizia.

La situazione del parco edilizio italiano, così come quella della maggior parte dei Paesi europei, è caratterizzata dal fatto che molti edifici sono di costruzione antecedente alla entrata in vigore di misure normative restrittive rispetto alla riduzione dei consumi energetici¹⁸, alla gestione razionale delle risorse e all'efficacia degli impianti. Pertanto la diagnosi energetica del costruito mostra come il parco edilizio sia caratterizzato da alti valori di trasmittanza termica e da pacchetti di involucro in cui l'isolante termico è spesso assente. Nasce, quindi, sempre più la necessità di definire un piano di azione atto ad intraprendere un'adeguata politica di governo del sistema energetico, nel quale devono essere inserite indicazioni e vincoli che regolamentino sia gli insediamenti di nuova costruzione, sia gli interventi di ristrutturazione.

1.2 IL RUOLO DI POSTE ITALIANE NEGLI OBIETTIVI DI RISPARMIO ENERGETICO DELLA COMUNITÀ EUROPEA

Negli anni le problematiche relative alla gestione delle risorse

¹⁸ Già nel gennaio 1991, la Legge italiana n. 10 contemplava aspetti di certificazione energetica edilizia; in particolare al suo art. 5 comma 5 citava che "I piani regolatori generali dei comuni con popolazione superiore a cinquantamila abitanti, devono prevedere uno specifico piano a livello comunale relativo all'uso delle fonti rinnovabili di energia". Il recepimento della Direttiva 2002/91/CE è avvenuto, però, nel nostro Paese con il [D. Lgs. n. 192 del 19 agosto 2005](#), che è stato corretto e integrato dal D. Lgs. n. 311 del 29 dicembre 2006. Bisogna però attendere la pubblicazione delle Linee Guida nazionali avvenuta con il D.M. 26 giugno 2009, e del D.P.R. 2 aprile 2009 n. 59, regolamento di attuazione dell'art. 4, c. 1 lettere a) e b), del D. Lgs. 192/05, per definire, sul territorio italiano, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici.

energetiche sono divenute il punto nevralgico da affrontare per favorire un possibile sviluppo sostenibile: in virtù della circolare complementarietà tra ambiente, energia e sviluppo già sottolineata, l'insieme di servizi che l'energia fornisce è, evidentemente, una componente essenziale dello sviluppo; parallelamente, il sistema energetico è responsabile anche di una parte significativa degli effetti negativi delle attività umane sull'ambiente e sulla stabilità del clima. Le emissioni di gas climalteranti sono un indicatore dell'impatto ambientale del sistema di trasformazione ed uso dell'energia. È un dato di fatto che non può essere ignorato dalle presenti e future politiche di riconversione, efficienza e contenimento del consumo energetico.

Procedere verso un sistema energetico sostenibile significa, nel concreto, orientarsi verso una maggiore efficienza e razionalità negli usi finali dell'energia, promuovendo, da un lato, modi innovativi di utilizzo e trasformazione dei combustibili fossili (che rappresentano ancora la fonte energetica prevalente) e, dall'altro, un crescente ricorso alle fonti rinnovabili di energia¹⁹.

Nell'ambito delle politiche energetiche vi è consenso sul fatto che per andare verso un sistema energetico sostenibile è necessario procedere lungo tre direzioni principali: una maggiore efficienza e razionalità negli usi finali dell'energia; modi innovativi, più puliti e più efficienti di utilizzo e trasformazione dei combustibili fossili; crescente ricorso alle fonti rinnovabili di energia. La proposta di un modello energetico più sostenibile avviene in un momento in cui il modo in cui si fa la politica energetica sta rapidamente cambiando, sia a livello internazionale che nazionale. Nasce, quindi, la necessità di valutare quali azioni e strumenti

¹⁹ Questa spinta al cambiamento verso un modello energetico sostenibile avviene proprio dalla constatazione che anche la politica energetica sta cambiando, sia a livello internazionale che a livello nazionale, chiamando in causa un maggiore interesse e una maggiore responsabilità degli attori presenti nei diversi territori. Il nuovo corso dello sviluppo sostenibile passa attraverso le sfide dell'efficienza energetica e dello sviluppo delle fonti rinnovabili. In questa sfida, gli enti locali sono chiamati ad un salto qualitativo nella propria azione, visto il ruolo decisivo che è loro assegnato (non ultimo da Agenda 21): essi devono sapersi trasformare da luoghi di transito di reti e cantieri infrastrutturali a territori capaci di progettare ed accompagnare uno sviluppo armonico ed integrato del territorio. La strategia di «decarbonizzazione», infatti, richiama la necessità di altre scelte orientate alla qualità dei prodotti, dei contesti di vita e all'importanza dell'ambiente non solo in campo energetico, ma anche nel settore dell'industria, dell'organizzazione dei centri urbani e dei trasporti, senza dimenticare la ripresa dell'antico legame tra l'agricoltura e lo sviluppo energetico.

possano dimostrarsi incisivi per orientare e selezionare le scelte in campo energetico sul proprio territorio²⁰, attraverso un piano di intervento di riqualificazione energetica di edifici di proprietà delle aziende leader sul territorio nazionale italiano con l'obiettivo di raggiungere gli standard di legge; questo piano, oltre alla rilevante riduzione della bolletta energetica, determinerà infatti non solo effetti economici, ma anche creazione di valore aggiunto.

Anche il Gruppo Poste Italiane ha fatto propri questi obiettivi in relazione alla Responsabilità Sociale d'Impresa a partire dalla protezione ambientale i cui principali riferimenti da seguire sono il protocollo di Kyoto con l'obiettivo di diminuire le emissioni di Gas serra²¹. Espressione di questi obiettivi sono le recenti *Linee Guida per il contenimento dei consumi energetici negli edifici di Poste Italiane e sui luoghi di lavoro* che si propongono la finalità di produrre un considerevole risparmio energetico globale.

Le *Linee Guida* si pongono in linea con la legislazione europea ed italiana in materia di contenimento dei consumi energetici: in particolare, intercettano le indicazioni del *Decreto 4/06/2013* n. 63 (che a sua volta

²⁰ Da una ricerca della Cgia di Mestre del marzo 2010 è emerso che negli ultimi 10 anni le grandi imprese hanno puntato più sulle speculazioni immobiliari evidenziando un incremento degli investimenti sugli immobili di 2,5 volte rispetto ad altri investimenti - macchinari/attrezzature -; nello specifico, la quota di investimenti nel settore immobiliare è stata pari a 237,58 mld euro, con un aumento del 104,1% quindi le grandi aziende hanno "privilegiato, in larga misura, l'investimento di natura speculativa" più che migliorare la competitività ed essere più concorrenziali sul mercato. Inoltre, dall'intesa tra Agenzia del Territorio, Ministero dell'Economia e delle Finanze e la Sogei, è stata realizzata la prima mappatura del patrimonio immobiliare italiano (cf a tal proposito *Gli immobili in Italia. Dialoghi tra banche dati: conoscere per decidere*. Questo studio è stato presentato il 14 gennaio a Palazzo Montecitorio). Tale mappatura mostra la percentuale di insistenza sul territorio italiano del patrimonio immobiliare, dalla quale emerge il continuo sviluppo delle aziende sul territorio nazionale.

²¹ Nell'ambito dell'Unione Europea gli impegni assunti con gli accordi di Copenaghen si è individuata la strategia da perseguire per ridurre le emissioni di Gas serra, ovvero quella del 20-20-20, che mira alla riduzione del 20% delle emissioni entro il 2020. A tal proposito, vanno ricordati l'impegno e la partecipazione di Poste Italiane a due programmi internazionali per la riduzione volontaria dei gas serra: il *GHG Program di PostEurope* e l'*EMMS Programm di IPC*, l'*International Postal Corporation* di cui l'Amministratore Delegato di Poste Italiane, Ing. Massimo Sarmi, è membro del Consiglio di Amministrazione. L'impegno fin qui perseguito da Poste Italiane ha già garantito una significativa riduzione dell'anidride carbonica prodotta, grazie all'acquisto di energia rinnovabile certificata R.E.C.S. Un impegno che sarà rinnovato anche per gli anni a venire.

mira a chiudere definitivamente la procedura di infrazione per la non completa recezione ed attuazione della *Direttiva Europea 2010/31/CE*). Questo provvedimento adotta a livello nazionale una metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici che tiene conto, tra l'altro, delle caratteristiche termiche dell'edificio, nonché degli impianti di climatizzazione e di produzione di acqua calda. Vengono fissati i requisiti minimi di prestazione energetica in modo da conseguire livelli ottimali in funzione dei costi. I requisiti minimi si applicheranno agli edifici nuovi e a quelli sottoposti a ristrutturazioni importanti e saranno rivisti ogni 5 anni. Uno studio su questo tema è stato condotto dal *Buildings Performance Institute Europe*. Si introduce nella normativa italiana la definizione di «edifici a energia quasi zero». Entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione dovranno essere a energia quasi zero. Gli edifici di nuova costruzione occupati dalle Amministrazioni pubbliche e di proprietà di queste ultime dovranno rispettare gli stessi criteri a partire dal 31 dicembre 2018. Inoltre, il decreto trasforma l'«attestato di certificazione energetica» in «attestato di prestazione energetica», da redigersi a cura di esperti qualificati e indipendenti, che fornirà raccomandazioni per il miglioramento delle performance energetiche. Sarà obbligatorio redigerlo in caso di costruzione, vendita o locazione e per tutti gli immobili della P.A.

Le Linee Guida rappresentano una sintesi, e allo stesso tempo un rilancio progettuale, del percorso che vede il Gruppo Poste Italiane impegnato, già da qualche anno, nel presidio sull'utilizzo degli *asset* energetici per il raggiungimento degli obiettivi del protocollo di Kyoto (attuazione di programmi per l'efficienza dei consumi energetici; diminuzione delle emissioni di gas serra, dell'inquinamento ambientale e acustico). La strategia aziendale in materia di sostenibilità è ispirata ai principi di risparmio, recupero e riciclo.

In campo energetico lo sviluppo sostenibile è presidiato nella fase di fornitura dell'energia, da Poste Energia SpA, che gestisce la fornitura di energia elettrica di alcune società del Gruppo con rilevanti prelievi energetici, privilegiando nella fase di acquisto, l'acquisto di energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili certificata R.E.C.S. (*Renewable Energy Certificate System*). Contestualmente la fase di sviluppo sostenibile dell'azienda ha visto compensare gli incrementi di consumo per effetto dei nuovi progetti stimati in circa 8 GWh con il risparmio complessivo ottenibile. Al netto degli incrementi previsti per nuovi progetti il risparmio complessivo di energia elettrica si è attestato a circa -13,6GWh.

Tale risparmio è stato coordinato già dal 2010 da una struttura di progetto, in ambito della funzione Immobiliare dell'Azienda, denominata *Progetto Gestione Risorse Energetiche* i cui componenti hanno lavorato all'interno del *Piano Riduzione Consumi – area ambiente* che ha coinvolto trasversalmente tutte le strutture dell'Azienda, sia a livello centrale sia territoriale, su tre aree di intervento: risparmio energetico, raccolta differenziata e utilizzo e riciclo carta. Con una duplice finalità: ridurre i consumi e diffondere all'interno del Gruppo la cultura sulla tutela ambientale²². Queste scelte hanno permesso di conseguire nel 2011 un risparmio di circa 13,6 GWh al netto degli incrementi di energia richiesti dal piano d'impresa, ivi compresi il potenziamento dei data center in *outsourcing*.

Si segnala, infine, che l'azienda ha avviato, in prima istanza, due progetti pilota realizzati sul territorio per la produzione di energia proveniente da fonte energetica rinnovabile tramite l'installazione di pannelli fotovoltaici in due siti significativi: Triggiano (Bari) e in Viale Lenin (Roma) - edificio destinato alla formazione aziendale - che complessivamente hanno prodotto circa 116.663,00 kWh per l'anno 2010 e 2011 di cui 104.998 kWh solo nel 2011. Tale sperimentazione ha reso possibile estendere i progetti di produzione di energia da fonti rinnovabili a ulteriori edifici del patrimonio immobiliare, come il CMP di Roma Fiumicino, Catania, ed altri siti significativi con impianti fotovoltaici di potenza almeno tripla rispetto ai primi.

²² Sono state, inoltre, effettuate una serie di iniziative per accrescere i comportamenti virtuosi e la sensibilità verso i temi del risparmio energetico (locandine di informazione specifiche, comunicazioni, questionari, *best practices*) e anche iniziative tecniche finalizzate all'abbattimento degli sprechi (installazione timer, analisi dei consumi il sabato e la domenica, misurazione dei siti che assorbono più energia). Tra le iniziative aziendali è proseguita l'attività dello spegnimento automatico delle postazioni di lavoro per tutte le strutture di staff, oltre 14mila computer, l'introduzione di sensori di presenza che comandano l'accensione delle luci, l'ottimizzazione dei sistemi di illuminazione e di riscaldamento, nonché l'avvio di un importante progetto denominato Sistema Informatico di Gestione Energia che ha previsto l'installazione di misuratori nei primi 180 siti più energivori.

1.3 BEST PRACTICES (ITALIANE E NON) IN MATERIA DI EFFICIENZA ENERGETICA IN AZIENDA E RETROFIT ENERGETICO

In questo paragrafo, passeremo in rassegna brevemente alcune esperienze rilevanti nel campo dell'efficientamento energetico delle strutture immobiliari. Ovviamente, non è possibile in questa sede enumerare esaustivamente tutte le esperienze e le iniziative poste in essere. Per questo motivo, ci limiteremo ad indicare alcune esperienze particolarmente significative per l'obiettivo di questo lavoro.

1.3.1 Azienda Asl di Rimini

L'Azienda USL di Rimini è l'ente pubblico responsabile della gestione dei servizi sanitari della provincia. Con un patrimonio immobiliare di 5 ospedali e di oltre 30 presidi esterni di varia dimensione, per un totale di oltre 150.000 mq, l'azienda registra due tendenze fortemente polarizzate: da un lato, infatti, l'adeguamento e l'innovazione delle attrezzature tecnologiche comportano un costante aumento del consumo energetico che si configura, quindi, molto più simile a quello di un'attività industriale; dall'altro, però, gli immobili che devono sopportare questo nuovo, crescente e, per certi versi inedito, carico energetico sono spesso inadeguati: pochi padiglioni, infatti, sono di recente costruzione ed hanno, quindi, adeguate caratteristiche di efficienza energetica; per il resto, l'adeguamento degli edifici alle norme di sicurezza non è stato accompagnato da un adeguamento a standard di efficientamento energetico. Questa situazione polarizzata ha un evidente risvolto economico: l'applicazione di costi dell'energia tipici del settore terziario ad un'attività ad alta intensità di impiego comporta l'aumento esponenziale dei costi per l'approvvigionamento energetico, determinando nel 2012, una spesa di oltre 6,5 milioni di euro (tra acqua, elettricità e gas metano) con una quantità di emissione in atmosfera pari a oltre 15.000 tonnellate di CO². Si tratta di una spesa che è destinata a crescere parallelamente all'aumento del prezzo dei combustibili e dell'energia e che rischia di diventare ingovernabile, sfiorando tutti i budget energetici se non si tentano strade alternative di controllo dei costi e, a monte, del consumo energetico.

A partire dal 2009, l'Azienda ha deciso di attivare un modello di gestione coordinata e sistemica delle proprie azioni di efficienza

energetica, implementando un processo culminato nel *Piano di Miglioramento della Sostenibilità*²³. La strategia aziendale, dovendo operare con risorse necessariamente limitate, ha privilegiato la realizzazione di azioni che avessero come indicatore chiave il «tempo di rientro semplice»²⁴, favorendo investimenti che generano rapidamente benefici economici da reinvestire a loro volta, dando vita ad un circolo virtuoso che nel tempo si autoalimenta. L'obiettivo del piano fin da subito è stato fissato come il conseguimento di una riduzione dei consumi e delle emissioni in atmosfera superiore al 20 % rispetto allo scenario tendenziale entro 4 anni²⁵.

Con questo piano è stato possibile realizzare subito rapidi interventi di efficienza degli usi finali di energia²⁶, per poi passare ai sistemi di

²³ Lo sviluppo concettuale del piano è basato sulla cosiddetta «piramide dell'energia» che rappresenta in orizzontale le opportunità, in verticale i costi (l'incrocio indica quindi le priorità energetiche: a livello base si trovano pertanto gli interventi dedicati all'uso razionale dell'energia (caratterizzati da vasta applicazione e rapidi tempi di rientro); ad un livello intermedio gli interventi di efficienza energetica (con rientri economici elevati, ma investimenti significativi da sopportare); al livello più alto le fonti rinnovabili (i cui relativi interventi, per i costi che comportano, hanno senso solamente una volta che siano stati affrontati gli altri step della piramide).

²⁴ In questa direzione, il piano è stato avviato con misure caratterizzate da un PBT inferiore a 18 mesi per poi estenderli sempre più fino a raggiungere prima i 3, poi i 5 anni di tempo di rientro come soglia di accettazione, un'estensione che potrebbe raggiungere, nel futuro, fino al raggiungimento delle opzioni con PBT compreso nei 7 anni.

²⁵ «In questo quadro di coordinamento, le tempistiche di rinnovo dei servizi di manutenzione del patrimonio dell'Azienda collimavano perfettamente con la strategia aziendale di riqualificazione energetica e, pertanto, si è proceduto a realizzare un bando di servizi aggiudicato all'offerta economicamente più vantaggiosa, con un forte punteggio dedicato alle migliori di tipo energetico; i servizi prevedevano inoltre che fosse ricompresa una congrua quota di importi destinati alle opere di adeguamento e ammodernamento (con la formula del contratto aperto) di modo che nell'ambito di un rapporto di *partnership* con l'impresa vincitrice fossero finanziabili anche iniziative inizialmente non previste, in collaborazione con il personale dell'Azienda incaricato della conduzione degli impianti e della gestione tecnica dell'appalto, si è sfruttata la fase di realizzazione del censimento delle apparecchiature da mantenere per costruire e concordare una serie di operazioni di riqualificazione energetica, caratterizzate dalla realizzazione a tappeto su tutti i componenti applicabili in tutte gli edifici aziendali». Cf A. BALDUCCI – P. BIANCO, «Azienda USL di Rimini: un processo mirato di efficientamento energetico», *FMI* 22 (2013) 34.

²⁶ «Modifiche alla regolazione degli spurghi degli impianti a vapore, con risparmio di oltre 50.000 mc/anno di gas metano quasi a costo zero; isolamento di oltre 7 km di tubazione e di numerose centrali di scambio termico all'interno dei presidi con isolanti

generazione dell'energia impiegata: nello specifico, per la particolare presenza concomitante di un elevato fabbisogno termico ed elettrico è risultata particolare efficace la realizzazione nelle sedi ospedaliere di impianti di cogenerazione (motori alimentati a gas metano che producono elettricità e recuperano il calore dissipato, generando anche energia termica).

Grazie alla disponibilità economica di risorse della Regione Emilia Romagna e di fondi propri disponibili grazie all'economia di bilancio realizzata con le precedenti azioni, sono stati realizzati 5 impianti di cogenerazione nei 5 presidi ospedalieri (per un totale di 1550 kW elettrici e quasi 1,8 MW termici di potenza installata), riqualificate 6 centrali termiche con caldaie a condensazione e ad alto rendimento, per un totale di oltre 9MW termici di potenza installata; riqualificati 2500 mq di involucri con realizzazione di cappotti esterni e oltre 700 mq di infissi ad alta efficienza; migliorati, infine, 7 gruppi frigoriferi centralizzati per oltre 7MW frigoriferi di potenza installata.

Al fianco degli interventi per la riduzione dell'impiego delle fonti fossili, è stato attivato un bando per l'individuazione di un partner privato che permettesse la promozione delle fonti rinnovabili, realizzando nel 2010, 125kWp di fotovoltaico a costo zero per l'Azienda. Il piano di azione, il cui completamento è previsto per i primi mesi del 2014, con l'ottenimento di risultati sempre maggiori, sia dal punto di vista ambientale che sociale ed economico.

maggiorati rispetto agli spessori minimi di legge; installazione di oltre 600 valvole termostatiche su radiatori degli atri, corridoi, vani scala, passaggi comuni e, in generale, locali non aventi bisogno di mantenere i 24° C necessari negli ambienti sanitari; sostituzione dei residui impianti di riscaldamento a gasolio con impianti a gas naturale dotati di caldaie a condensazione; installazione di 140 nuovi motori di classe di efficienza IE2 su altrettanti ventilatori delle unità di trattamento aria (già dotate di inverter); interventi per il risparmio idrico con installazione di 270 cassette wc a doppio pulsante e di oltre 500 erogatori a basso flusso e con il passaggio alla gestione con acqua addolcita nelle torri evaporative; installazione di oltre 2000 corpi illuminanti interni ed esterni ad alta efficienza, di varia tipologia; sostituzione di oltre 250 condizionatori split R22 con modelli a più alto rendimento dotati di refrigeranti ecologici e impianti centralizzati VRF; implementazione di avanzate tecniche di regolazione degli impianti, tra cui in particolare la regolazione a temperatura scorrevole sui gruppi frigoriferi (che ha consentito di raggiungere presso l'Ospedale di Rimini un COP medio stagionale pari 7,1 nel 2011 e addirittura 8,6 nel 2012)». *Ibidem*.

1.3.2 Milano – Piazza IV Novembre

L'edificio è gestito da Generali Real Estate (società di gestione del patrimonio immobiliare del Gruppo Generali) ed è costituito da 12 piani fuori terra e 3 piani interrati per un totale di 16.000 mq circa. La necessità di adeguare questa struttura ormai degradata ai livelli sempre più elevati richiesti dai conduttori a cui l'azienda si rivolge ha comportato l'esigenza di rivalutare completamente l'immobile in modo da renderlo una sede funzionale, dotata di servizi avanzati e caratterizzata da elevate prestazioni in termini energetici, ambientali e di sicurezza. Per questo motivo, la scelta strategica effettuata è stata quella di realizzare un intervento di valorizzazione che, sebbene richiedesse un poderoso intervento economico iniziale²⁷, fosse in grado di consentire il raggiungimento di un livello di qualità delle prestazioni tecniche e di qualità architettoniche in linea con lo standard dell'azienda. Per questo motivo, anche l'aspetto architettonico è stato di notevole importanza: la creazione di una nuova immagine dell'edificio, infatti, è funzionale alla costruzione di un più stretto rapporto con il tessuto cittadino. Il nuovo immobile, infatti, è nato con l'intento di interagire con la piazza antistante facendosi parte attiva della riqualificazione urbana dell'intera area.

Per stabilire la migliore strategia di riqualificazione, all'intervento è stata fatta precedere un'attenta analisi dei punti di forza e di debolezza dell'intervento per arrivare ad una precisa definizione degli obiettivi da perseguire²⁸: da questa analisi è stata confermata che la scelta di destinazione d'uso ad uffici risulta essere quella più idonea per l'edificio. I principali obiettivi dell'intervento sono stati: elevato benessere

²⁷ Da un primo preventivo, i costi stimati ammontavano circa a 11 milioni di euro, una soluzione che però avrebbe determinato un tasso di rendimento interno (IRR – *Internal Rate of Return*) non completamente soddisfacente. Alla luce di questo elemento, è stato deciso di attenuare una serie di accorgimenti che potessero consentire una riduzione dei costi, cercando inoltre, in fase progettuale, soluzioni che garantissero costi minori. I costi finali dell'intervento sono stati ridotti a 10.460.000 euro.

²⁸ I punti di forza (*strength*) sono stati rintracciati nell'ubicazione e nell'alto livello di accessibilità all'edificio; i punti di debolezza (*weakness*) sono, invece, essenzialmente riconducibili allo stato di conservazione e di obsolescenza funzionale, tecnologica ed impiantistica della struttura; le opportunità (*opportunities*) sono legate alla presenza di servizi di supporto all'edificio e all'alto livello di *vacancy* che rappresentano l'occasione per attuare strategie per l'attrazione di nuovi conduttori. Non sono state rilevate, invece, particolari minacce (*threats*).

ambientale; massima flessibilità di utilizzo; qualità ed elevati livelli di sicurezza ed affidabilità, sia di installazione che di uso; ridotti consumi energetici; facilità di gestione e manutenzione; rispetto dell'ambiente mediante contenimento e controllo delle fonti inquinanti; integrazione dei sistemi impiantistici tra di loro e con l'organismo edilizio; possibilità di intervento con sistemi alternativi di alimentazione (in particolare per gli impianti elettrotecnici e per correnti deboli). Il raggiungimento di questi obiettivi non è stato possibile con l'adozione di una singola tecnologia, ma da un progetto che ha integrato una serie di soluzioni compatibili e complementari. Il raggiungimento degli obiettivi, inoltre, è stato ottenuto per mezzo delle scelte definite nel progetto di fattibilità che hanno fortemente orientato tutta la successiva fase della progettazione tecnica²⁹. Inoltre, per coniugare significativi risparmi energetici al mantenimento di alti standard di benessere ambientale si è proceduto, in primo luogo, alla ristrutturazione dell'involucro edilizio (per adeguarlo alle normative vigenti e renderlo efficiente dal punto di vista energetico) e, in secondo luogo, all'utilizzazione di macchinari di ultima generazione e di un sistema di gestione in grado di ottimizzare i rendimenti dell'impianto (*Building Management System*). Questa esperienza ha dimostrato come la capacità di ottenere successo in contesti fortemente innovativi (e tali sono i processi di valorizzazione immobiliare) occorre una notevole flessibilità gestionale: bisogna, cioè, essere in grado di ricalibrare continuamente la strategia adottata in rapporto ai numerosi problemi ed imprevisti che si presentano durante l'opera di valorizzazione di un immobile. Questa flessibilità si tramuta, ovviamente, in capacità di cogliere le occasioni e le opportunità e di limitare o ridimensionare le problematiche che dovessero presentarsi. Proprio la riqualificazione energetica si presenta, quindi, come un obiettivo strategico in grado di innescare sinergie virtuose sull'intero processo di valorizzazione degli edifici.

²⁹ Adozione di un sistema di *Building Management System*; facciata doppia pelle con schermatura integrata ad isolamento dinamico; flessibilità e modularità degli impianti, gruppi frigoriferi condensati ad acqua con elevati COP e recupero parziale del calore di condensazione; caldaie a condensazione di tipo modulare a basso contenuto d'acqua ed elevato grado di modulazione della potenza; gruppi trattamento aria a portata variabile; recupero energia dall'aria espulsa; raffrescamento per free-cooling; sistema di controllo schermature esterne; sistema di controllo illuminazione; raccolta differenziata e compattazione rifiuti.

1.3.3 Altre esperienze internazionali



Figura 1.1 Copertura a verde Centro Postale Manhattan

A partire dal 2012, An Post, gruppo postale irlandese, sta lavorando per l'accreditamento ISO50001 . Lo scopo del progetto è quello di assicurare una gestione efficace dell'utilizzo dell'energia e di ottenere risparmi reali. An Post ha avviato il progetto in risposta al Piano d'azione per l'efficienza energetica nazionale irlandese (NEEAP) con l'obiettivo di raggiungere un risparmio energetico del 33 % entro il 2020. D'altra parte, questo progetto non ha ragione d'essere solo per via delle misure impositive del governo nazionale: l'aumento delle tariffe energetiche, le condizioni meteorologiche avverse e la necessità di aumentare la consapevolezza personale hanno convinto l'azienda ad investire sull'efficienza energetica, con l'obiettivo strategico di acquisire un vantaggio competitivo nell'essere il primo operatore postale a raggiungere questo standard di gestione dell'energia. L'azienda ha deciso, quindi, di puntare all'accreditamento ISO50001, per monitorare e misurare il consumo di energia e per puntare ad un miglioramento continuo e costante, in particolare in condizioni di consumo elevato. Nel corso del 2012, An Post ha sviluppato e implementato un Sistema di Gestione dell'Energia progettato per ottenere la certificazione che ha comportato l'adozione di un sistema di monitoraggio globale per l'energia, con obiettivi e traguardi stabiliti, incontri con dirigenti e comunicazioni interne con il personale e gli obiettivi di riduzione dell'energia come parte integrante del annuale processo di performance management. An Post ha ottenuto la certificazione ISO50001 a metà del 2013. Il progetto ha rafforzato la posizione competitiva di An Post in relazione alla sostenibilità e ha permesso all'azienda di comunicare positivamente con i dipendenti, motivando la partecipare alla gestione del

consumo dell'energia.

Nel 2010 Australia Post ha iniziato l'esecuzione del suo piano di gestione energetica nazionale (NEMP), che mirava a ridurre il consumo di energia elettrica in tutta la sua rete di strutture. L'organizzazione ha investito 7,7 milioni di euro per realizzare nuovi progetti di risparmio energetico che hanno interessato circa 100 dei suoi impianti registrando un notevole successo, sia per la riduzione delle emissioni di carbonio che per il risparmio economico dei costi dell'elettricità. Il progetto si concluderà nel 2013, con il completamento di tutte le iniziative originariamente individuate. Tuttavia, l'attenzione sull'efficienza energetica è ancora presente, con l'individuazione di nuove aree di intervento all'interno delle strutture di Australia Post. Australia Post ha ottenuto significativi benefici dal progetto, tra cui un risparmio energetico annuo di 18.000 mWh e un risparmio annuo di energia elettrica di circa 2,1 milioni di euro, ottenendo inoltre un risparmio di emissioni di gas serra di 17.000 tonnellate.

In Spagna, il *Piano di efficienza energetica* della Correos mira a ridurre i costi di impatto energetico degli edifici con il più alto consumo di elettricità e gas. L'obiettivo del programma è quello di aumentare il risparmio energetico, stimolare la consapevolezza personale e incorporare problemi di consumo di energia nella gestione quotidiana della società. Il progetto è attivo da diversi anni e ha da subito evidenziato risultati positivi con un risparmio, dal 2010, di oltre 2,5 milioni di euro grazie a misure di efficienza energetica che hanno permesso la riduzione del consumo di energia elettrica da 22,3 kWh e di emissioni di anidride carbonica di 3.593 tonnellate. Il monitoraggio è iniziato con i 100 più energivori edifici di Correos fino ad includere un totale di 200 edifici, che coprono il 46% dell'area operativa di Correos e il 60 % del suo consumo di energia. Un secondo elemento cruciale del piano di efficienza energetica è il sistema di riconoscimento interno, che valuta le misure ambientali sviluppate dai lavoratori nei centri coinvolti. Le migliori pratiche effettuate nei centri più impegnati sono poi condivise con tutti i dipendenti attraverso la intranet aziendale, con lo scopo di diffondere conoscenza e consapevolezza in tutta l'azienda. Correos non ha fissato una data di completamento per il programma in quanto ritiene che si possano essere ottenuti molti risparmi e conseguita una maggiore efficienza energetica.

1.4 I VANTAGGI DI UN PIANO ENERGETICO PER IL CORE BUSINESS AZIENDALE

Le situazioni di crisi rappresentano momenti di tensione economica e sociale. Tuttavia rappresentano anche un tempo di riflessione certamente sulle cause che hanno generato le odierne difficoltà, ma anche sulle prospettive e sulle scelte da compiere nel breve, nel medio e nel lungo termine sia per evitare il ripresentarsi dei medesimi problemi, sia per determinare il futuro sviluppo e creare valore. Si tratta di una riflessione che investe tutte le imprese, ma in particolar modo quelle operanti nel settore delle costruzioni e dei servizi immobiliari che si trovano ad affrontare un mercato profondamente cambiato. La crescita demografica zero del Paese, infatti, associata al progressivo invecchiamento della popolazione e della sempre più evidente fragilità del territorio hanno reso il mercato delle costruzioni sempre più complesso. Proprio su questo asse il nostro Paese deve affrontare molti problemi urgenti che riguardano gli operatori del settore e che si originano dalle sempre nuove domande. Il patrimonio immobiliare, infatti, si presenta in buona parte obsoleto e bisognoso di urgenti interventi di riqualificazione che si concentrino in particolare sulle problematiche energetico – ambientali e sulla messa in sicurezza dagli eventuali rischi sismici. A queste attenzioni specifiche se ne aggiunge una più generale che riguarda la sostanziale rigenerazione e riqualificazione urbana che comporta interventi mirati nel cuore delle città per renderle più funzionali e più attrattive.

Districarsi in questo grumo problematico comporta la necessità di operare secondo precise e definite modalità, effettuando quel salto di qualità organizzativo in grado di offrire prodotti e processi strutturati, documentati e di qualità. Ovviamente, per creare valore in campo immobiliare, un'organizzazione deve agire su diversi livelli: occorre, innanzitutto, organizzare e definire nel dettaglio i propri processi caratteristici, sia che si tratti di un nuovo sviluppo immobiliare, piuttosto che di un processo finalizzato alla valorizzazione di un immobile esistente ed in fase di obsolescenza; in secondo luogo, occorre specializzare il lavoro attraverso la suddivisione razionale dei compiti, mantenendo, allo stesso tempo, il coordinamento tra le funzioni e le attività; infine, occorre creare un forte spirito di coesione aziendale tra tutti i dipendenti dell'impresa e i soggetti interessati ai servizi offerti. Si tratta di un elemento molto importante, soprattutto per la crescente sensibilità delle comunità e dei singoli cittadini verso gli interventi

immobiliari. Infine, questo campo rappresenta anche una concreta occasione di creazione di margine economico per l'azienda, un margine che non viene ottenuto in maniera attiva, ma come risultato del risparmio dei costi energetici. Conseguentemente, questa ulteriore occasione di crescita economica diventa una sfida anche per la ridefinizione delle dinamiche e della struttura aziendale perché permette di riconfigurare in chiave business anche quelle strutture *corporate* che tradizionalmente non generano profitto.

1.5 I CRITERI MOTIVAZIONALI DELLA RICERCA

Per uniformare le strategie di intervento sugli edifici esistenti del patrimonio immobiliare nasce la necessità di un piano di azione atto a definire un'adeguata politica di governo del sistema energetico, nel quale sono inserite indicazioni e vincoli che regolamentano gli interventi. Nel panorama nazionale, l'efficienza energetica degli edifici assume un ruolo di rilevante importanza poiché il 41% del dispendio energetico totale è attribuito al patrimonio edilizio che, in confronto al patrimonio dell'area germanica e scandinava del continente, si rileva assai meno efficiente. Tale inefficienza dipende da 2 principali fattori: l'inefficienza dell'involucro esterno e un sistema di gestione dell'energia a servizio degli edifici poco attento ai consumi. In media, del fabbisogno totale di energia primaria di un edificio, il 55% è impiegato nella climatizzazione; il 25% nella produzione di acqua calda sanitaria e il restante 20% è impiegato nei servizi attivi (impianto di illuminazione, di forza motrice). Pertanto, per abbattere i suddetti consumi, è necessario intervenire sugli edifici esistenti in prima istanza sugli impianti e su quelle componenti dell'involucro edilizio che possono abbattere la percentuale di energia termica dispersa durante il periodo di riscaldamento invernale ed di raffrescamento estivo.

Da questa riflessione nasce l'esigenza di un piano energetico quale strumento di analisi del tessuto edilizio esistente e del suo comportamento al variare della temperatura e della destinazione d'uso. Lo strumento della pianificazione permette di confrontare un campione di edifici ed osservarne il comportamento per poter poi estrapolare le linee guida per un miglioramento e gli scenari obiettivo. Questa tipologia di approccio può essere attuata sia sul patrimonio edilizio di un ente

pubblico che di un soggetto privato. La procedura seguita nel presente lavoro è in continuità con il progetto precedentemente avviato dal dottorando del Dipartimento di Ingegneria Edile Ing. PhD. Fabio Sannino dal titolo: *“Procedura per la diagnosi energetica di un complesso immobiliare terziario – Il caso del patrimonio immobiliare di Poste Italiane”* concentratosi sulla diagnosi energetica di un cluster di edifici denominati “Italposte” a destinazione uffici. L’applicazione testata su di un range di edifici scelti tra quelli di proprietà di Poste Italiane ha permesso di definire l’efficacia di una procedura estendibile anche ad altre entità immobiliari caratterizzate da dati di consumo molto più elevati degli uffici postali.

Nel caso specifico di Poste Italiane il patrimonio immobiliare comprende circa 15mila siti con esigenze impiantistiche differenti tra loro, diverse condizioni climatiche e strutturali dell’edificio; nonostante ciò la procedura è stata sperimentata su un gruppo di immobili, con caratteristiche costruttive omogenee. Per estendere la detta procedura alla restante parte del patrimonio immobiliare è necessario individuare delle classi costituite da edifici su cui differenziare i siti di consumo. A tal proposito si possono individuare 3 cluster:

- Uffici postali in locazione e uffici di proprietà Italposte;
- Uffici direzionali;
- Centri di meccanizzazione postale (di seguito CMP).

Dal rapporto 2012 eseguito da Edison S.p.A. per conto di Poste Italiane delle utenze elettriche è emerso che gli Uffici Direzionali ed i Centri di Meccanizzazione Postale sono responsabili di circa il 37% dei consumi elettrici totali. In particolare, gli Uffici Direzionali contribuiscono al 18%, mentre i CMP rappresentano il 19%³⁰.

³⁰ “mentre 450 Uffici Direzionali incidono del 18% sui consumi energetici globali, 21CMP incidono dell’1% in più sui consumi rispetto agli uffici direzionali (19%). In questo senso si potrebbe pensare di analizzare, in uno studio successivo, la tipologia postale che singolarmente ha una maggiore incidenza sui consumi globali, i CMP” [*Procedura per la diagnosi energetica di un complesso immobiliare terziario – Il caso del patrimonio immobiliare di Poste Italiane*]- F. Sannino]

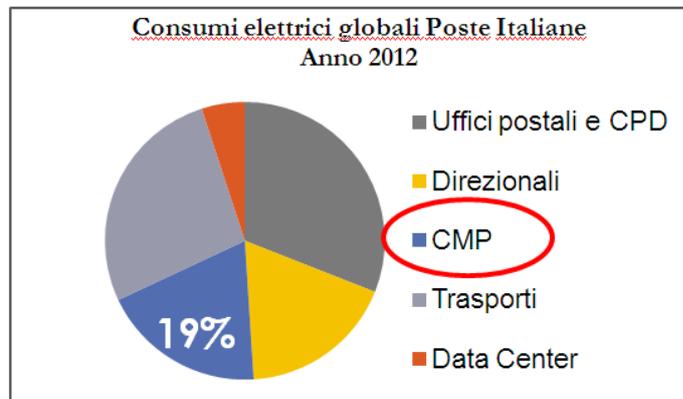


Figura 1.2 Consumi elettrici Poste Italiane 2012

La stima differenziata dei consumi è stata possibile poiché in tali sedi sono state suddivise le varie apparecchiature in esercizio aggregandole nelle categorie:

- illuminazione (esterna, interna ed emergenza);
- climatizzazione invernale ed estiva;
- attività e servizi generali.

L'analisi dei profili di prelievo ha mostrato come l'entità dei consumi elettrici nei stabilimenti industriali, sia fortemente da imputare ai servizi di illuminazione e climatizzazione degli ambienti piuttosto che all'assorbimento attivo dovuto alle attività svolte. Nel centro industriale i servizi di meccanizzazione, lavorazioni automatizzate e attività di *moving* ricoprono il 26% dei consumi globali, l'illuminazione il 31%, le attività varie di prevenzione e protezione attiva un valore dell'8% mentre la percentuale di energia elettrica assorbita dall'impianto di climatizzazione è nettamente superiore con un valore pari a circa il 35%. Dall'analisi dei consumi globali sul patrimonio immobiliare dell'azienda Poste Italiane è risultato interessante attivare, nel presente lavoro di tesi, una procedura di diagnosi energetica dell'involucro edilizio esistente dei Centri di Meccanizzazione (CMP) individuando potenziali interventi edilizi di riqualificazione finalizzati all'abbattimento del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale.

2 ANALISI DELLA TIPOLOGIA EDILIZIA: IL CASO DEL C.M.P.

2.1 LA TIPOLOGIA EDILIZIA: IL “ CENTRO DI MECCANIZZAZIONE POSTALE”

Un Centro di Meccanizzazione Postale, spesso abbreviato in CMP, è il luogo dove vengono smistati grandi quantitativi di corrispondenza da parte di Poste italiane. E' un sito industriale dove sono collocate una o più linee di produzione per il trattamento della corrispondenza, raccolta dal bacino territoriale di servizio o proveniente da altri Centri, che sarà avviata agli Uffici di Recapito (UdR), ai portalettere e ad altri CMP. I Centri di Meccanizzazione Postale sono distribuiti su tutto il territorio nazionale in modo da favorire la velocità delle operazioni di raccolta e distribuzione.

Compito di ciascun CMP è raccogliere ed inviare a destinazione la posta spedita dal proprio bacino di competenza (svolgendo la funzione di Centro Ripartizione in Partenza, CRP) e distribuire al proprio bacino la posta proveniente dagli altri CMP (svolgendo, invece, la funzione di Centro Ripartizione in Arrivo, CRA).

Di seguito la lista completa dei centri di meccanizzazione postale:

Tabella 2.1 Elenco dei Centri di Meccanizzazione Postale in Italia

REGIONE	CMP	Indirizzo
Abruzzo	Pescara	Via A. Volta 12 - 65129 Pescara
Calabria	Lamezia Terme	SS. 18 Località S. Pietro Lametino - 88046 Lamezia Terme CZ
Campania	Napoli	Via Galileo Ferraris 66/M - 80142 Napoli
Emilia Romagna	Bologna	Via Zanardi 30 - 40131 Bologna
Lazio	Roma - Fiumicino	Via Cappannini 2 - 00173 Roma
Liguria	Genova	Via Aviatori e Pionieri

		d'Italia - 16154 Genova
Lombardia	Brescia	Via Dalmazia 13 - 25126 Brescia
Lombardia	Milano	Via Archimede 2 - 20068 Peschiera Borromeo MI
Marche	Ancona	Via Cameranense 335 - 60131 Frazione Varano AN
Piemonte	Novara	Via Monterosa 101 - 28100 Novara
Piemonte	Torino	Via ReissRomoli 44/11 - 10148 Torino
Puglia	Bari	Via De Blasio Z.I. - 70123 Bari
Sardegna	Cagliari Elmas	Strada Aeroporto Militare - 09030 Elmas
Sicilia	Catania	Zona Ind.le Località Piano d'Arce - 95121 Catania
Sicilia	Palermo	Via Ugo La Malfa 177 - 90146 Palermo
Toscana	Firenze	Via Pasolini 397 - 50019 Sesto Fiorentino FI
Toscana	Pisa	Via Emilia 270 - 56121 Pisa
Veneto	Padova	Via Ricerca Scientifica 3 - 35127 Padova
Veneto	Venezia	Via Triestina 208 Località Tessera - 30173 Venezia
Veneto	Verona	Piazza XXV Aprile 4/A - 37138 Verona

Un CMP è suddiviso in diverse sezioni :

- **Transito:** è il settore in cui confluiscono i mezzi di trasporto per la corrispondenza in arrivo e da cui partono i mezzi per la corrispondenza in uscita. La corrispondenza in arrivo viene smistata ai vari reparti per le successive lavorazioni; va fatta una distinzione tra la corrispondenza diretta al bacino di utenza e quella diretta agli altri bacini (di competenza di altri CMP). I flussi in arrivo possono provenire sia dal bacino, e quindi

contengono anche la posta per gli altri bacini, che da extra bacino, e quindi contengono in prevalenza posta per il bacino. I flussi in arrivo dal bacino comprendono la posta raccolta dagli uffici postali della provincia di pertinenza, dalle altre province del bacino e dalle cassette di impostazione, senza dimenticare la posta portata presso il CMP dai grandi clienti (prevalentemente stampe). La posta in arrivo dal bacino e dalle cassette di impostazione viene avviata ai reparti per la lavorazione e lo smistamento; i flussi vengono divisi in posta meccanizzabile, posta voluminosa e posta registrata. La posta in partenza proviene principalmente dagli altri reparti già lavorata e pronta all'avviamento sia per il bacino che per l'extra bacino. La corrispondenza lavorata è divisa in contenitori per ogni diversa destinazione, che può essere un qualsiasi ufficio di recapito del bacino come di un altro CMP.

- **Smistamenti:** è il reparto che lavora la posta in arrivo e in partenza proveniente dal transito. La corrispondenza è divisibile in due categorie: meccanizzabile e voluminosa; la corrispondenza meccanizzabile confluisce tutta nel SIACS per lo smistamento automatico, quella non riconosciuta dalla macchina viene codificata da operatori in codifica remota (videocodifica); in parole povere la macchina fotografa tutte le lettere che non riesce a codificare e le immagazzina in un buffer da dove poi le preleva in seguito alla codifica effettuata dagli operatori. La corrispondenza voluminosa, invece, viene in parte immessa nella CFSM-V, dove subisce le medesime lavorazioni della corrispondenza immessa nel SIACS, e quella non lavorabile dalla macchina viene smistata manualmente. Una volta lavorata, la corrispondenza viene confezionata in raccoglitori di diverse dimensioni, a loro volta raggruppati e imballati in carrelli diretti ad un'unica località, che può essere un ufficio di recapito del bacino o un altro CMP, e viene avviata verso il settore transito per l'avviamento.
- **Lavorazioni corrispondenza registrata:** è il settore preposto alla lavorazione della corrispondenza registrata (raccomandata, assicurata ecc.) sia in arrivo che in partenza. Come gli smistamenti, riceve il prodotto dal reparto transito e lo lavora per il successivo avviamento. Le lavorazioni avvengono allo stesso

modo e la macchina di supporto è la CFMSM-R.

- **Trasporti:** è il settore preposto alla gestione dei mezzi e del personale autista e che fornisce il supporto agli altri reparti.
- **Accettazione grandi clienti:** è un reparto creato per accettare direttamente presso il CMP la posta fornita da clienti che impostano elevati quantitativi di corrispondenza. Il reparto provvede alla presa in consegna del prodotto già prelaborato dai clienti e pronto per la spedizione. Il prodotto arriva al reparto con mezzi del cliente oppure viene ritirato direttamente presso il cliente con mezzi di Poste italiane. L'accettazione dopo il controllo dell'avvenuto pagamento, la verifica e la registrazione delle spedizioni avvia il prodotto agli altri reparti per le lavorazioni di loro competenza (prodotto già imballato per destinazione al transito, prodotto non diviso per destinazione al reparto smistamento e al reparto posta registrata).
- **Direzione, amministrazione, segreteria e gestione del personale:** può essere raggruppato in questa voce tutto ciò che afferisce alla gestione e alla logistica del funzionamento degli altri reparti. Si tratta di personale che gestisce l'amministrazione e l'acquisto di beni (appalti, forniture, cancelleria, attrezzature), nonché la gestione della sicurezza (accesso al centro, sicurezza e igiene del lavoro) e tutto ciò che attiene la gestione del personale.



Figura 2.1 Attività presenti in un CMP

Di seguito di riporta, a titolo esemplificativo, l'organizzazione della struttura di un centro di meccanizzazione postale:

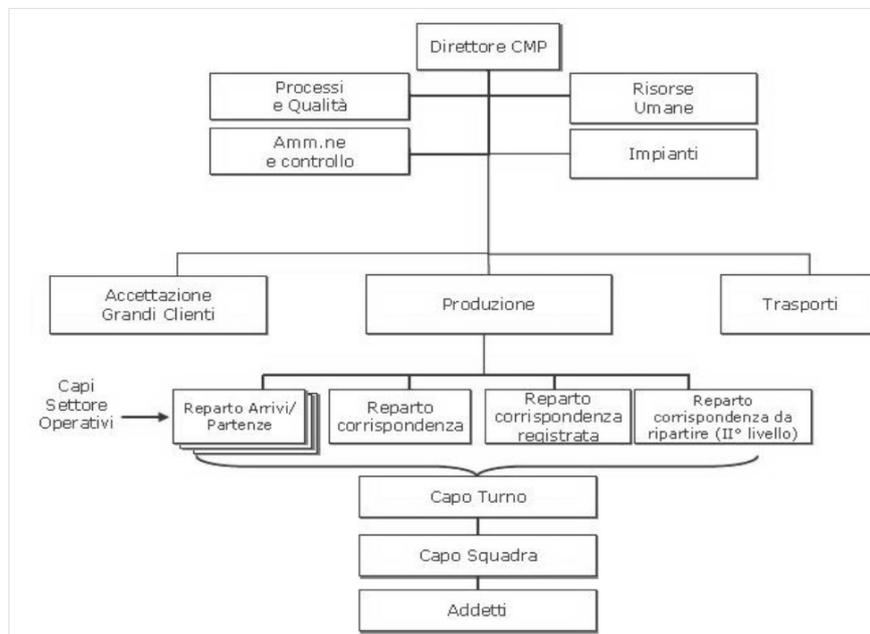


Figura 2.2 Organigramma di un CMP

Ogni Centro di Smistamento svolge la funzione logica di CRP (Centro di Ripartizione in Partenza) quando lavora la posta raccolta nel proprio bacino di competenza (cioè nella porzione di territorio servita dal CMP). Il bacino di competenza di un CMP è costituito dal prodotto postale raccolto nella città e della provincia sede del CMP ma anche di città e provincie di diversi capoluoghi limitrofi). Viceversa, il CMP svolge la funzione logica di CRA (Centro di Ripartizione in Arrivo) quando lavora ciò che è destinato al proprio bacino di competenza.

L'attività del CMP può essere sintetizzata in due macro-processi:

- avviamento alla distribuzione della posta (commerciale o massiva) destinata al proprio bacino di competenza;
- pre-lavorazione della posta (commerciale o massiva) in partenza dal proprio bacino di competenza.

Il primo è relativo al caso in cui funga da CRA, il secondo al caso in cui serva da CRP. In entrambi i casi bisogna effettuare i tre processi sotto elencati:

- *ricezione posta e scarico mezzi*: la posta da smistare arriva al CMP tramite hub che trasportano la posta raccolta negli altri CMP

d'Italia e furgoncini che portano la posta prelevata nella zona di appartenenza e viene scaricata e posizionata in magazzino;

- *attività operative*: se il CMP funge da CRA, le attività operative consistono essenzialmente nella ripartizione per flussi e nella lavorazione. La ripartizione per flussi consiste nella divisione della posta in base a destinazione e meccanizzabilità, ossia l'attitudine ad essere lavorata in macchina. Questa attività ha quindi due tipi di output: la posta che sarà lavorata in macchina e la posta che sarà lavorata manualmente. La lavorazione ha invece come output plichi di posta divisi per singolo portalettere. Nel caso della ripartizione in partenza, invece, viene effettuata solamente la ripartizione in base alla destinazione del prodotto;
- *consolidamento e carico mezzi* : Il consolidamento consiste nell'aggregazione su carrelli del prodotto proveniente dalle aree di lavorazione o, in caso di CRP, direttamente dall'area ripartizione. In seguito gli addetti al carico dei mezzi sistemano i carrelli in arrivo dal consolidamento nella banchina e infine li caricano nella stiva dell'automezzo.

La Modellazione del processo riferito alla funzione CRA

Scenario 1: posta proveniente mediante hub

Il processo inizia con l'arrivo di un hub, che trasporta la posta proveniente da altri bacini d'Italia e da uffici postali e cassette di impostazione dislocati nel bacino di competenza del CMP. Avvenuto l'attracco, gli operatori del magazzino provvedono allo scarico dei carrelli, effettuano una prima distinzione tra quelli contenenti posta massiva e commerciale e li avviano ai reparti competenti.

Successivamente effettuano tutte le attività di gestione della posta in ingresso che verranno descritte dettagliatamente tramite la modellazione. In seguito, i carrelli sono trasportati all'area ripartizione per flussi dove i singoli plichi vengono suddivisi in base a destinazione e meccanizzabilità, ossia

l'attitudine a subire una lavorazione in macchina.

Ciascun plico, se non è meccanizzabile, viene collocato nel carrello diretto al reparto di lavorazione manuale; in caso contrario, invece, viene letta la destinazione e in seguito controllato il formato: lettere e cartoline vengono avviate al SIACS, mentre la posta voluminosa viene avviata al CFSM-1 se diretta alla città e al CFSM-2 se diretta alla restante parte del bacino di competenza.



Figura 2.3 Vista esterna del CMP di Roma-Fiumicino

Il SIACS (Sistema Integrato di Accumulo, Codifica e Smistamento) è composto da tre parti: due linee di ingresso che codificano le lettere in entrata al sistema, un accumulatore di posta (STAR- Sistema di Trasporto Accumulo e Routing), una o più linee di smistamento finale (LSF). La posta entra nel sistema mediante le linee di ingresso e viene sottoposta ad un processo di OCR (Optical Character Recognition). L'immagine ricavata dall'OCR viene inviata al SISC (Sistema Integrato Servizi di Codifica) che fornisce una risposta sulla destinazione della lettera; quindi sulla lettera apposto un codice a barre fluorescente contenente tutte le informazioni fino ad allora ricavate. In seguito la posta viene avviata all'accumulatore, dove viene raggruppata in lotti (insiemi di posta con destinazioni omogenee). Infine, viene inviata alla linea di smistamento finale, che, dopo avere letto il codice precedentemente applicato ed avere interrogato nuovamente il database SISC, stampa un secondo codice a barre di colore nero e inserisce le lettere in opportune caselle in base alla destinazione.

Negli impianti CFSM (Compact FlatsSorting Machine), invece, i flats (oggetti di medio formato come bustoni, giornali e riviste) vengono intercettati da un sistema di estrazione e in seguito sottoposti a riconoscimento automatico dell'indirizzo mediante tecnologia OCR. Infine i flats vengono smistati e collocati all'interno di contenitori disposti ai lati della macchina. Una parte del prodotto, lo scarto dell'impianto, subisce infine una terza fase di lavorazione; esso infatti verrà rilavorato manualmente



Figura 2.4 CMP di Roma-Fiumicino-Area trasporti

La posta da lavorare all'interno del CMP può pervenirvi anche mediante accettazione diretta. Questo caso si verifica qualora un'azienda decida di inviare posta commerciale, provvedendo essa stessa a portare al CMP la posta da spedire. Questa deve essere accompagnata da una distinta cartacea, ovvero un documento in cui sono riportate informazioni relative all'azienda e all'ordine, quali il numero di pezzi da inviare e il numero di giorni entro cui effettuare la consegna. L'azienda provvede quindi al trasporto dei prodotti da lavorare al CMP mediante furgoncini. Terminato lo scarico, il responsabile dell'ufficio accettazione pesa il prodotto e verifica se esso corrisponde a quanto riportato nella distinta.

Se tale corrispondenza è verificata, il responsabile dell'ufficio accettazione verifica se l'ammontare del conto di credito è sufficiente a coprire il costo della spedizione; in questo caso l'importo viene detratto dal conto e il prodotto è trasportato al magazzino. Da qui verrà poi condotto al reparto ripartizione per flussi, dove subirà la suddivisione precedentemente descritta. Nel caso in cui l'importo non sia sufficiente, bisognerà attendere un versamento da parte dell'azienda.

2.2 TIPOLOGIA EDILIZIA A CAVALLO TRA ARCHITETTURA INDUSTRIALE E ARCHITETTURA PER IL SETTORE TERZIARIO

Il CMP non è solo un edificio industriale. Infatti la componente produttiva è affiancata dalla presenza di uffici che presentano funzioni, caratteristiche prestazionali e standard qualitativi diversi da quelli tipici di una costruzione a destinazione industriale.

La stessa normativa individua per questi siti, due categorie di edifici:

- E.2 comprende gli edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorponabili agli effetti dell'isolamento termico;
- E.8 comprende gli edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.

Nei Cmp ritroviamo gli elementi tipici dell'architettura industriale. In cui la gamma degli edifici industriali destinati al lavoro può riportarsi a tre tipi principali corrispondenti a diverse esigenze interne di lavoro e aventi, come conseguenza, differenti condizioni d'illuminazione:

- *Capannoni*, edifici molto più estesi nel senso planimetrico che nell'altimetrico, generalmente addossati l'uno all'altro e costituenti spesso un unico grande ambiente diviso da pilastri, in cui l'illuminazione giunge quasi esclusivamente dall'alto.
- *Edifici a più piani*, in cui l'illuminazione è esclusivamente laterale e che meno si differenziano nello schema costruttivo dalle costruzioni civili.

Spesso i due tipi di fabbricato si trovano contemporaneamente in diversi reparti del medesimo opificio e contribuiscono insieme ad alcuni elementi particolari, quali le scale, i serbatoi e i camini, a creare quell'insieme caratteristicamente scenografico proprio di alcuni stabilimenti industriali.

2.3 BREVI CENNI SULL'ARCHITETTURA INDUSTRIALE

Fin dalle origini dalla Rivoluzione Industriale del secolo XVIII è sempre esistito un rapporto organico e incredibilmente vivo fra i nuovi modelli produttivi, i nuovi ritmi e le nuove tecnologie industriali da un lato e le nuove strutture architettoniche dall'altro. La nascita dell'industria rivoluziona tutti i settori produttivi con cambiamenti radicali dei modi organizzativi della produzione, caratterizzati da una graduale sostituzione del lavoro manuale con quello meccanizzato. La razionalizzazione dei processi che ne consegue si esplicita nella produzione in serie, principio fondamentale che industrializza il procedimento produttivo.

Guardando con una certa attenzione le storie dell'architettura moderna, dal 700 ad oggi, potrà rendersi conto che la maggior parte delle innovazioni nell'ambito delle tecnologie costruttive provengono da esperimenti di edifici industriali in cui le necessità produttive impongono molto spesso forme e strutture architettoniche diverse. Non possiamo esimerci dal ricordare quelli che possono essere ritenuti con buona approssimazione i due punti terminali, l'alfa e l'omega dell'evoluzione tecnologica nell'architettura industriale, almeno fino ad oggi, e cioè, da un lato la filanda Philip & Lee con struttura in acciaio (colonne di ghisa e travi a doppio T) a 7 piani, costruita a Salford, Manchester (GB) nel 1801 dalla fonderia Boulton & Watt; e dall'altro la Cartiera Burgo a Mantova progettata e costruita nel 1961 da Pier Luigi Nervi, con struttura sospesa e tiranti, in cui l'acciaio e il calcestruzzo raggiungono limiti ottimali di utilizzo.

Paolo Portoghesi dà una definizione precisa di architettura industriale come quella tipologia architettonica riguardante quegli edifici destinati a “contenere” un impianto di produzione. Si tratta di manufatti edilizi realizzati per racchiudere aree di lavoro, pertanto pensati in funzione della logistica e delle esigenze produttive, dove il tema dell'abitare e dell'abitabilità dello spazio e della fruibilità delle condizioni ambientali dei lavoratori non è, purtroppo, sempre centrale rispetto al progetto più spesso condizionato dalle esigenze delle macchine cui l'edificio deve consentire il funzionamento. Analogamente, salvo rari casi degni nota, la fabbrica, forte della sua necessità, si mostra, indifferente rispetto al paesaggio e, nonostante le dimensioni sovente gigantesche della propria struttura volumetrica, incapace di costruirne di nuovi; complessi che nella maggior parte dei casi palesano l'anonimato più deludente e

squalificante per l'ambiente circostante, se non addirittura una minaccia per effetto delle emissioni e l'utilizzo delle risorse naturali.

Viceversa proprio per l'impatto territoriale e geografico che l'architettura industriale mette in scena, questi edifici, scrigno di cultura tecnologica e costruttiva, esempi del grado di sviluppo di un paese quanto dell'intera società di cui sono parte integrante nel ciclo dei consumi e quindi dei costumi, dovrebbero essere progettati con una cura e un'attenzione superiore a qualsiasi altro manufatto consci del proprio ruolo e della potenza di condizionamento che esercitano sul contesto. Tuttavia va sottolineato come, rispetto ad altre tipologie edilizie, l'edificio industriale possa contare su una storia e una tradizione relativamente recente; si tratta di "costruzioni" che si sviluppano con la rivoluzione industriale e che contano poco più di tre secoli nei paesi più avanzati, recentissime, l'inizio del secolo scorso, nei paesi con una più longeva struttura economica incentrata sull'agricoltura e il lavoro nei campi. Conseguentemente un'attenta riflessione ed evoluzione sull'idea di fabbrica deve essere portata ancora a compimento e, probabilmente, se compresa nella sua dimensione d'interazione con il paesaggio, produrre effetti di estremo interesse in relazione al territorio che la accoglie.

L'edificio industriale d'altronde, come dimostra il caso della fabbrica dell'AEG progettata da Peter Behrens tra il 1909 e il 1911 a Berlino o dell'Opificio Fagus ad Alfeld an derLeine, in Germania, progettato da Walter Gropius e HannesMeyer in quegli stessi anni, aveva già rappresentato compiutamente il proprio potere demiurgico e mediatico divenendo icona del moderno e di quell'estetica/etica del funzionamento che guida e conquista completamente le ipotesi teoriche e pratiche delle avanguardie storiche. Purtroppo quell'eroica e perduta visione del lavoro e del capitalismo, cui fanno seguito pochissimi esempi d'eccezione, come la sede della Johnson Wax a Racine di Frank Lloyd Wright del 1936 (si tratta però del corpo uffici e non della fabbrica vera e propria), o più compiutamente la straordinaria esperienza di Adriano Olivetti e del suo omonimo e articolato complesso industriale di Ivrea, in cui operarono, le menti più lucide e fervide del periodo che va dagli anni '20 al dopoguerra declina verso il concetto di una costruzione per il lavoro, che nella maggioranza dei casi subisce le logiche economiche di strumento per il lavoro, producendo un contenitore anonimo, definito appunto "capannone". Pertanto, l'architettura industriale deriva nella produzione di un insieme di volumi dispersi sul territorio in modo utilitaristico e privi di qualsiasi riferimento o considerazione architettonica.

In effetti l'edificio per il lavoro subisce in ogni luogo lo stesso destino che subisce l'idea stessa di lavoro e di lavoratore poiché quando a questi ultimi viene negato lo status di persona, e quindi l'idea di abitare e di un'esistenza incentrata sulla necessità e dignità del lavoro uniformando ogni attività umana alla logica utilitaristica del puro strumento per la produzione dei beni, analogamente l'edificio che li accoglie cessa di essere un luogo abitabile, un'architettura, per diventare un semplice carter di protezione dagli agenti atmosferici delle macchine e dei processi produttivi in esso contenuti. Conseguentemente la fabbrica perde lo status di "opificio" e con esso quella iniziale ma ammirata ingenuità che oggi riconosciamo alle studiate e protette "archeologie industriali". Edifici che mantenevano la loro dicotomia tra l'immagine esterna del "palazzo", caratterizzato spesso da un povero ma dignitoso paramento ammattonato, e lo spazio interno attraversato da strutture tipicamente "nuove", con grandi luci ottenute mediante l'uso di materiali leggeri come la ghisa per le colonne o l'acciaio per le travature composte giuntate tramite chiodatura; profili che altro non sono se non la trasposizione di ciò che Gustav Eiffel mostrò, come possibile, con la sua costruzione simbolo per l'Esposizione Universale del 1889.

Lo spazio interno nella "fabbrica moderna" assume, grazie all'impiego di queste nuove tecnologie costruttive, dimensioni inusuali e dilatate rispetto ad altre tipologie edilizie realizzando spazi che consentivano una massima libertà di gestione, organizzazione e distribuzione delle macchine permettendo quindi una più ampia ottimizzazione del ciclo produttivo e della logistica di produzione. Si tratta di una fase pionieristica che assume una propria espressione formale, una propria identità e un proprio potenziale comunicativo segnato dalla macchina a vapore e con esso dalla presenza delle ciminiere. Ovviamente le facciate, le fronti verso l'esterno e il rapporto tra l'interno e il contesto urbano risultano gli elementi più sollecitati in questa vorticoso e repentina opera di "ripensamento", viceversa, almeno per le zone strettamente produttive, l'assetto planimetrico costruisce un'invariante che difficilmente prescinde dal rettangolo e dall'estrema razionalità dell'involucro che appare costante anche nella sezione che quasi mai, come facilmente intuibile, prescinde dal mono piano anche se di differente altezza. La copertura è nella generalità delle applicazioni sempre più uno strumento di diffusione della luce mentre dal punto di vista costruttivo la ricerca spinge costantemente verso l'allargamento

delle campate strutturali e delle limitazioni dei sostegni verticali. Tuttavia gli esempi più interessanti ed efficaci prescindono da una marcata distinzione tra zona uffici e zona produttiva tentando una necessaria quanto ricercata integrazione tra pensiero e azione, tra forma e funzione, tra tute blu e colletti bianchi; una divisione ancien regime, classista che male si coniuga con l'espressione di un pervicace raggiungimento della qualità assoluta in tutte le fasi, in tutte le parti, senza disti

2.4 CARATTERI MORFOLOGICI DELL'ARCHITETTURA INDUSTRIALE

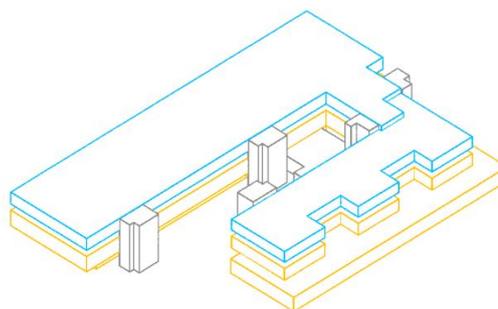


Figura 2.5 Morfologia di un CMP

Per gli edifici industriali sono generalmente utilizzate due tipi di maglie: la quadrata e la rettangolare. La maglia quadrata è impiegata in quelle industrie dove non è chiaramente individuata la direzione dei diagrammi di lavorazione nel senso che il passaggio tra le varie fasi operative non avviene sempre nello stesso ordine e nella stessa direzione. Alcuni esempi di industrie di questo genere sono rappresentati dalle industrie elettroniche, manifatturiere (maglierie, fabbriche d'abbigliamento ecc.) e officine meccaniche di precisione. La maglia quadrata consente infatti spostamenti o trasformazioni radicali nell'ubicazione dei vari macchinari e reparti, garantendo così un'elevata flessibilità alle attività.

La maglia rettangolare viene invece preferita nei casi in cui il diagramma di lavorazione è nettamente individuato e non soggetto a variazioni sensibili, o quando siano richieste luci notevoli: in questi casi è determinante, dal punto di vista funzionale, una delle due dimensioni della maglia, essendo l'altra legata a ragioni meramente costruttive. Un altro caso in cui si preferisce la maglia rettangolare si riscontra quando la

maggior flessibilità che si ottiene con una maglia quadrata non compensa la maggior spesa che ne conseguirebbe. Fra le industrie che rientrano in questa seconda categoria vi sono l'industria meccanica pesante con lavorazioni servite da gru a ponte, le quali, ovviamente, determinano l'andamento dei diagrammi di lavorazione, oppure gli impianti dei pastifici, biscottifici, ecc, che sono caratterizzati da lunghissime linee automatizzate. Una volta stabilita la maglia in base ad esigenze di natura funzionale, la scelta del sistema costruttivo e delle soluzioni strutturali dipende da diversi parametri, quali la luce richiesta, l'interasse delle capriate, l'altezza interna necessaria, il tipo d'illuminazione diurna, le caratteristiche geotecniche in sito, i tempi di realizzazione, gli eventuali problemi di montaggio e di trasporto.

2.4.1 Le tecnologie costruttive del CMP

Per quanto riguarda le tecnologie costruttive, si fa ampio uso della prefabbricazione sia in calcestruzzo armato che in acciaio.

Partendo dalle fondazioni, queste possono essere realizzate con componenti totalmente o parzialmente prefabbricati. Nel primo caso vengono utilizzati plinti di fondazione impostati direttamente sul getto di magro, nel secondo caso la parte prefabbricata riguarda il solo bicchiere che viene solidarizzato in sito con una suola opportunamente dimensionata e gettata in opera. In altri casi realizzate con sistema sismo-resistente di travi a T rovesce, gettate in opera.



Figura 2.6 Sistema strutturale di un CMP

La struttura verticale in elevazione è realizzata con pilastri in calcestruzzo armato prefabbricati di dimensioni standard, di norma lato minimo 30

centimetri e incrementi di 5 cm, a seconda delle entità delle azioni in gioco. Salvo casi eccezionali (come accadde per il Cmp di Lamezia Terme) la struttura in elevazione può essere mista prevedendo la presenza di pilastri in c.a. e in acciaio. Laddove sono previsti ampliamenti o modifiche morfologiche dell'edificio si tende ad utilizzare l'acciaio e il getto in opera.

Le travi, invece, sono interamente realizzati in calcestruzzo armato precompresso a doppia T, ovvero elemento prefabbricati, necessarie per coprire luci elevate che superano facilmente i 10-30 metri, sia per coperture piane che per solai intermedi.

Gli orizzontamenti sono l'insieme dei componenti bidimensionali destinati a realizzare le partiture o le diaframature orizzontali degli edifici. Anche per gli orizzontamenti si fa ampio utilizzo della prefabbricazione. Quelli più comuni sono:

- Solaio a lastre tralicciato (predalle) costituito da lastre in calcestruzzo non autoportanti, di spessore minimo di 5 centimetri, larghezza 120/240 centimetri, in cui sono annegati longitudinalmente tralici elettrosaldati interposti a pani di polistirolo o blocchi laterizi di alleggerimento. E'completato con la posa di armature aggiuntive e il getto di completamento dei travetti stessi per formare la soletta superiore.
- Solaio misto laterizio-calcestruzzo, costituito da un pannello di larghezza 80/120 centimetri composto da travetti e laterizi speciali, finito all'intradosso dai fondelli dei laterizi stessi o dalla superficie in calcestruzzo controcassero della crosta inferiore di pre-finitura. Le facce laterali dei pannelli sono sagomate in basso con delle alette che, con quelle dei pannelli contigui, formano le nervature di collegamento da gettarsi in opera.
- Tegoli Π e Ω , costituiti da una soletta di spessore minimo di 5centimetri con nervature ricalate. I primi sono particolarmente vantaggiosi per forti sovraccarichi e/o grandi luci e per il completamento che è ridotto al solo getto di una soletta superiore di solidarizzazione degli elementi. I secondi sono completati con un semplice getto di caldana o con un getto di completamento della sezione verticale risultante dall'accostamento di due nervature contigue.

Per la realizzazione dell'elemento di chiusura d'ambito si utilizzano diverse tipologie:

- pannelli sandwich prefabbricati, costituite, dall'interno verso l'esterno, da un pannello di alluminio, da una lastra di materiale isolante (solitamente polistirene espanso estruso) e da un ulteriore pannello di alluminio. L'ingombro di tale elemento è circa 7-8 centimetri e la trasmittanza è di circa 0.634 W/mqK . Permette un adeguato isolamento termico e non riduce la superficie utile del fabbricato.
- Parete in calcestruzzo prefabbricata e utilizzata a protezione dei locali tecnici. Spessore variabile tra i 10 e 18 centimetri e trasmittanza di circa 3.89 W/mqk per lo spessore da 18 centimetri,
- Parete in blocchi di cls alleggerito, costituita, dall'interno verso l'esterno, da uno strato intonaco di calce e cemento, blocchi di calcestruzzo alleggerito e da uno strato ulteriore di intonaco di calce e cemento. L'ingombro è di circa 20 centimetri e la trasmittanza di circa 2.55 W/mqK .
- Parete in blocchi laterizio o in calcestruzzo di argilla espansa
- Parete con pannello truciolare, intercapedine d'aria in quiete e pannello autoportante in cls armato di 10-15 cm.

Per l'elemento di copertura sono adottate le seguenti tipologie:



Figura 2.7 Solaio di copertura di un CMP

- Pensilina in acciaio, costituite da lastre di acciaio che poggiano su apposita struttura in acciaio che funge da copertura per le banchine e rampe d'accesso
- travi principali , di bordo ed a canale in CAP dotate di ali, a sostegno dei tegoloni con struttura di tipo lineare e sezione ad omega rovescio.

Oltre alle coperture standard vengono impiegati sistemi di copertura destinati a servire grosse luci o progettati per rispondere, a precise problematiche funzionali (illuminazione, impiantistica, isolamento termico, smaltimento acque meteoriche) e formali (disegno del profilo intradossale, chiusura delle testate, raccordi sugli spigoli, coerenza formale con le travi principali). Essi si suddividono in:

- Sistemi shed e microshed;
- Sistemi alari e microshed compositi.

Queste particolari soluzioni, rappresentano una soluzione “eccellente” per la copertura di fabbricati industriali. La copertura shed è una soluzione valida per il massimo sfruttamento della luce. Oggi, con il sistema “micro-shed”, il pacchetto di copertura risulta più compatto rispetto alle soluzioni del passato riducendone l'altezza e il volume interno delle costruzioni, con conseguenti risparmi in termini di costi di gestione degli edifici.

Ulteriore evoluzione delle caratteristiche, formali e funzionali dei tradizionali elementi di copertura prefabbricati sono i sistemi alari.

Si tratta di elementi sottili in calcestruzzo armato precompresso ad ali rialzate di larghezza proiettata di circa 240-250 centimetri e di altezza compresa tra 80-110 centimetri. Lo spessore minimo nelle sezioni trasversali non è mai inferiore a 5-6 centimetri, mentre le luci ottimali di utilizzo variano in genere dai 15 ai 28 metri. Le caratteristiche morfologiche conferiscono alle strutture di copertura che li utilizzano un aspetto di particolare leggerezza e di armoniosa continuità. Si suddividono in :

- elementi a trave con nucleo centrale pieno o scatolare chiuso dove il flusso delle tensioni tangenziali può svilupparsi per dare resistenza torsionale

- sistemi bi flessionali di travi, dove le azioni torcenti sono scomposte in due flessioni contrapposte applicate alle nervature longitudinali
- sistemi scatolari di lastre, fatti di 2 o più lastre non convergenti, dove le azioni torcenti sono decomposte in una complessa combinazione di flessione delle singole lastre
- sistemi di lastre a stella con profili a V e Y o simili, con lastre non convergenti in un unico asse, dove l'azione torcente è decomposta in momenti torcenti delle singole lastre.

Di ultima generazione sono i sistemi a soluzione mista, ossia l'adattamento degli alari alla soluzione shed (soluzione microshed composita). La classificazione viene operata secondo tre parametri: dimensioni in pianta, geometria trasversale e profilo longitudinale.

Per le superfici vetrate troviamo:

- la finestratura a nastro che sfrutta l'illuminazione zenitale, permettendo di illuminare gli ambienti interni con luce naturale. Sono caratterizzate da elevata funzionalità, data dalla vasta gamma di profili che rendono possibile qualsiasi soluzione, da costi contenuti grazie all'elevata semplicità di produzione e montaggio che li caratterizzano, dalla tenuta agli agenti atmosferici, da durabilità e semplicità di manutenzione;
- lucernari, posti nell'elemento di fabbrica di copertura sono generalmente in vetro o in policarbonato. Sfruttano l'illuminazione inclinata, permettendo l'illuminazione degli ambienti posti ai piani superiori, dove sono ubicati generalmente gli uffici del Cmp.

Le finestre a nastro sono munite di frangisole in alluminio verticali, con lo scopo di proteggere dal diretto soleggiamento le facciate, al fine di evitarne il surriscaldamento. Tale fenomeno si verifica soprattutto in estate, data la grande quantità di vetro e metallo. I frangisole degli edifici oggetto di studio sono costituiti da doghe in alluminio cave a sezione ellittica. Le doghe sono regolabili manualmente e ruotano intorno ad un asse centrale anche se, nella realtà dei casi, assumono la stessa posizione tutto l'anno perdendo, di conseguenza, la loro funzione schermante rispetto alla luce diretta del sole.

L'edificio industriale è soggetto a continui flussi di transito del prodotto lavorato pertanto è munito di un numero considerevole di rampe e collegamenti orizzontali. Le rampe di raccordo vengono suddivise in tre tipologie:

- MODELLO A:

Utilizzo: rampe di carico atte ad essere posizionate idraulicamente con il becco appoggiato sul pianale del veicolo, in modo da raccordarlo con la banchina e consentire il carico con il transito dei carrelli elevatori- dimensioni: 3.5 x 2.2 metri- portata: 4.000 kg.- tipo a ciclo automatico autolivellante complete di telaio di fossa per alloggiamento della sponda idraulica dell'automezzo.

- MODELLO B:

Rampe di carico atte ad essere posizionate idraulicamente con il becco appoggiato sul pianale del veicolo, in modo da raccordarlo con la banchina e consentire il carico con il transito di mezzi manuali- dimensioni: 2.0 x 1.8 metri- portata: 2.000 kg.- tipo a ciclo automatico autolivellante.

- MODELLO C:

Rampe di raccordo, in norma EN 1398, atte ad essere posizionate manualmente o tramite asservimento elettroidraulico, in modo da raccordare il veicolo alla banchina e consentire il carico con il transito di mezzi manuali- dimensioni: 1.3 x 1.25 metri- portata: 1.000 kg.- meccanica a movimentazione manuale.

Le rampe e banchine sono generalmente gettate in opera. Sono costituite da massetto portante in c.a. superficie antiscivolo pavimentata con speciale impasto di legante, inerti duri ed additivi, rigata diagonalmente in modo regolare con rilievi sagomati a punta di diamante, fasce piane centrali e laterali di circa cm. 10, atte a favorire il deflusso delle acque meteoriche.



Figura 2.8 Esempio di portoni sezionali del CMP

Per le porte e portoni sono presenti i seguenti elementi:

- Porte sezionali: Le porte sezionali o basculanti sono fatte di vari pannelli congiunti che si avvolgono su guide sopra il vano d'ingresso. Queste porte sono munite di diversi sistemi guida a seconda dell'edificio e dello spazio disponibile. Le guide possono salire dritte sopra il vano della porta, deviando poi verso il soffitto, oppure seguire l'inclinazione del tetto.
- Portoni a libro, Porte ad ante per uscite di sicurezza e portoni tagliafuoco
- Porte di transito mezzi e carrelli ad impacchettamento rapido verticale: porte automatiche che consentono un transito veloce e continuo di uomini e mezzi. Si tratta di prodotti che limitano la dispersione di calore e che sono in grado di contribuire all'isolamento acustico tra gli ambienti. Non occupano spazio grazie al loro movimento verticale.
- Porte flessibili di transito mezzi a battenti bidirezionali (porte a pattona): le porte flessibili, prodotte nella versione ad uno o due battenti, sono la soluzione ottimale per la separazione dei locali laddove il passaggio di personale e mezzi è notevole. Hanno apertura bidirezionale, a spinta oppure automatizzata.
- Porte metalliche di tipo scorrevole: prevedono carrelli fissati sul traverso superiore dell'anta e scorrono su un binario fissato alla parete, mascherato da lamiera o pannelli. I binari sono dotati di un fermo-corsa regolabile che limita l'apertura e tiene ferma la porta quando è aperta. Su un lato del pavimento viene fissato un

perno che tiene in guida il traverso inferiore della porta, dotato di una scanalatura apposita per tale perno. Tale chiusura può essere automatizzata o meno.

Serrande avvolgibili in acciaio.

2.5 GLI ELEMENTI DELL'INVOLUCRO NEL CASO SPECIFICO

2.5.1 Il primo calpestio

Il solaio di primo calpestio ha sia funzione meccanica sia isolante nei confronti dei problemi derivati dal terreno, al fine di isolare termicamente gli ambienti e garantire il giusto comfort termo igrometrico. La tecnologia utilizzata nei suddetti capannoni industriali, per il seguente elemento di fabbrica si avvale del sistema areato in tegoloni di cls a pi-greco, rialzando il piano di calpestio dell'edificio dagli 80 cm a 1,5 m rispetto al piano di campagna, in riferimento all'orografia del lotto. La scelta dei tegoloni, per determinati fabbricati oggetto di studio, risulta vantaggiosa dal punto di vista economico poiché utilizzati per gli ulteriori orizzontamenti, quali copertura e interpiano, con l'obiettivo di uniformare la fornitura e abbattere i costi, oltre che semplificare l'estendibilità dei moduli in caso di ampliamento o ottimizzazione degli spazi interni. Il primo calpestio è completato con soletta in cls, manto impermeabile e rifinito con diverse pavimentazioni che variano dai materiali plastici, quali linoleum e PVC, o in gres scelti opportunamente in funzione della destinazione d'uso dell'ambiente di lavoro.

2.5.2 Le pareti opache verticali



Figura 2.9 Esempio di facciata esterna del CMP

La tamponatura costituisce la parte esternamente visibile della costruzione, il suo interfaccia con lo spazio urbano e, più in generale, con l'ambiente. E' attraverso la plasticità dei volumi, il colore e la connotazione delle superfici che la costruzione, porgendosi all'esterno, entra in serrata dialettica con le preesistenze circostanti siano esse quelle della natura o, sempre più frequentemente ormai, quelle volute dall'uomo. Dal punto di vista statico la tamponatura sopporta il proprio peso, nonché le azioni dovute alla sua movimentazione nel transitorio, alle variazioni termiche, al vento e, nel caso ad esempio di pannelli parapetto, alla spinta delle persone. Essa è supportata dagli elementi strutturali ed è indifferente alla stabilità della costruzione. Il progetto, nella composizione estetica del tamponamento, può agire su una molteplicità di parametri ognuno caratterizzato a sua volta da un numero praticamente illimitato di soluzioni specifiche:

- geometria dei componenti
- composizione delle geometrie
- posizione rispetto alla struttura
- finitura materica e cromatica della superficie
- composizione delle finiture
- disposizione e geometria delle bucaure

Per quanto riguarda il contributo al controllo ambientale degli spazi confinati, l'involucro deve essere progettato nella sua composizione

stratigrafica, in genere realizzata con una alternanza di calcestruzzo e materiale coibente, e nei suoi dettagli di interfaccia e collegamento con i componenti contigui. Rispetto alla composizione stratigrafica i pannelli possono essere suddivisi in:

- monolitici: sono pannelli composti da un'unica lastra, in calcestruzzo ordinario o con aggregati leggeri, di spessore minimo non inferiore a 8 cm. La soluzione in calcestruzzo ordinario non offre significative prestazioni termiche, rimandate a contropareti esterne od interne, e viene utilizzata soprattutto quando siano richieste particolari resistenze meccaniche e/o al fuoco
- alleggeriti: sono pannelli costituiti da due lastre esterne in calcestruzzo, collegate fra loro da nervature o connessioni puntuali, con interposti pani di materiale coibente a basso peso specifico avente preminente funzione di alleggerimento. La densità di questo interposto e l'estensione delle nervature determinano la capacità termica del pannello nonché la sua predisposizione alla formazione di ponti termici dovuti alle connessioni passanti
- sandwich: sono pannelli costituiti da un insieme di strati con funzioni diverse. Dal punto di vista dell'isolamento termico rappresentano la soluzione più completa. La stratigrafia elementare del pannello comprende una lastra esterna di protezione e finitura (spessore 4-6 cm), uno strato isolante intermedio (di spessore variabile 4-20 cm), una lastra interna portante (variabile a partire da 8 cm). Soluzioni più articolate prevedono ancora l'alleggerimento della lastra portante e, fra gli strati isolanti, anche la presenza di camere d'aria ottenute sagomando l'isolante medesimo o interponendo lastre bugnate. Il completo distacco fra le due lastre, prodotto dall'isolamento passante, fa definire questo tamponamento come pannello "a taglio termico". Se i dispositivi di collegamento fra lastra esterna ed interna consentono il libero movimento della prima rispetto alla seconda, il pannello viene definito liberamente dilatabile, in caso contrario lo stesso viene definito rigidamente connesso. La differenza da luogo a comportamenti meccanici assai diversi.

Anche se gli spessori sono di norma predefiniti dai produttori è opportuna una specificazione degli spessori minimi in funzione della dimensione massima dell'elemento al fine di evitare, anche nelle fasi transitorie, quelle pericolose situazioni di instabilità che sono all'origine di fenomeni deformativi e fessurativi deleteri ai fini della durabilità dell'elemento.

L'accoppiamento della tamponatura con altre soluzioni di rivestimento può generare due differenti situazioni:

- pannelli cementizi di elevata qualità formale (alleggeriti o sandwich) abbinati per accostamento a campi di facciata trattati diversamente. Tipico il caso di pannelli prefabbricati alternati a facciate continue vetrate (curtain-walls).
- pannelli cementizi di sola chiusura (monolitici o alleggeriti) rivestiti con materiali diversi al fine di conferire al prospetto particolari caratteristiche formali e di prestazione termica. Tipico il caso della soluzione a facciata ventilata.

2.5.3 Le superfici trasparenti

Alla pesantezza della pietra, metafora immutabile dell'eternità, e alla imponenza del cemento armato, simbolo del progresso industriale, nella suddetta architettura è entrato in scena il vetro, dapprima come complemento del virtuosismo strutturale dell'acciaio e successivamente come sofisticato elemento quasi virtuale della rarefazione visiva del nostro tempo.



Figura 2.10 Esempio di infissi a nastro con frangisole

Su tutto l'involucro laterale degli edifici industriali si inseriscono tali superfici leggere, il *vetro*, con il duplice scopo sia di smarcare da

monoliticità e monotonia i prospetti pieni, sia permettere alla luce naturale di filtrare ed illuminare nel miglior modo possibile gli spazi lavorativi; la disposizione delle superfici vetrate viene opportunamente studiata per essere utilizzata con la massima efficienza. In particolare si privilegiano, per i suddetti edifici, finestre a nastro con le opportune schermature regolabili, che corrono su tutto il perimetro per le zone di lavorazione manuale.

2.5.1 Il solaio di copertura

La copertura è l'unità tecnologica avente la funzione di contribuire a realizzare una data condizione ambientale e di uso interna a fronte di una corrispondente situazione ambientale e di uso esterni³¹. Le in termini geometrici la prima e in termini funzionali la seconda.



Figura 2.11 Copertura con quadrotti in graniglia di cemento

Nel campo dell'edilizia industrializzata l'elemento di tenuta della copertura può essere discontinuo o continuo a seconda delle soluzioni adottate per la realizzazione della sottostante struttura portante prefabbricata di copertura. L'elemento di tenuta deve essere continuo in tutti quei casi in cui la struttura portante della copertura viene *realizzata* con elementi posti in piano o con pendenze minime per consentire lo smaltimento delle acque meteoriche. Potrà essere discontinuo nei casi in cui la soluzione strutturale preveda l'uso di travi a doppia pendenza o travi con forme particolari.

Nel caso del CMP sia il sistema di copertura che di tenuta all'acqua del solaio di copertura sono di tipo continuo. La maggior parte della

³¹ Norma UNI 8091 e UNI 8089 sulla corretta terminologia relativa agli elementi costituenti la copertura

superficie coperta del CMP è costituita da travi principali di bordo. Le travi di bordo hanno un canale in CAP e sono dotate di ali a sostegno dei tegoloni in CAP. I tegoloni a sezione ad omega rovesciata sono costituiti da una componente orizzontale dello spessore variabile dai 7 ai 12 cm e 2 costole verticali resistenti a flessione dello spessore di 10 cm. All'estradosso dei tegoloni è presente una soletta di ripartizione del carico di 10 – 15 cm armata con rete elettrosaldata e il pacchetto di impermeabilizzazione e di tenuta agli agenti atmosferici. Il pacchetto di impermeabilizzazione è costituito da una guaina bituminosa dello spessore di 1 cm, uno strato drenante di ghiaietto e una pavimentazione sopraelevata realizzata con quadrotti prefabbricati in granigliato di calcestruzzo. La copertura delle aree di transito e delle zone maggiormente soggette ai flussi di corrispondenza la copertura è formata da una pensilina in acciaio, costituita da doppia lastra metallica dello spessore di 0.5 cm con all'interno uno strato di coibente dello spessore di 5-8 cm. I suddetti pannelli metallici poggiano su di una struttura in acciaio che funge da copertura per le banchine e zone d'accesso.

3 ANALISI DEI CASI STUDIO

3.1 RILIEVI SUL CAMPO PER IL CALCOLO DELLE TRASMITTANZE

Per conoscere meglio gli edifici oggetto del lavoro di ricerca sono stati effettuati diversi sopralluoghi tecnici per effettuare un rilievo geometrico dell'involucro edilizio allo stato di fatto. Le prime misurazioni sugli spessori e le tecnologie costruttive effettive sono state compiute, in prima istanza, per il C.M.P. di Roma Fiumicino e per il C.M.P. di Napoli. In particolare si è evidenziato le grosse caratteristiche comuni tra i 2 edifici in particolare per la struttura portante, i solai e le tamponature. Dai primi sopralluoghi è stata individuata la sezione esatta dell'involucro edilizio del CMP che sarà successivamente descritta per ogni edificio analizzato.

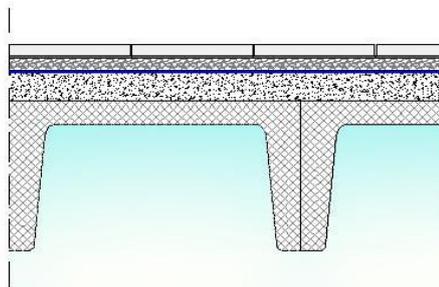


Figura 3.1 Particolare del solaio di primo calpestio su intercapedine

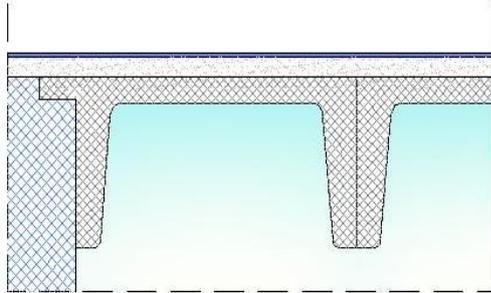


Figura 3.2 Particolare del solaio di copertura

Successivamente sono state condotte sul posto le analisi del tipo termografico e termo flussimetriche per individuare il valore esatto della trasmittanza termica delle superfici in particolare di:

- solaio di copertura;
- solaio di primo calpestio;
- tamponatura esterna.

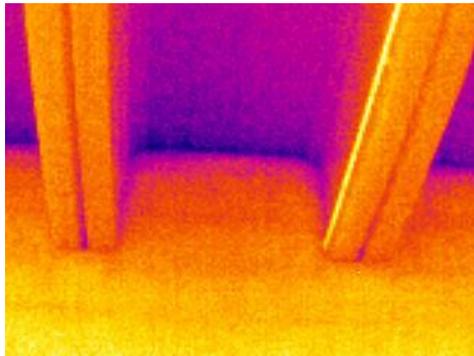


Figura 3.3 Analisi termografica del solaio di copertura

Il termo flussimetro è uno strumento che unitamente al rilievo delle temperature superficiali interne ed esterne, permette di calcolare la resistenza termica, la conduttanza termica, la trasmittanza termica, quindi individuare i parametri negativi e migliorabili della struttura. Sostanzialmente si tratta di una termopila che viene posizionata sulla faccia della parete dove la fluttuazione termica è minore e dove non c'è irraggiamento solare diretto, in genere viene scelta la superficie interna (calda) dell'elemento da investigare. La tecnica con la strumentazione specialistica ci ha consentito di effettuare analisi non distruttive su aree più o meno vaste (e quindi non solo puntuali), con esiti in tempi rapidi.

In prima istanza è stata effettuata un'analisi qualitativa delle trasmissioni tramite la termo camera, in particolare per individuare i punti esatti in cui posizionare il termo flussimetro. Successivamente è stata rilevata la trasmittanza termica di copertura e tamponatura mediante il posizionamento della termopila del flussimetro in corrispondenza del paramento superficiale interno e del paramento superficiale esterno dell'involucro edilizio per il quale si voleva conoscere la trasmittanza. Questa operazione è stata ripetuta più volte ad intervalli di 30 minuti durante gli orari di esercizio delle attività del CMP. Ogni volta è stato rilevato il valore della trasmittanza al variare della differenza di temperatura. I valori di U, attraverso misure a cadenza costante, sono stati elaborati effettuando una media pesata così da ottenere un unico valore della trasmittanza U sia della tamponatura che della copertura.

Tabella 3.1 Esempio di analisi delle trasmittanze per il CMP di Firenze

<i>Pannello verticale opaco - Firenze Sesto F. (18/05/2012)</i>											
Valori	9.00	9.30	10.0	10.3	11.0	11.3	12.0	12.3	13.0	13.3	14.0
	.00	.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Trasmittanza U	1,20	1,31	1,43	1,46	1,41	1,42	1,49	1,49	1,38	1,32	1,29
Temperatura interna	19,0	20,0	20,0	20,0	20,0	21,0	21,0	20,0	20,0	21,0	21,0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperatura esterna	17,0	17,2	16,9	16,5	15,9	16,4	16,9	17,8	18,3	18,9	19,5
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔT	-	-	-3,10	-3,50	-4,10	-4,60	-4,10	-2,20	-1,70	-2,10	-1,50
	2,00	2,80									

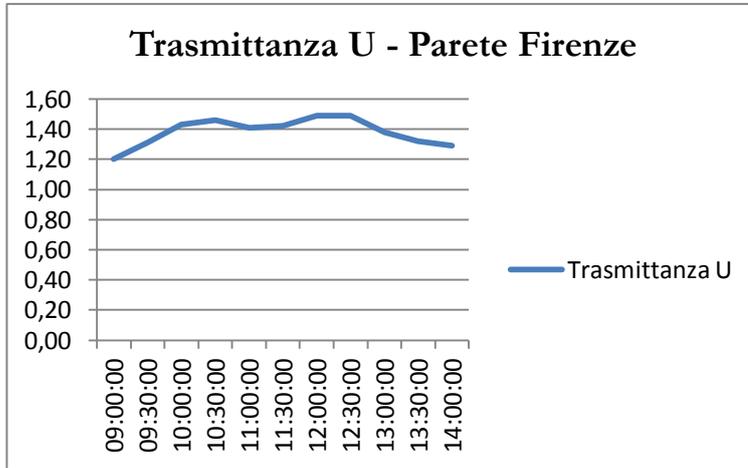


Figura 3.4 Esempio di analisi delle trasmittanze per il CMP di Firenze

I principale limite di questa prova è risultata la stagionalità e la variabilità dell'esito a seconda delle condizioni climatiche e meteorologiche. La diversa distribuzione della temperatura superficiale ci ha permesso di evidenziare diverse irregolarità termiche dovute a difetti di isolamento, ponti termici, umidità e/o infiltrazioni d'aria dei componenti costituenti l'involucro dell'edificio. I valori di U sono risultati alquanto costanti per i rilievi effettuati in punti in cui le condizioni climatiche di ombreggiatura permettevano risultati chiari. I pannelli esposti al sole forniscono risultati poco attendibili poiché assorbendo luce solare, presentano una temperatura superficiale molto variabile. Pertanto, contemporaneamente sono stati calcolati i valori di U come indicato dalla norma UNI sulle trasmittanze e si è verificato che i valori forniti dal calcolo analitico si discostavano di poco dai valori misurati sul campo come evidenziato dalle tabelle seguenti.

Tabella 3.2 Confronto tra i risultati di U ottenuti dalle analisi sul campo - Tamponatura

<i>Parete verticale opaca - Confronto tra i risultati ottenuti</i>												
Valori	Torino	Milano	Venezia	Bologna	Ancona	Firenze	Roma	Cagliari	Bari	Napoli	Lamezia	Palermo
Analisi sul campo	1,260	1,280	2,216	3,470	1,840	1,380	1,871	2,260	1,860	1,390	1,580	2,216
Software	1,160	1,160	2,210	3,450	1,870	1,332	1,870	2,044	1,878	1,310	1,310	2,210
ΔU	0,100	0,120	0,006	0,020	-0,030	0,048	0,001	0,216	-0,018	0,080	0,270	0,006

Tabella 3.3 Confronto tra i risultati di U ottenuti dalle analisi sul campo - Copertura

<i>Solaio di copertura - Confronto tra i risultati ottenuti</i>												
Valori	Torino	Milano	Venezia	Bologna	Ancona	Firenze	Roma	Cagliari	Bari	Napoli	Lamezia	Palermo
Analisi sul campo	1,000	0,700	3,210	0,990	1,130	3,210	0,930	0,700	3,280	2,210	2,540	3,148
Software	0,854	0,777	3,218	0,890	0,920	3,231	0,927	0,938	3,260	2,300	2,690	3,140
ΔU	0,146	-0,077	-0,008	0,100	0,210	-0,021	0,003	-0,238	0,020	-0,090	-0,150	0,008

Per il calcolo delle trasmittanze è stato utilizzato il software di simulazione termodinamica Termolog Epix 4.0 certificato dal C.T.I. Tale strumento recepisce le seguenti norme di calcolo:

- UNI EN ISO 6946 (Resistenza termica dei materiali)
- UNI 10351 – UNI 10355 (Conduktività termica dei materiali)
- UNI EN ISO 13786 (Dispersioni dell'involucro edilizio)
- UNI EN ISO 12831 (Dispersioni dell'involucro edilizio)
- UNI EN ISO 13370 (Trasmissione attraverso il terreno)
- UNI EN ISO 10077 (Trasmittanza strutture trasparenti)

Pertanto si è deciso di considerare i valori di U risultati dal metodo di calcolo indicato dalla norma per ogni componente dell'involucro edilizio e per ogni edificio oggetto di studio.

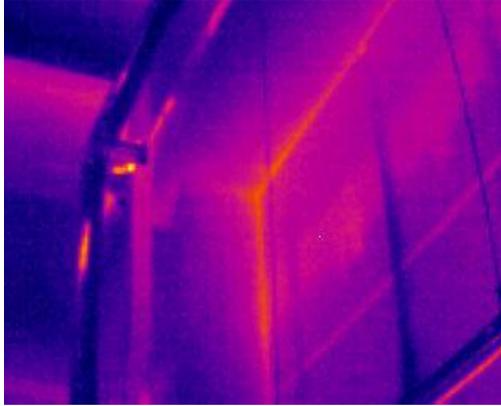


Figura 3.5 Analisi termografica della parete verticale

3.2 IL CMP DI TORINO

L'edificio in questione è ubicato nel Comune di Torino, zona climatica "E" con numero di Gradi Giorno 2617, in via Guglielmo Reiss Romoli, al confine con il raccordo autostradale Torino – Aeroporto di Caselle e la linea ferroviaria.

La superficie del lotto è di 41731 m². La superficie dell'edificio è di 10449 m², per un volume complessivo di 156120 m³ destinati alla funzione di centro di meccanizzazione postale ed uffici.



Figura 3.6 Veduta aerea del CMP di Torino

Il CMP di Torino è stato costruito nel 1980. L'edificio è costituito, dal punto di vista strutturale, di una maglia spaziale di colonne in acciaio del tipo HE con protezione in cls e travi in cemento armato precompresso a T rovescio, con interasse variabile. Le fondazioni sono del tipo indiretto con platea su pali prefabbricati. I solai interpiano e di copertura, sono realizzati utilizzando il c.a.p con sistema alare in tegoli sagomati a π , particolari per leggerezza e continuità ma al contempo elevata resistenza.



Figura 3.7 Facciata esterna CMP di Torino

L'edificio è costituito da un piano interrato che si sviluppa per tutta la superficie con altezza interpiano di 4,2 m, successivamente sono

presenti tre piani fuori terra con altezza interpiano di 4,8 m - 4,5 m, partendo da una quota rispetto al piano di calpestio di 0,80 m.

Tabella 3.4 Dati geometrici CMP di Torino

Dati generali dell'edificio del CMP di Torino	
Nr. di piani interrati	1
Nr. di piani fuori terra	3
Superficie utile tutti i livelli	33464 m ²
Superficie lorda in pianta	10449 m ²
Superficie dell'involucro disperdente	28012 m ²
Altezza netta ambienti interni piano rialzato	4,8 m
Altezza netta ambienti interni piano primo e secondo	4,5 m
Volume lordo della zona riscaldata	156120 m ³
Volume netto della zona riscaldata	154819 m ³

Le superfici disperdenti complessivamente sono pari a 28012 m² così distribuite:

- solaio 1° calpestio: 10449 m²
- solaio di copertura: 10449 m²
- pannelli di chiusura verticale: 3816 m²
- superficie finestrata: 2352 m²
- superficie porte e portoni: 171 m²

La tamponatura è realizzata con sistema a secco ottenendo un intercapedine non areata, utilizzando pannelli in truciolare e in cls prefabbricato per uno spessore di 30 cm. I tramezzi sono due di due tipologie in funzione dell'ambiente che delimitano, ovvero: muratura di blocchi cavi in cls, con intonaco civile su sottofondo di intonaco rustico, e muratura REI 120' per uno spessore di 22 cm. Gli ambienti destinati alla funzione amministrazione ed uffici presentano una controsoffittatura metallica in lamiera zincata sospesa a cui sono montati lastre di gesso rivestito di spessore 15 cm. La pavimentazione è di diverso tipo, differenziandosi a seconda dello scopo dell'aria di lavoro; per le aree operative meccaniche ritroviamo la resina epossidica; per spogliatoi, w.c. e break area è presente il gres porcellanato; per le aree uffici, gomma in

teli o pavimento sopraelevato con gomma a quadrotti. Le chiusure opache verticali sono costituite principalmente da portoni sezionali di diverse metrature, mentre le chiusure verticali trasparenti, oltre agli infissi a nastro, sono rappresentate da finestre e porte-finestre di diverse dimensioni, isolate o contigue che talvolta si susseguono in moduli regolari aventi telaio in alluminio di prima generazione e vetri monocamera ad aria con vetri di spessore circa 4 mm.

Tabella 3.5 Dati sull'involucro del CMP di Torino

<i>Elemento</i>	<i>Stratigrafia</i>	<i>Sp [cm]</i>	<i>Trasmittanza [W/m²K]</i>
TAMPONATURA A	pannello truciolare	2	1,160
	intercapedine	15	
	pannello di poliuretano	3	
	pannello in cls armato	10	
COPERTURA	c.a. tegoloni a π	17,5	0,854
	massetto cemento e sabbia	6	
	poliuretano in schiuma	5	
	guaina bituminosa impermeabilizzante	0,8	
	ghiaia grossa	10	
	cls	5	
SOLAIO PIANO TERRA	linoleum	1	2,951
	massetto cemento e sabbia	8	
	c.a. tegoloni a π	17,5	
1° CALPESTIO	UNI EN ISO 13370		0,786

3.3 IL CMP DI MILANO

L'edificio è situato in località Peschiera Borromeo (MI) in via Archimede e presenta una superficie del lotto di 70722 mq e una superficie del fabbricato di 63728 mq. Il centro si sviluppa in un unico edificio di imponenti dimensioni ubicato in prossimità dell'aeroporto di Linate.



Figura 3.8 Veduta aerea del CMP di Milano

Realizzato nel 1982, ha una struttura con travi e pilastri in calcestruzzo armato precompresso, con interasse variabile tra 4 m e 19.40 m. Le fondazioni sono costituite da un reticolo di travi rovesce in c.a., posto ad una profondità media di due metri dal piano di campagna.



Figura 3.9 Facciata esterna CMP di Milano

L'elemento di chiusura verticale è realizzata prevalentemente da pannelli in c.a prefabbricato di sp.12, uno strato di materiale isolante di sp. 7 cm, una barriera al vapore, un'intercapedine di 12 cm e una controfodera di rivestimento con superficie a vista in materiale lavabile di sp 4 cm, per un totale del pacchetto di chiusura di 35cm. Una parte minore dell'edificio ha tamponatura in calcestruzzo armato di spessore variabile. Tale soluzione è presente principalmente in corrispondenza dei blocchi scala.

Gli infissi sono a nastro in alluminio anodizzato e doppio vetrodi spessore 4 cm con intercapedine di 6 cm di prima generazione, rivestiti da elementi frangisole orientabili. Per quanto concerne le chiusure opache verticali, sono di due tipi:

- Portoni sezionali di diverse metrature;
- Porte a doppio battente in acciaio.

Tabella 3.6 Dati geometrici CMP di Milano

Dati generali dell'edificio del CMP di Milano	
Nr. di piani interrati	1
Nr. di piani fuori terra	2
Superficie utile in pianta	93708 m ²
Superficie lorda in pianta	63728 m ²
Superficie dell'involucro disperdente	106682 m ²
Altezza netta ambienti interni piano rialzato	3.30 m
Altezza netta ambienti interni piano primo e secondo	5.20 m
Volume lordo della zona riscaldata	392670 m ³
Volume netto della zona riscaldata	388656 m ³

Le chiusure verticali trasparenti, oltre agli infissi a nastro, sono rappresentate da finestre e porte-finestre di diverse dimensioni, isolate o contigue che talvolta si susseguono in moduli regolari aventi telaio in alluminio di prima generazione e vetri monocamera ad aria con vetri di spessore circa 4 mm.

La copertura è realizzata in tegoli prefabbricati con testa di sp. 10 cm, solidarizzati con un strato di c.a. di sp.5 cm, e ricoperto da uno strato isolante di 3 cm, da un massetto delle pendenze in calcestruzzo alleggerito di sp.2 cm, e da una doppia membrana elastomerica con rivestimento superiore in ardesia di sp. di 1 cm, per uno spessore totale del pacchetto copertura di 21 cm. Tutti gli ambienti sono controsoffittati con tipologie di chiusura variabili per l'alloggiamento di cavi e condotti impiantistici. Le aree operative hanno un pavimento in resina epossidica mentre nei restanti ambienti è presente una pavimentazione in ceramica.

Tabella 3.7 Dati sull'involucro del CMP di Milano

<i>Elemento</i>	<i>Stratigrafia</i>	<i>Sp [cm]</i>	<i>Trasmittanza [W/m²K]</i>
TAMPONATURA	pannello truciolare	2	1,161
	intercapedine	15	
	pannello di poliuretano	2	
	pannello in cls armato	15	
COPERTURA	c.a. tegoloni a π	17	0,777
	massetto cemento e sabbia	7	
	poliuretano in schiuma	5	
	guaina bituminosa impermeabilizzante	1	
SOLAIO PIANO TERRA	linoleum	2	2,951
	massetto cemento e sabbia	8	
	c.a. tegoloni a π	17,5	
1° CALPESTIO	UNI EN ISO 13370		0,310

3.4 IL CMP DI VENEZIA

L'edificio in questione è ubicato nel Comune di Mestre in provincia di Venezia, in via Torino, 88. La zona climatica è E con numero di Gradi Giorno 2345.

La superficie del lotto è di 29615 m², di cui 8117 m² destinati al centro di meccanizzazione postale.

Dal punti di vista strutturale presentano gli stessi caratteri. Realizzati negli anni 80', il fabbricato ha una struttura di travi e pilastri in cemento armato precompresso di luce variabile da 6 a 20 metri. Le fondazioni sono costituite da una platea su pali prefabbricati. Il solaio interpiano/copertura sono in tegoli sagomati in c.a.p. impermeabilizzato con guaina bituminosa e ghiaia grossa.



Figura 3.10 Veduta aerea del CMP di Venezia

Il fabbricato è costituito da un corpo avente superficie in pianta di 8117 m² con due piani fuori terra. Il piano terra ha una superficie utile di 8117 m² per una altezza di 6 m, partendo da una quota di 80 cm rispetto al piano di campagna che risulta essere il solaio di primo calpestio; al di sopra è presente il primo piano che si sviluppa per una piccola area di 694 m² per un'altezza di 3,20 m. Pertanto le superfici disperdenti complessivamente sono paria a 20671,2 m² così distribuite:

- solaio di primo calpestio: 8118 m²
- solai di copertura: 8118 m²
- pannelli di chiusura verticale: 2057,24 m²
- superficie finestrata e porte finestra: 2237,96 m²

Il volume totale del centro è 48121 m³. Pertanto il rapporto di forma del fabbricato definito come il rapporto tra superfici disperdenti e volume riscaldato è pari a 0,44.

Tabella 3.8 Dati geometrici CMP di Venezia

Dati generali dell'edificio del CMP di Venezia	
Nr. di piani interrati	0
Nr. di piani fuori terra	2
Superficie utile in pianta	17089 m ²
Superficie lorda in pianta	8117 m ²
Superficie dell'involucro disperdente	20671,2 m ²
Altezza netta ambienti interni piano rialzato	6,0 m
Altezza netta ambienti interni piano primo	3,2 m
Volume lordo della zona riscaldata	48121 m ³
Volume netto della zona riscaldata	46815,5 m ³

La tamponatura è realizzata con la seguente stratigrafia : pannello prefabbricato di cls armato, intercapedine e pannello di cartongesso opportunamente rifinito. I tramezzi sono in blocchi cavi di conglomerato cementizio con intonaco civile su sottofondo di intonaco rustico dello spessore di 15-20 cm oppure sono costituiti da pareti mobile cieche o vetrate. Tutti gli ambienti sono controsoffittati con una struttura metallica in lamiera zincata sospesa a cui sono montati lastre di gesso rivestito di spessore 15 cm. Nelle aree operative è presente un pavimento in resina epossidica, negli uffici un pavimento in gomma con zoccolino in alluminio preverniciato nei servizi igienici è presente una pavimentazione in ceramica. Serramenti in alluminio con vetrocamera e con frangisole a pala in alluminio.

Tabella 3.9 Dati sull'involucro del CMP di Venezia

<i>Elemento</i>	<i>Stratigrafia</i>	<i>Sp [cm]</i>	<i>Trasmittanza [W/m²K]</i>
TAMPONATURA	Pannello armato cls	20	2,210
	Intercapedine	10	
	Pannello cartongesso in	0,5	
COPERTURA	Cls armato tegoloni	17,5	3,210
	Massetto cemento e sabbia	6,5	
	Guaina bituminosa impermeabilizzante	0,8	
	Ghiaia grossa	4	
SOLAIO PIANO TERRA	Pavimento gomma in	1	2,951
	Massetto cemento e sabbia	8	
	Cls armato tegoloni	17,5	

3.5 IL CMP DI BOLOGNA

L'edificio in questione è ubicato nel Comune di Bologna, *zona climatica "E"* con numero di *Gradi Giorno 2259*, in un'area compresa tra la ferrovia e la statale Strada Statale 18.

La superficie del lotto è di 70.101 m², di cui 18.000 m² destinati al centro di meccanizzazione postale.

Il corpo principale viene diviso in tre entità separate denominate: Corpo A (lato est); Corpo B (al centro); Corpo C (lato ovest).

Realizzato nell'anno 1972, il fabbricato ha una struttura di travi e pilastri in cemento armato precompresso e una struttura in acciaio di sostegno delle pensiline di copertura.

Le fondazioni sono costituite da una platea su pali prefabbricati. I solai interpiano sono in tegoli sagomati in c.a.p. o in lamiera grecata con getto in cls.



Figura 3.11 Veduta aerea del CMP di Bologna

L'edificio è costituito da due piani fuori terra con altezza interpiano di 3,8 m - 4,5 m, partendo da una quota rispetto al piano di campagna di 0,80 m ed una superficie di 25000 m². Pertanto le superfici disperdenti complessivamente sono pari a 38376 m² così distribuite:

- solaio di primo calpestio: 24613 m²
- solai di copertura: 17529 m²
- pannelli di chiusura verticale: 26882 m²
- superficie finestrata: 2230 m²
- superficie porte e portoni: 577 m²

Tabella 3.10 Dati geometrici del CMP di Bologna

Dati generali dell'edificio del CMP di Bologna	
Nr. di piani interrati	0
Nr. di piani fuori terra	3
Superficie utile tutti i livelli	64142 m ²
Superficie lorda in pianta	24613 m ²
Superficie dell'involucro disperdente	38376 m ²
Altezza netta ambienti interni piano rialzato	4,5 m
Altezza netta ambienti interni piano primo e secondo	3,8 m
Volume lordo della zona riscaldata	211421 m ³
Volume netto della zona riscaldata	169137 m ³

Il volume totale del centro è pari a 211421 m³. Pertanto il rapporto di forma del fabbricato definito come il rapporto tra superfici disperdenti e volume riscaldata è pari a 0.18.

La tamponatura, di duplice tipologia, è realizzata con pannelli prefabbricati in calcestruzzo vibrocompresso a faccia vista di spessore di 30 cm oppure in laterizi pieni di spessore variabile. I tramezzi sono in blocchi cavi di conglomerato cementizio con intonaco civile su sottofondo di intonaco rustico dello spessore di 15-20 cm oppure sono costituiti da pareti mobile cieche o vetrate. Tutti gli ambienti sono controsoffittati con una struttura metallica in lamiera zincata sospesa a cui sono montati lastre di gesso rivestito di spessore 15 cm. La pavimentazione delle aree operative, di duplice tipologia, è realizzata in resina epossidica di spessore di 7mm o 2mm oppure in gomma industriale.

Negli uffici è presente un pavimento in gres porcellanato di dimensione 20x20 mentre nei servizi igienici è presente una pavimentazione in ceramica. Il piano di copertura è costituita da solai prefabbricati in parte calpestabili mentre le banchine sono coperte con pensiline metalliche. I serramenti sono in alluminio con vetrocamera e frangisole.

Tabella 3.11 Dati sull'involucro del CMP di Bologna

<i>Elemento</i>		<i>Stratigrafia</i>	<i>Sp</i> <i>[cm]</i>	<i>Trasmittanza</i> <i>[W/m²K]</i>
TAMPONATUR A	pannello in cls	cls con 2% di acciaio	10	3,450
COPERTURA	copertura 1	cls armato tegoloni a p	15	0,890
		media massa volumica	6,5	
		poliuretano in schiuma	4	
		guaina bituminosa impermeabilizzante	0,8	
		ghiaia grossa	4	
SOLAIO INTERPIANO		cls armato tegoloni a p	17,5	2,951
SOLAIO PIANO TERRA		Tegolone e massetto in c.a.	17,5	2,950
		Massetto in cls magro	8	
		Pavimento in gomma	1	

3.6 IL CMP DI ANCONA

L'edificio in questione è ubicato nel Comune di Ancona, appartenente alla *zona climatica D* e numero di *Gradi Giorno 1688*, in frazione Passo Varano, in un'area compresa tra la Strada Provinciale Cameranense e la linea ferroviaria Adriatica.

L'area ha destinazione urbanistica "Zone per servizi urbani" sottogruppo "T - attrezzature tecnico/distributive" (art. 29), per la quale l'uso del territorio relativo all'immobile in oggetto è U4/18 – Attrezzature tecnologiche e per servizi tecnici urbani che prevede per i parcheggi ed il verde la commisurazione delle superfici ad essi destinati secondo le specifiche esigenze. L'area è inoltre inclusa in zona PIP e conseguentemente risulta soggetta anche alla specifica normativa di tale piano (articolo 29).



Figura 3.12 Veduta aerea del CMP di Ancona

La superficie del lotto è di 15881 mq mentre la superficie del fabbricato è 9373 mq. Il CMP è costituito da tre entità separate denominate: Corpo A (lato sud); Corpo B (ampliamento) e Corpo C (lato nord). Il corpo è costituito da tre piani fuori terra e presenta un'altezza di 13,5 m. Pertanto le superfici disperdenti complessivamente sono pari a 24448 m² così distribuite:

- solaio di primo calpestio: 8561 m²
- solaio di copertura: 8561 m²
- pannelli di chiusura verticale: 5564 m²
- superficie finestrata: 1673 m²

Tabella 3.12 Dati geometrici del CMP di Ancona

Dati generali dell'edificio del CMP di Ancona	
Nr. di piani interrati	0
Nr. di piani fuori terra	3
Superficie utile tutti i livelli	8629.30 m ²
Superficie lorda in pianta	9373 m ²
Superficie dell'involucro disperdente	24448 m ²
Altezza netta ambienti interni piano rialzato	4,5 m
Altezza netta ambienti interni piano primo e secondo	4,5 m
Volume lordo della zona riscaldata	88560 m ³
Volume netto della zona riscaldata	70848 m ³

Il volume totale del centro è pari a 88560 m³. Pertanto, il rapporto di forma del fabbricato definito come il rapporto tra superfici disperdenti e volume riscaldata è pari a 0,28.

La struttura dell'edificio principale (corpi A e C)

esistente è in elementi prefabbricati di calcestruzzo precompresso. Le dimensioni della maglia strutturale sono variabili tra ml. 12,00x9,60 e ml. 8,40x6,00). La configurazione strutturale si presenta di fattura piuttosto "robusta" con elementi portanti sia orizzontali che verticali di considerevole ingombro. Gli impalcati orizzontali sono costituiti da solai intermedi in copponi piani e coperture in tegoli sagomati tipo π in conglomerato cementizio precompresso.

I tamponamenti esterni sono pareti in curtain-wall con montanti in lega di alluminio, aventi le specchiature vetrate o chiuse a pannelli con paramento esterno in alluminio preverniciato e paramento interno in laminato. I relativi serramenti sono in lega di alluminio. Le partizioni interne sono costituite da tramezzi in muratura e pareti mobili parte cieche e parte vetrate. Le pavimentazioni sono in gomma industriale a bolli, gomma liscia, gres ed in tecnopolimero nelle zone lavorazione. Il corpo B presenta una struttura prefabbricata in conglomerato cementizio

precompresso, impostata su pali trivellati del diametro di 100 cm ed incamiciati spinti fino alla profondità di 25 metri dal piano di campagna attuale.

Tabella 3.13 Dati sull'involucro del CMP di Ancona

<i>Elemento</i>		<i>Sstratigrafia</i>	<i>Sp [cm]</i>	<i>Trasmittanza [W/m²K]</i>
TAMPONATURA	pannello in metallo	leghe di alluminio UNI 10351	1,5	0,871
		polistirene espanso estruso senza pelle	5	
		leghe di alluminio UNI 10351	1,5	
	pannello cls	pannello truciolare	2	1,874
		aria	15	
		cls armato	10	
COPERTURA	cls armato tegoloni a p	20	0,921	
	strato isolante lana di roccia	4		
	guaina bituminosa impermeabilizzante	0,8		
	aria	1		
	massa volumica	3		
SOLAIO PIANO TERRA	Solettone in c.a.	5	2,951	
	Tegolone in c.a.	12,5		
	Massetto il cls magro	8		
	Pavimento in gomma	1		
1° CALPESTIO		UNI EN ISO 13370		0,826

3.7 IL CMP DI FIRENZE

Il complesso del CMP di Firenze sorge a Sesto Fiorentino in Via Pier Paolo Pasolini, 397-933 e si estende su una superficie di circa 72000 mq, si divide in due edifici : edificio A di forma rettangolare allungata di due piani e di un edificio B di forma rettangolare più compatta di tre piani. L'edificio "A" ha pianta rettangolare con un corpo scale esterno inserito nell'angolo nord-ovest, e due corpi scala interni inseriti nei lati nord-est e sud.

Il corpo di collegamento degli edifici A e B ha pianta rettangolare ed è compreso tra i due corpi scala esterni dei rispettivi edifici, il corpo scale nell'angolo nord-ovest per l'edificio A e quello a nord-est per l'edificio B.



Figura 3.13 Veduta aerea del CMP di Firenze

I due corpi sono disomogenei per struttura, il corpo A presenta una struttura portante costituita da pilastri prefabbricati in officina e assemblati in cantiere e da solai in tegoli pigreco prefabbricati e assemblati in cantiere; il corpo B presenta una struttura portante in ferro costituita da pilastri IPE e solai in ferro e cemento composti da lamiera grecata in acciaio e successivo getto armato in opera.

Per quanto concerne gli aspetti geometrici e funzionali il corpo A presta una pianta rettangolare di lati 202,50 x 39,78 (m) la cui superficie lorda è pari a 8053,68 mq per ciascun piano e volume lordo di circa 100671 mc. Il piano rialzato presenta un'altezza di circa 5 m (calpestio-calpestio) e il primo piano di 7,50 m (calpestio-calpestio). L'edificio insiste su un cavedio seminterrato di altezza prossima al metro.

Il corpo B è un edificio a destinazione direzionale, pertanto non è stato oggetto di studio poiché realizzato con tecnologie costruttive differenti

rispetto alla tipologia oggetto dei lavori di ricerca. Esso presenta una pianta rettangolare di lati rispettivamente 105 x 37,6 (m) la cui superficie lorda è pari a circa 3948 mq per ciascun piano e volume lordo di circa 61983,6 mc. I piani presentano un'altezza, misurata dal calpestio inferiore a quello superiore rispettivamente di 5,50 m per il piano rialzato, 5,70 m per il primo piano, 4,5 m per il secondo piano.

Tabella 3.14 Dati geometrici del CMP di Firenze

Dati generali CMP Firenze	Edificio A
Nr. di piani fuori terra	2
Superficie utile tutti i livelli	17890 m ²
Superficie lorda in pianta	8053 m ²
Superficie dell'involucro disperdente	22162 m ²
Altezza netta ambienti interni piano rialzato	4,80 m
Altezza netta ambienti interni piano primo	7,30 m
Altezza netta ambienti interni secondo piano	-
Volume lordo della zona riscaldata	100671 m ³
Volume netto della zona riscaldata	80537 m ³

La struttura perimetrale esterna o di tamponatura è costituita da pannellature in cls prefabbricato e composta dai seguenti strati (in ordine dall'esterno verso l'interno):

- Cls prefabbricato armato, spessore 10 cm
- Aria in quiete, spessore 3 cm
- Pannello truciolare, spessore 3 cm
- Gomma dura, spessore 1 cm.

La struttura orizzontale di primo calpestio è composta da uno spessore di 10 cm di cls, seguito da un massetto di sottofondo in cls alleggerito parzialmente armato di spessore 5 cm, e da un rivestimento superficiale di gomma dura dello spessore di 1,5 cm. Il solaio di copertura è non coibentato, composto da cls prefabbricato dello spessore di 10 cm, massetto in cls alleggerito semiarmato dello spessore di 6 cm, massetto

livellante in malta cementizia da 4 cm , strato finale di impermeabilizzazione dello spessore di 0,8 cm rivestito da primer.

Per quanto concerne le aperture e le strutture di accesso opache, queste sono essenzialmente di due tipi: portoni sezionali di diverse metrature e porte a doppio battente in acciaio di tipo industriale.

Le chiusure verticali trasparenti sono rappresentate da finestre e porte-finestre di diverse dimensioni che talvolta si susseguono in moduli regolari e lineari da formare finestrate a “nastro” aventi telaio in alluminio senza taglio termico e vetri doppi di prima generazione. Parte di questi infissi sono schermati da frangisole regolabili con doghe in alluminio.

Tabella 3.15 Dati sull'involucro del CMP di Firenze

<i>Elemento</i>	<i>Stratigrafia</i>	<i>Sp [cm]</i>	<i>Trasmittanza [W/m²K]</i>
TAMPONATURA	Gomma dura	1	1,332
	pannello truciolare	3	
	aria	6	
	cls armato	10	
COPERTURA	Tegoloni a π in c.a.	10	3,230
	Massetto in c.a.p.	5	
	Massetto in cls magro	5	
	Guaina bituminosa impermeabilizzante	1	
PIANO COPERTURA SOLAIO TERRA	Piastrelle in ceramica	1	0,898
	Massetto in cls magro	15	
	Soletta in c.a.	20	
	Intonaco di calce e sabbia	1	
	Strato in feltro	1	
1° CALPESTIO	UNI EN ISO 13370		0,749

3.8 IL CMP DI ROMA

L'edificio in questione è ubicato nel comune di Fiumicino, nell'area dell'aeroporto internazionale Leonardo da Vinci, alla via Gino Capannini 63. Il comune di Fiumicino appartiene alla zona climatica C con numero di Gradi Giorno 1240. La superficie del lotto è di 20491 m², di cui 13861 m² destinati al centro di meccanizzazione postale.

Il corpo principale viene diviso in tre entità separate denominate: Corpo A (lato nord); Corpo B (lato ovest) Corpo C (lato est). Esso è stato realizzato nell'anno 1980.



Figura 3.14 Veduta aerea del CMP di Roma

Tabella 3.16 Dati geometrici del CMP di Roma

Dati generali dell'edificio del CMP di Roma	
Nr. di piani interrati	1
Nr. di piani fuori terra	2
Superficie utile tutti i livelli	29199 m ²
Superficie lorda in pianta	10538 m ²
Superficie dell'involucro disperdente	32686 m ²
Altezza netta ambienti interni piano rialzato	6 m
Altezza netta ambienti interni piano primo e secondo	6-5 m

Volume lordo della zona riscaldata	154819 m ³
Volume netto della zona riscaldata	119448 m ³

Il fabbricato è costituito da un corpo avente superficie in pianta di 13861 m² con un piano interrato a quota -2,27 e tre piani fuori terra di altezza interpiano 6 -5 m, esclusa la controsoffittatura di 60 cm. Pertanto le superfici disperdenti complessivamente sono pari a 32686 m² così distribuite:

- solaio di primo calpestio: 10538 m²
- solai di copertura: 10812 m²
- pannelli di chiusura verticale: 5994 m²
- superficie finestrata: 5342 m²
- superficie porte e portoni: 89,64 m²

Il volume totale del centro è 154819 m³. Pertanto il rapporto di forma del fabbricato definito come il rapporto tra superfici disperdenti e volume riscaldato è pari a 0.211.

La tamponatura, è realizzata con pannelli prefabbricati in calcestruzzo vibro compresso a faccia vista di spessore di 30 cm . I tramezzi sono in muratura di spessore 14-16 cm oppure sono costituiti da pareti mobile cieche o vetrate .Tutti gli ambienti sono controsoffittati con una struttura metallica in lamiera zincata sospesa a cui sono montati lastre di gesso rivestito di spessore 15 cm. La pavimentazione delle aree operative ,di duplice tipologia, è realizzata in resina epossidica di spessore di 7mm o 2mm oppure in gomma industriale . Negli uffici è presente un pavimento in gres porcellanato di dimensione 20x20 mentre nei servizi igienici è presente una pavimentazione in ceramica . Il piano di copertura è costituita da solai prefabbricati calpestabili mentre le banchine sono coperte con pensiline metalliche. I serramenti sono in alluminio con vetrocamera e con frangisole.

Tabella 3.17 Dati sull'involucro del CMP di Roma

<i>Elemento</i>		<i>Stratigrafia</i>	<i>Sp [cm]</i>	<i>Trasmittanza [W/m²K]</i>
TAMPONATURA	PARETE 1	pannello truciolare	2	1,874
		intercapedine	15	
		pannello in cls armato	10	
	PARETE 2	blocco semipieno 245x495	10	1,761
COPERTURA		Tegoloni a π in c.a.	17,5	0,930
		massetto cemento e sabbia	12,5	
		pannello di poliuretano in schiuma	5	
		strato PVC	0,1	
		guaina bituminosa impermeabilizzante	0,8	
SOLAIO PIANO TERRA		linoleum	1	2,951
		c.a. tegoloni a p	17,5	
		intercapedine	60	
1° CALPESTIO		UNI EN ISO 13370		0,700

3.9 IL CMP DI CAGLIARI

Il CMP di Cagliari è precisamente situato nel comune di Elmas ed ha una superficie del lotto pari a 13654 mq; e una Superficie del fabbricato pari a 5096 mq.

Il centro sorge in un'area adiacente all'aeroporto militare di Cagliari Elmas, ed è costituito da due corpi separati di cui uno è il principale a forma di L l'altro, secondario per grandezza, adibito a locale tecnologico.



Figura 3.15 Veduta aerea del CMP di Cagliari

I due corpi, dal punto di vista strutturale, presentano gli stessi caratteri. Realizzati negli anni 90', i fabbricati hanno una struttura con travi e pilastri in cemento armato precompresso, con interasse variabile tra 9.60 m e 13.50 m. Le fondazioni sono costituite da un reticolo di travi rovesce in c.a., posto ad una profondità media di due metri dal piano di campagna.

La tamponatura è realizzata prevalentemente da pannelli prefabbricati in cls di spessore di 20 cm, intercapedine di 8 cm e strato in pannelli in truciolato rivestiti in laminato plastico di spessore di 2 cm. Una parte minore dell'edificio ha tamponatura in mattoni forati di spessore 30 cm rivestite da uno strato interno e esterno di intonaco di 1,5 cm. Tale tamponatura è presente principalmente in corrispondenza dei blocchi scala.

Gli infissi sono a nastro in alluminio anodizzato e doppio vetro di prima generazione, rivestiti da elementi frangisole orientabili. Per quanto concerne le chiusure opache verticali, sono di due tipi:

- Portoni sezionali di diverse metrature;
- Porte a doppio battente in acciaio;

Le chiusure verticali trasparenti, oltre agli infissi a nastro, sono rappresentate da finestre e porte-finestre di diverse dimensioni, isolate o contigue che talvolta si susseguono in moduli regolari aventi telaio in alluminio di prima generazione e vetri monocamera ad aria con vetri di spessore circa 4 mm.

Tabella 3.18 Dati geometrici del CMP di Cagliari

Dati generali dell'edificio del CMP di Cagliari	
Nr. di piani interrati	1
Nr. di piani fuori terra	2
Superficie utile tutti i livelli	9276 m ²
Superficie lorda in pianta	5096 m ²
Superficie dell'involucro disperdente	12342 m ²
Altezza netta ambienti interni piano rialzato	5.80 m
Altezza netta ambienti interni piano primo	4.76 m
Volume lordo della zona riscaldata	31144 m ³
Volume netto della zona riscaldata	30516 m ³

La copertura è realizzata in calcestruzzo armato precompresso di spessore di 10 cm, da uno strato di pvc di sp. di 1 cm, da uno strato di poliuretano di sp.8cm e guaina bituminosa di 1 cm, per un totale del pacchetto copertura pari a 20 cm. Tutti gli ambienti sono controsoffittati con tipologie di chiusura variabili per l'alloggiamento di cavi e condotti impiantistici. Le aree operative hanno un pavimento in resina epossidica mentre nei restanti ambienti è presente una pavimentazione in ceramica. Nel locale tecnico sono presenti la centrale termica, la centrale idrica, il gruppo frigo, la cabina elettrica MT e BT.

Tabella 3.19 Dati sull'involucro del CMP di Cagliari

<i>Elemento</i>	<i>Stratigrafia</i>	<i>Sp [cm]</i>	<i>Trasmittanza [W/m²K]</i>
TAMPONATURA	pannello truciolare	2	2,044
	aria	8	
	cls armato	20	
COPERTURA	Solettone in c.a.	5	0,938
	Tegoloni a π in c.a.	10	
	Isolante in poliuretano espanso	4	
	guaina bituminosa impermeabilizzante	1	
SOLAIO PIANO TERRA	Tegoloni a π in c.a.	10	2,951
	Solettone in c.a.	10	
	Massetto in cls magro	8	
	Gomma dura	1	
1° CALPESTIO	UNI EN ISO 13370		0,688

3.10 IL CMP DI NAPOLI

L'edificio in questione è ubicato nel Comune di Napoli, zona climatica "C" con numero di Gradi Giorno 1034, in via Galileo Ferraris 66. L'area in questione si trova in prossimità dell'azienda napoletana di distribuzione del gas e della ferrovia. La superficie del lotto è di 26753 m², di cui 17903 m² destinati al CMP. Il Cmp è costituito da due corpi separati denominati:

Corpo 1 (lato nord-ovest) - Corpo 2 (lato nord-est).

Dal punto di vista strutturale, l'edificio, costruito negli anni 80', ha una struttura di travi e pilastri in cemento armato precompresso, con un interasse variabile tra i 7,00 m e 12,00 m. Le fondazioni sono costituite da un reticolo di travi rovesce in c.a., posto ad una profondità media di due metri dal piano di campagna.



Figura 3.16 Veduta aerea del CMP di Napoli

Il fabbricato è costituito da un corpo avente superficie in pianta di 11189 m² con un piano interrato e due piani fuori terra e presenta un'altezza media di 8 m. Pertanto le superfici disperdenti complessivamente sono paria a 28643 m² così distribuite:

- solaio di primo calpestio: 11189 m²
- solai di copertura: 11189 m²
- pannelli di chiusura verticale: 4622 m²
- superficie finestrata: 1243 m²
- superficie porte e portoni: 164 m²



Figura 3.17 Facciata esterna CMP di Napoli

Il volume totale del centro è 93553 m^3 . Pertanto il rapporto di forma del fabbricato definito come il rapporto tra superfici disperdenti e volume riscaldato è pari a 0,31.

Tabella 3.20 Dati geometrici del CMP di Napoli

Dati generali dell'edificio del CMP di Napoli	
Nr. di piani interrati	1
Nr. di piani fuori terra	2
Superficie utile tutti i livelli	22143 m^2
Superficie lorda in pianta	17903 m^2
Superficie dell'involucro disperdente	28643 m^2
Altezza netta ambienti interni piano rialzato	4,5 m
Altezza netta ambienti interni piano primo	3,5 m
Volume lordo della zona riscaldata	94121 m^3
Volume netto della zona riscaldata	93553 m^3

La tamponatura, di duplice tipologia, è costituita da pannelli prefabbricati in alluminio, coibente e calcestruzzo di spessore 30 cm con finestrate a nastro oppure da pannelli di cls prefabbricati intonacati di spessore 20 cm. I tramezzi sono in blocchi cavi di conglomerato cementizio con intonaco civile, su sottofondo di intonaco rustico dello spessore di 15 cm; oppure sono costituiti da pareti vetrate mobili cieche o vetrate

composte da pannelli in vetro temperato trasparente dello spessore di 5 mm. Le pareti vetrate presentano una fascia opaca a partire dai 2.16 m fino alla totale altezza dell'interpiani. Tutti gli ambienti sono controsoffittati con tipologie di chiusura piuttosto variabili per l'alloggiamento di eventuali cavi e condotti impiantistici. Le aree operative hanno un pavimento in resina epossidica mentre nei restanti ambienti è presente una pavimentazione in gres porcellanato di dimensione 20x20 cm. La copertura è costituita da solai prefabbricati in cemento armato calpestabili mentre le banchine di collegamento da pensilina metallica in lamiera grecata presente una copertura metallica in lamiera grecata o in lastre traslucide di polibicarbonato.

Il corpo B, sebbene sia di proprietà delle Poste Italiane, dal 2005 non è più utilizzato per le funzioni di centro di meccanizzazione postale.

Tabella 3.21 Dati sull'involucro del CMP di Napoli

<i>Elemento</i>		<i>Stratigrafia</i>	<i>Sp</i> <i>[cm]</i>	<i>Trasmittanza</i> <i>[W/m²K]</i>
TAMP ONATURA	parete pluristrato 1	malta in cemento e sabbia	3	1,310
		pannello truciolare	3	
		intercapedine	4	
		pannello in cls armato	20	
COPERTURA		Tegoloni a π in c.a.	10	2,300
		massetto cemento e sabbia	6	
		policloruro di vinile (PVC)	0,5	
		aria	1	
		pietra artificiale	3	
SOLAIO PIANO TERRA		linoleum	2	2,951
		massetto cemento e sabbia	8	
		cls armato	10	
1° CALPESTIO		UNI EN ISO 13370		1,011

3.11 IL CMP DI BARI

L'edificio in questione è ubicato nel Comune di Bari, zona climatica "C" con numero di Gradi Giorno 1187, in via De Blasio zona industriale Modugno.

La superficie del lotto è di 92304 m².

La superficie dell'edificio, dalla forma ad L, è di 17803 m², per un volume complessivo di 229725 m³ destinati alla funzione di centro di meccanizzazione postale ed uffici.



Figura 3.18 Veduta aerea CMP di Bari

Il CMP di Bari è stato costruito nel 1990. L'edificio è costituito, dal punto di vista strutturale, di una maglia spaziale di colonne in c.a. gettate in opera 60x60 e travi in cemento armato precompresso a T rovescio, con interasse variabile. Le fondazioni sono del tipo indiretto con platea su pali prefabbricati ed il piano di calpestio della zona interrata è caratterizzato da una soletta in cls con rete elettrosaldata maglia 80x80, priva quindi di vespaio. I solai interpiano e di copertura, sono realizzati utilizzando il c.a.p con sistema alare in tegoli sagomati a pi-greco; così anche il solaio di primo calpestio dell'area non attinente al piano interrato di spessore totale 80 cm. Tutti gli ambienti presentano una controsoffittatura in gesso alleggerito con perlite e fibre di vetro di rinforzo.

L'edificio è costituito da un piano interrato che si sviluppa per un'area di 3660 m² con altezza interpiano di 4,8 m, successivamente sono presenti due piani fuori terra con altezza interpiano di 3,8 m - 4,5 m, partendo da

una quota rispetto al piano di calpestio di 0,80 m. Pertanto le superfici disperdenti complessivamente sono pari a 41615 m² così distribuite:

- solaio di primo calpestio: 16173 m²
- solaio di copertura: 16037 m²
- pannelli di chiusura verticale: 4900 m²
- superficie finestrata: 4369 m²
- superficie porte e portoni: 207 m²

Il volume totale del centro è pari a 229725 m³. Pertanto il rapporto di forma del fabbricato definito come il rapporto tra superfici disperdenti e volume riscaldato è pari a 0,18.

Tabella 3.22 Dati geometrici del CMP di Bari

Dati generali dell'edificio del CMP di Bari	
Nr. di piani interrati	1
Nr. di piani fuori terra	2
Superficie utile tutti i livelli	33770 m ²
Superficie lorda in pianta	17903 m ²
Superficie dell'involucro disperdente	41615 m ²
Altezza netta ambienti interni piano rialzato	4,5 m
Altezza netta ambienti interni piano primo	3,8 m
Volume lordo della zona riscaldata	229725 m ³
Volume netto della zona riscaldata	183780 m ³

La tamponatura è realizzata con sistema a secco ottenendo un intercapedine non areata, compresa tra una muratura di cls e un pannello in cartongesso, per uno spessore di 30,5 cm. I tramezzi sono due di due tipologie in funzione dell'ambiente che delimitano, ovvero: muratura di blocchi cavi in cls, con intonaco civile su sottofondo di intonaco rustico, e muratura REI 120' per uno spessore di 22 cm. La pavimentazione è di diverso tipo, differenziandosi a seconda dello scopo dell'aria di lavoro;

per le aree operative meccaniche ritroviamo la resina epossidica; per spogliatoi, w.c. e break area è presente il gres porcellanato; per le aree uffici, gomma in teli o pavimento sopraelevato con gomma a quadrotti.

Per quanto concerne le chiusure opache verticali, sono di due tipi:

- Portoni sezionali di diverse metrature;
- Porte a doppio battente in acciaio;

Le chiusure verticali trasparenti, oltre agli infissi a nastro, sono rappresentate da finestre e porte-finestre di diverse dimensioni, isolate o contigue che talvolta si susseguono in moduli regolari aventi telaio in alluminio di prima generazione e vetri monocamera ad aria con vetri di spessore 4 mm.

Tabella 3.23 Dati sull'involucro del CMP di Bari

<i>Elemento</i>	<i>Stratigrafia</i>	<i>Sp [cm]</i>	<i>Trasmittanza [W/m²K]</i>
TAMPONATURA	pannello cls armato	20	1,878
	intercapedine	10	
	pannello in cartongesso	0,5	
COPERTURA	Tegoloni a π in c.a.	17,5	3,260
	massetto cemento e sabbia	6,5	
	guaina bituminosa impermeabilizzante	0,8	
	ghiaia grossa	4	
SOLAIO PIANO TERRA	pavimento in gomma	1	2,951
	massetto cemento e sabbia	8	
	Tegoloni a π in c.a.	17,5	
1° CALPESTIO	UNI EN ISO 13370		0,453

3.12 IL CMP DI LAMEZIA TERME

L'edificio in questione è ubicato nel Comune di Lamezia Terme, in località San Pietro Lamentino *zona climatica "C"* con numero di *Gradi Giorno 1199*.

La superficie del lotto è di 41731 m², di cui 10500 m² destinati al centro di meccanizzazione postale.

Il corpo principale viene diviso in tre entità separate denominate:

- Corpo A ,
- Corpo B (lato ovest)
- Corpo C (lato est).

Dal punti di vista strutturale presenta le stesse caratteristiche degli edifici precedenti. Realizzati negli anni 80' , i fabbricati hanno una struttura di travi e pilastri in cemento armato precompresso e colonne in acciaio con maglia prevalente di 12 metri per 6 metri . Le fondazioni sono costituite da una platea su pali prefabbricati .I solai interpiano sono in tegoli sagomati in c.a.p. o in lamiera grecata con getto in cls.



Figura 3.19 Veduta aerea CMP di Lamezia Terme

Il fabbricato è costituito da un corpo avente superficie in pianta di 10449 m² con due piani fuori terra e presenta un'altezza media di 8 m. Pertanto le superfici disperdenti complessivamente sono paria a 17919 m² così distribuite:

- solaio di primo calpestio: 6499 m²
- solai di copertura: 6705 m²
- pannelli di chiusura verticale: 3887 m²
- superficie finestrata: 1688 m²
- superficie porte e portoni: 178 m²

Il volume totale del centro è 58729 m³. Pertanto il rapporto di forma del fabbricato definito come il rapporto tra superfici disperdenti e volume riscaldato è pari a 0.30.

Tabella 3.24 Dati geometrici del CMP di Lamezia Terme

Dati generali dell'edificio del CMP di Lamezia Terme	
Nr. di piani interrati	0
Nr. di piani fuori terra	2
Superficie utile tutti i livelli	13208 m ²
Superficie lorda in pianta	10449 m ²
Superficie dell'involucro disperdente	17919 m ²
Altezza netta ambienti interni piano rialzato	4,5 m
Altezza netta ambienti interni piano primo	3,5 m
Volume lordo della zona riscaldata	58729 m ³
Volume netto della zona riscaldata	46983 m ³

La tamponatura, di duplice tipologia, è realizzata con pannelli prefabbricati in laminato metallico preverniciato e alluminio e dotati di coibente interno oppure in cls alleggerito dello spessore di 10-16 cm. I tramezzi sono in blocchi cavi di conglomerato cementizio con intonaco civile su sottofondo di intonaco rustico dello spessore di 15-20 cm oppure sono costituiti da pareti mobile cieche o vetrate. Tutti gli ambienti sono controsoffittati con una struttura metallica in lamiera zincata sospesa a cui sono montati lastre di gesso rivestito di spessore 15 cm. Nelle aree operative è presente un pavimento in resina epossidica,

negli uffici un pavimento in gomma con zoccolino in alluminio preverniciato nei servizi igienici è presente una pavimentazione in ceramica . Il piano di copertura è costituita da lamiera grecata con coibentazione e manto impermeabile mentre le banchine sono coperte con pensiline metalliche . Serramenti in alluminio con vetrocamera e con frangisole a pala in alluminio.

Tabella 3.25 Dati sull'involucro del CMP di Lamezia Terme

<i>Elemento</i>	<i>Stratigrafia</i>	<i>Sp [cm]</i>	<i>Trasmittanza [W/m²K]</i>
TAMPONATURA	intonaco di calce e cemento	2	1,310
	pannello di cls armato	18	
	intercapedine	10	
	isolante in lana di roccia	2	
	pannello di alluminio	0,3	
COPERTURA	Tegoloni a π in c.a.	17,5	2,690
	massetto cemento e sabbia	6,5	
	guaina bituminosa impermeabilizzante	0,8	
	ghiaia grossa	10	
	cls	4	
SOLAIO PIANO TERRA	linoleum	1	2,951
	Tegoloni a π in c.a.	17,5	
	intercapedine	210	
1° CALPESTIO	UNI EN ISO 13370		0,703

3.13 IL CMP DI PALERMO

Il centro di Palermo è situato in via Ugo La Malfa ed ha una superficie del lotto pari a 16464 mq e una superficie del fabbricato pari a 10184 mq. Esso è l'unico centro localizzato in zona climatica B con numero gradi giorno pari a 751.

Il CMP è costituito da due corpi separati: un corpo principale a forma di L di superficie pari a 9524 mq, e un corpo adibito a locale tecnologico avente superficie in pianta pari a 624 mq.

Il primo corpo ha due piani fuori terra per un'altezza massima di 11,10 m mentre il secondo corpo è di un solo piano fuori terra per un'altezza di 4,55 metri.



Figura 3.20 Veduta aerea CMP di Palermo

I due corpi, dal punto di vista strutturale, presentano gli stessi caratteri. Realizzati nel 1985, i fabbricati hanno una struttura con travi e pilastri in acciaio, con interasse variabile tra 6.00 m e 12.35m. Le fondazioni sono costituite da un reticolo di travi rovesce in c.a., posto ad una profondità media di due metri dal piano di campagna.



Figura 3.21 Facciata esterna CMP di Palermo

L'elemento di chiusura verticale è realizzata prevalentemente da velette in c.a prefabbricato di sp.20, un'intercapedine non ventilata di aria di sp. 10 cm, uno strato di cartongesso di sp. 1 cm rivestito di laminato plastico, per uno spessore totale del pacchetto di 21cm. Una parte minore dell'edificio ha tamponatura in mattoni forati di spessore 30 cm rivestite da uno strato interno e esterno di intonaco di 1,5 cm o in calcestruzzo. Tale soluzione è presente principalmente in corrispondenza dei blocchi scala.

Tabella 3.26 Dati geometrici del CMP di Palermo

Dati generali dell'edificio del CMP di Palermo	
Nr. di piani interrati	0
Nr. di piani fuori terra	2
Superficie utile tutti i livelli	19500 m ²
Superficie lorda in pianta	10184 m ²
Superficie dell'involucro disperdente	25475 m ²
Altezza netta ambienti interni piano rialzato	4,5 m
Altezza netta ambienti interni piano primo	3,5 m
Volume lordo della zona riscaldata	84375 m ³
Volume netto della zona riscaldata	79693 m ³

La copertura è realizzata in tegoli prefabbricati con testa di sp. 10 cm, solidarizzati con un strato di c.a. di sp.5 cm, e ricoperto da un massetto delle pendenze in calcestruzzo alleggerito di sp.6.5cm, una guaina bituminosa di 1 cm e un ghiaietto drenante di sp. 4 cm, per uno spessore totale del pacchetto copertura di 26.50 cm. Tutti gli ambienti sono controsoffittati con tipologie di chiusura variabili per l'alloggiamento di cavi e condotti impiantistici. Le aree operative hanno un pavimento in resina epossidica mentre nei restanti ambienti è presente una pavimentazione in ceramica. Nel locale tecnico sono presenti la centrale

termica, la centrale idrica, il gruppo frigo, la cabina elettrica MT e BT e il gruppo elettrogeno.

Gli infissi sono a nastro in alluminio anodizzato e doppio vetro di spessore 4 cm con intercapedine di 6 cm di prima generazione, rivestiti da elementi frangisole orientabili. Per quanto concerne le chiusure opache verticali, sono di due tipi: Portoni sezionali di diverse metrature e porte a doppio battente in acciaio. Le chiusure verticali trasparenti, oltre agli infissi a nastro, sono rappresentate da finestre e porte-finestre di diverse dimensioni, isolate o contigue che talvolta si susseguono in moduli regolari aventi telaio in alluminio di prima generazione e vetri monocamera ad aria con vetri di spessore circa 4 mm.

L'elemento di chiusura verticale è realizzato prevalentemente da veletta in c.a prefabbricato di sp.20, un'intercapedine non ventilata di aria di sp. 10 cm, uno strato di cartongesso di sp. 1 cm rivestito di laminato.

Tabella 3.27 Dati sull'involucro del CMP di Palermo

<i>Elemento</i>	<i>Stratigrafia</i>	<i>Sp [cm]</i>	<i>Trasmittanza [W/m²K]</i>
TAMPONATU RA	pannello in cartongesso	1	2,210
	Intercapedine non ventilata	10	
	cls armato	20	
COPERTURA	Tegoloni a π in c.a.	10	3,140
	Solettone in c.a.	5	
	Massetto in cls magro	6,5	
	Guaina bituminosa	1	
	Ghiaia drenante	4	
SOLAIO PIANO TERRA	Tegoloni a π in c.a.	10	2,951
	Solettone in c.a.	7,5	
	Massetto in cls magro	8	
	Pavimento in gomma	1	
1° CALPESTIO	UNI EN ISO 13370		0,605

Per quanto riguarda i serramenti tutti i CMP risultano avere infissi in alluminio monoblocco con un telaio in alluminio senza taglio termico e distanziatore in metallo avente una trasmittanza termica di $5,91 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Le superfici vetrate sono del tipo a doppia lastra di vetro dello spessore di 4 mm senza camera d'aria, posti ad una distanza tra essi di 6 mm aventi una trasmittanza termica di $3,35 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Conoscendo la trasmittanza del telaio, la trasmittanza delle vetrazioni, la trasmittanza lineica dell'innesto vetrata – telaio e soprattutto la particolare geometria degli infissi è stata calcolata la trasmittanza degli infissi U_w attraverso la formula:

$$U_w = \frac{(A_g * U_g + A_f * U_f + L_g * \Psi_g)}{(A_g + A_f)}$$

introdotta dalla norma UNI 10077 e come illustrato dalle tabelle seguenti:

Tabella 3.28 Trasmittanza infissi parte 1

Involucro - ELEMENTI TRASPARENTI – TABELLA 1		
CMP	SUPERFICIE VETRATA (altezza infisso per larghezza infisso - valori in cm)	U_w (W/mqK)
<i>Roma</i>	350 x 120	3,62
	385x120	3,92
	250x120	3,58
	265x120	3,57
	215x120	3,90
<i>Venezia</i>	390x120	3,54
	350x120	3,93
	250x120	3,58
<i>Palermo</i>	120x120	3,90
	175x120	3,95

	215x120	3,90
	315x235	3,94
	350x285	3,54
<i>Bologna</i>	120x215	3,60
	285x350	3,76
<i>Napoli</i>	880x150	1,46
	230x150	2,83
	350x370	3,81
	850x300	2,77
<i>Ancona</i>	240x360	3,63
	180x240	3,25
	120x120	4,09
	300x180	2,89

Tabella 3.29 Trasmittanza infissi parte 2

Involucro - ELEMENTI TRASPARENTI – TABELLA 2		
CMP	SUPERFICIE VETRATA (altezza infisso per larghezza infisso - valori in cm)	U_w (W/mqK)
<i>Milano</i>	390x120	3,54
	280x120	3,57
	175x120	3,95
	480x240	3,86
	315x235	3,94
<i>Cagliari</i>	340x240	3,93
	215x120	3,91
	260x120	3,87

<i>Bari</i>	120x120	4,00
	120x175	4,00
	230x230	4,02
	235x315	3,94
<i>Lamezia Terme</i>	120x120	4,05
	110x190	3,96
	110x250	3,95
	235x315	3,94
	93x197	4,02
	93x227	3,95
<i>Torino</i>	93x108	4,17
	93x197	4,02
	93x227	3,95
<i>Firenze</i>	120x100	3,63
	120x52	3,95
	110x230	3,54
	230x240	3,44

4 INQUADRAMENTO NORMATIVO IN CAMPO ENERGETICO

4.1 INTRODUZIONE

In materia di efficienza energetica la comunità Europea ha indicato ai paesi membri la strada da percorrere con la Direttiva 2002/91/CE “Rendimento energetico nell’edilizia” detta anche EPBD, ovvero Energy Performance Buildings Directive e successivamente con la Direttiva 2010/31/UE (detta anche EPBD2) in vigore dal 9 luglio 2010.

L’Italia introduce nel proprio regolamento nazionale le indicazioni delle due direttive attraverso il D.Lgs 192/05 (di recepimento della direttiva 2002/91) e il Decreto legge 63/13 (di recepimento della direttiva 2010/31) convertito in legge il 3 agosto 2013 dalla legge 90/13.

Il quadro legislativo italiano inoltre dal 2007 ad oggi si è arricchito di una serie di provvedimenti che hanno modificato, integrato e attuato le disposizioni previste dai testi di recepimento.

4.2 I PRIMI STRUMENTI NORMATIVI

4.2.1 Legge 1976 N.373

Primo provvedimento riguardante l’efficienza energetica degli edifici, la legge 373/76, ed i suoi strumenti applicativi, il DPR 38 Giugno 1977 n. 1052 ed il DM 10 marzo 1977, che fissavano limiti alla potenza degli impianti di riscaldamento, attraverso il coefficiente volumico “ $c_g = c_d + c_v$ ”, senza fornire indicazioni sul metodo di calcolo da utilizzare per la verifica. I tecnici del settore hanno tuttavia spontaneamente ed ordinatamente utilizzato la norma italiana UNI 7357.

La legge 373/76 ha di fatto prescritto l’isolamento termico degli edifici, senza considerare però, praticamente, l’efficienza degli impianti. Va inoltre osservato che il limite alla potenza non costituiva affatto un limite reale, in quanto la norma UNI 7357, finalizzata al calcolo del carico

termico per il dimensionamento, forniva dati molto cautelativi (si riferiva a condizioni climatiche limite, non teneva conto degli apporti, aggiungeva un 20% alle dispersioni delle strutture a nord, invece di toglierlo a quelle esposte a sud, non teneva conto dell'inerzia delle strutture, ecc.). Non solo per queste ragioni, la legge è risultata assai poco efficace, ma ha avuto il merito di destare un certo interesse intorno all'argomento del risparmio energetico.

4.2.2 Legge 9 Gennaio 1991 N.10

La legge n.10 del 9 Gennaio 1991 tratta, in modo esteso ed esauriente, le problematiche del piano energetico nazionale, con particolare attenzione al risparmio energetico ed allo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia. Lo scopo di questa legge era quello di migliorare i processi di trasformazione dell'energia, di ridurre i consumi ed incrementare le condizioni di compatibilità ambientale, oltre che prevedere la certificazione energetica del patrimonio edilizio.

La legge promuoveva il contenimento dei consumi di energia nella produzione e nell'utilizzo, oltre che l'utilizzazione delle fonti rinnovabili. Vengono quindi definite le fonti rinnovabili o assimilate: il sole, il vento, l'energia idraulica, le risorse geotermiche, le maree il moto ondoso e la trasformazione dei rifiuti organici ed inorganici o di prodotti vegetali. Sono inoltre considerate fonti di energia assimilate alle fonti rinnovabili di energia: la cogenerazione, intesa come produzione combinata di energia elettrica o meccanica e di calore, il calore recuperabile nei fumi di scarico e da impianti termici, da impianti elettrici e da processi industriali, nonché le altre forme di energia recuperabile in processi, in impianti e in prodotti ivi compresi i risparmi di energia conseguibili nella climatizzazione e nell'illuminazione degli edifici con interventi sull'involucro edilizio e sugli impianti.

Per incrementare la realizzazione di iniziative volte a ridurre il consumo specifico di energia, il miglioramento dell'efficienza energetica, l'utilizzo delle fonti della stessa nella climatizzazione e nell'illuminazione degli ambienti, anche adibiti ad uso industriale, artigianale, commerciale, turistico, sportivo ed agricolo, potevano essere concessi incentivi sotto forma di incentivo alla spesa d'investimento.. Questi contributi erano a sostegno dell'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia edilizia.

Questa legge è fondamentale, in quanto inizia così un ciclo importante e duraturo nel tempo, in costante ascesa e di importante dibattito nel nostro Paese (e non solo), per il miglioramento, il rinnovo e il risparmio energetico.

La legge 10/1991 contiene quindi le “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”: la norma è da considerare sicuramente come un’ottima legge che avrebbe potuto porre l’Italia all’avanguardia in Europa per quanto riguarda il contenimento dei consumi energetici in quanto, come già sottolineato, introduceva già la certificazione energetica di edifici ed i piani energetici comunali, oltre all’obbligo di fonti rinnovabili degli edifici pubblici. L’aspettativa era grande. Ci si accorse presto, però, che aveva due difetti che la resero “lettera morta”: era piena di articoli che recitavano “entro 180 giorni sarà emanato” questo o quello dei decreti attuativi che rendeva operativa la legge e di fatto non erano previste sanzioni per chi le disattendeva. Fu così che si dovette aspettare altri due anni perché fosse dato alla luce il decreto 412 che conteneva le “Norme per la progettazione, l’installazione, l’esercizio degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia”. Tuttavia la legge n.10, quindi, pur essendo una norma che a livello comunitario ci veniva invidiata è stata purtroppo disattesa a seguito della mancata emanazione dei decreti attuativi. La certificazione energetica quindi, sogno già dal 1991, rimane nel cassetto. Rimane nel cassetto anche il sogno di avere un patrimonio edilizio altamente performante dal punto di vista energetico con il risultato, purtroppo, sotto gli occhi di tutti. L’Italia ha un patrimonio edilizio molto mediocre dal punto di vista energetico, gli edifici hanno bassissime prestazioni ed altissimi consumi. Patrimonio edilizio esistente costituito, per la maggior parte prima del 1973, quindi senza la minima attenzione al risparmio energetico, e quindi senza alcuna progettazione inerente all’isolamento termico dell’involucro o alla scelta dei componenti che potessero garantire le minime prestazioni energetiche. Gli impianti installati sono spesso inadeguati, con rendimenti molto scarsi e sistemi di distribuzione che non ne consentono una riqualificazione energetica.

4.2.3 D.P.R. 26 Agosto 1993 N.412

DPR 26 Agosto 1993, n. 412 è un 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 della legge 9 Gennaio 1991, n. 10.

Decreto che suddivide il territorio nazionale in zone climatiche e in gradi giorno (GG). Per il conteggio dei gradi giorno calcolata per ogni giorno di riscaldamento la differenza tra la temperatura interna desiderata di progetto (fissata di 20°C) e la temperatura esterna misurata. I gradi giorno annuali sono la somma delle differenze relative a tutti i gradi giorno di una stagione di riscaldamento. I GG consentono, quindi, di dare delle indicazioni sull’energia termica richiesta per il riscaldamento in relazione al clima e alla localizzazione dell’edificio. I GG, quindi, non sono specifici dell’edificio, ma della località all’interno della quale lo stesso si colloca. Tanto più è alto il valore di GG, tanto più è rigido il clima e tanto maggiore sarà la quantità di energia necessaria per il riscaldamento dell’edificio. Il territorio nazionale risulta essere così suddiviso nelle seguenti sei zone climatiche:

- ZONA A: comuni che presentano GG non superiori a 600;
- ZONA B: comuni che presentano GG superiore a 600 e non superiore a 900;
- ZONA C: comuni che presentano GG superiore a 900 e non superiore a 1400;
- ZONA D: comuni che presentano GG superiore a 1400 e non superiore a 2100;
- ZONA E: comuni che presentano GG superiore a 2100 e non superiore a 3000;

ZONA F: comuni che presentano GG superiore di 3000.

introdotta, inoltre, una classificazione generale degli edifici per categorie. Qualora un edificio sia costituito da parti individuabili come appartenenti a categorie diverse, le stesse devono essere considerate separatamente, ciascuna nella categoria che le compete.

Queste classi sono otto e nello specifico:

- E1. Edifici adibiti a residenze e assimilabili;
- E2. Edifici adibiti a uffici e assimilabili;
- E3. Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili;

- E4. Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili;
- E5. Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili;
- E6. Edifici adibiti ad attività sportive;
- E7. Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
- E8. Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.

A fronte di principi innegabilmente innovativi e condivisibili è stata prodotta una normativa applicativa, regolamentare e tecnica, assolutamente inadeguata.

Il DPR 412/93 fissava un limite al fabbisogno di energia primaria, costituito dal “FEN”, Fabbisogno Energetico Normalizzato, in una forma concettualmente sbagliata e praticamente inutile (il rispetto del “cd” e del rendimento “ η_g ”, comportava un FEN nettamente inferiore al limite, che pertanto non aveva ragione di essere);

Le norme UNI 10344 “Calcolo del fabbisogno di energia“ e UNI 10379 “Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato - Metodo di calcolo e verifica“, applicabili per la verifica del FEN, erano caratterizzate da difetti gravi e tali da fornire dati privi di utilità pratica.

Solo in seguito, per merito soprattutto della evoluzione normativa europea, si è verificato un notevole progresso nei metodi di calcolo. A cominciare dalle UNI-EN 12831.

4.3 LA VISIONE EUROPEA

A livello comunitario, la strategia comunitaria è molto chiara: l’obiettivo principale è quello di razionalizzare i consumi di energia e quindi di ridurre gli sprechi.

Il tema della certificazione energetica è argomento di discussione da moltissimo tempo: infatti, già all’interno della direttiva Cee n. 93/1976 del settembre 1993 è presente un articolo che rivela il proposito di limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l’efficienza energetica degli edifici. All’interno di tale articolo è reso noto anche l’intento di informare i consumatori finali dell’energia, ovvero gli utenti, sui consumi degli edifici di loro proprietà, e vengono stabiliti alcuni parametri energetici per la certificazione. Si cita la procedura di

certificazione energetica includendo anche alcuni consigli per il miglioramento della prestazione energetica degli edifici stessi.

4.3.1 Direttiva Europea 2002/91/CE “Energy Performance Building Directive”

Si deve però arrivare al 2002, con la direttiva 2002/91/CE denominata EPBD (Energy Performance Building Directive), per promuovere la certificazione energetica degli edifici ed imporre una politica energetica con la finalità di incrementare l'efficienza energetica del patrimonio edilizio, sia esistente che nuovo.

Le disposizioni contenute nella EPBD riguardano essenzialmente:

- un metodo generale e standardizzato per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici;
- l'applicazione di alcuni requisiti minimi di consumo energetico degli edifici di nuova costruzione;
- l'applicazione dei requisiti minimi di consumo energetico per gli edifici esistenti;
- il monitoraggio e l'ispezione periodica dei sistemi di climatizzazione estiva ed invernale oltre che il condizionamento.

Il nuovo approccio, quindi, proposto dalla normativa, tende ad analizzare l'edificio non semplicemente come un involucro ma come un sistema, all'interno del quale gli impianti hanno un ruolo determinante. Il calcolo deve tenere in considerazione le caratteristiche termiche dell'edificio (murature, divisori, tamponamenti, solai, ecc.), l'impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria, il sistema di condizionamento, di ventilazione, l'impianto di illuminazione, il posizionamento e l'orientamento dell'edificio e la ventilazione naturale.

All'interno delle procedure di calcolo, ovviamente, dovranno anche essere tenute presenti tutte le fonti energetiche rinnovabili ed i sistemi di cogenerazione e riscaldamento a distanza.

La direttiva ribadisce l'importanza del ruolo del certificatore e, all'interno dell'articolo 10, ne ribadisce l'indipendenza: "...gli Stati membri si assicurano che la certificazione degli edifici e l'elaborazione delle raccomandazioni che la corredano (...) vengano effettuate in maniera indipendente da esperti qualificati e/o riconosciuti, qualora operino come imprenditori individuali o impiegati di enti pubblici o di organismi privati”.

Un altro tema fondamentale trattato dalla direttiva comunitaria è il concetto di diagnosi energetica; essa è definita come “la procedura sistematica volta a fornire una adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o di un gruppo di edifici, di una attività e/o impianto industriale di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati”.

La direttiva comunitaria (EPBD) viene supportata poi da un pacchetto di norme CEN, costituito da 43 titoli o parti che hanno la funzione di integrare e approfondire gli argomenti trattati all’interno della normativa principale. Le 43 norme, per un totale di circa 2000 pagine, sono così organizzate:

- fisica dell’edificio: calcolo delle dispersioni energetiche per conduzione e ventilazione, apporti energetici, effetti della radiazione solare in estate e d’inverno, fabbisogni energetici estivi ed invernali, calcolo delle temperature;
- descrizione e proprietà (classificazioni) dei sistemi di ventilazione con raffrescamento e dei sistemi di condizionamento dell’aria;
- descrizione degli impianti di climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda a usi sanitari;
- norme di supporto su sistemi di illuminazione per edifici, controlli ed automazione dei servizi degli edifici, classificazione dell’ambiente interno, valutazione economico-finanziaria delle soluzioni energeticamente sostenibili;
- ispezioni: caldaie e impianti di riscaldamento, impianti di raffrescamento e condizionamento d’aria, impianti di ventilazione;
- norme chiave per esprimere la prestazione e la certificazione energetica degli edifici, l’uso totale dell’energia, l’energia primaria e le emissioni di CO², la valutazione dell’energia e la definizione dei livelli di prestazione energetica.

Tra le norme comunitarie a corredo della direttiva principale EPBD risulta di grande interesse la EN 15217; in essa sono contenuti i metodi per esprimere le prestazioni energetiche degli edifici per la classificazione energetica. All’interno di questa norma, infatti, vengono trattati i possibili approcci alla certificazione energetica con l’obiettivo di definire le procedure di valutazione energetica e indicare agli operatori del settore possibili soluzioni tecniche per il miglioramento della prestazione

energetica dei loro edifici. Nel contesto di tale norma sono infatti definiti gli indici globali per la prestazione energetica dell'edificio, le modalità per esprimere il fabbisogno energetico nella progettazione di nuovi edifici, le procedure di *benchmark* (valori di riferimento) ed, infine, gli schemi di certificazione.

All'interno della norma sono inoltre contenuti alcuni esempi di certificazione, di seguito riprodotti, anche se è data facoltà agli Stati membri di definire propri specifici schemi di certificazione e le relative modalità di applicazione.

4.3.2 Direttiva Europea 2006/32/CE

Questa direttiva ha lo scopo di migliorare l'efficienza degli usi finali dell'energia sotto il profilo dei costi/benefici negli Stati membri, creando le condizioni per lo sviluppo e la promozione di un mercato dei servizi energetici. La direttiva si applica ai distributori di energia, ai gestori dei sistemi di distribuzione, alle società di vendita di energia e agli utenti finali. Gli Stati membri hanno l'obiettivo di raggiungere un risparmio energetico pari al 9% entro il 2015 da conseguire tramite servizi energetici e altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica. Tale direttiva è stata recepita ed attuata con il D.Lgs n. 115/2008 dal Consiglio dei Ministri nella seduta del 30 Maggio 2008.

4.4 IL RECEPIMENTO ITALIANO

4.4.1 D. Lgs. 19 Agosto 2005 N.192 e D.Lgs. 29 Dicembre 2006 N.311

La carenza normativa a livello italiano fu colmata, dopo più di dieci anni, grazie all'emanazione della direttiva europea 2002/91/CE inerente il rendimento energetico nell'edilizia. A seguito di tale normativa comunitaria, gli Stati membri dovettero provvedere al recepimento della normativa emanando uno specifico decreto valido a livello nazionale, e fu così che, nell'agosto del 2005, fu emanato il decreto legislativo n. 192. Esso rappresentava, da un lato, una speranza per l'evolversi di un nuovo

metodo costruttivo a livello nazionale e dall'altro la possibilità di instaurare un nuovo concetto di standard abitativo.

Il D.Lgs n. 192 quindi “stabilisce i criteri, le condizioni, e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazioni delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico. Il decreto disciplina in particolare:

- la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
- l'applicazione dei requisiti minimi in materie di prestazioni energetiche;
- i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;
- le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione;
- i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione energetica e delle ispezioni degli impianti;
- la raccolta delle informazioni e delle esperienze, delle elaborazioni e degli studi necessari all'orientamento della politica energetica del settore;
- la promozione dell'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali, la formazione e l'aggiornamento degli operatori del settore.

Il decreto n. 192 è finalizzato, quindi, al contenimento dei consumi energetici, alla progettazione e realizzazione di edifici di nuova costruzione ed a impianti in essi installati, oltre che a nuovi impianti installati in edifici esistenti; inoltre è finalizzato alla certificazione energetica degli edifici.

Fino all'applicazione dei suoi decreti attuativi, il calcolo della prestazione energetica degli edifici nella climatizzazione invernale e, in particolare, del fabbisogno annuo di energia primaria (FEP), è stato disciplinato dalla legge 9 gennaio 1991, n.10, come modificata dal D.Lgs 192/2005 e dalle norme attuative.

La legge n. 192 è stata modificata ed integrata dal decreto legislativo 29 dicembre 2006 n. 311.

Il Decreto Legislativo n°311 del 29 dicembre 2006 introduce importanti modifiche e integrazioni al Decreto Legislativo n°192 del 19 agosto 2005, relative al rendimento energetico nell'edilizia.

Il Decreto infatti fissa i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici, definendone la metodologia per il calcolo ed i criteri generali per la certificazione energetica. Gli Allegati del D.Lgs. 311/2006 rappresentano il vero fulcro prescrittivo in materia di certificazione energetica precedentemente all'avvento delle Linee Guida Nazionali.

L'articolo 1 di tale decreto, apporta modifiche all'articolo 3 del decreto n°192, in quanto sostituisce il comma 1 con:

“Il presente decreto si applica, ai fini del contenimento dei “CONSUMI ENERGETICI”: alla progettazione e realizzazione di edifici di nuova costruzione e degli impianti in essi installati, di nuovi impianti installati in edifici esistenti, delle opere di ristrutturazione degli edifici e degli impianti esistenti.”

Esso inoltre modifica all'articolo 6: l'attestato di Certificazione Energetica è necessario per accedere agli incentivi ed alle agevolazioni di qualsiasi natura , sia come sgravi fiscali o contributi a carico di fondi pubblici o della generalità degli utenti, finalizzati al miglioramento delle prestazioni energetiche dell'unità immobiliare, dell'edificio o degli impianti.

All'articolo 9 è aggiunto: Soluzioni tipologiche e tecnologiche volte all'uso razionale dell'energia e all'uso di fonti energetiche rinnovabili, con indicazioni anche in ordine all'orientamento e alla conformazione degli edifici da realizzare (e non solo) per massimizzare lo sfruttamento della radiazione solare e con particolare cura nel non penalizzare , in termini di volume edificabile, le scelte conseguenti. Tutte le nuove opere devono avere un attestato di Qualificazione Energetica.

Tra i diversi parametri fissati dal Decreto si trovano i valori limite della “trasmissione termica” delle strutture opache verticali (vedi tabella), che cambiano in funzione delle zone climatiche.

4.5 I DECRETI ATTUATIVI

4.5.1 D. Lgs. 30 Maggio 2008 N.115

Il 30 Maggio 2008 è stato pubblicato il D.Lgs n.115 relativo a “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”. Questo decreto introduce alcune interessanti novità per la sicurezza dell’approvvigionamento energetico e la tutela dell’ambiente, già introdotte con la direttiva 2006/32/CE.

Per quanto riguarda l’efficienza energetica nell’edilizia, introduce una serie di misure aventi lo scopo di migliorare l’efficienza energetica degli edifici. In particolare si introducono semplificazioni di carattere urbanistico per lo scomputo dei volumi e deroghe per le distanze dei fabbricati e le altezze.

Il decreto 115 introduce all’art. 18 i criteri generali di prestazione energetica per l’edilizia pubblica e privata nonché i requisiti professionali dei tecnici e degli organismi abilitati alla certificazione energetica. L’allegato III dello stesso decreto individua le metodologie di calcolo ed i requisiti per l’esecuzione delle diagnosi energetiche e la certificazione energetica degli edifici.

4.5.2 D.P.R. 2 Aprile 2009 N.59

Il D.P.R. n. 59 del 3 aprile 2009, che costituisce il decreto di attuazione dell’articolo 4 del Decreto Legislativo n. 192/2005, fornisce importanti precisazioni tecnico-attuate in merito alle prescrizioni del citato D.Lgs n.192 e relative alle problematiche di efficienza energetica dell’edificio nel periodo estivo.

Tra le novità introdotte ai fini della valutazione dell’efficienza energetica degli edifici nel periodo estivo, particolare attenzione merita il parametro “YIE” (W/m^2K) che esprime la cosiddetta “trasmittanza termica periodica”, che rappresenta il parametro di valutazione della “capacità di una parete opaca di sfasare ed attenuare il flusso termico che la attraversa nell’arco delle 24 ore”.

Tecnicamente la YIE esprime il prodotto tra il cosiddetto fattore di attenuazione “fd” (parametro adimensionale che esprime il rapporto tra l’ampiezza del flusso termico in uscita e quello in entrata in una specifica

parete dell'edificio) ed il valore della trasmittanza termica in regime stazionario "U" (espressa in W/m^2K). Pertanto il valore della trasmittanza termica periodica assume la stessa unità di misura della trasmittanza termica stazionaria, e rappresenta sostanzialmente sia il grado di smorzamento che il grado di sfasamento dell'onda termica (tempo che impiega il flusso termico a passare dalla superficie esterna della parete a quella interna da cui viene irraggiato verso lo spazio abitato).

Per quanto riguarda le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici l'art. 3 del DPR definisce che si debbano adottare le norme tecniche nazionale, definite nel contesto delle norme EN a supporto della direttiva 2002/91/CE, della serie UNI/TS 11300 e loro successive modificazioni.

L'art. 4 definisce poi i *criteri generali e requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici ed impianti*, riprende il transitorio dell'Allegato I del D.Lgs. 192/2005 con alcune novità. Bisogna rispettare i seguenti requisiti minimi:

- il valore dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale E_{Pi} deve essere minore ai valori riportati nel D.Lgs 192/2005;
- il valore dell'indice $E_{pe,inv}$, *prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio*, dato dal rapporto tra il fabbisogno annuo di energia termica per il raffrescamento dell'edificio quale risultato della procedura di calcolo della UNI/TS 11300 parte 1, e la superficie utile, per gli edifici residenziali, o il volume per gli edifici con altre destinazione d'uso, deve essere inferiore a quanto previsto dall' art. 4

Per la prima volta nella legislazione italiana si introduce un limite relativo al comportamento energetico durante il regime estivo. Questo potrà avere conseguenze per la progettazione e costruzione degli edifici, soprattutto nel centro-sud Italia.

L'elenco delle regole da rispettare è riportato nel testo del DPR 59/09 (principalmente nel corpo dell'Art. 5) a cui si aggiungeranno le indicazioni sull'obbligo al ricorso di fonti rinnovabili introdotte dal DLgs 28/11.

Tabella 4.1 Tipologie di interventi

TIPO DI INTERVENTO (Art. 3 DLgs 192/05) Il legislatore propone sei categorie in cui individuare tutte le possibilità d'intervento sugli edifici	
TIPO 1	Edifici di nuova costruzione e impianti in essi contenuti
TIPO 2	Ampliamenti con un volume > 20% del volume dell'edificio stesso <i>(Art.3 comma 2,b)</i>
TIPO 3	Ristrutturazione integrali degli elementi d'involucro e demolizioni e ricostruzioni in manutenzione straordinaria di edifici esistenti con superficie utile > 1000 mc <i>(Art.3 comma2a, punti 1e2)</i>
TIPO 4	Ristrutturazioni totali o parziali e manutenzioni straordinarie dell'involucro per tutti i casi diversi dai due sopra descritti <i>(Art.3 comma2 c, punto1)</i>
TIPO 5	Nuova installazione di impianti termici in edifici esistenti o ristrutturazione degli stessi impianti <i>(Art.3 comma 2 c, punto2)</i>
TIPO 6	Sostituzione di generatori di calore <i>(Art.3 comma 2 c, punto3)</i>

Tabella 4.2 Classificazione edifici in base alla destinazione d'uso

E.1	Edifici adibiti a residenza e assimilabili
E.2	Edifici adibiti a ufficio e assimilabili
E.3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cure e assimilabili
E.4	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili
E.6	Edifici adibiti ad attività sportive
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e artigianali assimilabili

Incrociando il tipo di intervento con la tipologia dell'edificio si ottiene l'elenco delle prescrizioni da rispettare. Nel caso specifico dell'edificio oggetto di studio, trattasi di intervento TIPO1 e classificazione dell'edificio in E.2 ed E.8, le verifiche da rispettare sono riportate nella tabella che segue:

Tabella 4.3 Verifiche da rispettare

<p style="text-align: center;">ELENCO DELLE VERIFICHE (Art. 4 DPR 59/09 + DLgs 28/11)</p>

A	<p>Verificare che : $E_{Pi} < E_{Pi \text{ limite}}$</p> <p>Dove E_{Pi} rappresenta l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale ed $E_{Pi \text{ limite}}$ è il limite</p>
B	<p>Verificare che $E_{Pe, invol} \leq E_{Pe, invol \text{ Limite}}$</p> <p>Dove $E_{Pe, invol}$ rappresenta la prescrizione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio pari al rapporto tra il fabbisogno annuo di energia termica per il raffrescamento dell'edificio, calcolata tenendo conto della temperatura di progetto estiva secondo la norma UNI TS/11300-1</p> <p>E_{Pe} limite è pari a :</p> <p>per gli edifici residenziali di cui alla classe E1 esclusi colli, conventi, case di pena e caserme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 40 kWh/m² nelle zone climatiche A e B - 30 kWh/m² anno nelle zone climatiche C, D, E e F <p>Per tutti gli altri edifici:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 14 kWh/m³ anno nelle zone climatiche A e B - 10 kWh/m³ anno nelle zone climatiche C, D, E e F
C	<p>Verificare che :</p> <ul style="list-style-type: none"> - trasmittanza strutture opache verticali \leq tabella - trasmittanza strutture opache orizzontali \leq tabella - trasmittanza chiusure trasparenti \leq tabella - trasmittanze vetri \leq tabella <p>I valori di U devono essere rispettati “ a ponte termico corretto”, o in alternativa alla trasmittanza termica media della “ parete corrente più ponte termico”</p>
E	<p>Verificare che $U_{divisorio} \leq 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> <ul style="list-style-type: none"> - Per tutti i divisori di separazione tra edifici o

	unità immobiliari confinanti; - Per tutte le strutture opache che delimitano verso l'ambiente esterno gli ambienti non dotati di impianto di riscaldamento
F	Verificare l'assenza di condensazione superficiale e che le condensazioni interstiziali delle pareti opache siano limitate quantità rievaporabile secondo la normativa vigente UNI EN 13788 Qualora non esiste un sistema di controllo della umidità relativa interna, per i calcoli necessari si assumono i valori : $UR = 65\%$ e $T_{interna} = 20^{\circ}C$
G	Verificare che per le località in cui il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione $I \geq 290 \text{ W/m}^2$; Per le pareti opache verticali ad eccezione di quelle nel quadrante Nord-ovest e Nord-est . - La massa superficiale $M_s > 230 \text{ kg/m}^2$ - O in alternativa che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica $Y_{IE} < 0,12 \text{ W/m}^2K$
H	Il progettista per la limitazione dei fabbisogni per la climatizzazione estiva e per il contenimento della temperatura interna negli ambienti: - Valuta puntualmente e documenta l'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate, esterni o interni, tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare - Utilizza al meglio le condizioni ambientali esterne e le caratteristiche distributive degli spazi per favorire la ventilazione naturale dell'edificio; - Adotta sistemi di ventilazione meccanica controllata nel caso non sia efficace lo sfruttamento della ventilazione naturale.
I	E' resa obbligatoria la presenza di sistemi schermanti esterni. Qualora si dimostra la non convenienza in termini

	tecnico-economici, detti sistemi posso essere omessi in presenza di superfici vetrate con fattore solar (UNI EN 410) minore o uguale a 0,5.
K	Verificare che in ogni locale o zona a caratteristiche termiche uniformi siano installati dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente per evitare il sovrariscaldamento per effetto degli apporti solari e degli apporti gratuiti
L	<p>Gli impianti per la produzione di energia termica devono garantire il rispetto della copertura, tramite il ricorso a fonti rinnovabili, di:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 50% EPacs + 20% (EPi + EPe + EPacs) dal 31/05 2012 al 31/12 2013 - 50% EPacs + 35% (EPi + EPe + EPacs) dal 01/01/2014 al 31/12/2016 - 50% EPacs + 50% (EPi + EPe + EPacs) dal 01/01/2017
M	<p>E' obbligatoria l'istallazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili istallati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze di potenza elettrica (kW) : $P=1/K \times S$</p> <p>Dove S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno, misurata in m². e K è un coefficiente (m²/kW) che assume i seguenti valori:</p> <ul style="list-style-type: none"> - K=80 dal 31/05/2012 al 31/12/2013 - K=65 dal 01/01/2014 al 31/12/2016 - K=50 dal 01/01/2017 <p>In caso di utilizzo di pannelli solari termici o fotovoltaici disposti sui tetti degli edifici, i predetti componenti devono essere aderenti o integrati nei tetti medesimi, con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda.</p>

O	Obbligo di prescrizione delle opere necessarie a favorire il collegamento a reti di teleriscaldamento di tratti di rete ad una distanza inferiore a 1000 metri o in presenza di progetti approvati per la realizzazione di tale rete.
T	Per tutte le tipologie di edifici, in cui è prevista l'installazione di impianti di climatizzazione invernale dotati di generatori di calore alimentati da biomasse combustibili, in sede progettuale si procede alla verifica che la trasmittanza termica delle diverse strutture edilizie, opache e trasparenti, che delimitano l'edificio verso l'esterno o verso vani non riscaldati, non siano maggiori dei valori definiti nelle pertinenti tabelle dell'allegato C.
W	In tutti i casi di nuova costruzione o ristrutturazione di edifici pubblici o a uso pubblico devono essere rispettate le seguenti ulteriori disposizioni: <ul style="list-style-type: none">- I valori limite già riportati in A siano ridotti del 10%- Il valore limite del rendimento globale medio stagionale è calcolato con la seguente formula : $\eta_g \geq (75 + \log P_n)\%$- I predetti edifici devono essere dotati di impianti centralizzati per la climatizzazione invernale ed estiva, se quest'ultima fosse prevista.

4.5.3 D.M. 26 Giugno 2009 “Linee Guida Nazionali Sulla Certificazione Energetica”

Il 25 luglio 2009 è entrato in vigore il Decreto 26 giugno 2009, contenente *le linee guida nazionali sulla certificazione energetica degli edifici*.

Si tratta di uno degli attesi decreti di attuazione del D.Lgs 192/05 sul rendimento energetico in edilizia. È stato pubblicato nello stesso periodo del DPR 59/2009 che fissa i requisiti energetici minimi per i nuovi edifici e per le ristrutturazioni di quelli esistenti, mentre prossimamente dovrebbe uscire il DPR che fissa i requisiti professionali ed i criteri di

accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti di climatizzazione. Quest'ultimo andrà a completare il quadro relativo all'aspetto normativo sulla certificazione energetica degli edifici.

Le Linee guida, oltre a definire gli strumenti che rendono uniforme e confrontabile la qualità energetica degli immobili, definisce gli strumenti di raccordo, concertazione e cooperazione tra lo Stato e le Regioni, alcune delle quali hanno già definito proprie procedure di certificazione che, però, si dovranno integrare alla normativa nazionale, pur nel rispetto delle peculiarità di ciascuna Regione. Pertanto, le disposizioni contenute nelle Linee guida si applicano alle Regioni e Province autonome che non abbiano ancora provveduto ad adottare dei propri strumenti di certificazione energetica degli edifici e perderanno la loro efficacia nel momento in cui entreranno in vigore gli strumenti attuativi regionali di certificazione energetica. Tutte le regioni e le Province autonome che hanno già provveduto al recepimento della direttiva 2002/91/CE, devono comunque assicurare un graduale avvicinamento dei propri strumenti di certificazione alle Linee guida nazionali.

Tra i principali contenuti che le Linee guida definiscono, si segnala la Prestazione energetica degli edifici, infatti ai fini della certificazione energetica, nella fase di avvio, la determinazione dell'indice di prestazione considera solamente la climatizzazione invernale e la preparazione dell'acqua calda sanitaria.

Novità di assoluto rilievo è l'introduzione di 2 metodi per la valutazione del comportamento estivo degli edifici, dato che il fabbisogno energetico nazionale è maggiore nel periodo estivo che invernale, a causa della diffusione degli impianti di aria condizionata. In termini di energia, il fabbisogno per la climatizzazione estiva ha superato ormai quella per il riscaldamento invernale. Le prime certificazioni tenevano conto solo della climatizzazione invernale, portando talvolta a situazioni paradossali, per cui case a basso fabbisogno invernale erano classificate meglio di altre, a dispetto di elevati consumi estivi. Nelle nuove linee guida, un paragrafo è dedicato alla valutazione qualitativa delle caratteristiche dell'involucro edilizio volte a contenere il fabbisogno per la climatizzazione estiva per la quale sono proposti 2 metodi: il metodo basato sulla determinazione dell'indice di prestazione termica dell'edificio per il raffrescamento (Epe, invol) e il metodo basato sulla determinazione di parametri qualitativi. "Epe, invol" non tiene

conto dei rendimenti dell'impianto che fornisce il servizio e quindi non è energia primaria). Ora le prestazioni energetiche verranno rappresentate separatamente la climatizzazione estiva e quella invernale, con una rappresentazione grafica dalla lettera G (alto consumo) alla classe A+.

Per quanto riguarda i parametri qualitativi, vengono considerati, lo sfasamento (S), espresso in ore, ed il fattore di attenuazione (fa), coefficiente adimensionale. Il riferimento nazionale per il calcolo dei predetti indicatori è la norma tecnica UNI EN ISO 13786, dove i predetti parametri rispondono rispettivamente alle seguenti definizioni:

a) fattore di attenuazione o fattore di decremento è il rapporto tra il modulo della trasmittanza termica dinamica e la trasmittanza termica in condizioni stazionarie.

b) sfasamento è il ritardo temporale tra il massimo del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno.

Le metodologie di calcolo, a seconda se siano di progetto (metodo di progetto, di riferimento per gli edifici di nuova costruzione e quelli completamente ristrutturati) o di rilievo (metodo di calcolo da rilievo sull'edificio o standard, di riferimento per gli edifici esistenti) sono le seguenti:

- per il metodo di calcolo della prestazione energetica degli edifici vengono stabiliti specifici riferimenti tecnici:
 1. norme UNI TS 11300, parte 1 e 2, per il metodo calcolato di progetto;
 2. le norme UNI TS 11300, il programma DOCET di ENEA/CNR ed il metodo semplificato riportato all'Allegato 2 al decreto, per il metodo di calcolo da rilievo o standard
 3. per la parte estiva, la valutazione qualitativa può essere effettuata valutando il fabbisogno di energia termica mediante la UNI TS 11300, ovvero considerando caratteristiche specifiche dell'involucro legate a fattori di attenuazione e dallo sfasamento del flusso termico;

La prestazione energetica complessiva dell'edificio è espressa attraverso l'indice di prestazione energetica globale EP_{gl} (EP rappresenta il fabbisogno di energia primaria annua per m² o m³)

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} + E_{pe} + EP_{ill}$$

Dove:

EPi : indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale;
EPacs : indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria;

Epe : indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva;

EPill : indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale.

Gli indici sono espressi in: kWh /m² anno per edifici residenziali
kWh/m³ anno per le altre tipologie (residenze collettive, terziario, industria)

L'attestato di certificazione energetica deve contenere l'informazione sintetica in termini di classe energetica globale, attribuita secondo le modalità riportate nell'Allegato 4 per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

Per l'acqua calda sanitaria invece la classe limite di riferimento è definita sulla base dei valori delle tecniche nazionali. Le classi vanno dalla A+(la migliore) alla G (la peggiore).

La rappresentazione grafica globale delle prestazioni energetiche (tachimetro) e della classificazione energetica è identificata come sommatoria delle prestazioni parziali relative alla climatizzazione invernale ed alla produzione di acqua calda sanitaria;

Le Linee guida stabiliscono che per gli edifici residenziali la certificazione energetica riguarda il singolo appartamento, indipendentemente dal tipo di impianto centralizzato o individuale, con casi specifici in funzione della tipologia di impianto termico e della presenza o meno della regolazione e contabilizzazione del calore.

4.6 LA NUOVA 2010/31/CE “ENERGY PERFORMANCE BUILDING DIRECTIVE”

La Direttiva comunitaria 2010/31/CE “Energy Performance Building Directive” sostituendo la 2002/91/CE fissa nuovi ambiziosi obiettivi in tema di efficienza energetica ed eco-sostenibilità degli edifici.

Gli edifici sono responsabili del 40 % del consumo globale di energia nell'Unione. Il settore è in espansione, e ciò è destinato ad aumentarne il consumo energetico. Pertanto, la riduzione del consumo energetico e l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili nel settore dell'edilizia costituiscono misure importanti necessarie per ridurre la dipendenza energetica dell'Unione e le emissioni di gas a effetto serra. Unitamente ad

un maggior utilizzo di energia da fonti rinnovabili, le misure adottate per ridurre il consumo di energia nell'Unione consentirebbero a quest'ultima di conformarsi al protocollo di Kyoto allegato alla convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e di rispettare sia l'impegno a lungo termine di mantenere l'aumento della temperatura globale al di sotto di 2 °C, sia l'impegno di ridurre entro il 2020 le emissioni globali di gas a effetto serra di almeno il 20 % al di sotto dei livelli del 1990 e del 30 % qualora venga raggiunto un accordo internazionale. La riduzione del consumo energetico e il maggior utilizzo di energia da fonti rinnovabili rappresentano inoltre strumenti importanti per promuovere la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e gli sviluppi tecnologici e per creare posti di lavoro e sviluppo regionale, in particolare nelle zone rurali.

Vengono posti quindi ulteriori obiettivi considerando quanto era stato previsto prima dal Protocollo di Kyoto, con il cosiddetto "20-20-20", viene prevista la riduzione del 20% delle emissioni di gas, l'aumento del 20% del risparmio energetico e il raggiungimento del 20% di consumi da fonti rinnovabili, entro il 2020. Nell'ottica di ridurre fortemente i consumi di energia degli edifici l'Unione Europea si è posta di costruire entro il 2020 Edifici a Energia Quasi Zero "nearly zero energy building" N.Z.E.B.. Entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione dovranno essere "edifici a energia quasi zero". Per gli edifici pubblici questa scadenza è anticipata al 31 dicembre 2018.

In particolare, "edifici a energia quasi zero" vengono così definiti dalla direttiva: "edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze".

La norma, inoltre, promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche e dell'efficacia sotto il profilo dei costi, e delinea il quadro comune generale per il calcolo della prestazione energetica degli edifici al quale gli Stati membri dovranno adeguarsi.

La metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici dovrà essere determinata sulla base delle caratteristiche termiche dell'edificio e delle sue divisioni interne (capacità termica, isolamento, riscaldamento passivo, elementi di raffrescamento, ponti termici), degli impianti di riscaldamento, di produzione di acqua calda, di condizionamento, di

illuminazione, e sulla base dell'orientamento dell'edificio, dei sistemi solari passivi e di protezione solare, ecc. La direttiva stabilisce che i requisiti minimi della prestazione energetica (che i singoli Stati fisseranno e aggiorneranno ogni cinque anni) dovranno essere applicati agli edifici di nuova costruzione, esistenti e ristrutturati, e agli elementi dell'involucro edilizio e dei sistemi tecnici importanti per la prestazione energetica.

Per gli edifici di nuova costruzione prima dell'inizio dei lavori deve essere valutata la fattibilità tecnica, ambientale ed economica di sistemi alternativi ad alta efficienza, se disponibili, tra cui: sistemi di fornitura energetica decentrati basati su fonti rinnovabili; cogenerazione; teleriscaldamento o tele raffrescamento; pompe di calore.

Gli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni importanti: devono migliorare la propria prestazione energetica, al fine di soddisfare i requisiti minimi; nella ristrutturazione devono essere valutati sistemi alternativi ad alto rendimento. Potranno essere esclusi: gli edifici tutelati; gli edifici adibiti al culto; i fabbricati temporanei, i siti industriali, le officine, gli edifici agricoli; gli edifici residenziali utilizzati meno di 4 mesi all'anno; i fabbricati indipendenti sotto i 50 m². Gli Stati dovranno stabilire requisiti minimi relativi agli elementi dell'involucro edilizio e ai sistemi tecnici per l'edilizia (impianti di riscaldamento, sistemi di produzione di acqua calda, impianti di condizionamento d'aria, grandi impianti di ventilazione), al fine di ottimizzarne i consumi, e potranno misurare intelligentemente. La Direttiva 2010/31/CE prevede che vengano redatti piani nazionali destinati ad aumentare il numero di Edifici a Energia Quasi Zero. Gli Stati membri dovranno istituire un sistema di certificazione energetica degli edifici. L'attestato di prestazione energetica comprenderà la prestazione energetica di un edificio e i valori di riferimento, quali i requisiti minimi di prestazione energetica. Il certificato, di validità massima 10 anni, potrà contenere informazioni supplementari e raccomandazioni per il miglioramento efficace o ottimale in funzione dei costi della prestazione energetica.

Il certificato di prestazione energetica dovrà essere rilasciato: per gli edifici o le unità immobiliari costruiti, venduti o locati; per gli edifici in cui una porzione di oltre 500 m² è occupata da enti pubblici e frequentata dal pubblico. Dopo cinque anni dall'entrata in vigore della direttiva, la soglia di 500 m² sarà abbassata a 250 m². Non è obbligatorio rilasciare il certificato qualora sia già disponibile e valido un certificato rilasciato conformemente alla Direttiva 2002/91/CE. In caso di costruzione, vendita o locazione, il certificato di prestazione energetica dovrà essere

mostrato al potenziale acquirente o nuovo locatario e consegnato alla stipula del contratto. In caso di vendita o locazione di un edificio prima della sua costruzione, gli Stati potranno disporre che il venditore fornisca una valutazione della futura prestazione energetica dell'edificio; in tal caso, il certificato di prestazione energetica deve essere rilasciato entro la fine della costruzione. In caso di offerta in vendita o in locazione di edifici o unità immobiliari dotati di un certificato di prestazione energetica, l'indicatore di prestazione energetica dovrà essere riportato in tutti gli annunci commerciali. Negli edifici pubblici, il certificato di prestazione energetica dovrà essere esposto al pubblico. La direttiva disciplina, infine, le ispezioni degli impianti di riscaldamento degli edifici dotati di caldaie con una potenza superiore a 20 kW e degli impianti di condizionamento d'aria con potenza superiore a 12 kW. La certificazione della prestazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti di riscaldamento e condizionamento d'aria dovranno essere effettuate in maniera indipendente da esperti qualificati e/o accreditati, operanti in qualità di lavoratori autonomi o come dipendenti di enti pubblici o di imprese private. L'accreditamento degli esperti sarà effettuato tenendo conto della loro competenza. Anche i sistemi di controllo per i certificati di prestazione energetica e i rapporti di ispezione degli impianti dovranno essere indipendenti.

Inoltre il regolamento delegato (UE) n. 244/2012, che va ad integrare la direttiva Direttiva 2010/31/CE, pone particolare attenzione sotto il profilo economico. Spetta agli Stati membri decidere se il riferimento nazionale utilizzato quale risultato finale dei calcoli del costo ottimale debba essere calcolato sulla base di una prospettiva macroeconomica (che considera i costi e i benefici per tutta la società degli investimenti in efficienza energetica), oppure di una prospettiva prettamente finanziaria (che considera solamente l'investimento stesso).

Il livello ottimale in funzione dei costi si situa all'interno della forchetta dei livelli di prestazione per i quali l'analisi costi-benefici sul ciclo di vita è positiva.

Viene così introdotto un *costo globale*, quale la somma del valore attuale dei costi dell'investimento iniziale, dei costi di gestione e dei costi di sostituzione (riferiti all'anno di inizio), nonché dei costi di smaltimento, se del caso. Per il calcolo a livello macroeconomico si introduce la categoria di costo supplementare del *costo delle emissioni di gas a effetto serra*. Nel calcolare i livelli ottimali in funzione dei costi dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi, gli Stati

membri applicano il quadro metodologico comparativo di cui all'allegato I. Il quadro metodologico prescrive il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi sulla base sia della prospettiva macroeconomica che di quella finanziaria, lasciando agli Stati membri il compito di determinare quale calcolo debba diventare il riferimento nazionale per la valutazione dei requisiti minimi nazionali di prestazione energetica.

Con l'entrata in vigore della Direttiva 2010/31/CE, tutti gli Stati membri della UE dovranno aggiornare la propria legislazione nazionale e regionale per recepire i contenuti della nuova disciplina comunitaria, come fatto per la 2002/91/CE, si prospettano nuovi, ambiziosi ed entusiasmanti sviluppi futuri che avranno come obiettivo il modello non più utopico dell'edificio a zero emissioni.

4.7 D.M. 22/11/2012 “MODIFICA DEL DECRETO 26 GIUGNO 2009, RECANTE: LINEE GUIDA NAZIONALI PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI”

Il Decreto modifica le linee guida nazionali e in particolare annulla la possibilità di auto dichiarare l'edificio in classe G.

Tale decreto apporta anche la modifica dell'allegato A del D.lgs 192/05 recante attuazione della direttiva 2002/91/CE relative al rendimento energetico nell'edilizia, aggiungendovi e perfezionandone nuove definizioni.

4.8 LEGGE 03 AGOSTO 2013 N.90

Tale legge avente per titolo: “*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*”, ha segnato l'avvio di un nuovo iter legislativo intrapreso in Italia a partire dalla pubblicazione del DL 63/2013. L'ultimo strumento normativo in materia di efficienza energetica è la Legge 90. Essa non introduce grosse novità rispetto al quadro legislativo precedente, ma anticipa il percorso dei numerosi futuri decreti attuativi necessari al

completamento del recepimento europeo, ovvero segnale che i decreti attuativi riguarderanno:

- Le modifiche di applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e l'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici tenendo dei seguenti criteri generali:
 1. normativa tecnica UNI e CTI
 2. il fabbisogno energetico annuale globale si calcola per singolo servizio energetico, espresso in energia primaria su base mensile;
 3. si opererà una compensazione, su base mensile, tra i fabbisogni energetici e l'energia rinnovabile prodotta all'interno del confine del sistema edificio;
 4. sarà conteggiata l'energia elettrica per FER prodotta nel confine di sistema.
- L'indicazione di quelli che sono i nuovi requisiti minimi obbligatori quali:
 1. Valutazione tecnica/economica di convenienza;
 2. Nuovi limiti da rispettare.
- Le nuove modalità di progettazione, installazione, esercizio, manutenzione, ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva.
- I requisiti professionali e i criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare l'attestazione della prestazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti.
- Un modello di contratto tipo, messo a punto da ENEA, per l'efficientamento degli edifici (entro 90 giorni) dalla stipula.
- Le misure finanziarie per favorire l'efficienza energetica negli edifici e la transizione verso edifici a energia quasi zero (in attesa entro il 30 aprile p.v.)
- Gli indirizzi per un piano di azione per aumentare gli edifici a energia quasi zero (in attesa entro 31 dicembre p.v.)
- Le nuove linee Guida nazionali aggiornate con:
 - metodo semplificato per i casi di piccole unità immobiliari;
 - nuovo modello di attestato;
 - definizione di uno schema per annunci vendita/locazione;
 - il nuovo modello di relazione tecnica di diagnosi energetica.

Il decreto promuove, inoltre, il miglioramento della prestazione energetica degli edifici tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi. Esso definisce e integra criteri, condizioni e modalità per:

- a. migliorare le prestazioni energetiche degli edifici;
- b. favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili;
- c. determinare i criteri generali per la certificazione della prestazione energetica degli edifici e per il trasferimento delle relative informazioni in sede di compravendita e locazione;
- d. effettuare le ispezioni periodiche degli impianti per la climatizzazione invernale ed estiva al fine di ridurre il consumo energetico e le emissioni di biossido di carbonio;
- e. sostenere la diversificazione energetica;
- f. promuovere la competitività dell'industria nazionale attraverso lo sviluppo tecnologico;
- g. coniugare le opportunità offerte dagli obiettivi di efficienza energetica con lo sviluppo di materiali, di tecniche di costruzione, di apparecchiature e di tecnologie sostenibili nel settore delle costruzioni e con l'occupazione;
- h. conseguire gli obiettivi nazionali in materia energetica e ambientale;
- i. 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;
- j. applicare in modo omogeneo e integrato la normativa su tutto il territorio nazionale;
- k. assicurare l'attuazione e la vigilanza sulle norme in materia di prestazione energetica degli edifici, anche attraverso la raccolta e l'elaborazione di informazioni e dati;
- l. promuovere l'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali.

Il suddetto quadro normativo aggiornato agli ultimi strumenti è valso come base metodologica per l'applicazione delle verifiche di legge agli edifici oggetti di studio, ovvero i Centri di Meccanizzazione postali di tutta Italia, edifici appartenenti al settore terziario per i quali saranno considerati, nella procedura di calcolo del fabbisogno, tutti i parametri

prestazionali previsti dal DPR 59/09 e successivi, verificando le prescrizioni richieste su tutte le parti costituenti l'involucro e calcolandone le dispersioni attese in accordo con le norme UNI/TS 11300.

5 PROCEDURA DI CALCOLO

5.1 PROPOSTA METODOLOGICA PER INDAGINE ENERGETICA SU EDIFICI ESISTENTI

La modalità operativa di audit energetico degli edifici esistenti presuppone una procedura articolata che attiene la successione di più fasi di analisi e confronto. Questa procedura diventa maggiormente attendibile se frutto di esperienze sul campo e integrata con riferimenti normativi. Essa descrive una possibile modalità operativa che può essere applicata per ciascun edificio dotato di impianto di riscaldamento e raffrescamento in caso di indagine. La modalità, fatta da diversi passaggi che saranno poi descritti successivamente in ordine logico, si basa principalmente su criteri di:

- Attendibilità – ovvero l'importanza di realizzare modelli descrittivi che siano coerenti con i consumi rilevati;
- Utilità – gli interventi ipotizzati di progetto vengono analizzati in termini di costi/benefici con soluzioni ipotizzate derivanti da applicazioni tecnologiche realizzabili che siano in linea con le caratteristiche costruttive dell'immobile oggetto di audit;
- Completezza – l'attività di monitoraggio deve dare assoluta priorità ai consumi maggiormente rilevanti di ogni edificio;
- Verificabilità – i benefici degli interventi proposti devono essere facilmente monitorabili e la loro efficacia deve essere chiara a chi gestisce la manutenzione dell'immobile.

La modalità operativa per ogni edificio è quindi caratterizzata dal seguente processo e per ogni edificio oggetto di studio sarà prodotto un cruscotto di calcolo che documenterà i dati geometrici e tecnologici, le ipotesi di modellazione, i risultati ottenuti e le azioni di riqualificazione energetica realizzabili in ottica di costi/benefici.

In prima istanza è avvenuta la raccolta dei dati di consumo storico in collaborazione con chi quotidianamente gestisce i Centri di Meccanizzazione a livello immobiliare. Sono stati analizzati i dati completi dei consumi (effettivi e stimati) dei diversi vettori energetici

presenti. Nello specifico del presente studio sono state analizzate le serie storiche degli ultimi anni dovute al riscaldamento degli edifici.

Il consumo energetico evidenziato è stato valutato in accordo con una serie di fattori che possono standardizzare il valore indice di prestazione energetica finale. E' opportuno infatti considerare i profili degli orari di accensione e spegnimento degli impianti, le condizioni climatiche ambientali esterne e le condizioni climatiche interne dei set point ipotizzati. A seguito dei primi sopralluoghi si è constatato che durante il periodo di riscaldamento invernale l'impianto è attivo 24 ore al giorno, a seguito delle attività di meccanizzazione in entrata del periodo diurno e di meccanizzazione in uscita nel periodo notturno.

A seguito della classificazione energetica riguardante il fabbisogno per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria è stata possibile effettuare una valutazione del grado di efficienza dell'edificio in merito al riscaldamento grazie al calcolo analitico dell'indice di prestazione energetica degli edifici. Tale valore assume massima importanza poiché diventa parametro principale di confronto tra gli edifici e tra ogni singolo edificio e indici di riferimento normativi: i cosiddetti indici di prestazione energetica limite.

Per ogni edificio del patrimonio immobiliare oggetto di tesi sono stati raccolti i dati necessari alla modellazione del fabbisogno energetico per il riscaldamento. La raccolta dei dati è stata divisa in due raggruppamenti principali: analisi delle strutture e analisi degli impianti a servizio delle stesse. Per le strutture è stato analizzato l'involucro edilizio in tutte le sue componenti mentre per l'impianto è stato considerato un impianto di riscaldamento standard da linee guida aziendali costante per tutti i casi di studio. Per l'input del sistema edificio è necessario disporre di piante, prospetti e sezioni per la raccolta dei dati puntuali e delle dimensioni geometriche. Sono stati necessari i sopralluoghi per la conferma visiva e strumentale delle principali grandezze geometriche dell'edificio per la valutazione delle caratteristiche termiche delle strutture opache e trasparenti che compongono le superfici che racchiudono il volume lordo riscaldato. La caratterizzazione termica delle strutture può essere realizzata sulla base di calcoli, abachi e indagini strumentali a seconda delle condizioni di indagini possibili nel momento del sopralluogo; il tutto sempre in riferimento al corpusso inquadramento normativo esistente. Per quanto riguarda la strumentazione in dotazione, sono stati

effettuati sopralluoghi con l'uso di termocamera³² per una valutazione qualitativa della struttura e per la valutazione dell'entità dei ponti termici esistenti. Successivamente è stato installato in corrispondenza dell'involucro edilizio il termo flussimetro³³ per la valutazione delle trasmittanze termiche. Le stratigrafie dei vetri sono state rilevate grazie ad un'analisi puntuale degli infissi in tutti i centri oggetto di studio.

5.2 LA MODELLAZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

L'input dei dati del sistema edificio è anche caratterizzata dalla modellazione dell'esposizione delle superfici rispetto all'irraggiamento solare, l'ombreggiamento in riferimento alla destinazione d'uso e all'attività prevalente che, in questo caso è di tipo industriale - produttiva. Una volta raccolta i dati in input necessari alla modellazione del sistema edificio-impianto si è proceduto a calcolare il fabbisogno energetico in kWh/anno di ogni edificio per tipologia di fabbisogno. Questo valore consente il confronto di efficienza tra diversi edifici e con standard esterni. In accordo con il criterio di attendibilità il controllo della coerenza tra i dati di consumo trasmessi e i dati del fabbisogno energetico calcolati è un passaggio fondamentale per poter realizzare un audit energetico corretto. Solo se i dati risultano coerenti, infatti, è possibile passare alle fasi successive di proposta di miglioramento. Nel caso i dati non risultino coerenti è necessario verificare, integrare e

³² La termocamera è una particolare [telecamera](#), sensibile alla [radiazione infrarossa](#), capace di ottenere immagini o riprese [termografiche](#). A partire dalla radiazione rilevata si ottengono dunque delle *mappe di temperatura* delle superfici esposte spesso utilizzate a fini scientifici o anche militari. Le termocamere si dividono in radiometriche e non radiometriche. Le prime consentono di misurare il valore di temperatura assoluto di ogni punto dell'[immagine](#). L'immagine, infatti, è costruita su una matrice di un certo numero di [pixel](#) per un certo numero di righe. L'elettronica dello strumento "legge" velocemente il valore di energia immagazzinata da ogni singolo pixel e genera un'immagine, in bianco e nero o in falsi colori, dell'oggetto osservato.

³³ Il termo flussimetro è lo strumento che permette di misurare in maniera "quantitativa", l'esatto isolamento termico di una parete verticale o di un tetto. E' una tecnica utilizzata per valutare il reale rendimento energetico di un edificio. E' utilizzata sia per gli edifici esistenti al fine di conoscere la reale necessità di isolamento necessaria per rientrare nei parametri di legge, sia sugli edifici nuovi o post-ristrutturazione per valutare la qualità del lavoro eseguito. La strumentazione si compone di uno strumento di misura, di una piastra flussimetrica e di 4 sonde a contatto per la misura delle temperature delle pareti interne ed esterne. Le misure vengono poi scaricate su PC ed elaborate tramite un apposito foglio di calcolo che effettua il calcolo diretto del coefficiente e dei parametri legati all'isolamento termico, tramite il metodo delle medie mobili. La prova termoflussimetrica, effettuata dopo un'ispezione termografica, è la prova più affidabile per valutare il reale isolamento termico di una parete.

modificare i dati in input del sistema edificio-impianto e dei fattori correttivi.

Sulla base del modello di fabbisogno energetico di ogni edificio verrà evidenziato quale tra gli interventi risulta più efficace e con quali tecnologie gli stesso possono realizzarsi. La modellazione dell'edificio e la coerenza con i consumi rilevati permette la determinazione del peso di ogni componente dell'involucro edilizio. Per i maggiori contributi dispersivi si opera selezionando i possibili interventi realizzabili che possono riguardare il miglioramento delle caratteristiche globali del sistema energetico analizzato.

5.3 ANALISI COSTI/BENEFICI E MONITORAGGIO FUTURO

Una volta determinati i possibili miglioramenti, a fronte di un beneficio annuo predittivo di riduzione di fabbisogno energetico espresso in $\Delta\text{kWh}/\text{m}^2\text{anno}$ e quindi di un risparmio annuo di combustione e di euro può essere ipotizzato con facilità un costo di implementazione del miglioramento sulla base di dati di costo derivati direttamente da indagini presso le aziende produttrici. Per mezzo di opportune analisi economiche potrebbe essere facilmente individuabile il grado di convenienza degli interventi proposti a seconda delle diverse necessità espresse dall'analisi del consumo allo stato di fatto.

L'elenco degli interventi va a costituire un piano d'azione da realizzare nel tempo con un ordine di priorità, che può essere determinato secondo diversi criteri quali:

- minore investimento,
- maggiore beneficio economico,
- migliori tempi di ritorno,
- maggiore eco compatibilità dei materiali trattati,
- maggiore durabilità dell'edificio a seguito dell'intervento.

A conclusione della procedura di audit energetico può essere predisposto un modello di piano di monitoraggio delle grandezze per rendere disponibile uno strumento di verifica nel tempo degli interventi realizzati.

Il modello di piano di monitoraggio comprenderà:

- descrizione sintetica dei vettori energetici principali dell'edificio oggetto di intervento;

- descrizione dell'edificio e dei componenti maggiormente energivori;
- descrizione dell'intervento di efficientamento ipotizzato con indicati il parametro di riferimento per la verifica del risparmio in corso;
- scheda di raccolta dati, diversa per ogni parte dell'involucro, per la verifica cadenzata del risparmio in corso;
- descrizione dei fattori di aggiustamento e motivazione tecnica di eventuali rettifiche sui dati utilizzati;
- modalità di analisi tra i risultati ottenuti e scenari obiettivo di riferimento.

Il modello di piano di monitoraggio, così come definito, consentirà di prevedere il risparmio energetico ottenibile da un determinato intervento verificandone nel tempo progressivamente l'efficacia.

5.4 IL METODO DI CALCOLO UTILIZZATO

Il calcolo del fabbisogno ideale di energia termica utile per gli edifici oggetto di studio $Q_{H,nd}$ è stato eseguito secondo la normativa UNI TS 11300 -1 che indica in modo dettagliato la procedura di calcolo in regime semi-stazionario su base mensile. In realtà la norma indica il fabbisogno globale annuo differenziandolo in $Q_{H,nd}$: fabbisogno ideale di energia termica utile durante il periodo di riscaldamento e $Q_{C,nd}$: fabbisogno ideale di energia termica utile durante il periodo di raffrescamento. In particolare nel presente lavoro di ricerca è stato effettuato il calcolo di $Q_{H,nd}$ per il riscaldamento.

In prima istanza è stata definita la durata delle stagioni di riscaldamento e raffrescamento, in base alla località climatica, dal D.P.R. 412/1993 e per ogni mese è stata definita la temperatura esterna media mensile θ_e definita dalla norma UNI 10349 dal titolo: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – dati climatici.

Dalla stagione di riscaldamento, per ogni località in cui sono localizzati i Centri di Meccanizzazione Postale sono stati calcolati, mediante il metodo tabellare, il numero di Gradi Giorno ovvero la somma, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento, delle sole differenze

positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente di progetto e la temperatura media esterna giornaliera.

Tabella 5.1 Gradi Giorno e Zona Climatica per ogni CMP

Edificio		Epoca di costruzione	GG	Zona Climatica
1	Roma	1980	1240	C
2	Venezia	1980	2345	E
3	Palermo	1985	751	B
4	Bologna	1977	2259	E
5	Napoli	1981	1034	C
6	Ancona	1998	1688	D
7	Milano	1982	2404	E
8	Cagliari	1990	990	C
9	Bari	1978	1185	C
10	Lamezia Terme	1978	1199	C
11	Torino	1980	2617	E
12	Firenze	1975	1 821	D

Tale valore deve poi essere moltiplicato per N_g ovvero il numero di giorni da considerare nel calcolo su base mensile. La temperatura ambiente attesa è costante e pari a 20 °C.

Per definire l'energia termica dispersa dall'involucro edilizio in tutte le sue componenti, a seconda della loro esposizione, si è proseguito con la definizione dell'Irradiazione Solare Giornaliera media [MJ/mq] sulle

superfici verticali H_{bh} in base alla loro esposizione. Infatti l'Irradiazione Solare Giornaliera media assume un valore differente a seconda che la facciata sia esposta a Nord, Sud, Est, Ovest, Nord-Est, Sud-Est, Sud-Ovest o Nord-Ovest. Come per le superfici verticali si definisce l'Irradiazione Solare Giornaliera media sulle superfici orizzontali H_{dh} .

I valori di H_{bh} e H_{dh} vanno corretti in base al numero di giorni da considerare per ogni mese. La parzializzazione del mese, in particolare, va effettuata per quei mesi che sono a cavallo tra il periodo di riscaldamento e il periodo di raffrescamento; ad esempio ottobre-novembre e marzo-aprile rispettivamente per l'inizio e la fine del periodo di riscaldamento.

Dopo un rilievo approfondito dell'involucro edilizio dei CMP oggetto di studio si è quantificata la superficie disperdente complessiva e il volume riscaldato di tutti gli edifici. La superficie disperdente S_d è stata suddivisa in tutti gli elementi edilizi costituenti l'involucro in particolare:

- superficie pareti laterali comprensiva di infissi - S_{pv}
- superficie di primo calpestio - S_{pc}
- superficie di copertura - S_{cop}
- superfici orizzontali in aggetto - S_{agg}
- superfici verticali confinanti con zone non riscaldate S_{ZNR} .

Per ogni CMP si è definito il volume riscaldato V_r come il volume complessivo al netto delle partizioni interne ed il numero di ricambi d'aria orari n^{34} . Dal rapporto tra S_d e V_r si è ottenuto il rapporto di forma degli edifici. Questo valore è di fondamentale importanza poiché ci permette di confrontare i dati prestazionali di ogni edificio oggetto di studio con i limiti imposti dalla normativa.

³⁴ Il valore di n , definito dalla norma UNI 10339, dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio e per gli edifici oggetto di calcolo risulta pari a 0,45.

Tabella 5.2 Gradi Giorno e Zona Climatica per ogni CMP

Località	S _d (m ²)	Pareti	%	Infissi	%	Copertura	%	Calpestio	%	V _r (m ³)	S/V	GG
Roma	32 686	5 994	18,3	5 342	16,3	10 812	33,1	10 538	32,2	154 819	0,21	1 240
Venezia	20 672	2 057	10,0	2 238	10,8	8 188	39,6	8 188	39,6	46 815	0,44	2 345
Palermo	25 475	3 272	12,8	3 234	12,7	9 470	37,2	9 499	37,3	84 375	0,30	751
Bologna	53 856	2 689	7,0	2 230	5,8	24 325	63,4	24 613	23,8	211 421	0,25	2 259
Napoli	28 172	4 266	15,1	1 486	5,3	11 210	39,8	11 210	39,8	99 677	0,28	1 034
Ancona	24 449	5 564	22,8	1 673	6,8	8 651	35,4	8 561	35,0	88 560	0,28	1 688
Milano	105 484	6 026	5,6	6 108	5,7	46 675	43,8	46 675	43,8	388 656	0,27	2 404
Cagliari	12 342	1 781	14,4	1 566	12,7	4 498	36,4	4 498	36,4	30 516	0,40	990
Bari	41 615	4 900	11,8	4 369	10,5	16 173	39,9	16 173	38,9	229 725	0,18	1 185
Lamezia	18 780	3 887	21,7	1 688	9,4	6 705	37,4	6 499	36,3	58 729	0,32	1 199
Torino	27 180	3 817	13,6	2 352	8,4	10 449	37,3	10 449	37,3	155 187	0,18	2 617
Firenze	22 162	5 073	22,9	982	4,4	8 054	36,3	8 054	36,3	100 671	0,22	1 821

Per ogni componente dell'involucro edilizio è stata analizzata la stratigrafia dell'involucro edilizio, la sequenza con cui sono posizionati i materiali, il loro spessore e le loro condizioni d'uso. Attraverso il confronto tra i valori forniti dal termo flussimetro e i valori calcolati dal software di calcolo che tiene conto delle norme UNI³⁵ sulle Trasmissioni, sulla conduttività³⁶ λ [W/m*K] o sulla conduttanza³⁷ dei

³⁵ Per il calcolo delle trasmissioni termiche dei materiali costituenti l'involucro sono state considerate le seguenti norme unificate:

UNI EN ISO 6946 - Trasmissione come inverso delle resistenze termiche
 UNI 10351-355 - Conduttività termica dei vari materiali
 UNI EN ISO 13789 - UNI EN ISO 12831 - Dispersioni termiche attraverso l'involucro edilizio
 UNI EN ISO 13370 - Dispersioni energetiche attraverso il terreno
 UNI 10077 - Prestazione termica delle strutture trasparenti.

³⁶ La conduttività termica (normalmente indicata con la lettera greca λ) è il flusso termico (misurato in J/s ovvero W) che attraversa una superficie unitaria omogenea di spessore unitario sottoposta ad una differenza di temperatura ΔT di un grado Kelvin (o Celsius).

materiali a seconda se gli stessi sono costituiti da strati omogenei o strati non omogenei si sono definiti i valori di Trasmittanza U [W/m^2K] e di Trasmittanza Lineica ψ_g [W/m^2K] caratterizzante le superfici finestrate. La trasmittanza degli infissi è stata calcolata mediante la norma UNI 10077.

Tabella 5.3 Valore di U per le superfici opache

<i>CENTRI</i>	COPERTURA	PARETE	PRIMO CALPESTIO
	U di fatto	U di fatto	U di fatto
	[W/m^2K]	[W/m^2K]	[W/m^2K]
Roma	0,930	1,870	0,700
Venezia	3,210	2,210	0,676
Palermo	3,140	2,210	0,605
Bologna	0,890	3,450	0,389
Napoli	2,300	1,310	1,011
Ancona	0,920	1,870	0,826
Milano	0,777	1,161	0,310
Cagliari	0,938	2,044	0,688
Bari	3,260	1,878	0,453
Lamezia Terme	2,690	1,310	0,703
Torino	0,854	1,160	0,786
Firenze	3,230	1,332	0,749

Dove per ogni tipologia di infisso A_g è la superficie del vetro variabile di caso in caso, U_g è la trasmittanza del vetro che nel caso di tutti gli edifici risulta pari a $3,355 W/m^2K$, A_f è la superficie del telaio, U_f è la trasmittanza del telaio pari a $5,90 W/m^2K$, l_g è il perimetro del vetro all'interno di ogni infisso e dipende dal numero di divisori orizzontali e verticali che costituiscono il serramento e ψ_g ovvero la trasmittanza lineica ψ_g che nel caso degli infissi allo stato di fatto risulta pari a $0,02 W^*m/K$.

³⁷ La conduttanza termica (normalmente indicata con la lettera C) è il flusso termico (misurato in J/s ovvero W) che attraversa una superficie non omogenea di spessore unitario sottoposta ad una differenza di temperatura ΔT di un grado Kelvin (o Celsius).

Tabella 5.4 Valore di U per le superfici finestrate

CITTA'	SUPERFICIE VETRATA	Uw (W/mqK)	CITTA'	SUPERFICIE VETRATA	Uw (W/mqK)
Roma	350x120	3,62	Milano	390x120	3,54
	385x120	3,92		280x120	3,57
	250x120	3,58		175x120	3,95
	265x120	3,57		480x240	3,86
	215x120	3,9		315x235	3,94
Venezia	390x120	3,54	Cagliari	340x240	3,93
	350x120	3,93		215x120	3,91
	250x120	3,58		260x120	3,87
Palermo	120x120	3,9	Bari	120x120	4,05
	175x120	3,95		120x175	3,95
	215x120	3,9		230x230	4,02
	315x235	3,94		235x315	3,94
	350x285	3,54		120x120	4,05
Bologna	120x215	3,6	Lamezia terme	110x190	3,96
	285x350	3,76		110x250	3,95
Napoli	880x150	1,46		235x315	3,94
	230x150	2,83		93x197	4,02
	350x370	3,81		93x227	3,95
	850x300	2,77	120x100	3,63	
Ancona	240x360	3,63	Firenze	120x52	3,95
	180x240	3,25		110x230	3,54
	120x120	4,09		230x240	3,44
	300x180	2,89			

Il calcolo della trasmittanza H_g del solaio di 1° calpestio contro terra è stato effettuato applicando la norma UNI 13370.

Considerando

- R_g [$m^2 \cdot K/W$] come la resistenza termica del solaio contro terra,
- s lo spessore totale delle pareti,
- λ la conduttività del terreno,
- R_{si} l'adduttanza superficiale interna pari a $0,17 m^2 \cdot K/W$,
- R_{se} l'adduttanza superficiale esterna pari a $0,04 m^2 \cdot K/W$,
- A come la superficie del solaio contro terra;
- P come perimetro del solaio contro terra esposto alla differenza di temperatura;
- U_0 trasmittanza termica di base;

- Ψ fattore correttivo per presenza di isolamento perimetrale (esso dipende dal tipo di isolamento);
- B^I dimensione caratteristica del pavimento;
- dt spessore equivalente totale di terreno;

In prima istanza si è calcolato B^I con la relazione

$$B^I = 2 * \frac{A}{P}$$

Poi si è calcolato dt con l'equazione

$$dt = s + \lambda (R_{si} + R_g + R_{se})$$

Siccome $dt < B^I$ allora la trasmittanza termica di base sarà uguale alla formula:

$$U_0 = \frac{2 * \lambda}{(\pi * B^I + dt) \ln \frac{(\pi * B^I)}{dt} + 1}$$

ovvero il caso dei pavimenti non isolati.

In definitiva

$$L_S = A * U_0 + P * \Delta\psi$$

Siccome ci troviamo nel caso di assenza di isolamento $\psi=0$ per cui

$$L_S = A * U_0$$

Quindi la trasmittanza del primo calpestio U_g è uguale a

$$U_g = U_0 = \frac{L_S}{A}$$

Dal prodotto delle varie trasmittanze termiche U con S per ogni componente edilizio si è ottenuto:

- il Coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso il terreno H_g [W/K],
- il Coefficiente di scambio termico per trasmissione con l'esterno H_D [W/K],

- il Coefficiente di scambio termico per trasmissione tra ambienti climatizzati e ambienti non climatizzati H_u [W/K]
- il Coefficiente di scambio termico per trasmissione con ambienti confinanti climatizzati da altro impianto H_a [W/K].

Successivamente si calcola il Coefficiente di scambio termico per ventilazione H_{ve} [W/K] dato dalla formula

$$H_{ve} = (\rho_a * c_a * V_{netto} * n) / 3600$$

oppure

$$H_{ve} = [\rho_a * c_a * (\sum_k b_{ve,k} * q_{ve,k})]$$

Dove ρ_a è la densità dell'aria, c_a è il calore specifico, V_{netto} è il volume interno ventilato ed n è il numero di ricambi d'aria orari per unità di volume.

Dove

- il prodotto $\rho_a * c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria pari a 1200 J/m³K;
- q_{ve} è la portata mediata sul tempo del flusso d'aria;
- b_{ve} è il fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria;

Al flusso termico per ventilazione H_{ve} dell'edificio è stato sommato il flusso termico per ventilazione tra zone non climatizzate e l'esterno.

Successivamente sono stati considerati gli Apporti solari sulle strutture opache. Gli apporti solari dipendono dall'area solare (corretta) delle superfici esposte, essa si calcola attraverso la formula

$$A_{sol} = A * U * \alpha_{sol} * R_{se}$$

dove: A è l'area effettiva dell'elemento [mq], U la trasmittanza [W/mq*K], α_{sol} fattore di assorbimento che dipende dal tipo di colorazione superficiale dell'elemento opaco, R_{se} Coefficiente di adduzione superficiale esterno del componente [mq*K/W].

Il prodotto tra le Irradiazioni solari giornaliere medie [MJ/mq] diverse mese per mese precedentemente calcolate per A_{sol} si è ottenuto $Q_{sol,e}$ [MJ] ovvero gli apporti solari sulle strutture opache differenziati per ogni mese della stagione di riscaldamento.

Analogamente, per le strutture trasparenti si è calcolata A_{sol} con la formula

$$A_{sol} = A_g * F_{sh,gl} * g_{gl}$$

Dove A_g è l'area degli infissi, $F_{sh,gl}$ è il fattore di riduzione dovuto alla presenza di schermature mobili e g_{gl} è la trasmittanza solare del serramento senza schermatura.

Il prodotto tra le Irradiazioni solari giornaliere medie [MJ/mq] diverse mese per mese e A_{sol} forniscono $Q_{sol,i}$ [MJ] ovvero gli apporti solari sulle strutture trasparenti differenziati per ogni mese della stagione di riscaldamento e per differenza della stagione di raffrescamento.

L'equazione dell'energia termica complessiva scambiata nel periodo di riscaldamento è

$$Q_{H,ht} = Q_{Htr} + Q_{Hve} = H * \Delta_t + \sum_k (F_{rk} + \Phi_{rk}) \text{ [MJ]}$$

Dove

$$\Phi_{rk} = R_{se} * U_k * A_k * h_{rk} * \Delta\theta_{er} \text{ [W]}$$

È la potenza di extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste data dal prodotto della superficie effettiva di ogni elemento A_k [mq] costituente l'involucro per la trasmittanza termica della struttura U_k [W/mq*K], il coefficiente di adduzione superficiale esterno dell'elemento R_{se} [mq*K/W], il coefficiente di scambio termico per irraggiamento dell'elemento che dipende dalla tipologia di elemento se opaco [4.50] o trasparente [4.19], valore adimensionale, e la differenza tra temperatura dell'aria esterna e temperatura apparente del cielo Δq_e pari a 11 K.

Una volta calcolata la potenza di extra flusso termico Φ_{rk} il prodotto della stessa per il fattore di forma F_r (funzione dell'esposizione del singolo elemento e del mese dell'anno solare) ha generato il flusso di scambio termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste Q_r^* [W]. Il fattore di forma è pari a 0,5 per elementi verticali e 1 per elementi orizzontali. Dal prodotto di Q_r^* per il numero di giorni del mese e il numero di ore giornaliere diviso per 1000 e moltiplicato per il fattore di conversione 3,6 si è ottenuta l'Energia di extra-flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste Q_r [MJ].

Per valutare i contributi termici scambiati dall'intero involucro edilizio si è calcolata l'energia scambiata per trasmissione e ventilazione così da ottenere l'energia termica complessiva scambiata nel periodo di riscaldamento.

Relativamente ad ogni mese è stato effettuato il prodotto del Coefficiente di scambio termico per trasmissione con l'esterno H_D [W/K] per la differenza di temperatura media mensile $\Delta\theta$, il numero di giorni del mese e il numero di ore giornaliere pari a 24 h ottenendo così l'Energia scambiata per trasmissione con l'ambiente esterno Q_d [MJ].

Dal prodotto del Coefficiente di scambio termico per trasmissione con il terreno H_g [W/K] per la differenza di temperatura media mensile $\Delta\theta$, il

numero di giorni del mese e il numero di ore giornaliere pari a 24 h si è ottenuta l'Energia scambiata per trasmissione con il terreno Q_g [MJ].

Il prodotto del Coefficiente di scambio termico per trasmissione con l'esterno H_u [W/K] per la differenza di temperatura media mensile $\Delta\theta$, il numero di giorni del mese e il numero di ore giornaliere pari a 24 h ha generato inoltre l'Energia scambiata dall'edificio con ambienti non climatizzati Q_u [MJ]. Nel caso dei Centri di Meccanizzazione Postale Q_u è pari a zero poiché l'edificio è stato considerato come ambiente unico riscaldato e tutti i casi di studio risultano essere edifici isolati situati in zone urbanistiche mediamente esposte a cavallo tra il centro abitato e la periferia a destinazione produttiva.

Dalla somma

$$Q_{H,tr} = Q_d + Q_g + Q_r \text{ [MJ]}$$

si è ottenuta l'Energia termica scambiata per trasmissione nel periodo di riscaldamento.

Successivamente dal prodotto di H_{ve} per la differenza di temperatura media mensile $\Delta\theta$, il numero di giorni del mese e il numero di ore giornaliere pari a 24 h si è ottenuta l'Energia scambiata per ventilazione $Q_{H,ve}$.

Sommando

$$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} \text{ [MJ]}$$

è stata calcolata l'energia termica complessiva scambiata nel periodo di riscaldamento.

Inoltre sommando

$$Q_{sol} = Q_{sol,i} + Q_{sol,e} \text{ [MJ]}$$

si ottengono gli apporti solari sulle strutture opache e trasparenti differenziati per ogni mese della stagione di riscaldamento che esprimono Q_{sol} [MJ] l'energia acquisita dal sistema edificio solo per la propria esposizione al sole.

Per il calcolo degli apporti interni, ovvero l'energia accumulata dall'edificio dovuta alle sole attività presenti all'interno di essa è stata consultata la norma UNI TS 11300. In particolare al prospetto 8 (Dati convenzionali relativi all'utenza) essa prevede il numero di W a mq in base alla destinazione d'uso dell'edificio. Nel caso particolare dei centri meccanizzati, assimilabili ad edifici di categoria E.8, si prevede un accumulo energetico pari a 6 W/mq. Moltiplicando tale valore per la superficie utile complessiva e dividendo per 1000 si ottiene Q_i , il flusso termico dovuto agli apporti interni in kW. Il prodotto tra il flusso

termico, la differenza di temperatura media mensile $\Delta\theta$, il numero di giorni del mese e il numero di ore giornaliere di funzionamento (pari a 24) fornisce l'Energia dovuta agli apporti interni Q_i [MJ].

La somma

$$Q_{gn} = Q_{sol} + Q_i \text{ [MJ]}$$

Fornisce l'energia dovuta agli apporti termici gratuiti totali che dipendono dal numero di ricambi d'aria orari, dal tasso di rinnovo dell'aria e dal livello di affollamento dell'edificio secondo la norma UNI 10339, nonché dalla tipologia e la durata delle attività svolte all'interno dell'edificio.

Per definire il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti ovvero $\eta_{H,gn}$ [adimensionale] si procede con il definire c_m [kJ/mq*K]: la capacità termica³⁸ specifica delle strutture costituenti l'involucro. Si moltiplica l'area dell'elemento edilizio al netto di eventuali aperture per c_m e si ottiene C [kJ/K] ovvero la capacità termica totale della struttura. In alternativa la capacità termica totale può essere stimata in modo semplificato sulla base del prospetto 16 della UNI TS 11300 -1 solo in caso di calcolo del fabbisogno di edifici esistenti.

Definendo γ_H come il rapporto:

$$\gamma_H = Q_{gn}/Q_{H,ht}$$

Se $\gamma_H > 0$ e $\gamma_H \neq 1$ il fattore di utilizzazione $\eta_{H,gn}$ si calcola con la seguente formula:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}}$$

dove

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$$

Siccome siamo nel caso del calcolo su base mensile abbiamo assunto $a_{H,0} = 1$ e $\tau_{H,0} = 15$ ore [h] mentre τ si calcola attraverso il rapporto:

$$\tau = \frac{c_m}{H} \text{ [h]}$$

Con H coefficiente globale di scambio termico [W/K] precedentemente calcolato.

³⁸ La capacità termica c_m viene calcolata secondo la UNI EN ISO 13786.

Moltiplicando C_m per 1000 si ottengono J/K che divisi per H [K*s/J] e per 3600 si ottiene la costante di tempo dell'edificio τ [h].

Avendo i valori di γ_H ed α_H si ottiene il coefficiente di utilizzazione degli apporti gratuiti $\eta_{H,gn}$.

Da cui attraverso la formula

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} * Q_{int} \text{ [MJ]}$$

si ottiene il Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento.

5.5 IL RENDIMENTO DELL'IMPIANTO

La formula

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} * Q_{int} \text{ [MJ]}$$

fornisce il Fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per la stagione di riscaldamento. Il passaggio del fabbisogno ideale a quello reale implica il rendimento dell'impianto.

Considerato il periodo di riscaldamento, l'energia necessaria a soddisfare il fabbisogno energetico del centro viene fornita all'edificio da un impianto a generatore di calore cosiddetto 3 stelle con una potenza calorifera di circa 7000 W. Tale impianto, avendo un determinato rendimento, consuma in realtà una quantità di energia maggiore rispetto a quella calcolata come fabbisogno energetico netto. Questo incremento atteso può essere calcolato attraverso la definizione del rendimento globale medio stagionale. Attraverso tale valore dal fabbisogno energetico ideale si riesce a stimare con esattezza il fabbisogno di energia primaria durante la stagione di riscaldamento. Ai fini del calcolo del rendimento o delle perdite, gli impianti esistenti sono stati considerati suddivisi in sottoinsiemi, e la determinazione del rendimento globale di un impianto di riscaldamento è stata effettuata in base al prodotto dei rendimenti dei sottoinsiemi che lo compongono.

Per ciascun sottosistema si deve determinare:

- il fabbisogno di energia richiesto in ingresso,
- l'energia ausiliaria totale richiesta (ad esempio energia elettrica per azionare pompe, valvole, ventilatori, sistemi di regolazione),
- le perdite di carico subite durante il funzionamento e il deflusso del fluido refrigerante,

- le perdite di carico recuperate.

Nel caso specifico, un impianto di riscaldamento è suddiviso in:

- Sottosistema di emissione,
- Sottosistema di regolazione,
- Sottosistema di distribuzione,
- Sottosistema di generazione.

Le perdite dei vari sottoinsiemi si sono stimate noti i vari rendimenti espressi come il rapporto tra un sistema di riferimento in grado di fornire diretto confronto tra una prestazione ideale e quella reale. Nel caso dei CMP oggetto di studio è stato considerato lo stesso rendimento dei sottoinsiemi impiantistici dei vari centri di meccanizzazione. Tali dati sono stati forniti da chi gestisce attualmente gli impianti in condizioni di esercizio. La considerazione del rendimento costante ha permesso lo studio delle prestazioni energetiche dell'involucro edilizio esulando lo stesso da eventuali variazioni dei dati dovuti al contributo dato dall'impianto.

Il rendimento di emissione (η_e) è dato dal rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti, con un sistema di emissione di riferimento in grado di fornire una temperatura perfettamente uniforme ed uguale nei vari ambienti, ed il sistema reale nelle stesse condizioni di temperatura interna ed esterna.

Il rendimento di regolazione (η_{rg}), come quello di emissione, è un parametro che esprime la deviazione tra la quantità di energia richiesta in condizioni reali rispetto a quelle ideali, ed è dato dal rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta e quello richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con l'impianto di regolazione reale. Infatti, un sistema di regolazione che non risponde accuratamente e velocemente alla richiesta di energia, genera oscillazioni di temperatura all'interno dell'ambiente che causano incrementi di scambi termici per trasmissione e ventilazione con l'esterno.

Il rendimento di distribuzione (η_d) è il rapporto tra il fabbisogno energetico utile reale delle zone e l'energia termica fornita dal sistema di produzione. Il rendimento di distribuzione medio stagionale caratterizza l'influenza della rete di distribuzione sulla perdita passiva di energia termica (quella non ceduta agli ambienti da riscaldare).

Il rendimento di produzione (η_{gn}), infine, è il rapporto tra l'energia termica fornita dal sistema di produzione in un determinato periodo (ad

esempio un mese) ed il fabbisogno di energia primaria per lo stesso periodo. Le perdite di generazione dipendono non solo dalle caratteristiche del generatore di calore, ma sono fortemente influenzate anche dalle modalità di inserimento del generatore nell'impianto e, in particolare, dal suo dimensionamento rispetto al fabbisogno dell'edificio, dalle modalità di installazione e dalla temperatura del fluido riscaldante (media) nelle condizioni di esercizio (medie mensili).

Da cui

$$Q_{p,H} = \frac{Q_{h,nd}}{\eta_e * \eta_{rg} * \eta_d * \eta_{gn}} = \frac{Q_{h,nd}}{\eta_g}$$

dove $Q_{p,H}$ è il Fabbisogno di energia primaria utile per la stagione di riscaldamento.

5.6 LE VERIFICHE ALLO STATO DI FATTO

Il fabbisogno di energia primaria per la stagione di riscaldamento per tutti gli edifici oggetto di studio è risultato il seguente:

Tabella 5.5 Valore del fabbisogno energetico per riscaldamento allo stato di fatto

Edificio		Epoca di costruzione	QH _{nd} [kWh]
1	<i>Roma</i>	1980	1.785.935
2	<i>Venezia</i>	1980	2.744.320
3	<i>Palermo</i>	1985	1.176.101
4	<i>Bologna</i>	1977	5.493.638
5	<i>Napoli</i>	1981	1.559.455
6	<i>Ancona</i>	1998	1.230.869
7	<i>Milano</i>	1982	7.383.819
8	<i>Cagliari</i>	1990	477.199
9	<i>Bari</i>	1978	2.954.077
10	<i>Lamezia Terme</i>	1978	1.118.236
11	<i>Torino</i>	1980	2.633.668
12	<i>Firenze</i>	1975	1.884.552

Così come prospettato dal confronto dei dati geometrici di ogni singolo edificio in merito al volume e all'incidenza superficiale di ogni componente edilizio rispetto alla superficie disperdente globale gli edifici maggiormente energivori risultano il CMP di Milano con circa 7,6 mln di kWh annui, il CMP di Bologna con circa 5,0 mln di kWh annui e il CMP di Bari con circa 3,0 mln di kWh annui. Al contempo, gli stessi edifici presentano in volume molto maggiore rispetto agli altri. In particolare, il CMP di Bologna, anche se ha un volume di poco inferiore rispetto al CMP di Bari, presenta un valore di $Q_{H,nd}$ maggiore: questo fenomeno è spiegato dal fatto che il CMP di Bologna, a parità di superficie delle pareti verticali opache, ha una trasmittanza delle pareti molto più alta rispetto al CMP di Bari. Analogamente, il CMP di Venezia e il CMP di Palermo, anche se presentano un volume rispettivamente inferiore ai 50.000 mc e inferiore ai 100.000 mc disperdono rispettivamente 2,1 mln di kWh/anno e 1,2 mln di kWh/anno circa. Ciò avviene poiché entrambi edifici hanno una superficie di copertura molto estesa rispetto all'involucro totale e poco resistente termicamente.

Il rapporto tra il fabbisogno di energia primaria nel periodo di riscaldamento e il volume ci fornisce l'EPi, ovvero l'Indice di Prestazione Energetica di ogni centro di meccanizzazione postale oggetto di studio. L'EP per il riscaldamento invernale è illustrato nella tabella seguente:

Tabella 5.6 Valore dell'indice di prestazione energetica allo stato di fatto

<i>Calcolo dell'indice di prestazione energetica</i>							
<i>Località</i>	$Q_{H,nd}$	S	V	S/V	GG	ZC	E_{pi}
	<i>kWh</i>	m^2	m^3				kWh/m^3
Roma	1.785.935,0 6	32.686	154.81 9	0,21	1.24 0	E	11,32
Venezia	2.744.319,8 9	20.672	46.815	0,44	2.34 5	E	56,97
Palermo	1.176.100,8 6	25.475	84.375	0,30	751	B	13,94
Bologna	5.493.638,1 0	53.856	211.42 1	0,25	2.25 9	E	26,13
Napoli	1.559.454,8 6	29.276	99.677	0,29	1.03 4	C	17,13
Ancona	1.230.868,6	24.449	88.560	0,28	1.68	D	13,90

	0				8		
Milano	7.383.818,9 3	105.48 4	388.65 6	0,27	2.40 4	E	19,00
Cagliari	477.199,01 4	12.342	30.516	0,40	990	C	15,64
Bari	2.954.077,1 4	41.615	229.72 5	0,18	1.18 5	C	12,86
Lamezia	1.118.235,7 1	18.780	58.729	0,32	1.19 9	C	19,04
Torino	2.633.668,1 2	27.180	155.18 7	0,18	2.61 7	E	17,43
Firenze	1884552,11 3	22.162	100.67 1	0,22	1.82 1	D	18,72

Il d.lgs. 192: “Attuazione della direttiva 2002/91/CECE relativa al rendimento energetico nell’edilizia” integrato dal d.lgs. 311/06 “Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/8/05 n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell’edilizia” con i decreti attuativi: D.P.R. 59/09, sulle nuove disposizioni obbligatorie in materia di prestazione energetica e il D.M. del 26 Giugno 2009 sulle linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici indicano i valori limite di trasmittanza U ed EP come fattori fondamentali per caratterizzare le prestazioni dell’involucro edilizio. Tali fattori identificano una classe energetica in cui l’edificio ricade. Le verifiche da effettuare, come illustrato precedentemente, consistono nel confronto tra le trasmittanze allo stato di fatto per ogni componente dell’involucro e le trasmittanze limite. Le U variano a seconda del numero dei gradi giorno (di seguito GG) e quindi della zona climatica della località in cui è situato il CMP. Da un confronto tra le U effettive e le U limite si è constatato che gli elementi edilizi oggetto di studio non risultano verificati come da prospetti allegati:

Tabella 5.7 Verifica della trasmittanza del solaio di copertura

<i>CENTRI</i>	COPERTURA		
	U di fatto	U limite	verifica
	[W/m ² K]	[W/m ² K]	
Roma	0,930	0,380	<i>non verificato</i>
Venezia	3,210	0,300	<i>non verificato</i>
Palermo	3,140	0,380	<i>non verificato</i>
Bologna	0,890	0,300	<i>non verificato</i>
Napoli	2,300	0,380	<i>non verificato</i>
Ancona	0,920	0,280	<i>non verificato</i>
Milano	0,777	0,300	<i>non verificato</i>
Cagliari	0,938	0,380	<i>non verificato</i>
Bari	3,260	0,380	<i>non verificato</i>
Lamezia Terme	2,690	0,380	<i>non verificato</i>
Torino	0,854	0,300	<i>non verificato</i>
Firenze	3,230	0,310	<i>non verificato</i>

Tabella 5.8 Verifica della trasmittanza del solaio di primo calpestio

<i>CENTRI</i>	PRIMO CALPESTIO		
	U di fatto	U limite	verifica
	[W/m ² K]	[W/m ² K]	
Roma	0,700	0,420	<i>non verificato</i>
Venezia	0,676	0,330	<i>non verificato</i>
Palermo	0,605	0,490	<i>non verificato</i>
Bologna	0,389	0,340	<i>non verificato</i>

Napoli	1,011	0,470	<i>non verificato</i>
Ancona	0,826	0,350	<i>non verificato</i>
Milano	0,310	0,330	<i>verificato</i>
Cagliari	0,688	0,420	<i>non verificato</i>
Bari	0,453	0,420	<i>non verificato</i>
Lamezia Terme	0,703	0,420	<i>non verificato</i>
Torino	0,786	0,330	<i>non verificato</i>
Firenze	0,749	0,330	<i>non verificato</i>

Tabella 5.9 Verifica della trasmittanza della parete verticale

<i>CENTRI</i>	PARETE		
	U di fatto	U limite	verifica
	[W/m ² K]	[W/m ² K]	
Roma	1,870	0,400	<i>non verificato</i>
Venezia	2,210	0,340	<i>non verificato</i>
Palermo	2,210	0,480	<i>non verificato</i>
Bologna	3,450	0,340	<i>non verificato</i>
Napoli	1,310	0,400	<i>non verificato</i>
Ancona	1,870	0,320	<i>non verificato</i>
Milano	1,161	0,340	<i>non verificato</i>
Cagliari	2,044	0,400	<i>non verificato</i>
Bari	1,878	0,400	<i>non verificato</i>
Lamezia Terme	1,310	0,400	<i>non verificato</i>
Torino	1,160	0,340	<i>non verificato</i>

Firenze	1,332	0,340	<i>non verificato</i>
----------------	-------	-------	-----------------------

Come per le partizioni opache costituenti l'involucro edilizio, anche gli infissi attualmente esistenti non rispettano il valore limite imposto dalla norma come illustrato da tabella allegata:

Tabella 5.10 Verifica di U per le superfici finestrate

CITTA'	SUPERFICIE VETRATA	Uw	U _{lim}	Verifica	CITTA'	SUPERFICIE VETRATA	Uw	U _{lim}	Verifica
Roma	350x120	3,62	2,6	<i>non verificato</i>	Milano	390x120	3,54	2,2	<i>non verificato</i>
	385x120	3,92		<i>non verificato</i>		280x120	3,57		<i>non verificato</i>
	250x120	3,58		<i>non verificato</i>		175x120	3,95		<i>non verificato</i>
	265x120	3,57		<i>non verificato</i>		480x240	3,86		<i>non verificato</i>
	215x120	3,9		<i>non verificato</i>		315x235	3,94		<i>non verificato</i>
Venezia	390x120	3,54	2,2	<i>non verificato</i>	Cagliari	340x240	3,93	2,6	<i>non verificato</i>
	350x120	3,93		<i>non verificato</i>		215x120	3,91		<i>non verificato</i>
	250x120	3,58		<i>non verificato</i>		260x120	3,87		<i>non verificato</i>
Palermo	120x120	3,9	3	<i>non verificato</i>	Bari	120x120	4,05	2,6	<i>non verificato</i>
	175x120	3,95		<i>non verificato</i>		120x175	3,95		<i>non verificato</i>
	215x120	3,9		<i>non verificato</i>		230x230	4,02		<i>non verificato</i>
	315x235	3,94		<i>non verificato</i>		235x315	3,94		<i>non verificato</i>
	350x285	3,54		<i>non verificato</i>					
Bologna	120x215	3,6	2,2	<i>non verificato</i>	Lamezia terme	120x120	4,05	2,6	<i>non verificato</i>
	285x350	3,76		<i>non verificato</i>		110x190	3,96		<i>non verificato</i>
						110x250	3,95		<i>non verificato</i>
Napoli	880x150	1,46	2,6	<i>non verificato</i>	Torino	235x315	3,94	2,2	<i>non verificato</i>
	230x110	2,88		<i>non verificato</i>		93x108	4,17		<i>non verificato</i>
	230x150	2,83		<i>non verificato</i>		93x197	4,02		<i>non verificato</i>
	350x370	3,81		<i>non verificato</i>		93x227	3,95		<i>non verificato</i>
	850x300	2,77		<i>non verificato</i>					
Ancona	240x360	3,63	2,4	<i>non verificato</i>	Firenze	120x100	3,63	2,4	<i>non verificato</i>
	180x240	3,25		<i>non verificato</i>		120x52	3,95		<i>non verificato</i>
	120x120	4,09		<i>non verificato</i>		110x230	3,54		<i>non verificato</i>
	300x180	2,89		<i>non verificato</i>		230x240	3,44		<i>non verificato</i>

Calcolando l'indice di prestazione energetica limite $[E_{pi \text{ limite}}]$, tramite interpolazione lineare, tra i valori di GG ed S/V indicati dalla norma e i valori effettivi allo stato di fatto, osserviamo che, come evidenzia il prospetto seguente, risulta essere di molto minore rispetto ai valori effettivi degli edifici oggetto di calcolo. Pertanto, solo riducendo la trasmittanza termica dell'involucro edilizio esistente e, di conseguenza, il

fabbisogno $Q_{H,nd}$, si potrà ridurre l'indice di prestazione energetica effettivo e avvicinarlo al valore limite.

Tabella 5.11 Verifica di EP rispetto all'EP_{lim}

<i>Località</i>	<i>Q_{H,nd}</i>	<i>S/V</i>	<i>GG</i>	<i>ZC</i>	<i>E_{pi*}</i>	<i>E_{pi-lim}</i>	<i>Verifica</i>
	<i>kWh</i>				<i>kWh/m³</i>	<i>kWh/m³</i>	
Roma	1.785.935,06	0,21	1.240	E	11,32	5,41	<i>non verificato</i>
Venezia	2.744.319,89	0,44	2.345	E	56,97	15,34	<i>non verificato</i>
Palermo	1.176.100,86	0,30	751	B	13,94	3,94	<i>non verificato</i>
Bologna	5.493.638,10	0,25	2.259	E	26,13	11,92	<i>non verificato</i>
Napoli	1.559.454,86	0,29	1.034	C	17,13	5,55	<i>non verificato</i>
Ancona	1.230.868,60	0,28	1.688	D	13,90	7,91	<i>non verificato</i>
Milano	7.383.818,93	0,27	2.404	E	19,00	12,15	<i>non verificato</i>
Cagliari	477.199,014	0,40	990	C	15,64	6,50	<i>non verificato</i>
Bari	2.954.077,14	0,18	1.185	C	12,86	10,60	<i>non verificato</i>
Lamezia	1.118.235,71	0,32	1.199	C	19,04	6,60	<i>non verificato</i>
Torino	2.633.668,12	0,18	2.617	E	17,43	11,38	<i>non verificato</i>
Firenze	1884552,113	0,22	1.821	D	18,72	8,52	<i>non verificato</i>

6 IPOTESI DI INTERVENTO: RETROFIT ENERGETICO

6.1 INTRODUZIONE

In un contesto nazionale caratterizzato da una domanda sempre più orientata alla qualità degli edifici e, per converso, da un patrimonio immobiliare in gran parte obsoleto e/o in cattive condizioni manutentive, il tema della creazione di valore nel settore immobiliare risulta di notevole interesse ed attualità. Più in generale esiste anche un problema di rigenerazione e riqualificazione urbana che comporta interventi nel cuore delle nostre città al fine di renderle più funzionali e vivibili.

In una fase di crisi economica come quella che ancora investe il nostro Paese, la riflessione sul valore, o meglio sulle modalità per un'organizzazione di creare valore nel medio-lungo periodo, assume una rilevanza strategica per tutte le imprese ed, in modo particolare, per quelle operanti nel settore delle costruzioni e dei servizi immobiliari che si trovano ad affrontare un mercato profondamente cambiato. Terminata la fase espansiva, con una crescita demografica di fatto bloccata a fronte dell'invecchiamento della popolazione, con un territorio fragile ed in alcuni contesti compromesso anche da eccessi costruttivi, operare nel settore delle costruzioni e dei servizi immobiliari diviene sempre più arduo. Eppure, il nostro Paese deve affrontare molti urgenti problemi che coinvolgono fortemente gli operatori del settore e che possono originare nuove aree di domanda nel mercato del futuro prossimo. Il nostro patrimonio immobiliare è in buona parte vecchio e obsoleto e necessita di urgenti interventi di riqualificazione, con particolare attenzione alle problematiche energetiche - ambientali e della messa in sicurezza a fronte dei rischi sismici.

Più in generale esiste un problema di rigenerazione e riqualificazione urbana che comporta interventi mirati nel cuore delle nostre città per renderle più funzionali e più attrattive.

Creare valore in questo contesto, caratterizzato da una domanda sempre più qualificata a tutti i livelli e da una sempre maggiore sensibilità della

Pubblica Amministrazione e dei cittadini alle problematiche del territorio e delle costruzioni, richiede le capacità da parte di tutti gli operatori professionali di operare secondo precise e definite modalità. In definitiva di fare un “salto organizzativo” per essere in grado di offrire prodotti e processi strutturali, documentati e di comprovata qualità.

Per creare valore in campo immobiliare, un’organizzazione deve agire su diversi livelli:

- Organizzare e definire dettagliatamente i propri processi caratteristici, sia che si tratti di un nuovo sviluppo immobiliare, piuttosto che di un processo finalizzato alla valorizzazione di un immobile esistente ed in fase di obsolescenza;
- Organizzare e specializzare il lavoro attraverso al suddivisione dei ruoli e dei compiti, riuscendo nel contempo a mantenere una forte integrazione-coordinamento tra le funzioni e attività e preservando l’unitarietà gestionale e d’indirizzo strategico;
- Creare un forte spirito di coesione aziendale tra tutti i dipendenti dell’impresa e tra i “soggetti i cui interessi convergono e si confrontano nella vita dell’azienda dando origine ad esse e con le decisioni più rilevanti riguardanti la sua vita, il suo sviluppo o la sua impossibilità di proseguire come soggetto autonomo”.

Quest’ultimo elemento assume particolare rilevanza per quanto riguarda le imprese che operano nel settore immobiliare che ha un impatto molto rilevante e di lunghissimo periodo sul territorio e sulla vita dei cittadini. Infatti, è sempre più evidente la crescita di sensibilità e di interesse della comunità e dei singoli cittadini verso gli interventi immobiliari, soprattutto i nuovi sviluppi, ma oramai anche verso i più significativi processi di valorizzazione, che incidono e trasformano in modo significativo il contesto nel quale vengono realizzati. Sono questi elementi che possono “fare la differenza” in termini di efficienza, di capacità competitiva e quindi di crescita dell’impresa anche per quanto riguarda la coesione aziendale, ovvero la percezione che i singoli hanno del “valore dell’organizzazione” e di quanto possa essere premiante farne parte.

L’esigenza di valorizzare completamente gli “immobili” è nata proprio dalla necessità di adeguare le strutture, ormai piuttosto degradate, ai livelli degli standard sempre più elevati richiesti dai conduttori.

Lo stato di obsolescenza in cui versano gli immobili, oggetto di studio, fanno emergere quasi immediatamente, come la scelta più efficace ed economicamente vantaggiosa fosse quella di realizzare un intervento di

valorizzazione che, pur comportando un maggiore investimento economico iniziale, potesse consentire il raggiungimento di un livello di qualità delle prestazioni tecniche e dell'immagine architettonica in linea con le richieste del mercato e del target di riferimento. Oggi, al fine di definire la migliore strategia di intervento, si effettua un'accurata analisi dei punti di forza e di debolezza degli immobili ("SWOT Analysis"). Lo scopo è quello di giungere ad una definizione precisa e puntuale degli obiettivi da perseguire. Le considerazioni emerse dallo studio possono essere così sintetizzate:

- "Strength" (punti di forza): identificati con l'ubicazione e l'alto livello di accessibilità degli edifici;
- "Weakness" (punti di debolezza): riconducibili allo stato di conservazione degli immobili;
- "Opportunities" (opportunità): la presenza dei servizi di supporto agli edifici e l'alto livello di vacancy sono stati letti, allo stesso tempo, come delle opportunità in quanto permettevano di attuare strategie per l'attrazione di nuovi conduttori;
- "Threats" (minacce): non sono state riscontrate particolari minacce.

Alla luce delle caratteristiche tecniche degli immobili e delle opportunità di mercato, l'"High and Best Use Analysis" effettuata ha confermato la destinazione d'uso finale complessa, in particolare ai piani terra destinazione produttiva e meccanizzazione mentre ai piani superiori ad uso uffici, come scelta ottimale.

Le caratteristiche peculiari degli edifici, le funzioni e l'organizzazione degli spazi hanno richiesto un sistema tecnologico avanzato per rispondere agli obiettivi definiti nel progetto di fattibilità:

- Elevato benessere ambientale;
- Massima flessibilità di utilizzo;
- Qualità ed elevati livelli di sicurezza ed affidabilità, sia di installazione che di uso;
- Rispetto dell'ambiente mediante contenimento e controllo delle fonti inquinanti;
- Integrazione dei sistemi impiantistici tra di loro e con l'organismo edilizio;
- Possibilità di intervento con sistemi alternativi di alimentazione (in particolare per gli impianti elettrotecnici e per correnti deboli).

Questi obiettivi sono stati perseguiti con un progetto fortemente integrato non essendo sufficiente l'impiego delle più avanzate tecnologie quando non siano tra di loro strettamente correlate. Non è infatti la singola tecnologia a determinare maggiori vantaggi, ma l'insieme delle soluzioni tra loro compatibili e complementari che permette di raggiungere il miglior risultato prestazionale.

Il raggiungimento degli obiettivi è stato ottenuto per mezzo delle scelte definite nel progetto di fattibilità che hanno fortemente orientato tutta la successiva fase della progettazione tecnica:

- Adozione di un sistema di “Building Management System”;
- Facciata doppia pelle con schermatura integrata ad isolamento dinamico;
- Copertura a verde con possibilità a giardino;
- Copertura riflettente isolata a miglioramento delle prestazioni energetiche invernali ed estive;
- Flessibilità e modularità degli impianti;
- Gruppi frigoriferi condensati ad acqua con elevati COP e recupero parziale del calore di condensazione;
- Caldaie a condensazione di tipo modulare a basso contenuto d'acqua ed elevato grado di modulazione della potenza;
- Gruppi trattamento aria a portata variabile;
- Recupero energie dell'aria espulsa;
- Raffrescamento per free-cooling;
- Sistema di controllo schermature esterne;
- Sistema di controllo illuminazione.

Si è quindi operato sugli interi pacchetti dell'involucro edilizio per ottenere significativi risparmi energetici con il mantenimento di un elevato standard di benessere ambientale, ristrutturando l'involucro edilizio in modo da renderlo energeticamente efficiente e rispettoso delle recenti normative in ambito energetico.

Dall'analisi prestazionale dell'involucro degli edifici, il quadro generale di indiscutibile inefficienza, dalle caratteristiche intrinseche della geometria e del rapporto tra le varie superfici emergono gli elementi che possono risultare più influenti sull'ottimizzazione ai fini del risparmio energetico. Tra questi le ampie superfici di copertura, le notevoli superfici vetrate rendono gli interventi relativi a questi senz'altro meritevoli di indagine.

6.2 COPERTURE A VERDE (GREEN ROOF)

La tecnologia delle coperture a verde risulta essere sotto molteplici aspetti meritevole di interesse. La diffusione del verde pensile inizia in Europa a partire dagli anni '60. Esauriti gli spazi al suolo dopo la costruzione selvaggia caratteristica del periodo del secondo dopoguerra, all'inizio degli anni '70, la mancanza di aree verdi urbane ed una parallela crescita della cultura ambientale costringono a volgere l'attenzione alle superfici inutilizzate delle coperture. Contemporaneamente cresce la presa di consapevolezza che le coperture inerti (costruzioni industriali, commerciali, artigianali) contribuiscono, oltre che al peggioramento del microclima urbano, al dissesto nella regimazione delle acque meteoriche.



Figura 6.1 Esempio di copertura a verde

I primi a muoversi dal punto di vista legislativo, furono, nel periodo compreso tra gli anni '70 e gli anni '90, i paesi dell'Europa Centrale e del Nord Europa, quali la Svizzera, l'Austria, la Finlandia, ma soprattutto la Germania con l'emanazione di una legge che riconosce la tecnologia del verde pensile come strumento di mitigazione e compensazione ambientale.

Infatti, è di fondamentale importanza che il verde pensile venga realizzato seguendo delle ben precise prescrizioni tecniche: in caso contrario la struttura realizzata, oltre alla funzionalità, non potrà fornire le prestazioni minime necessarie per permettere un'adeguata valenza ambientale. Anche dove le incentivazioni per il verde pensile sono molto sviluppate, è stato ritenuto di dover redigere delle linee guida, per evitare il proliferare del cosiddetto "pensile-alibi", realizzato con stratificazioni minimali e materiali scadenti, senza valenza ambientale, atto unicamente ad aggirare economicamente la prescrizione del verde pensile per accedere ai contributi diretti o indiretti. Attualmente la normativa di riferimento più completa e affidabile è rappresentata dalle tedesche

“Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen” redatte dall’FLL.11 (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau - Associazione di ricerca dei costruttori del paesaggio) alla quale fanno riferimento gli esperti del settore di gran parte d’Europa.

Partendo dalla raccolta di tali linee guida e da quelle di altri paesi, in base alle esperienze italiane, in coerenza con la normativa europea esistente, l’Italia si è dotata di una normativa nazionale con la UNI 11235:2007³⁹.

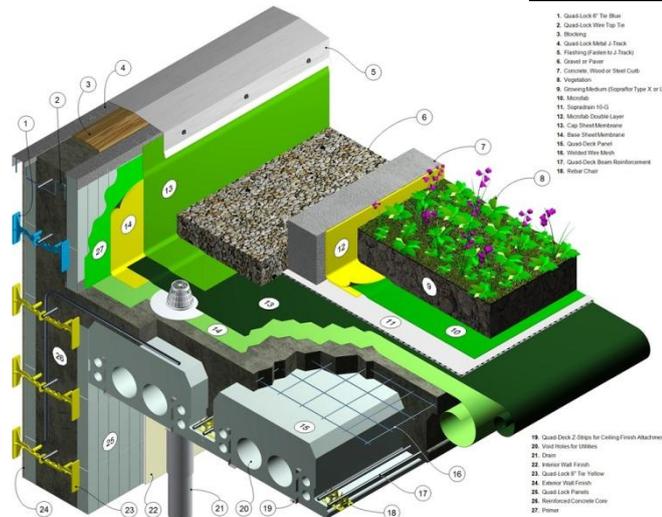


Figura 6.2 Stratificazione di una copertura a verde

Un elemento positivo è dato dal continuo incremento di esempi di architettura contemporanea che sfruttano i benefici tecnologici dovuti alla presenza di coperture verdi: la vegetazione viene utilizzata anche per raggiungere obiettivi di compensazione, mitigazione e miglioramento ambientale, nella convinzione che gli interventi dotati di verde pensile non debbano essere esteticamente fini a se stessi ma visti come parte di un nuovo approccio progettuale che ha come priorità la sostenibilità energetica. Celebri esempi sono la biblioteca dell’Università di Delft in Olanda (Mecanoo, 1993-95), l’Accademia delle Scienze della California (Renzo Piano, 1998-2008), L’espansione del Vancouver Convention Centre (DA/MCM + LMN Architect, 2009) la biblioteca pubblica di

³⁹ Le regole di progettazione dei Tetti Verdi, finora lasciate alle singole aziende, sono state ora discusse, confrontate, raccolte e messe “nero su bianco” in un’unica norma nazionale: la UNI 11235:2007 che definisce appunto le regole di progettazione, esecuzione, manutenzione e controllo di coperture a verde, con elemento di tenuta realizzato con opportuni materiali, scelti in funzione delle particolari destinazioni d’uso, di contesto climatico e di contesto edilizio.

DesMoines (David Chipperfield, 2001-2006), la Villa One in Francia (Dominique Perrault, 1992-1995), e, in Italia, la sede del Sole 24 ore a Milano (Renzo Piano Building Workshop, 1998-2005) e la sede del villaggio olimpico a Sestriere (CASP Optigrün, 2004).

La tecnica delle coperture continue a verde: La norma UNI 11235:2007, distingue tra le “coperture continue a verde” due diverse tipologie (a verde estensivo e a verde intensivo) la cui preferenza dipende dalla messa a sistema di una serie di fattori tra cui la conformazione morfologica dell’organismo edilizio e la complessità geometrica della copertura (fattore significativo soprattutto negli interventi di recupero), la pendenza e la tipologia della copertura, le caratteristiche statiche della copertura (resistenza ai carichi), l’altezza dell’organismo edilizio (può essere rilevante se l’edificio è alto, la velocità e la direzione del vento possono essere discriminanti nella scelta della tipologia del verde), le modalità di fruizione della copertura, le attività manutentive necessarie per garantire il naturale accrescimento delle specie vegetative, il clima (è necessario valutare, per la scelta della specie, l’intervallo di temperatura per la sopravvivenza e la crescita della pianta), la necessità di controllare il deflusso idrico, la disponibilità di luce e di radiazione diretta, l’effetto estetico eventualmente desiderato (in tal caso è necessario conoscere il ciclo vegetativo stagionale, ossia i periodi di caduta e ricrescita delle foglie, le dimensioni e il ritmo di crescita, la densità ed il portamento della specie vegetale).

Verde pensile estensivo: Il verde estensivo fornisce una valida alternativa ai rivestimenti di copertura garantendo una soluzione duratura e della massima funzionalità, oltre che una manutenzione minima. Si tratta infatti di un rivestimento economico e semplice, sia per tetti piani sia per tetti inclinati, con spessori ridotti (da 10 *cm*) e capacità di carico di circa 60 *kg/m²*. Inoltre, l’accumulo d’acqua nel substrato drenante, realizzata con pannelli speciali, senza costi aggiuntivi, può portare molti vantaggi per i periodi di siccità prolungata. Questo sistema permette la possibilità di ottenere una copertura verde a basso costo, attraverso l’utilizzo di piante rustiche, in grado di sopravvivere con il solo apporto idrico proveniente dalle precipitazioni atmosferiche.

Aumentando lo spessore del substrato, ferme restando le basse esigenze di manutenzione, è possibile utilizzare una maggiore varietà di piante: muschi, crassulacee, tutte le graminacee di climi asciutti, erbacee perenni sino ai piccoli arbusti reptanti. Tale soluzione è conforme alla categoria edilizia dei CMP, ricadendo quest’ultimi nel bacino del mediterraneo.

Verde pensile estensivo leggero: Questa categoria intermedia tra il verde pensile estensivo e quello intensivo nasce da due necessità: la prima è la realizzazione di coperture verdi con una varietà più ampia di vegetazione, necessitando, quindi, di uno spessore di substrato maggiore; la seconda riguarda la limitazione del carico che grava sugli elementi strutturali.

Anche questo sistema è realizzabile con costi contenuti e necessita di operazioni di manutenzione piuttosto ridotte, se si effettua una scelta accurata delle specie vegetali. Possono essere realizzate coperture a tappeto erboso, macchie ad arbusti fino a cespugli di media altezza; possono essere ulteriormente introdotte anche strutture di arredo e pavimentazione, sempre compatibilmente con i carichi supportati dalla copertura. E' da tener presente che le prestazioni caratteristiche del sistema a verde estensivo vengono migliorate, rendendo quindi tale sistema ottimale, nel caso in cui siano richieste stratigrafie di spessore e peso limitati, con una piena fruibilità del giardino. Validi risultati si possono ottenere nella realizzazione di spazi di grandi dimensioni, aree pubbliche e parchi.



Figura 6.3 Esempio di tecnologia intensiva leggera

Un'altra tipologia di coperture verdi riscontrabile è *costituita dal verde pensile intensivo*, con il quale vengono considerati spessori decisamente maggiori rispetto ai due casi precedentemente valutati (20 cm) e consentito l'utilizzo di una varietà molto ampia di piante, liberamente assortite e disposte. In questo caso il rivestimento è adatto a tetti piani con portate utili talvolta ben superiori a 150 kg/m^2 . La gamma di soluzioni possibili è vasta, grazie alla completa libertà di pianificazione degli spazi e alla gran varietà di piante adatte. Attraverso il ricorso ad una copertura di tipo intensivo, è possibile creare veri e propri "giardini pensili". In questo caso le piante hanno differenti esigenze nei confronti dell'umidità del

terreno: le tecniche più usate, oltre ad assicurare l'eliminazione dell'acqua in eccesso, prevedono un sistema di alimentazione automatico che permette di riportare l'acqua di riserva al livello desiderato.

Con l'installazione di un dispositivo per l'irrigazione automatica, si può avere una disponibilità d'acqua costante e abbondante, non solo ad uso delle piante più esigenti, ma anche per la realizzazione sul tetto di zone paludose e acquitrinose, con piante acquatiche che possono svilupparsi in maniera naturale. Un tetto fiorito può così trasformarsi in un vero giardino perfettamente calpestabile, con zone relax arredate, sentieri, pergole, sistemi paravento, stagni e laghetti, orti, aiuole decorative, arbusti, siepi ed alberi, alti fino a 4- 5 metri.



Figura 6.4 Esempio di tecnologia intensiva

Stratigrafie, materiali e componenti: Le differenti categorie di tetti verdi sono costituite da una serie ordinata di stratigrafie, realizzate per rendere al meglio i benefici tipici di queste tipologie di coperture. A partire dalla base gli strati e gli elementi che si individuano sono i seguenti: l'elemento portante, lo strato di pendenza, lo strato di controllo della diffusione del vapore, l'elemento termoisolante, l'elemento di tenuta (impermeabilizzazione), l'elemento di protezione meccanica, l'elemento drenante, l'elemento filtrante, lo strato colturale ed infine lo strato di vegetazione.

In seguito vengono riprese le diverse stratigrafie evidenziandone in maniera particolareggiata le funzioni svolte individualmente.

Elemento portante: nella progettazione è necessario considerare i pesi permanenti dovuti allo strato colturale ed alla vegetazione (densità di uno strato colturale saturo per verde pensile pari a $1,0-1,2 \text{ kg/dm}^3$).

Elemento antiradice: può essere integrato o meno nell'elemento di tenuta e deve resistere all'azione di penetrazione delle radici (norma UNI EN 13948) ed alla azione dei microorganismi (norma UNI EN ISO 846).

L'elemento antiradice è spesso realizzato con membrane bituminose o sintetiche.

Elemento di tenuta: compartimentato, ha la funzione di permettere una facile e rapida ricerca del punto di rottura nei casi di infiltrazione.

Elemento drenante: si tratta dell'elemento specifico che svolge la funzione di smaltimento dell'acqua sia in direzione verticale sia orizzontale. E' costituito da elementi prefabbricati e preformati (in polistirene, plastica) o sottoforma di aggregati (argilla espansa, perlite espansa). La fondamentale funzione è quella di accumulo idrico di provenienza meteorica o da irrigazione, per poi cederla alla vegetazione gradualmente in tempi successivi.

Elemento filtrante: la sua funzione è quella di filtrazione dell'acqua in direzione verticale

al fine di evitare il passaggio di parti fini di terreno. La permeabilità richiesta è di circa 10 volte superiore a quella dello strato colturale o comunque deve essere maggiore di 0,3 cm/s.

Strato colturale: ha la funzione di supporto agronomico alla vegetazione e di controllo dei flussi termici e idrici, per cui non è possibile utilizzare un normale terreno di campo. Perciò è necessario un terreno cosiddetto "ammendato" con determinate.

Strato di vegetazione: la scelta è strettamente legata alle diverse esigenze richieste come valenze di tipo estetico, manutenzione, ottimizzazione del controllo dei flussi termici e/o idrici, assorbimento delle polveri e assorbimento del rumore ambientale.

Benefici delle coperture a verde continue: I vantaggi globali, di natura economica ed ambientale legati alle coperture continue a verde sono numerosi e possono contribuire in maniera notevole al miglioramento non solo locale ma anche collettivo all'interno del tessuto urbano. In seguito vengono elencati e descritti i principali benefici prodotti dal sistema a verde pensile.

Isolamento termico e risparmio energetico: In un piano generale di risparmio energetico, l'utilizzo del tetto verde è in linea con le rinnovate esigenze ecologiche ed è in grado di portare benefici sia ai singoli utenti sia alla collettività. I tetti in nudo asfalto, o con guaine bituminose o plastiche di diverso tipo, raggiungono in estate temperature di superficie sino agli 80°C, di notte si raffreddano sino a 20°C, con escursioni termiche di ben 60°C; durante l'inverno il raffreddamento tocca valori prossimi ai -20°C, portando le escursioni termiche nel corso dell'anno quindi ai 100°C e oltre. I tetti verdi consentono di registrare

invece scarti di temperatura più misurati, con un massimo estivo di 25°C e un minimo invernale di soli -10°C, riducendo così l'escursione termica annuale a soli 35°C e quella giornaliera a 10°C.

Viene ridotta la dispersione del calore durante il periodo invernale; e ovviamente si hanno benefici anche nel periodo estivo grazie all'azione coibente e alla maggiore inerzia termica.

Regimazione idrica: Il verde pensile, grazie all'elevata capacità di accumulare, trattenere e restituire in percentuale ridotta l'acqua all'ambiente, fornisce un utile contributo alla regimazione idrica globale. I benefici derivano dallo sgravio del carico idraulico sulla rete di smaltimento e dalla evapotraspirazione che si verifica nel sistema pensile-vegetazione. La capacità di regimazione dipende dalle caratteristiche del sistema adottato; in particolar modo, il tipo di substrato e di strato drenante sono di fondamentale importanza.

Notevoli vantaggi e risparmi deriverebbero dalla trasformazione a verde delle estese superfici di copertura dei grandi fabbricati delle zone industriali, in aggiunta al notevole miglioramento della qualità ambientale, ecologica e del paesaggio.

Influenza e miglioramento del clima: L'alta concentrazione di gas inquinanti nell'atmosfera è uno dei problemi principali negli ambienti urbanizzati: all'interno del tessuto urbano scarseggia la vegetazione in grado di trasformare, con il naturale processo di fotosintesi, l'anidride carbonica in ossigeno.

La situazione viene poi esasperata dalle emissioni di gas inquinanti prodotti dagli scarichi civili, industriali e delle automobili.

I tetti verdi, se presenti in proporzione adeguata, sono in grado di concorrere a risolvere il problema, elevando la quantità di massa biologica delle aree. I valori di ossigeno prodotti sono da collegare al tipo di vegetazione utilizzata: il verde pensile estensivo copre maggiori superfici ma la resa al metro quadro è minore rispetto alla tipologia intensiva.

Riduzione della presenza di polveri nell'aria: La diminuzione di polveri nell'aria grazie alla presenza di coperture a verde pensile è da collegare sostanzialmente alla riduzione dei movimenti ascensionali delle masse d'aria. Tali movimenti sono dovuti al surriscaldamento di superfici che, trasmettendo il calore all'aria, originano delle correnti termiche in grado di mantenere in movimento significative quantità di polvere. Il tetto verde apre una via di fuga allo smog, sfruttando la minore temperatura del verde estensivo e la conseguente ricaduta di masse d'aria

fresca che tendono a spostare l'aria sporca stagnante. Non è trascurabile, inoltre, l'effetto filtrante che le masse vegetali hanno sull'aria e la loro capacità di far sedimentare parte della polvere sospesa.

Protezione dalle onde elettromagnetiche Uno studio dell'Istituto per l'Alta frequenza, microonde e tecnica radar dell'Istituto Universitario Militare di Monaco di Baviera dimostra che i tetti verdi con uno spessore di 15 cm assorbono al 99%, e oltre, le onde elettromagnetiche emesse dai ripetitori per i cellulari. Si è scoperto che riduzioni ancora maggiori si ottengono con coperture in argilla e per le frequenze UMTS.

6.2.1 Intervento su edifici in esame: risultati di calcolo

La scelta della tipologia di tetto a verde deve essere conforme al contesto climatico del singolo sito. Per lo strato vegetativo, se si scegliesse di realizzare una copertura a verde di tipo intensivo o semi-intensivo, necessiterebbe di irrigazione ausiliaria nei mesi estivi caratterizzati dalla scarsità di piogge, diversamente ad esempio dalle regioni dell'Europa centrale. Bene si adatta invece al clima mediterraneo che caratterizza i siti un tetto a verde di tipo estensivo, con sedum-perenni caratterizzato da ridotta manutenzione generale. Inoltre al pacchetto tecnologico della copertura a verde si è dovuto considerare un ulteriore strato di materiale coibente, al fine di rispettare i valori di trasmittanza limite.

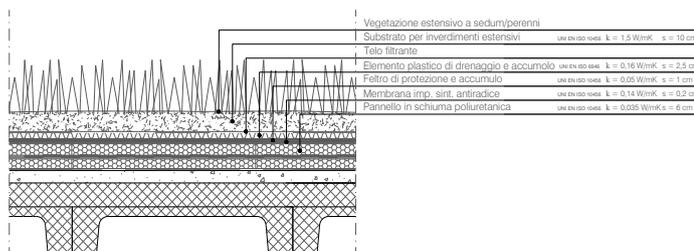


Figura 6.5 Particolare costruttivo green roof

I vantaggi offerti dal seguente pacchetto sono:

- Ridotta attività di manutenzione;
- Ridotto carico accidentale sulle strutture;

- Versatilità del clima mediterraneo e ridotta escursione termica;
- Dotazione di strato di terriccio costituente ulteriore strato coibente;
- Assorbimento dell'elettrosmog;
- Fissaggio delle polveri;
- Abbassamento della temperatura delle guaine isolanti;
- Isolamento termico in regime sia estivo che invernale;
- Mitigazione microclimatica (in particolare accumulo delle acque piovane);
- Riduzione effetto isola di calore.

Tabella 6.1 Riduzione del fabbisogno Q dovuto a intervento green roof

<i>CENTRI</i>	Stato di fatto	Intervento Copertura green roof	
	QH,nd [kWh]	QH,nd [kWh]	$\Delta\%$ QH,nd
	ENERGIA RISCALDAMENTO	ENERGIA RISCALDAMENTO	DIMIN. %
Roma	1.785.935,06	1.401.770	21,5%
Venezia	2.744.319,89	1.203.541	56,1%
Palermo	1.176.100,86	879.401	25,2%
Bologna	5.493.638,10	4.023.315	26,8%
Napoli	1.559.454,86	744.321	52,3%
Ancona	1.230.868,60	989.571	19,6%
Milano	7.383.818,93	4.800.379	35,0%
Cagliari	477.199,01	432.111	9,4%
Bari	2.954.077,14	1.785.549	39,6%
Lamezia Terme	1.118.235,71	697.443	37,6%
Torino	2.633.668,12	2.189.549	16,9%
Firenze	1.884.552,11	991.005	47,4%

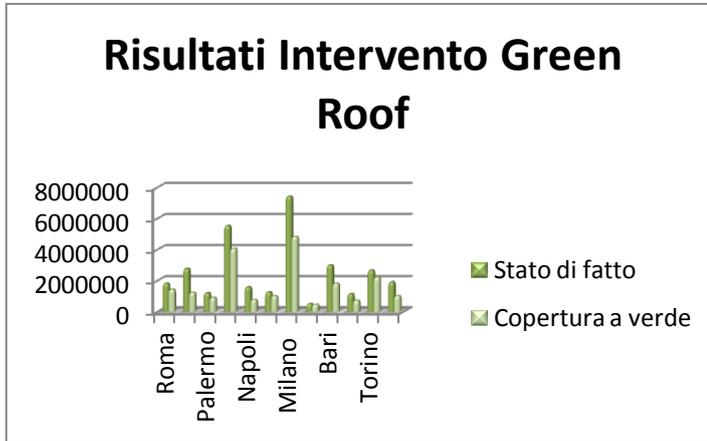


Figura 6.6 Grafico sulle riduzioni di Q a seguito di intervento green roof

6.3 COOL ROOF

I *cool roofs* possono fornire un'efficace soluzione al problema del surriscaldamento estivo dei singoli edifici e delle grandi aree urbane, essi sono tetti contraddistinti da elevata capacità di riflettere l'irradiazione solare incidente e, al contempo, di emettere energia termica nell'infrarosso.

In California e in altri Stati degli U.S.A. i *cool roofs* sono da molti anni oggetto di analisi tecnico-economiche estensive e, più recentemente, di attività di certificazione e regolamentazione. In Italia, invece, sebbene le condizioni climatiche di buona

parte della penisola siano tali da rendere conveniente l'installazione di *cool roofs*, questi sembrano sconosciuti ai più.

Un *cool roof*, in italiano "tetto freddo", viene realizzato applicando alla superficie esterna del tetto uno strato di ricoprimento superficiale esterno, in genere dal colore tendente al bianco e con carattere non metallico, con determinate caratteristiche fisiche: un valore elevato dell'albedo, cioè della capacità di riflettere l'irradiazione solare incidente e un elevato valore dell'emissività nell'infrarosso, che consente al tetto di restituire all'atmosfera, mediante irraggiamento termico, la maggior parte della frazione assorbita dell'irradiazione solare.



Figura 6.7 Esempio di cool roof

Un tipo di copertura con simili proprietà può fornire una soluzione sia al problema del surriscaldamento estivo degli edifici, con i suoi negativi effetti sul benessere termo-climatico, sia al correlato problema dell'isola di calore urbana, l'aumento di temperatura rispetto alle campagne circostanti che in estate caratterizza le aree altamente urbanizzate. Si possono quindi avere vantaggi diretti, connessi al minore riscaldamento del tetto e, di conseguenza, al maggiore comfort termico interno, ai minori consumi energetici e costi di impianto per condizionamento ed al più lento degrado delle strutture edilizie, e vantaggi indiretti, consistenti in una riduzione del surriscaldamento urbano e del conseguente fenomeno dello smog fotochimico, con i costi sociali e sanitari a questi correlati, nonché in minori consumi energetici globali, inferiori carichi di picco sulla rete elettrica e più ridotta immissione di gas serra in atmosfera.

Negli U.S.A., la diffusione dei *cool roofs* è oggi promossa da svariate amministrazioni ed organizzazioni pubbliche, specialmente in California e in Florida. In particolare, sulla scorta dei risultati largamente positivi di alcune sperimentazioni, effettuate da centri di ricerca governativi ed universitari, sono stati avviati programmi di attestazione delle prestazioni delle coperture e, in alcuni casi, di incentivazione normativa ed economica alla loro adozione⁴⁰.

Sul fronte della ricerca, si sono dimostrati particolarmente attivi centri come il Federal Solar Energy Center (FSEC) in Florida, o il Building Technology Center dell'Oak Ridge National Laboratory (BTC-ORNL)

⁴⁰ In California, una significativa accelerazione si è recentemente avuta in seguito ai black-out estivi innescati dall'azionamento simultaneo, nelle ore più calde della giornata, degli impianti di condizionamento e dal conseguente sovraccarico della rete elettrica.

ed il Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) in California, oltre che effettuare analisi teoriche estensive, hanno strumentato e monitorato un numero consistente di edifici (capannoni industriali, centri commerciali, scuole, abitazioni, centraline per telecomunicazioni, ecc.) dotati di tipi differenti di copertura, o anche di coperture realizzate a settori con caratteristiche diversificate. Gli studi svolti hanno dimostrato che i *cool roofs* possono permettere riduzioni dei consumi per condizionamento e dei carichi elettrici di picco fino anche al 70%.

Dal punto di vista tecnico, poiché la relazione tra aspetto esteriore e valori delle proprietà emissive e riflesse non è banale, è riduttivo pensare che un *cool roof* si ottenga semplicemente verniciando con un colore chiaro la superficie di un tetto, inoltre, va preso in considerazione il decadimento delle prestazioni dovute allo deterioramento e al degrado chimico-fisico, nonché la perdita degli apporti gratuiti invernali.

In Italia, le condizioni climatiche di buona parte della penisola non sono molto diverse da quelle delle regioni U.S.A. in cui i *cool roofs* vanno affermandosi. Ciononostante, il concetto di *cool roof* rimane sconosciuto ai più, non esclusi larga parte degli operatori del settore energetico ed edile. In zone dal clima particolarmente caldo i principi di base sono già applicati in modo più o meno inconsapevole (in tutto il Mezzogiorno, il colore dominante nei piccoli centri rurali è tuttora il bianco), ma mancano analisi teoriche e pratiche approfondite sulle problematiche scientifiche e tecnologiche, così come mancano criteri standardizzati di valutazione dei benefici economici potenziali o programmi di normazione ed incentivazione.

Nel caso degli edifici oggetto di studio, oltre al trattamento *cool roof* in copertura, è stato inserito uno strato di poliuretano a spruzzo di spessore 30 cm che conferisce elevata resistenza termica alla copertura, abbatte notevolmente le dispersioni dovute ai ponti termici e fa sì che in fase esecutiva si possa realizzare l'intervento evitando la fornitura e posa di un massetto di protezione riducendo così notevolmente i costi dovuti ai tempi di lavorazione.

6.3.1 Intervento su edifici in esame: Risultati di calcolo

Il risparmio di energia si attesta fino ad un valore percentuale medio del 38%, senz' altro pregevole come risultato, specie se relazionato al costo limitato.

Nel caso in cui la copertura oggetto dell'intervento non è coibentata all'origine il beneficio risulta di gran lunga maggiore dato l'aumento dello scambio termico per infrarosso verso la volta celeste. Ciò vale ancor di più dove la superficie di copertura è predominante con un risparmio energetico ancora maggiore. Questo tipo di intervento lascia inalterate le caratteristiche fisiche relative alla trasmittanza e all'inerzia termica, per cui seppur l'importante risultato in termini energetici, non si può dire lo stesso per i limiti imposti da legge.

Tabella 6.2 Riduzione del fabbisogno Q dovuto a intervento cool roof

<i>CENTRI</i>	Stato di fatto	Intervento Copertura Cool Roof + Isolante	
	QH,nd [kWh]	QH,nd [kWh]	$\Delta\%$ QH,nd
	ENERGIA RISCALDAMENTO	ENERGIA RISCALDAMENTO	DIMIN. %
Roma	1.785.935,06	1.387.542	22,3%
Venezia	2.744.319,89	991.367	63,9%
Palermo	1.176.100,86	614.360	47,8%
Bologna	5.493.638,10	3.971.230	27,7%
Napoli	1.559.454,86	658.160	57,8%
Ancona	1.230.868,60	911.190	26,0%
Milano	7.383.818,93	4.786.955	35,2%
Cagliari	477.199,01	386.154	19,1%
Bari	2.954.077,14	1.545.081	47,7%
Lamezia	1.118.235,71	645.339	42,3%

Terme			
Torino	2.633.668,12	2.158.855	18,0%
Firenze	1.884.552,11	936.459	50,3%

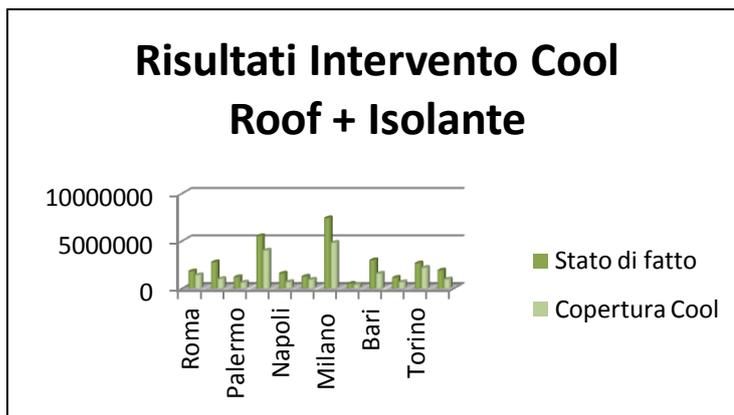


Figura 6.8 Grafico sulle riduzioni di Q a seguito di intervento cool roof

6.4 CONFRONTO TRA GLI INTERVENTI IN COPERTURA

Dal confronto tra gli interventi sulle coperture si è verificato che l'intervento del tetto riflettente integrato con uno strato di isolante che aumenta notevolmente la resistenza termica produce degli effetti maggiori sul risparmio energetico e risulta molto vantaggioso poiché abbatte notevolmente i costi di realizzazione e manutenzione. Pertanto, per questo particolare tipo di edifici industriali l'intervento in copertura più consono ed efficiente è quello del Cool Roof più coibente.

6.5 PARETE VENTILATA

Le pareti ventilate rappresentano un particolare tipo di struttura multistrato in cui lo strato di rivestimento esterno è fissato alla struttura

portante mediante opportuni sistemi di ancoraggio e distanziato dalla muratura per realizzare una intercapedine collegata all'ambiente esterno con aperture di presa e di uscita adeguatamente dimensionate e opportunamente protette dall'ingresso di piccoli animali e dall'infiltrazione di acque piovane.

Le pareti sono generalmente realizzate a secco, vale a dire i materiali costituenti i vari strati sono assemblati impiegando fissaggi meccanici ovvero senza ricorrere alle tradizionali malte cementizie, in questi casi si parla di sistemi di involucro a “schermo avanzato”..

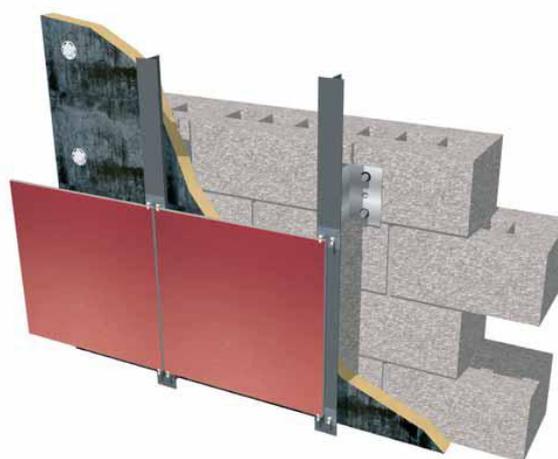


Figura 6.9 Esempio di parete ventilata

Nella stratigrafia di una parete ventilata assumono particolare importanza le caratteristiche dello strato esterno di rivestimento, rispetto al quale le pareti ventilate sono spesso classificate, ed il dimensionamento dell'intercapedine di ventilazione.

I rivestimenti di facciata di tipo ventilato nascono con lo scopo di rispondere, con caratteristiche di elevata qualità estetica ed indiscussi vantaggi di isolamento termo-acustico, alla protezione di un edificio contro l'azione combinata di pioggia e vento neutralizzando gli effetti d'acqua battente sulla parete, mantenendone asciutta la struttura muraria. Infatti l'installazione del sistema ventilato in facciata è l'ideale per interventi di ristrutturazione di edifici esistenti, apporta notevoli vantaggi in termini di durabilità della parete e di efficienza energetica soprattutto in caso di edifici isolati o fortemente esposti. In termini termo energetici esse possono ridurre, nella stagione calda, il carico di calore sull'edificio,

grazie alla particolare finitura del pannello esterno, capace di riflettere la radiazione solare, alla ventilazione dell'intercapedine e all'applicazione dell'isolante. Nella stagione invernale le pareti ventilate possono trattenere calore con notevole risparmio energetico. Questo sistema costruttivo a strati sfrutta l'"effetto camino" che si determina nell'intercapedine, grazie al quale si attiva un'efficace ventilazione naturale, da cui nasce il termine facciata ventilata, assicurando notevoli benefici nella rimozione di calore e umidità, garantendo un elevato comfort abitativo. La parete ventilata è una soluzione costruttiva multistrato complessa che consente l'installazione a "secco" degli elementi di rivestimento.

Dal punto di vista strutturale essa è un vero e proprio sistema "a sbalzo" rispetto a quella tradizionale; infatti la struttura metallica portante è fissata al muro dell'edificio mediante staffe ed ancoraggi e consente l'assemblaggio di strati "indipendenti" quali un paramento esterno, un materassino coibente tra loro assemblati in modo da creare un'intercapedine d'aria. L'effetto della ventilazione diviene massimo quando questa riesce a essere efficiente sull'intera facciata il che richiede, necessariamente, un accurato dimensionamento dell'intercapedine tale da ottimizzare le prese e gli sfoghi.

6.5.1 I vantaggi

Il sistema a facciata ventilata unitamente al pannello esterno leggero in ceramica tecnica sottile, garantisce, oltre ad una notevole prestazione energetica della parete, una valorizzazione estetica dell'edificio, nettamente superiore rispetto alla muratura tradizionale. Con tale sistema è possibile creare un isolamento termico integrale avvolgendo e proteggendo l'edificio come fosse un "cappotto", senza gli svantaggi di quest'ultimo. Il comportamento energetico complessivo che ne risulta minimizza le dispersioni e privilegia l'equilibrio termico riducendo ai minimi termini il fabbisogno energetico.

Infatti il posizionamento dello strato coibente continuo a copertura della tamponatura esterna garantisce una diminuzione della dispersione termica eliminando la presenza di ponti termici e di tutti i punti di discontinuità in corrispondenza di travi e pilastri. Il paramento esterno "allontana" dalla parete muraria sia l'energia trasportata dalla radiazione

solare, sia l'acqua piovana incidente, evitandone quindi il contatto diretto sul muro perimetrale che separa l'esterno dall'interno.

La particolare parete ventilata adottata, inoltre, tende a favorire la riflessione dei rumori esterni grazie alla sua costruzione a strati, in particolare grazie all'intercapedine e all'isolante e aumenta notevolmente il grado di assorbimento acustico grazie alla micro ventilazione che si crea nel particolare pannello esterno a struttura alveolare (honeycomb).

I vantaggi ottenuti dall'applicazione di una parete ventilata rispetto ad una parete tradizionale sono:

- risparmio energetico ed eliminazione dei ponti termici;
- protezione della struttura muraria dall'azione diretta degli agenti atmosferici;
- eliminazione della condensa superficiale;
- efficienza nel tempo dell'isolante esterno, mantenuto perfettamente secco da una ventilazione ottimale;
- creazione di un vano tecnico per l'alloggiamento di impianti e canalizzazioni.
- installazione a secco, con tempi di posa indipendenti dal clima;
- manutenzione agevolata e possibilità di intervento su ogni singola lastra;
- eliminazione dei rischi di fessurazione del rivestimento;
- aggancio meccanico delle lastre che elimina il rischio di caduta dall'alto;
- peso ridotto del sistema, che ne permette l'utilizzo anche su edifici datati, cambiandone l'estetica senza intervenire sulla muratura.

La superficie opaca verticale degli edifici oggetto di studio è molto articolata, soprattutto in corrispondenza dei marcapiani e in corrispondenza delle zone di innesto tra il solaio e gli elementi di collegamento verticale (scale, ascensori). In questo caso è necessario ottimizzare il numero di tagli sulle lastre in modo da gestire correttamente il gioco dei formati ed evitare che l'impiego della struttura risulti antieconomico.

Le scelte estetiche per la resa finale del disegno in facciata della parete ventilata va effettuata tra il sistema con aggancio visibile o con aggancio invisibile.

6.5.1 Gli strati funzionali

Il pannello esterno - Per il pannello esterno è stato adottato pannello composito con un strato esterno in gres alleggerito, trattato con il film ad alto potere riflettente, uno strato di fibra di vetro rinforzata con resina, un pannello in alluminio con struttura a favo e un'ulteriore strato in fibra di vetro rinforzata con resina.

Obiettivo primario del paramento esterno è quello di proteggere l'edificio dagli agenti atmosferici, contribuire ad assicurare il buon funzionamento termico ed acustico e caratterizzare, dal punto di vista estetico, l'intera facciata dell'edificio. Il materiale utilizzato soddisfa i seguenti requisiti:

- antigelività;
- elevato carico di rottura e resistenza a flessione dovuta alla spinta del vento;
- incombustibilità;
- tenuta all'acqua a protezione degli strati sottostanti;
- alta resistenza all'aggressione chimica (smog, piogge acide ecc.);
- basso rapporto peso/superficie rivestita;
- alta riflettanza dell'energia solare;
- bassa conducibilità termica;
- resistenza all'usura, sia per aspetti strutturali che aspetti di colorazione superficiale;
- elevata punibilità e ridotta manutenzione.

L'applicazione delle lastre in ceramica tecnica, che fino a pochi anni fa sembrava impensabile, garantisce alla facciata i migliori requisiti sia estetici che qualitativi. Il nido d'ape d'alluminio immediatamente sottostante è un materiale composito. Anche per il 95% del suo volume è costituito da aria, la sua peculiare forma geometrica conferisce al pannello rigidità e stabilità dimensionale. La robustezza e la resistenza alla trazione del nido d'ape d'alluminio sono di gran lunga superiori a qualsiasi altro materiale di pari peso esistente al giorno d'oggi sul mercato. Il sistema a celle comunicanti tra loro, per la sua particolare conformazione e micro ventilazione, attribuisce al nuovo involucro edilizio un notevole abbattimento acustico ed elevata resistenza al fuoco, oltre che un notevole abbattimento della trasmissione termica.

Sul retro di ogni lastra di gres, prima del pannello alveolare, è presente un materassino in fibra di vetro incollato avente funzione di sicurezza che,

in caso di rottura di una lastra, trattiene in posizione i frammenti in attesa della sua sostituzione.

I vantaggi del gres porcellanato nella parete ventilata: I requisiti dei materiali applicati ad una facciata ventilata devono avere caratteristiche tecniche di:

- elevata resistenza meccanica;
- elevata resistenza agli sbalzi termici;
- limitato assorbimento d'acqua;
- incombustibilità;
- resistenza dei colori alla luce solare;
- resistenza agli attacchi chimici e smog;
- leggerezza della lastra;
- limitata manutenzione;
- taglio delle lastre direttamente in cantiere.

Il grés porcellanato o ceramica tecnica possiede tutte queste caratteristiche che lo rendono tecnicamente migliore dei materiali di cava e che lo classificano come uno dei materiali più appropriati per l'utilizzo in facciata ventilata. Il peso limitato delle lastre in ceramica tecnica, rispetto a quelle di cava, consente infatti di non appesantire l'edificio, soprattutto in caso di interventi di ristrutturazione, garantendo la massima resistenza alla corrosione per l'esposizione agli agenti atmosferici.

La struttura portante e gli elementi di fissaggio - Le strutture della facciata ventilata ipotizzata sono in alluminio con elementi di ancoraggio in acciaio. La scelta dell'utilizzo dell'alluminio per la realizzazione delle staffe di fissaggio e degli elementi continui della struttura è dovuta principalmente al suo elevato grado di lavorabilità, al rapporto resistenza/peso sufficientemente elevato e alla buona resistenza agli agenti atmosferici. In una facciata ventilata la struttura portante ha la funzione di permettere l'ancoraggio delle lastre in grés porcellanato alla parete preesistente dell'edificio svolgendo quindi una mera funzione statica.

L'orditura della struttura è costituita da un insieme integrato di elementi metallici, ottenuti da profili di alluminio estruso, assemblati tra loro per ottenere la necessaria modularità della facciata. Le sollecitazioni che intervengono su di essa, dovute alla dimensione delle lastre di ceramica tecnica, al loro peso e al carico del vento al quale sono soggette, rendono necessaria e di fondamentale importanza la fase di dimensionamento

della struttura, che deve quindi resistere alle sollecitazioni imposte alla facciata ventilata.

I componenti della struttura metallica della facciata ventilata sono del tipo staffe di fissaggio e relativo distanziatore termico. Da un punto di vista strutturale, essa si comporta come segue:

- I montanti della facciata sono fissati alla struttura dell'edificio per mezzo di staffe ed appropriati tasselli;
- I traversi sono fissati ai montanti mediante fori asolati;
- Le lastre di paramento sono ancorate ai montanti per mezzo di appositi elementi di aggancio metallici.

Le staffe di fissaggio con l'inserimento del relativo distanziatore termico, sono posizionate direttamente sulla parete dell'edificio e fissate a quest'ultima mediante tasselli chimici, che permettono l'accoppiamento con gli elementi continui. Essi trasmettono, inoltre, alla struttura, i carichi del vento e altri carichi imposti alla facciata. Questo permette di compensare con i dovuti sistemi di regolazione, gli eventuali errori di fuori piombo della parete. Tra questa e le staffe vengono interposti fogli di materiale inerte onde evitare possibili corrosioni dovute al contatto tra metallo e cemento. La profondità delle staffe è di 50 mm, in base al dimensionamento dell'intercapedine.

La connessione tra i vari elementi è studiata per garantire la dilatazione di ognuno dei componenti, che presentano un coefficiente di espansione differenziato, e sono installati in modo separato ed interconnesso mediante fissaggi asolati, consentendo i movimenti relativi lineari senza provocare danni alla struttura o al paramento esterno.

Intercapedine di ventilazione - Intercapedine tra le pareti perimetrali dell'edificio e il paramento esterno è previsto di 5 cm. Esso assicura un continuo ricircolo dell'aria, dal basso verso l'alto e deve essere dimensionato per far sì che la velocità dell'aria sia tale da mantenere la temperatura costante nel tempo. Al contempo, per garantire la ventilazione è necessario predisporre opportune aperture di presa e scarico d'aria poste alla base e alla sommità della parete stessa.

Lo strato isolante - Lo strato isolante è l'elemento più importante ai fini dell'abbattimento delle dispersioni termiche. Si è ipotizzato di utilizzare un pannello rigido o semirigido, realizzato in fibre minerali in particolare lana di roccia di origine basaltica, completamente riciclabile, eco-compatibile e proveniente da fonte inesauribile. Questo tipo di materiale è particolarmente adatto per interventi di retrofit energetico su superfici

perimetrali dell'edificio. E' stato considerato uno spessore costante di 18 cm per tutti gli edifici oggetto di studio per permettere, in questo modo, il confronto tra tutti i CMP localizzati in zone differenti del territorio nazionale. I pannelli isolanti vengono fissati direttamente al supporto murario esistente. Il posizionamento dello strato coibente garantisce una temperatura più uniforme tra le varie zone della parete eliminando i cosiddetti "ponti termici", spesso responsabili della creazione di muffe e condense. La scelta del tipo di pannello isolante da utilizzare è dipesa, oltre che dalle diverse condizioni allo stato di fatto dei centri, anche e soprattutto dalle sue caratteristiche prestazionali, quali:

- capacità termica isolante;
- idrorepellenza;
- reazione al fuoco;
- traspirabilità (in modo da impedire fenomeni di condensa);
- isolamento acustico;
- colorazione superficiale (talvolta necessaria nel caso di facciate ventilate con fughe che potrebbero consentire la vista dello strato garantendo così uniformità estetica);
- durabilità (resistenza del pannello al degrado e allo sfibramento).

La tamponatura preesistente - Il supporto murario del CMP ben si presta alla realizzazione della parete ventilata poiché presenta superfici molto regolari dovute alla prefabbricazione anche se con frequenti discontinuità dovute all'innesto tra più pannelli prefabbricati tra loro e all'innesto tra pannello di tamponatura e infissi. Pertanto la parete ventilata, con un progetto ad hoc del sistema di fissaggio, riduce al minimo le discontinuità e quindi, i ponti termici. La parete in c.a. prefabbricato permette l'ancoraggio della struttura portante della facciata con una resistenza appropriata ai carichi del vento di progetto. Essa inoltre fornisce massività alla parete e quindi inerzia termica ovvero la capacità di modulare, o meglio di rallentare, il flusso di calore tra paramento interno e paramento esterno del pannello.

Accessori - A completamento della facciata ventilata sono previsti una serie di elementi angolari o sagomati ad hoc per garantire la massima continuità della facciata ventilata e per garantire l'innesto tra la parete e i nuovi infissi ad alte prestazioni. Tali accessori sono fondamentali per la realizzazione della struttura a regola d'arte:

- scossaline sagomate in alluminio poste alla sommità della struttura in modo da impedire l'ingresso all'interno di corpi estranei (neve, acqua ecc.);
- imbotti per finestre e porte con lastre in grés porcellanato o alluminio;
- griglie di ventilazione in alluminio poste alla base della struttura in modo da evitare l'ingresso di piccoli animali o altri elementi di disturbo;

cornici di chiusura in corrispondenza della copertura e del primo calpestio.

6.6 SOSTITUZIONE INFISSI ESISTENTI

In merito all'elevata percentuale di superfici finestrate di cui sono costituite le facciate dei centri di meccanizzazione si è previsto un intervento di sostituzione degli infissi attualmente esistenti con infissi doppio vetro camera con telaio a taglio termico.

Il doppio vetro sarà costituito da un vetro dello spessore di 4 mm, intercapedine di gas argon dello spessore di 4 mm, un vetro interno dello spessore di 4 mm. Il vetro rivolto verso l'esterno sarà basso emissivo con emissività pari a 0,837. La trasmittanza del triplo vetro così come definito è di $1,33 \text{ W/mq} \cdot \text{K}$.



Figura 6.10 Esempio di infissi a nastro a taglio termico

Tale tipologia di infissi avrà telaio in alluminio a taglio termico. Il rivestimento interno del telaio sarà costituito da barre di nuova tecnologia, rigenerate e completamente ecologiche. Il telaio nello specifico sarà a doppia camera ed avrà una trasmittanza pari a $2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Il distanziatore tra infisso e telaio sarà del tipo plastico e sistema di tenuta con una permeabilità all'aria di classe 4 e trasmittanza lineica pari a $0,01 \text{ W/mK}$.

I nuovi infissi, dal punto di vista geometrico presenteranno le stesse caratteristiche di quelli esistenti solo che avranno uno spessore complessivo del pacchetto maggiore poiché saranno costituiti non da un unico infisso ad alte prestazioni energetiche ma da un sistema innovativo a doppia pelle.



Figura 6.11 Esempio di sistema vetrato a doppia pelle

Tale sistema infatti è composto da un doppio vetro camera interno come precedentemente descritto isolante e un vetro singolo esterno parzialmente selettivo con interposta una schermatura solare costituita da un tessuto tecnico microforato a regolazione automatica comandato da un sensore crepuscolare preposto a rilevare l'intensità della luce solare sulla facciata esposta al sole.

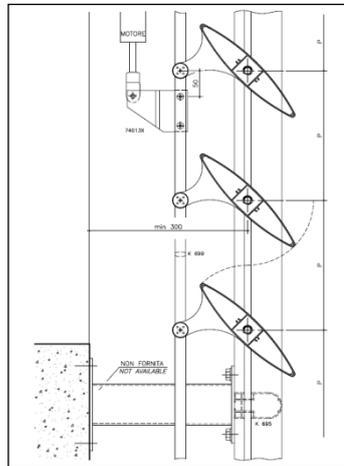


Figura 6.12 Particolare dei frangisole attualmente esistenti

Il sistema di frangisole a doghe metalliche attualmente esistente sarà sostituito, insieme con gli infissi, con tale tecnologia innovativa che, oltre a limitare le dispersioni termiche, amplificherà gli apporti solari in regime invernale e limiterà il carico termico in regime estivo dovuto all'irraggiamento solare.

Nel periodo estivo l'intercapedine tra le due superfici vetrate sarà continuamente ventilata grazie all'effetto camino che si verrà a generare dall'apertura forzata delle finestre nella parte bassa e nella parte alta della facciata. In inverno, invece, il movimento dell'aria interna sarà impedito mediante la chiusura delle medesime finestre. Questa soluzione permette di aumentare in inverno la temperatura superficiale del vetro sul lato abitato, elevando il comfort ambientale e rendendo completamente utilizzabile tutta la superficie dei locali, compresa la fascia perimetrale. Nel caso di soleggiamento diretto, invece, l'aria che passa nell'intercapedine assorbe calore accumulato sulla schermatura prevista nell'intercapedine, evitando che l'energia solare passi nei locali surriscaldandoli.

Il vantaggio del sistema infissi a doppia pelle sta nel fatto che, questa particolare tecnologia ben si accoppia con l'intervento di parete ventilata previsto per le facciate opache. Tutti gli accessori, i pezzi speciali e i profili di raccordo saranno progettati per garantire una chiusura ermetica dell'involucro edilizio soprattutto in corrispondenza delle zone maggiormente "delicate", ovvero nel passaggio tra superfici opache e superfici trasparenti. Data l'elevata percentuale di

superficie trasparente rispetto alla superficie opaca verticale, solo in questo modo si potranno abbattere le dispersioni termiche in corrispondenza delle giunture con un atteso miglioramento delle prestazioni energetiche complessive della superficie laterale.

6.7 RIQUALIFICAZIONE INTEGRALE DELL' INVOLUCRO: INTERVENTI ADOTTATI

In un intervento di riqualificazione dell' involucro edilizio tutti gli elementi che lo costituiscono possono essere migliorati o sostituiti con altri più efficienti. L' analisi condotta fin ora ha comparato consistenze in termini geometrici, superfici, volumi, alle caratteristiche fisiche degli elementi dell' involucro che ne caratterizzano il comportamento prestazionale, ovvero la trasmittanza e altre caratteristiche fisiche che ne determinano il comportamento in regime estivo. Il raffronto tra gli aspetti fisici e la geometria dell' edificio manifesta alcune criticità correlate alle aliquote che compongono il fabbisogno energetico in condizioni estive ed invernali. Tali criticità condizionano la scelta di differenti gerarchie di intervento. Queste non avrebbero senso se non rapportate al costo, sia di ogni singolo intervento, che di un intervento globale comprensivo l' intero involucro edilizio.

Infine, per la copertura dei centri di meccanizzazione postale si preferisce un intervento meno oneroso, che non necessiti di manutenzione. Tale intervento consiste nell' applicazione di uno strato poliuretano con trattamento di finitura superficiale "cool roof". Tale scelta è dettata dal fatto che tale trattamento superficiale risulta essere vantaggioso, per le motivazioni prima elencate e favorevole ad interventi di efficientamento in regime estivo.

Vengono considerati i seguenti interventi di riqualificazione riguardanti l' involucro:

- **Copertura:** applicazione a spruzzo di poliuretano con trattamento di finitura superficiale "cool roof". Direttamente calpestabile e di spessore 6cm.
- **Solaio del porticato:** dall' analisi questa superficie, anche se di relativamente modesta entità, si presenta come quelle più

inefficienti. E' prevista l' applicazione a spruzzo di poliuretano all' intradosso del solaio di spessore 8 cm.

- **Superfici trasparenti:** sostituzione con serramenti in alluminio a taglio termico e vetro 4-12-4 riempito con gas argon e elemento vetrato esterno, con schermatura integrata nell'intercapedine, tale da costituire sistema a doppia pelle altamente performante.
- **Superfici opache verticali:** viene considerata realizzazione di una parete ventilata, costituita da pannelli multistrato su ossatura di profilati metallici.

L' efficacia è garantita inoltre dalla presenza di un materassino di lana di roccia da 12 cm.

Schermature: mediante dei meccanismi e sensori solari vengono resi ad azionamento automatizzato le tende in tessuto tecnico, che assolvono egregiamente alla funzione di schermatura solare dei mesi estivi.

7 ANALISI DEI RISULTATI E POSSIBILI SVILUPPI

7.1 PROCEDURA DI CALCOLO DEGLI INTERVENTI E ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI

7.1.1 Intervento 1 – Parete Ventilata

Dopo un'attenta analisi dei risultati allo stato di fatto è stata calcolata, mediante software certificato di simulazione termodinamica, la trasmittanza termica di progetto per ogni edificio e per ogni parte dell'involucro disperdente.

Nel caso dell'intervento di facciata ventilata sulle pareti verticali opache degli edifici le trasmittanze sono illustrate nella tabella allegata:

Tabella 7.1 Trasmittanza di progetto a seguito di intervento 1

<i>CENTRI</i>	<i>PARETE VENTILATA</i>		
	U di fatto	U limite	U di intervento
	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]
Roma	1,870	0,400	0,185
Venezia	2,210	0,340	0,110
Palermo	2,210	0,480	0,109
Bologna	3,448	0,340	0,222
Napoli	1,310	0,400	0,178
Ancona	1,874	0,320	0,185
Milano	1,161	0,340	0,175
Cagliari	2,044	0,400	0,187
Bari	1,878	0,400	0,190
Lamezia Terme	1,310	0,400	0,178
Torino	1,160	0,340	0,170
Firenze	1,332	0,340	0,178

Come indicato in tabella tutti i valori di trasmittanza di progetto risultano inferiori ai valori limite indicati dalla norma.

Dopo aver stimato le nuove trasmittanze termiche, è stato calcolato il fabbisogno netto degli edifici $Q_{h,nd}$ prevedendo di realizzare l'intervento di parete ventilata.

Tabella 7.2 Aliquote delle dispersioni termiche di progetto a seguito di intervento di parete ventilata

<i>Cen tri</i>	Stato di fatto	Intervento 1 - Parete ventilata – Stato di progetto							Δ
	$Q_{H,nd}$ [kWh]	Q_d [kWh]	Q_g [kWh]	Q_r [kWh]	$Q_{H,ve}$ [kWh]	Q_i [kWh]	Q_{sol} [kWh]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	
<i>Ro ma</i>	6.428.851,90	3.987.587,80	548.682,40	478.464,09	2.893.560,60	1.749.169,80	2.928.881,10	4.599.682,50	28,45%
	1.785.935,06	1.107.751,89	152.423,97	132.917,32	803.831,13	485.919,37	813.643,17	1.277.791,80	
<i>Ven ezia</i>	9.878.761,30	6.578.718,07	1.146.596,42	918.182,20	1.259.024,23	770.037,06	1.160.517,11	8.161.370,20	17,38%
	2.744.319,89	1.827.567,88	318.524,49	255.071,02	349.756,93	213.916,30	322.391,65	2.267.228,64	
<i>Pale rmo</i>	4.233.624,40	3.835.783,00	371.444,50	820.312,75	1.236.329,31	580.530,95	2.450.562,07	3.949.364,42	6,71%
	1.176.100,86	1.065.580,52	103.187,28	227.882,88	343.452,28	161.271,50	680.766,14	1.097.133,44	
<i>Bolo gna</i>	19.775.515,13	9.350.325,70	1.564.050,62	1.087.434,36	8.178.376,82	2.340.957,26	2.920.293,84	15.600.650,00	21,11%
	5.493.638,10	2.597.520,48	434.493,26	302.089,27	2.271.953,08	650.317,93	811.257,63	4.333.860,57	
<i>Nap oli</i>	5.613.588,40	4.940.477,78	379.404,45	1.059.417,19	1.460.435,68	933.810,60	2.725.566,38	5.082.121,05	9,47%
	1.559.454,86	1.372.464,73	105.398,56	294.306,10	405.709,03	259.412,58	757.162,34	1.411.813,23	
<i>Anc ona</i>	4.430.772,50	2.439.103,30	1.150.238,20	326.116,63	1.676.715,80	1.122.434,20	986.412,88	3.827.507,90	13,62%
	1.230.868,60	677.582,90	319.536,17	90.595,20	465.791,65	311.812,22	274.025,50	1.063.281,69	
<i>Mila no</i>	26.579.621,78	12.589.824,00	623.723,61	1.474.113,70	14.153.999,00	3.887.919,61	2.315.577,70	23.105.077,00	13,07%
	7.383.818,93	3.497.453,11	173.270,42	409.508,79	3.931.980,92	1.080.064,07	643.267,49	6.418.590,39	
<i>Cagl iari</i>	1.717.779,03	999.310,52	300.941,73	166.952,84	756.498,63	340.975,12	650.374,93	1.448.266,61	15,69%
	477.199,01	277.608,46	83.601,61	46.379,50	210.155,32	94.722,89	180.674,16	402.328,46	
<i>Bari</i>	10.633.827,00	7.711.724,27	882.332,09	1.401.872,82	3.074.476,62	1.158.610,60	3.014.865,92	9.751.057,06	8,30%
	2.954.077,14	2.142.317,00	245.111,85	389.440,27	854.089,61	321.862,02	837.529,75	2.708.843,65	
<i>Lam</i>	4.025.326,53	2.673.673,71	514.029,60	471.840,61	1.217.276,36	474.147,64	741.702,00	3.792.210,20	5,

Piano di riqualificazione energetica di edifici industriali destinati ai servizi postali
 Ing. Paolo Fabozzi

<i>ezia Ter me</i>	1.118.235 ,71	742.74 6,56	142.79 7,42	131.07 7,32	338.15 9,37	131.7 18,21	206.04 4,82	1.053.44 7,10	79 %
<i>Tori no</i>	9.480.446 ,80	4.054.2 15,82	1.897.8 45,53	404.42 6,40	3.790.9 95,60	3.790 .995, 60	552.94 9,16	8.735.82 7,59	7, 85 %
	2.633.668 ,12	1.126.2 61,15	527.22 1,49	112.34 9,65	1.053.1 38,58	1.053 .138, 58	153.60 9,28	2.426.81 2,90	
<i>Fire nze</i>	6.783.844 ,90	4.368.2 80,30	855.02 9,47	805.95 6,61	1.734.5 10,80	649.8 94,88	743.59 3,81	6.456.84 1,17	4, 82 %
	1.884.552 ,11	1.213.5 08,27	237.52 7,19	223.89 4,75	481.84 7,10	180.5 40,80	206.57 0,36	1.793.71 0,48	

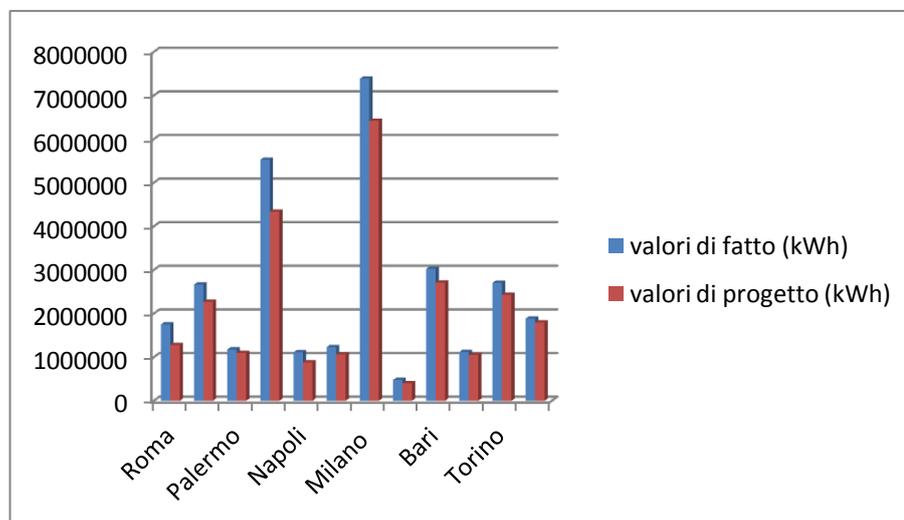


Figura 7.1 Grafico delle riduzioni del fabbisogno Q a seguito di intervento di parete ventilata

Per l'intervento 1 relativo alla facciata ventilata si è verificato che per alcuni CMP (Roma, Bologna, Napoli) che allo stato di fatto presentano una parete fortemente disperdente questo intervento ha originato un abbattimento delle dispersioni superiore al 20%. Per altri CMP l'intervento risulta poco efficace poiché genera una riduzione che va dal 4% al 7%. In particolare, per il CMP di Palermo l'abbattimento ridotto delle dispersioni in questo caso è dovuto al fatto che in questo particolare CMP l'incidenza dei consumi energetici delle pareti verticali opache è molto ridotta rispetto ad altre componenti dell'involucro edilizio.

7.1.2 Intervento 2 – Sostituzione infissi

Come secondo intervento di retrofit energetico si è ipotizzato di realizzare l'intervento di sostituzione degli infissi e delle schermature esistenti con un pacchetto a doppia pelle costituito da infissi a doppio vetro-camera con gas argon e pannello vetrato esterno con interposta schermatura automatica regolabile a seconda delle condizioni climatiche al contorno. In questo caso la superficie vetrata di ogni edificio è stata parzializzata in modo differente nell'arco della giornata considerando un

aumento graduale della percentuale di superficie schermata rispetto a quella trasparente nella prima parte della giornata e una diminuzione graduale della superficie schermata con conseguente aumento di quella completamente trasparente nella seconda metà della giornata. In questo modo di sono potuti simulare gli apporti solari come contributo positivo al bilancio energetico in condizioni invernali. Nel caso dell'intervento sugli infissi le trasmittanze raggiunte sono illustrate nella tabelle seguenti:

Tabella 7.3 Trasmittanza di progetto a seguito di intervento 2 – parte 1

<i>Edifici</i>	SUPERFICIE VETRATA	U _w (W/mqK)	U _{lim} (W/mqK)	Verifica
<i>Roma</i>	350x120	1,896	2,6	<i>verificato</i>
	385x120	1,966		<i>verificato</i>
	250x120	1,838		<i>verificato</i>
	265x120	1,829		<i>verificato</i>
	215x120	1,951		<i>verificato</i>
<i>Venezia</i>	390x120	1,55	2,2	<i>verificato</i>
	350x120	1,642		<i>verificato</i>
	250x120	1,548		<i>verificato</i>
<i>Palermo</i>	120x120	1,648	3	<i>verificato</i>
	175x120	1,646		<i>verificato</i>
	215x120	1,623		<i>verificato</i>
	315x235	1,652		<i>verificato</i>
	390x120	1,55		<i>verificato</i>
<i>Bologna</i>	120x215	1,561	2,2	<i>verificato</i>
	285x350	1,547		<i>verificato</i>
<i>Napoli</i>	880x150	1,54	2,6	<i>verificato</i>
	230x110	1,46		<i>verificato</i>
	230x150	1,49		<i>verificato</i>
	350x370	2,4		<i>verificato</i>

	850x300	1,45		<i>verificato</i>
<i>Ancona</i>	240x360	1,516	2,4	<i>verificato</i>
	180x240	1,51		<i>verificato</i>
	120x120	1,68		<i>verificato</i>
	120x180	1,68		<i>verificato</i>
	300x180	1,04		<i>verificato</i>

Tabella 7.4 Trasmittanza di progetto a seguito di intervento 2 – parte 2

<i>Edifici</i>	SUPERFICIE VETRATA	U _w (W/mqK)	U _{lim} (W/mqK)	<i>Verifica</i>
<i>Milano</i>	390x120	1,55	2,2	<i>verificato</i>
	280x120	1,60		<i>verificato</i>
	175x120	1,65		<i>verificato</i>
	480x240	1,60		<i>verificato</i>
	315x235	1,70		<i>verificato</i>
<i>Cagliari</i>	340x240	1,69	2,6	<i>verificato</i>
	215x120	1,62		<i>verificato</i>
	260x120	1,65		<i>verificato</i>
<i>Bari</i>	120x120	1,70	2,6	<i>verificato</i>
	120x175	1,65		<i>verificato</i>
	235x235	1,70		<i>verificato</i>
	235x315	1,65		<i>verificato</i>
<i>Lamezia terme</i>	120x120	1,70	2,6	<i>verificato</i>
	110x190	1,64		<i>verificato</i>
	110x250	1,70		<i>verificato</i>
	235x315	1,65		<i>verificato</i>
<i>Torino</i>	93x108	1,95	2,2	<i>verificato</i>
	93x197	1,83		<i>verificato</i>

	93x227	1,69		<i>verificato</i>
<i>Firenze</i>	120x100	2,77	2,4	<i>verificato</i>
	120x52	2,81		<i>verificato</i>
	110x230	2,78		<i>verificato</i>
	230x240	2,80		<i>verificato</i>
				<i>verificato</i>

Come indicato in tabella tutti i valori di trasmittanza di progetto risultano inferiori ai valori limite indicati dalla norma.

Dopo aver stimato le nuove trasmittanze termiche, è stato calcolato il fabbisogno netto degli edifici $Q_{h,nd}$ prevedendo di realizzare l'intervento di sostituzione infissi.

Tabella 7.5 Aliquote delle dispersioni termiche di progetto a seguito di intervento di sostituzione infissi

<i>Centri</i>	<i>Stato di fatto</i>	<i>Intervento 2 - Sostituzione infissi - Stato di progetto</i>							Δ
	QH,nd [kWh]	Qd [kWh]	Qg [kWh]	Qt [kWh]	QH,ve [kWh]	Qi [kWh]	Qsol [kWh]	QH,nd [kWh]	
Roma	6.428.851,90	3.818.256,30	548682,40	488.813,03	2893560,60	1.749.169,80	3.139.219,40	4.477.034,90	30,36%
	1.785.935,06	1.060.711,60	152.423,97	135.792,26	803.831,13	485.919,37	872.075,15	1.243.720,30	
Venezia	9.878.761,30	6.635.207,20	1.146.596,42	926.883,50	1.259.024,23	770.037,06	1.242.337,51	8.161.805,71	17,38%
	2.744.319,89	1.843.260,56	318.524,49	257.488,24	349.756,93	213.916,30	345.121,36	2.267.349,63	
Palermo	4.233.624,40	3.811.948,96	371.444,50	822.406,35	1.236.329,31	580.530,95	1.832.265,37	4.286.176,24	-1,24%
	1.176.100,86	1.058.959,42	103.187,28	228.464,48	343.452,28	161.271,50	509.003,32	1.190.699,76	
Bologna	19.775.515,13	10.298.957,72	1.564.050,62	1.169.635,77	8.178.376,82	2.340.957,26	3.264.136,89	16.361.417,00	17,26%
	5.493.638,10	2.861.050,45	434.493,26	324.924,82	2.271.953,08	650.317,93	906.777,23	4.545.201,64	
Napoli	5.613.588,40	4.904.295,05	459.954,18	1.059.916,50	1.460.435,68	933.810,60	2.858.286,21	5.082.121,05	9,47%
	1.559.454,86	1.362.413,16	127.775,27	294.444,80	405.709,03	259.412,58	794.031,91	1.411.813,23	
Ancona	4.430.772,50	2.481.456,12	1.150.238,26	333.950,42	1.676.715,89	1.122.434,22	1.074.749,12	3.817.386,30	13,84%
	1.230.868,60	689.348,51	319.536,19	92.771,43	465.791,67	311.812,23	298.565,31	1.060.469,91	
Milano	26.579.621,78	11.977.633,00	623.723,61	1.438.783,76	14.153.999,00	3.887.919,61	2.250.015,95	22.516.581,45	15,29%
	7.383.818,93	3.327.386,45	173.270,42	399.694,13	3.931.980,92	1.080.064,07	625.054,43	6.255.106,33	
Cagliari	1.717.779,03	1.040.040,46	300.941,73	174.234,25	756.498,63	340.975,12	718.555,03	1.452.970,79	15,42%
	477.199,01	288.923,24	83.601,61	48.402,27	210.155,32	94.722,89	199.614,59	403.635,29	
Bari	10.633.827,00	8.067.892,75	882.332,09	1.442.518,90	3.074.476,62	1.158.610,60	3.200.461,94	10.008.615,37	5,88%
	2.954.077,14	2.241.260,61	245.111,85	400.731,75	854.089,61	321.862,02	889.088,33	2.780.393,35	
Lamezia	4.025.326,53	2.800.644,84	514.029,60	487.444,70	1.217.276,36	474.147,64	846.449,47	3.850.393,52	4,35%

Term e	1.118.235, 71	778.019, 14	142.797, 42	135.412, 14	338.159, 37	131.718, 21	235.143, 66	1.069.63 9,32	
Torin o	9.480.446, 80	3.607.30 2,96	1.897.84 5,53	383.647, 07	3.790.99 5,60	3.790.99 5,60	442.086, 82	8.427.59 9,56	11,11 %
	2.633.668, 12	1.002.10 8,76	527.221, 49	106.577, 16	1.053.13 8,58	1.053.13 8,58	122.811, 72	2.341.18 7,16	
Firen ze	6.783.844, 90	5.049.47 5,26	855.029, 47	874.226, 97	1.734.51 0,80	649.894, 88	1.635.28 8,64	6.569.86 5,98	3,15 %
	1.884.552, 11	1.402.74 4,23	237.527, 19	242.860, 25	481.847, 10	180.540, 80	454.283, 18	1.825.10 8,77	

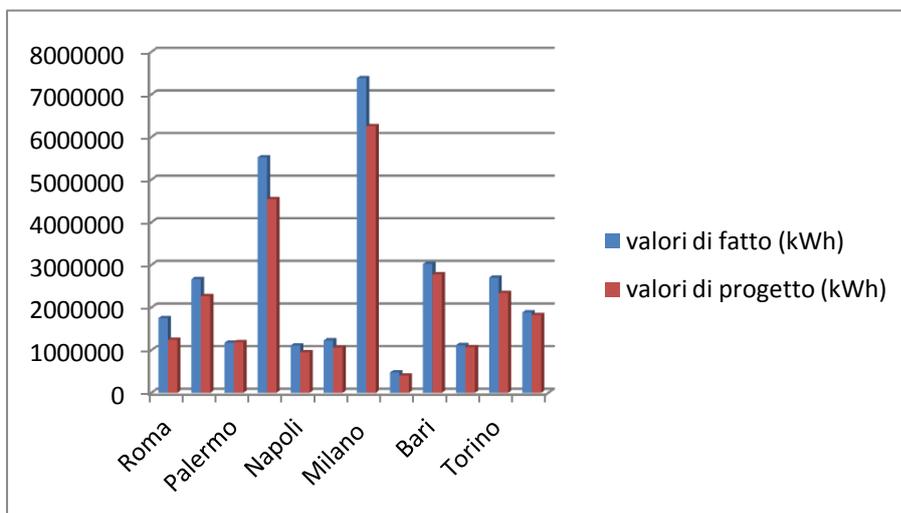


Figura 7.2 Grafico delle riduzioni del fabbisogno Q a seguito di intervento di sostituzione infissi

Per l'intervento 2 relativo alla sostituzione infissi si verifica che per il CMP di Palermo l'intervento ipotizzato risulta addirittura sfavorevole causando un aumento del fabbisogno, anche se in misura poco significativa. Questo fenomeno è dovuto al fatto che, a seguito dell'intervento, diminuiscono gli apporti solari pertanto al fabbisogno netto si detrae una quota energetica inferiore. Per tutti gli edifici situati in zone climatiche caratterizzate da un numero maggiore di gradi giorno tale intervento risulta alquanto favorevole fornendo un abbattimento delle dispersioni compreso tra il 14 e il 18%. Solo per il caso di Roma l'intervento fornisce un abbattimento notevole pari al 30% causa del fatto che l'incidenza della superficie finestrata del CMP risulta maggiore rispetto alle altre.

7.1.3 Intervento 3 – Cool roof più isolante

La terza ipotesi di intervento prevede la riqualificazione energetica del solaio di copertura mediante la realizzazione del cool roof integrato da uno strato isolante in poliuretano a spruzzo dello spessore di 30 cm. Questo intervento abbatta notevolmente i valori della trasmittanza termica della copertura che risultano inferiori ai valori limite indicati dalla norma:

Tabella 7.6 Trasmittanza di progetto a seguito di intervento 3

<i>CENTRI</i>	COPERTURA COOL ROOF + ISOLANTE		
	U di fatto	U limite	U di intervento
	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]
Roma	0,930	0,380	0,097
Venezia	3,210	0,300	0,110
Palermo	3,140	0,380	0,109
Bologna	0,894	0,300	0,101
Napoli	2,300	0,380	0,090
Ancona	0,921	0,280	0,101
Milano	0,777	0,300	0,097
Cagliari	0,938	0,380	0,101
Bari	3,260	0,380	0,159
Lamezia Terme	2,690	0,380	0,110
Torino	0,854	0,300	0,100
Firenze	3,230	0,310	0,090

Dopo aver stimato le nuove trasmittanze termiche, è stato calcolato il fabbisogno netto degli edifici $Q_{h,nd}$ prevedendo di realizzare l'intervento in copertura:

Tabella 7.7 Aliquote delle dispersioni termiche di progetto a seguito di intervento di cool roof più isolante

<i>Centr i</i>	<i>Stato di fatto</i>	<i>Intervento 3 - Cool Roof più isolante - Stato di Progetto</i>							Δ
	$Q_{H,nd}$ [kWh]	Q_d [kWh]	Q_g [kWh]	Q_r [kWh]	$Q_{H,ve}$ [kWh]	Q_i [kWh]	Q_{sol} [kWh]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	
Roma	6.428.851,90	4.251.525,20	548.682,40	440.392,82	2.893.560,60	1.749.169,80	2.875.245,80	4.994.752,00	22,31 %
	1.785.935,06	1.181.073,70	152.423,97	122.341,13	803.831,13	485.919,37	798.743,28	1.387.542,11	
Venezia	9.878.761,30	2.388.251,12	1.146.596,42	194.316,14	1.259.024,20	770.037,06	841.541,57	3.568.637,42	63,88 %
	2.744.319,89	663.456,16	318.524,49	53.981,02	349.756,92	213.916,30	233.780,25	991.367,48	
Palermo	4.233.624,40	2.040.403,78	371.444,50	299.971,67	1.236.329,31	580.530,95	1.718.456,30	2.211.518,30	47,76 %
	1.176.100,86	566.824,17	103.187,28	83.332,13	343.452,28	161.271,50	477.387,16	614.359,78	
Bologna	19.775.515,13	8.165.119,95	1.564.050,62	696.056,40	8.178.376,82	2.340.957,26	2.572.133,85	14.295.284,00	27,71 %
	5.493.638,10	2.268.270,32	434.493,26	193.364,47	2.271.953,08	650.317,93	714.538,78	3.971.229,90	
Napoli	5.613.588,40	1.892.920,80	459.954,18	240.581,36	1.460.435,60	933.810,60	1.188.623,50	2.369.185,70	57,80 %
	1.559.454,86	525.853,40	127.775,27	66.833,50	405.709,01	259.412,58	330.199,61	658.159,79	
Ancona	4.430.772,50	1.998.967,00	1.150.238,20	185.624,16	1.676.715,80	1.122.434,20	977.632,15	3.280.020,50	25,97 %
	1.230.868,60	555.313,03	319.536,17	51.566,39	465.791,65	311.812,22	271.586,21	911.189,69	
Milano	26.579.621,78	7.236.050,70	623.723,61	584.226,86	14.153.999,00	3.887.919,61	1.938.524,40	17.231.658,00	35,17 %
	7.383.818,93	2.010.174,88	173.270,42	162.298,22	3.931.980,92	1.080.064,07	538.522,08	4.786.954,59	
Cagliari	1.717.779,03	953.402,27	300.941,73	119.593,05	756.498,63	340.975,12	606.610,05	1.390.044,70	19,08 %
	477.199,01	264.855,15	83.601,61	33.222,95	210.155,32	94.722,89	168.516,27	386.154,42	
Bari	10.633.827,00	3.039.352,12	882.332,09	334.313,62	3.074.476,62	1.158.610,60	1.028.440,35	5.561.846,07	47,70 %
	2.954.077,14	844.332,02	245.111,85	92.872,32	854.089,61	321.862,02	285.700,73	1.545.080,84	
Lamezia	4.025.326,53	1.385.456,36	514.029,60	148.775,82	1.217.276,36	474.147,64	597.801,73	2.323.035,30	42,29 %

<i>Termine</i>	1.118.235,71	384.879,78	142.797,42	41.329,92	338.159,37	131.718,21	166.069,32	645.339,21	
<i>Torino</i>	9.480.446,80	3.135.826,94	1.897.845,53	224.939,80	3.790.995,60	960.631,91	477.145,10	7.771.257,70	18,03 %
	2.633.668,12	871.132,72	527.221,49	62.488,28	1.053.138,58	266.863,54	132.550,91	2.158.855,39	
<i>Firenze</i>	6.783.844,90	1.614.469,96	855.029,47	170.806,69	1.734.510,80	649.894,88	407.612,43	3.370.982,07	50,31 %
	1.884.552,11	448.499,75	237.527,19	47.450,10	481.847,10	180.540,80	113.234,73	936.458,82	

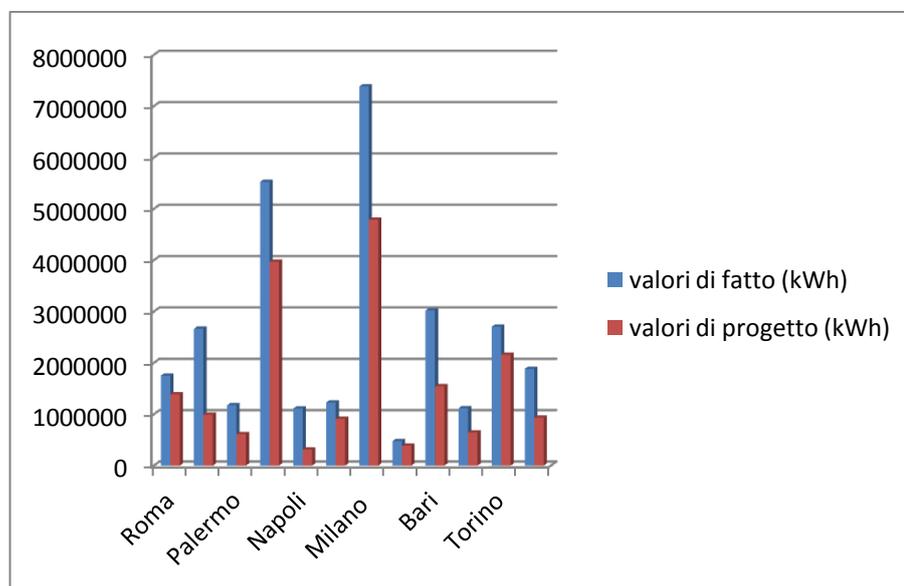


Figura 7.3 Grafico delle riduzioni del fabbisogno Q a seguito di intervento di cool roof

Come risulta evidente dal grafico precedente l'intervento in copertura è quello che fornisce i migliori risultati in termini di riduzione delle dispersioni e, di conseguenza del fabbisogno di energia per riscaldamento. Le riduzioni stimate assumono valori molto elevati che in termini percentuali sono compresi in un intervallo tra il 19 e il 70%. Questa riduzione è dovuta all'incidenza della superficie di copertura rispetto alla superficie disperdente complessiva. Questa incidenza in termini percentuali si manifesta nell'aliquota delle riduzioni attese per ogni Centro di Meccanizzazione Postale. I casi in cui la riduzione attesa è

pari a 20,83%, 19,09% e 20,18% (Roma – Cagliari – Torino) sono i casi in cui il solaio di copertura, allo stato di fatto, risulta già coibentato con uno strato di polistirene che va dai 4 ai 6 cm.

7.1.4 Intervento 4 – Full retrofit

L'ipotesi di intervento conclusiva prevede la realizzazione di nuovo involucro riqualificato globalmente attraverso la combinazione degli interventi precedenti. La scelta strategica dell'intervento 4 è quella di realizzare una valorizzazione che, sebbene richieda un poderoso intervento economico iniziale, sia in grado di consentire il raggiungimento di un livello di qualità delle prestazioni tecniche e di qualità architettoniche in linea con il nuovo standard dell'azienda Poste Italiane. Per questo motivo, grazie a questo intervento anche l'aspetto architettonico risulta essere di notevole importanza: la creazione di una nuova immagine dell'edificio attraverso il confinamento dell'involucro esistente in un involucro innovativo ad alte prestazioni energetiche che allo stesso tempo conferisce all'involucro esistente una funzione energetica di massa termica, importante per il bilancio energetico in regime estivo e risolve definitivamente la principale criticità di questi edifici industriali in cemento armato prefabbricato: i ponti termici. Dal calcolo analitico sviluppato combinando la facciata ventilata con infissi integrati a doppia pelle, il cool roff più isolante in copertura hanno fornito i seguenti risultati:

Tabella 7.8 Aliquote delle dispersioni termiche di progetto a seguito di intervento di full retrofit

<i>Centri</i>	<i>Stato di fatto</i>	<i>Full Retrofit</i>							Δ
	QH,nd [kWh]	Qd [kWh]	Qg [kWh]	Qr [kWh]	QH,ve [kWh]	Qi [kWh]	Qsol [kWh]	QH,nd [kWh]	
Roma	6.428.851,90	2.015,922,20	548.682,40	235,618,18	2.893,560,60	1.749,169,80	2.666,810,40	2.793,788,70	56,5 4%
	1.785.935,06	560,023,19	152,423,97	65,454,73	803,831,13	485,919,37	740,839,93	776,114,50	
Venezia	9.878.761,30	781,777,90	1.146,596,42	72,350,06	1.259,024,23	770,037,06	699,566,81	1.991,916,10	79,8 4%
	2.744.319,89	217,177,90	318,524,49	20,098,85	349,756,93	213,916,30	194,339,66	553,354,29	
Palermo	4.233.624,40	906,684,95	371,444,50	162,759,84	1.236,329,31	580,530,95	817,188,55	1.529,144,40	63,8 8%
	1.176.100,86	251,877,08	103,187,28	45,214,68	343,452,28	161,271,50	227,014,98	424,796,31	
Bologna	19.775.515,13	3.623,975,96	1.564,050,62	358,228,14	8.178,376,82	2.340,957,26	2.229,111,77	9.773,580,10	50,5 8%
	5.493.638,10	1.006,740,52	434,493,26	99,515,78	2.271,953,08	650,317,93	619,247,25	2.715,100,55	
Napoli	5.613.588,40	647,171,90	379,404,45	91,775,21	1.460,435,68	933,810,60	1.040,901,10	1.142,799,60	79,6 4%
	1.559.454,86	179,784,35	105,398,56	25,495,15	405,709,03	259,412,58	289,162,33	317,469,73	
Ancona	4.430.772,50	679,623	115,023,8,20	70,913	167,6715,80	1.122,434	867,836	1.995,811,70	54,9 6%
	1.230.868,60	188,799,17	319,536,17	19,699,52	465,791,65	311,812,22	241,084,91	554,436,49	
Milano	26.579.621,78	3.799,224,54	623,723,61	341,501,24	14.153,999,00	3.887,919,61	1.671,704,08	13.803,241,00	48,0 7%
	7.383.818,93	1.055,424,58	173,270,42	94,869,04	3.931,980,92	1.080,064,07	464,399,39	3.834,540,35	
Cagliari	1.717.779,03	351,321,67	300,941,73	47,582,99	756,498,63	340,975,12	534,689,91	791,279,42	53,9 4%
	477.199,01	97,597,16	83,601,61	13,218,55	210,155,32	94,722,89	148,536,86	219,817,42	
Bari	10.633.827,00	1.114,825,37	882,332,09	137,846,80	3.074,476,62	1.158,610,60	707,540,93	3.549,200,29	66,6 2%
	2.954.077,14	309,698,49	245,111,85	38,293,84	854,089,61	321,862,02	196,554,87	985,967,84	
Lamezia Terme	4.025.326,53	459,518,67	514,029,60	54,753,77	1.217,276,36	474,147,64	487,717,80	1.409,262,82	64,9 9%
	1.118.235,71	127,654,29	142,797,42	15,210,60	338,159,37	131,718,21	135,488,00	391,493,21	
Torino	9.480.446,80	946,618,32	1.897,845,53	78,288,24	3.790,995,60	3.790,995,60	250,033,88	5.576,440,47	41,1 8%
	2.633.668,12	262,970,57	527,221,49	21,748,47	1.053,138,58	1.053,138,58	69,459,41	1.549,135,16	
Firenze	6.783.844,90	416,506,87	825,016,59	51,268,59	1.734,510,80	649,894,88	290,689,15	2.161,482,60	68,1 4%
	1.884.552,11	115,705,61	229,189,61	14,242,41	481,847,10	180,540,80	80,753,45	600,459,87	

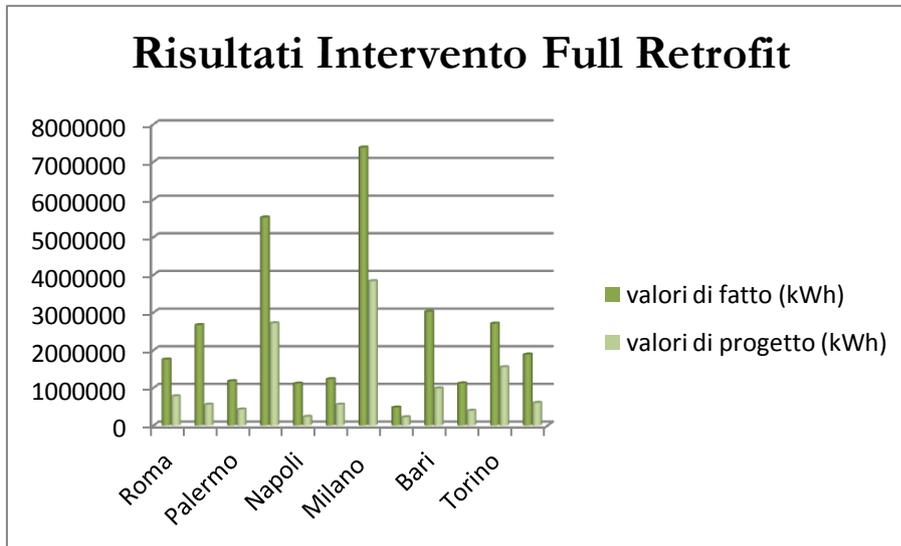


Figura 7.4 Grafico delle riduzioni del fabbisogno Q a seguito di intervento di full retrofit

Considerando l'ultimo intervento riguardante l'intero edificio l'abbattimento delle dispersioni risulta notevole con percentuali che vanno dal 42% di risparmio nel caso di Torino al 79% di risparmio nel caso di Venezia e Napoli. Nonostante le diverse peculiarità dell'intervento e l'ingente somma economica da impegnare per la sua realizzazione, la riqualificazione integrale dell'involucro risulta ammortizzabile in un tempo di ritorno pari a circa 8-10 anni con un aumento permanente del valore degli immobili. I risultati della riqualificazione degli edifici oggetto di studio, manifesta chiaramente come la tematica ambientale risulta indissolubilmente connessa a quella economica. Nella logica generale di "revisione di spesa", mostrando, vista l'obsolescenza del patrimonio edilizio attuale, ottenere un guadagno in termini energetici e, di conseguenza in termini economici risulta essere, in questo particolare frangente storico, un potenziale a cui non si può non porre attenzione.

7.2 IL RAPPORTO TRA VOLUME E FABBISOGNO NETTO: LA NUOVA RELAZIONE DI CALCOLO

Nell'ipotesi di intervento denominato "full retrofit", analizzando i seguenti dati:

- Volume degli edifici [V_r];
- Superficie dell'involucro edilizio [S_d];
- Numero dei gradi giorno [GG];
- Fabbisogno di energia per il riscaldamento di progetto [$Q_{H,nd}$];

è stato possibile ricavare una relazione lineare che collega tra loro le variabili precedentemente menzionate. Tale relazione è data dalla formula:

$$\frac{Q_{H,nd}}{GG} = 0,004 * V_r + 48,111 \quad (1)$$

Pertanto si è sperimentato che per gli edifici oggetto di studio effettuando un intervento di riqualificazione integrale dato da:

- Facciata ventilata;
- Sostituzione infissi con pacchetto finestrato a taglio termico auto schermante;
- Copertura cool roof coibentata;

si riesce immediatamente a conoscere il valore di $Q_{H,nd}$ e quindi il consumo di energia per il riscaldamento invernale dell'edificio riqualificato. Grazie a questa relazione è possibile estendere la procedura di analisi del fabbisogno di energia per la climatizzazione invernale a tutti gli edifici aventi per dimensioni, tecnologie costruttive, struttura portante e tipologia di attività le stesse caratteristiche di un Centro di Meccanizzazione Postale.

Il valore di $Q_{H,nd}$ dato dalla relazione (1) risulta attendibile solo se l'edificio oggetto della diagnosi energetica presenta struttura portante in cemento armato prefabbricato e analogie costruttive dell'involucro edilizio per le seguenti partizioni:

- solaio di copertura,
- pareti verticali opache,
- infissi e finestrate,
- solaio di primo calpestio.

Attraverso la precedente relazione si riesce ad ottenere il rapporto tra il fabbisogno netto di energia per riscaldamento e il numero dei gradi giorno. Conoscendo il numero di GG della località in cui si

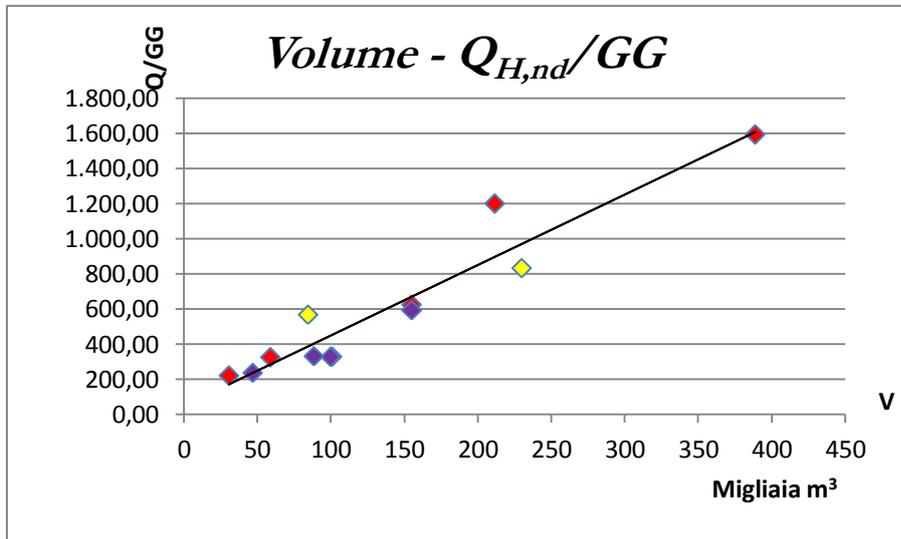


Figura 7.5 Grafico della nuova relazione di calcolo (1)

trova l'edificio, si riesce a stimare il fabbisogno energetico dell'edificio riqualificato post interventi.

Questa relazione ha uno scarto quadratico medio⁴¹ [R^2] pari a 0,90 pertanto risulta piuttosto accettabile poiché presenta un margine di errore minimo.

7.3 CALCOLO DI $Q_{H,ND}$ PER I RESTANTI EDIFICI OGGETTO DI STUDIO

Applicando l'equazione sopra menzionata è stato possibile calcolare in tempi brevi il fabbisogno energetico netto anche per gli altri edifici non oggetto di studio, estendendo in questo modo l'analisi ai CMP di tutta Italia aventi come unica variante la loro ubicazione territoriale. In questo

⁴¹ Lo scarto quadratico medio è un [indice di dispersione](#) delle misure sperimentali, vale a dire una stima della variabilità di una popolazione di dati o di una [variabile casuale](#). Esso è uno dei modi per esprimere la dispersione dei dati intorno ad un indice di posizione, quale può essere, ad esempio, il [valore atteso](#) o una stima del suddetto [valore atteso](#).

modo, inserendo come unico dato, il volume del fabbricato è stato possibile ricavarne immediatamente il rapporto $Q_{H,nd}/GG$.

Nello specifico, gli edifici non appartenenti al campione studiato sono:

- Il CMP di Pescara Via A. Volta 12 - 65129 Pescara;
- Il CMP di Genova Via Aviatori e Pionieri d'Italia - 16154 Genova;
- Il CMP di Brescia Via Dalmazia 13 - 25126 Brescia;
- Il CMP di Novara Via Monterosa 101 - 28100 Novara;
- Il CMP di Catania Zona Ind.le Località Piano d'Arci - 95121 Catania;
- Il CMP di Pisa Via Emilia 270 - 56121 Pisa;
- Il CMP di Padova Via Ricerca Scientifica 3 - 35127 Padova;
- Il CMP di Verona Piazza XXV Aprile 4/A - 37138 Verona.

I valori del fabbisogno netto calcolato sono descritti dalla tabella seguente:

Tabella 7.9 Valori di $Q_{H,nd}$ per i restanti CMP non oggetto di studio

<i>Centri</i>	<i>Volume [m³]</i>	<i>Gradi giorno</i>	<i>Zona Climatica</i>	<i>$Q_{H,nd}$ [kWh]</i>
PESCARA	50.109,38	1718	D	427.006,35
GENOVA	45.998,00	1435	D	333.067,81
BRESCIA	68.465,37	2410	E	775.953,68
NOVARA	23.802,30	2463	E	352.997,65
CATANIA	75.288,00	833	B	290.936,08
PISA	30.218,60	1694	D	286.261,27
PADOVA	212.653,63	2383	E	2.141.662,91
VERONA	53.191,20	2468	E	643.841,47

Conoscendo quindi i dati di consumo attuale di tutti i CMP dovuti al riscaldamento e confrontandoli con i risultati prodotti dall'equazione precedente abbiamo un quadro globale ed immediato di quelli che sono i vantaggi apportati dagli interventi ipotizzati.

7.4 POSSIBILI SVILUPPI E CONCLUSIONI

Il presente lavoro definisce la riduzione dei consumi energetici per una classe di edifici appartenenti al patrimonio immobiliare di Poste Italiane S.p.A. a seguito della realizzazione di particolari interventi precedentemente descritti. Inoltre fa sì che i fabbricati oggetto di studio, a seguito di riqualificazione, risultino pienamente efficienti e rispondenti ai requisiti minimi imposti dalla normativa italiana in campo energetico.

Questi parametri, nonostante siano fortemente restrittivi, sono rispettati anche dagli edifici localizzati in zona climatica D e in zona climatica E piuttosto ostili in condizioni invernali e caratterizzate da un alto valore di gradi giorno. Come si può evincere dai valori in tabella:

Centri	stato di fatto	intervento di progetto		EPi progetto		
	QH,nd [kWh]	QH,nd [kWh]	$\Delta\%$ QH,nd	Epi [kWh/m ³]	Epi-lim [kWh/m ³]	verificato
Roma	1.785.935,06	776.115	56,54%	5,40	5,41	
Venezia	2.744.319,89	553.354	79,84%	13,43	15,34	
Palermo	1.176.100,86	424.796	63,88%	3,71	3,94	
Bologna	5.493.638,10	2.715.101	50,58%	11,81	11,92	
Napoli	1.559.454,86	317.470	79,64%	3,37	5,75	
Ancona	1.230.868,60	554.436	54,96%	7,62	7,91	
Milano	7.383.818,93	3.834.540	48,07%	12,13	12,15	
Cagliari	477.199,01	219.817	53,94%	6,17	6,50	
Bari	2.954.077,14	985.968	66,62%	4,24	4,97	
Lamezia Terme	1.118.235,71	391.493	64,99%	6,54	6,60	
Torino	2.633.668,12	1.549.135	41,18%	11,28	11,38	
Firenze	1.884.552,11	600.460	68,14%	6,40	8,52	

Con questi presupposti i possibili sviluppi del presente lavoro di ricerca potrebbero essere di due tipologie differenti:

□ *Primo sviluppo:*

Applicare sullo stesso campione di immobili la procedura di calcolo prevista dalla normativa UNI TI 11300 per la climatizzazione estiva e

verificare quali potrebbero essere i vantaggi e le criticità emerse a seguito della realizzazione degli interventi di retrofit.

□ *Secondo sviluppo:*

Estendere la procedura di calcolo su ulteriori classi di edifici aventi caratteristiche comuni agli immobili studiati nel presente lavoro. L'estensione della procedura potrebbe avvenire su 2 classi differenti di edifici:

- Edifici industriali non postali aventi le stesse caratteristiche costruttive del CMP ma differenti per rapporto di forma S/V e tipologia di attività che vi si svolge all'interno;
- Edifici postali aventi le stesse caratteristiche costruttive del CMP e stessa struttura portante nonché destinati alla stessa tipologia di attività di servizio postale ma aventi volume pari a circa 1/10 del volume del CMP. Questi edifici sono i cosiddetti CPD e UDR ovvero Centri Postali di Distribuzione e Unità di Recapito presenti in prossimità di tutti i maggiori centri urbani della penisola la cui classe di edifici è composta da circa 350 unità immobiliari.

BIBLIOGRAFIA

1. IOVINO R., FASCIA F., *La struttura in cemento armato per l'architettura tecnica e tecnologia*, Aracne Editore, Roma, 2008.
2. IOVINO R., DE SIVO B., IRACE M., CITO G., *Appunti di Architettura Tecnica*, Cuen Editore, Napoli, 1983.
3. IOVINO R., FASCIA F., *L'elemento di fabbrica di confine*, Luciano Editore, Napoli, 2006.
4. DE SIVO B., *Il restauro degli edifici in muratura*, Dario Flaccovio Editore, 1987, Napoli.
5. CAMPIOLI A., *Il contesto del progetto. Il costruire contemporaneo tra sperimentalismo high-Tech e diffusione delle tecnologie industriali*, Franco Angeli, Milano 1993.
6. MANGIAROTTI A., *Le tecniche dell'architettura contemporanea. Evoluzione e innovazione degli elementi costruttivi*, Franco Angeli, Milano 1995.
7. BAHNAM R., *The Architecture of the Well-Tempered Environment*, Architectural Press, London, 1969.
8. HERZOG T., *Solar Energy in Architecture and Urban Planning*, Prestel, Munich-London-New York, 1996.
9. SALA M., *Recupero edilizio e bioclimatica. Strumenti, tecniche e casi di studio*, Esselibri, Napoli, 2001.
10. WIENKE UWE, *L'edificio passivo: standard-requisiti-esempi*, Alinea Editrice, Firenze, 2002.
11. DIERNA S., ORLANDI F., *Buone pratiche per il quartiere ecologico. Linee Guida di progettazione sostenibile nella città della trasformazione*, Alinea Editrice, Firenze, 2005.

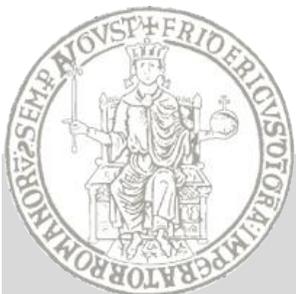
12. GROSSO M., *Il raffrescamento passivo degli edifici in zone a clima temperato*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, 2008.
13. RIZZO G., FILIPPI M., *Certificazione Energetica e verifica ambientale degli edifici. Valutazione delle prestazioni energetiche e della sostenibilità delle scelte progettuali*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2007.
14. ALTOMONTE S., *L'involucro architettonico come interfaccia dinamica. Strumenti e criteri per un'architettura sostenibile*, Alinea Editore, Firenze, 2005.
15. M. PALAZZETTI e M. PALLANTE, BOLLATI BORINGHIERI, *"L'uso razionale dell'energia"*, Torino 1997.
16. S. KUHTZ, *"Energia e sviluppo sostenibile: politiche e tecnologie"*, Rubettino 2005.
17. J. RIFKIN, *"Entropia"*, New Age 1992.
18. D. GAUDIOSO, R. PIGNATELLI, *"La pianificazione energetico – ambientale a livello locale nelle principali città italiane"*, APAT
19. A. M. CORNETT, *"A Global wave energy resource assessment"*, Proceedings of the Eighteenth (2008) International Offshore and Polar Engineering Conference , Vancouver, BC , Canada, July 6-11, 2008
20. ASSOBBETON, *"La prefabbricazione in calcestruzzo"* Guida all'utilizzo nella progettazione;
21. RAFFAELE RAJA, *"Architettura industriale: Storia, significato e progetto"* - Ed. Dedalo
22. BAROZZI – CORTICELLI – MUSCIO – TARTARINI, *"I cool roofs, una soluzione innovativa per il risparmio energetico in edilizia"*;
23. M. FIORI, T. POLI, *"Coperture a verde. Esempi di progettazione"*. Maggioli Editore;
24. Guida ANIT - *La legislazione per il risparmio energetico e l'acustica degli edifici* - www.anit.it
25. M. ROSSI, *"Prodotti e sistemi di involucro innovativi per il progetto di edifici energeticamente efficienti"*- Ed. Simple
26. M. Imperadori, *"Costruire sul costruito – Tecnologie leggere nel recupero edilizio"*, Carocci Editore, Roma 2001.
27. G. Masera, *"Residenze e Risparmio Energetico"*, Il sole 24 Ore, Milano 2004.
28. L.E. Malighetti, *"Recupero edilizio e sostenibilità"*, Il sole 24 Ore, Milano 2004.

29. E. Zambelli, “Ristrutturazione e Trasformazione del Costruito”, Il sole 24 Ore, Milano 2004.
30. Analisi Curve di Carico – Risultati sperimentali – Edison – Poste Italiane S.p.A.

RIFERIMENTI NORMATIVI

1. Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia.
2. Legge 9 gennaio 1991, n. 10 “*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*”
3. D. Lgs. 31 marzo 1998, n. 112 “*Conferimento di funzioni e testimoni amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della L. 15 marzo 1997, n. 59*”
4. D. Lgs. 19 agosto 2005 n. 192 “*Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*”
5. D. Lgs. 29 dicembre 2006 n. 311 “*Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 292, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia*”
6. D.P.R. 2 aprile 2009 n.59 “*Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettera a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia*”
7. D.M. 26 giugno 2006 “*Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*”
8. D.Lgs. 30 maggio 2008 n.115 “*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*”
9. A. De Capua, “*Nuovi paradigmi per il progetto sostenibile*”, Gangemi Editore, Roma 2002.
10. UNI EN ISO 6946 *Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.*
11. UNI EN ISO 10077-1 *Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità.*
12. UNI EN ISO 10077-2 *Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai.*
13. UNI EN ISO 13786 *Prestazione termica dei componenti per edilizia – Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo.*

14. UNI EN ISO 13789 *Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo.*
15. UNI EN ISO 13370 *Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo.*
16. UNI EN ISO 10211 *Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali – Calcoli dettagliati.*
17. UNI EN ISO 14683 *Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica -Metodi semplificati e valori di riferimento.*
18. UNI EN ISO 13788 *Prestazione igro termica dei componenti e degli elementi per edilizia -Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo.*
19. UNI EN 13363-1-2 *Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato e dettagliato.*



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

PIANO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA
DI EDIFICI INDUSTRIALI
DESTINATI AI SERVIZI POSTALI

VOLUME 2



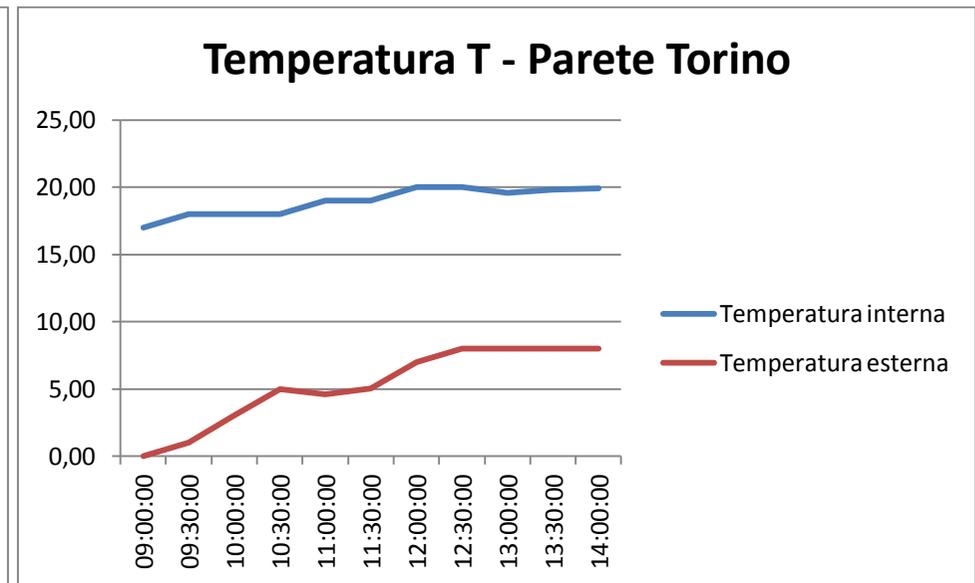
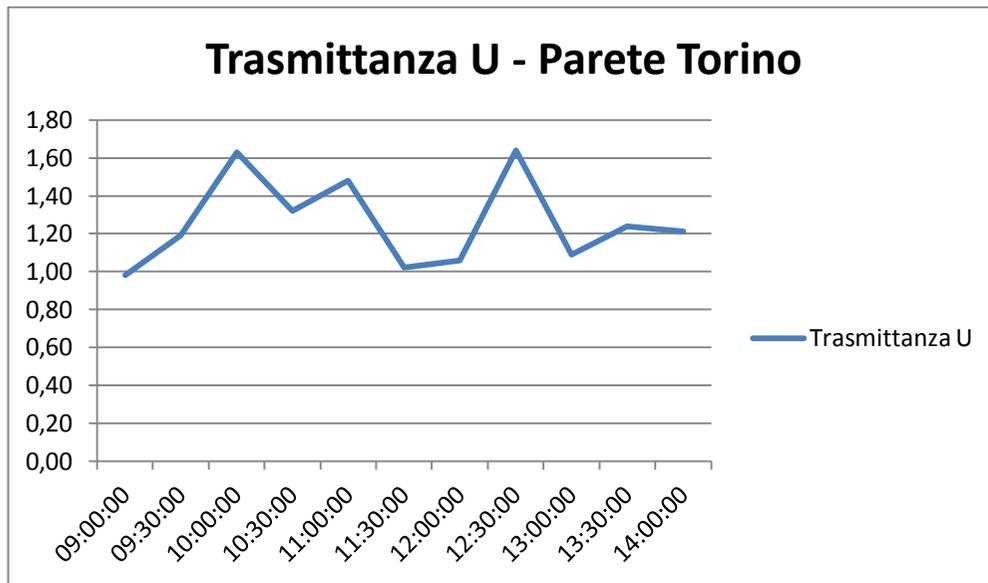
Tutore:
Prof. Ing. Renato Iovino

Dottorando:
Ing. Paolo Fabozzi

Coordinatore: Prof. Ing. Luciano Rosati
Dottorato in Ingegneria delle Costruzioni
Indirizzo: Recupero edilizio ed Innovazione Tecnologica
Ciclo XXV

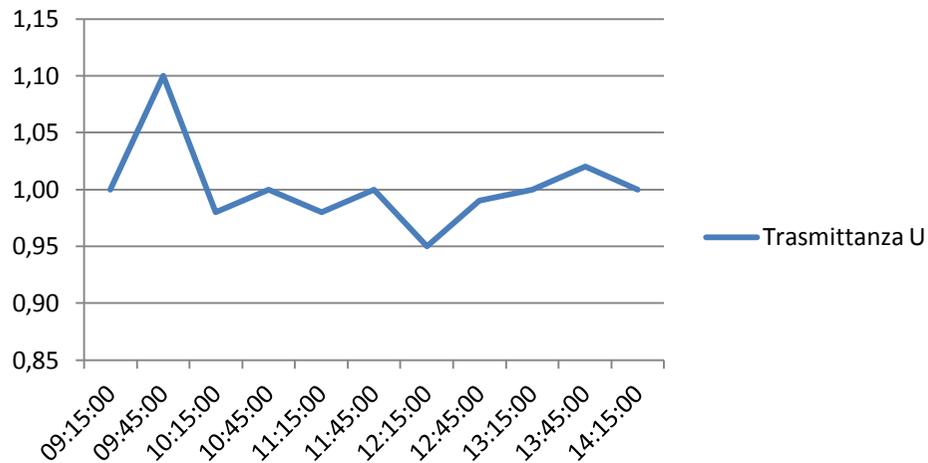
CMP di Torino

<i>Pannello verticale opaco - Torino (28/03/2012)</i>											
Valori	09:00:00	09:30:00	10:00:00	10:30:00	11:00:00	11:30:00	12:00:00	12:30:00	13:00:00	13:30:00	14:00:00
Trasmittanza U	0,98	1,19	1,63	1,32	1,48	1,02	1,06	1,64	1,09	1,24	1,21
Temperatura interna	17,00	18,00	18,00	18,00	19,00	19,00	20,00	20,00	19,60	19,80	19,90
Temperatura esterna	0,00	1,00	3,00	5,00	4,60	5,01	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00
ΔT	-17,00	-17,00	-15,00	-13,00	-14,40	-13,99	-13,00	-12,00	-11,60	-11,80	-11,90

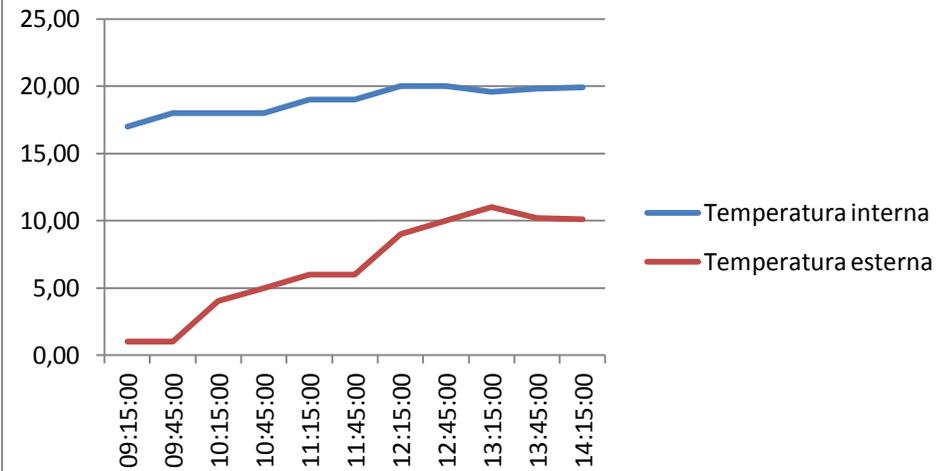


<i>Solaio di copertura - Torino (28/03/2012)</i>											
Valori	09:15:00	09:45:00	10:15:00	10:45:00	11:15:00	11:45:00	12:15:00	12:45:00	13:15:00	13:45:00	14:15:00
Trasmittanza U	1,00	1,10	0,98	1,00	0,98	1,00	0,95	0,99	1,00	1,02	1,00
Temperatura interna	17,00	18,00	18,00	18,00	19,00	19,00	20,00	20,00	19,60	19,80	19,90
Temperatura esterna	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	6,00	9,00	10,00	11,00	10,20	10,10
ΔT	-16,00	-17,00	-14,00	-13,00	-13,00	-13,00	-11,00	-10,00	-8,60	-9,60	-9,80

Trasmittanza U - Copertura Torino



Temperatura T - Copertura Torino



Temperature ed irradiazioni giornaliere medie mensili per la stagione di riscaldamento (UNI 10349)									
Mese	N_g	θ_e [°C]	H_{bh} [MJ/m ²]	H_{dh} [MJ/m ²]	H_S [MJ/m ²]	H_{SE-SO} [MJ/m ²]	H_{E-O} [MJ/m ²]	H_{NE-NO} [MJ/m ²]	H_N [MJ/m ²]
gennaio	31	0,4	2,5	2,5	9,0	7,1	4,1	1,9	1,8
febbraio	28	3,2	4,3	3,5	10,8	9,1	6,1	3,2	2,5
marzo	31	8,2	7,2	5,0	11,9	11,3	8,9	5,5	3,7
aprile	30	12,7	10,4	6,6	11,2	12,4	11,7	8,4	5,5
maggio	31	16,7	11,7	7,9	9,8	12,0	12,9	10,5	7,6
giugno	30	21,1	13,2	8,3	9,5	12,1	13,9	11,8	9,1
luglio	31	23,3	15,9	7,6	10,6	13,7	15,4	12,6	9,1
agosto	31	22,6	11,5	7,0	10,7	12,5	12,5	9,4	6,3
settembre	30	18,8	7,9	5,6	11,2	11,3	9,6	6,3	4,2
ottobre	31	12,6	5,3	4,0	11,6	10,0	7,1	3,9	2,9
novembre	30	6,8	2,8	2,7	9,2	7,3	4,4	2,2	1,9
dicembre	31	2,0	2,6	2,1	9,6	7,4	4,0	1,7	1,5

Tab.1: Valori di irradianza solare giornaliera media mensile su superfici verticali esposte a Sud, SudEst-SudOvest, Nord, NordEst-NordOvest

Dispersioni per trasmissione									
Elemento disperdente	Tipologia	A o l [m ²], [m]	U o ψ [W/(m ² K)], [W/(mK)]	PT [%]	Verso di dispersione	H _D [W/K]	H _{Tiu} [W/K]	H _{Tia} [W/K]	H _g [W/K]
Pannello cav - TORINO	Parete	886,36	1,161	-	Esterno	1.028,8 7	-	-	-
Pannello cav - TORINO VS ZNR	Parete	105,00	0,996	-	scala1 sud-est sup=72 h=9,3	-	104,55	-	-
Portone industriale TORINO	Porta	32,00	5,879	-	Esterno	188,12	-	-	-
93x108 TORINO 4-6-4	Serramento	12,05	4,172	-	Esterno	50,29	-	-	-
93x108 TORINO 4-6-4	Serramento	10,04	4,172	-	Esterno	41,91	-	-	-
93x108 TORINO 4-6-4	Serramento	20,09	4,172	-	Esterno	83,81	-	-	-
93x197 TORINO 4-6-4	Serramento	29,31	4,020	-	Esterno	117,85	-	-	-
93x197 TORINO 4-6-4	Serramento	36,64	4,020	-	Esterno	147,31	-	-	-
93x197 TORINO 4-6-4	Serramento	21,99	4,020	-	Esterno	88,39	-	-	-
93x197 TORINO 4-6-4	Serramento	36,64	4,020	-	Esterno	147,31	-	-	-
93x197 TORINO 4-6-4	Serramento	36,64	4,020	-	Esterno	147,31	-	-	-
227x93 TORINO 4-6-4	Serramento	27,57	3,995	-	Esterno	110,13	-	-	-
227x93 TORINO 4-6-4	Serramento	42,41	3,995	-	Esterno	169,43	-	-	-
227x93 TORINO 4-6-4	Serramento	25,44	3,995	-	Esterno	101,66	-	-	-
227x93 TORINO 4-6-4	Serramento	42,41	3,995	-	Esterno	169,43	-	-	-
227x93 TORINO 4-6-4	Serramento	42,41	3,995	-	Esterno	169,43	-	-	-
Pannello cav - TORINO	Parete	948,48	1,161	-	Esterno	1.100,9 7	-	-	-
Pannello cav - TORINO VS ZNR	Parete	97,00	0,996	-	scala1 sud-est sup=72 h=9,3	-	96,58	-	-
93x197 TORINO 4-6-4	Serramento	14,66	4,020	-	Esterno	58,92	-	-	-
93x197 TORINO 4-6-4	Serramento	36,64	4,020	-	Esterno	147,31	-	-	-
93x197 TORINO 4-6-4	Serramento	7,33	4,020	-	Esterno	29,46	-	-	-

copertuva TORINO	Copertura	10.449,0 0	0,854	-	Esterno	8.922,3 0	-	-	-
Primo piano di calpestio su intercapedine	Stru. vs terreno	10.449,0 0	0,794	-	Terreno	-	-	-	8.299,58
TOTALE ambiente climatizzato totale - Locale unico						21.462,64	463,98	-	8.299,58

Tab.2: Dispersione per trasmissione di elementi opachi e trasparenti dell'intero involucro edilizio

Dispersioni per ventilazione							
Zona riscaldata	Hve periodo di riscaldamento [W/K]						
	gen	feb	mar	apr	ott	nov	dic
ambiente climatizzato totale	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23
Totale edificio	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23
Zona riscaldata	Hve periodo di raffrescamento [W/K]						
	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott
ambiente climatizzato totale	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23
Totale edificio	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23	16.404,23

Tab.3: Dispersione per ventilazione dell'intero involucro edilizio

Apporti solari sulle strutture opache								
<i>Aree di captazione</i>								
Descrizione elemento	Area [m ²]	U [W/m ² K]	α_{sol}	R _{se} [m ² K/W]	F _{er}	A _{sol} [m ²]		
Pannello cav - TORINO	886,36	1,161		0,04	-	12,35		
Portone industriale TORINO	32,00	5,879		0,04	-	2,26		
Pannello cav - TORINO	948,48	1,161		0,04	-	13,21		
Pannello cav - TORINO	889,62	1,161		0,04	-	12,39		
Portone industriale TORINO	32,00	5,879		0,04	-	2,26		
Pannello cav - TORINO	987,25	1,161		0,04	-	13,75		
Portone industriale TORINO	53,00	5,879		0,04	-	3,74		
copertuva TORINO	10.449,00	0,854		0,04	-	321,20		
Apporti solari sulle strutture opache								
Descrizione elemento	A _{sol} [m ²]	Q _{sol} [MJ] riscaldamento						
		gen	feb	mar	apr	ott	nov	dic
Pannello cav - TORINO	12,35	2.717,44	3.145,86	4.324,94	2.246,34	1.954,89	2.703,86	2.832,26
Portone industriale TORINO	2,26	496,87	575,20	790,79	410,73	357,44	494,39	517,86
Pannello cav - TORINO	13,21	778,17	1.183,77	2.252,59	1.523,35	778,92	871,97	696,26
Pannello cav - TORINO	12,39	729,88	1.110,31	2.112,82	1.428,83	730,58	817,87	653,05
Portone industriale TORINO	2,26	132,97	202,27	384,90	260,29	133,09	148,99	118,97
Pannello cav - TORINO	13,75	3.026,77	3.503,96	4.817,26	2.502,04	2.177,42	3.011,65	3.154,67
Portone industriale TORINO	3,74	822,94	952,68	1.309,75	680,27	592,01	818,83	857,71
copertuva TORINO	321,20	49.786,41	70.150,66	121.478,84	76.219,81	45.509,68	52.998,44	46.799,22
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico		58.491,46	80.824,72	137.471,90	85.271,66	52.234,03	61.865,99	55.630,01

Tab.4: Aree di captazione effettive delle superfici opache e relativi apporti solari

227x93 TORINO 4-6-4	101,40	101,40	101,40	101,40	101,40	101,40	101,40	101,40	101,40	101,40	101,40	101,40
227x93 TORINO 4-6-4	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99
Pannello cav - TORINO	1.089,9 6	1.089,96										
93x197 TORINO 4-6-4	54,25	54,25	54,25	54,25	54,25	54,25	54,25	54,25	54,25	54,25	54,25	54,25
93x197 TORINO 4-6-4	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63
93x108 TORINO 4-6-4	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17
93x108 TORINO 4-6-4	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17
227x93 TORINO 4-6-4	109,20	109,20	109,20	109,20	109,20	109,20	109,20	109,20	109,20	109,20	109,20	109,20
227x93 TORINO 4-6-4	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99
227x93 TORINO 4-6-4	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99
227x93 TORINO 4-6-4	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99
227x93 TORINO 4-6-4	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99
Pannello cav - TORINO	1.022,3 3	1.022,33										
Portone industriale TORINO	186,24	186,24	186,24	186,24	186,24	186,24	186,24	186,24	186,24	186,24	186,24	186,24
93x197 TORINO 4-6-4	67,82	67,82	67,82	67,82	67,82	67,82	67,82	67,82	67,82	67,82	67,82	67,82
93x197 TORINO 4-6-4	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63
93x197 TORINO 4-6-4	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63	135,63
227x93 TORINO 4-6-4	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20
227x93 TORINO 4-6-4	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99
Pannello cav - TORINO	1.134,5 2	1.134,52										
Portone industriale TORINO	308,46	308,46	308,46	308,46	308,46	308,46	308,46	308,46	308,46	308,46	308,46	308,46
93x108 TORINO 4-6-4	23,15	23,15	23,15	23,15	23,15	23,15	23,15	23,15	23,15	23,15	23,15	23,15
93x108 TORINO 4-6-4	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17	77,17
227x93 TORINO 4-6-4	140,39	140,39	140,39	140,39	140,39	140,39	140,39	140,39	140,39	140,39	140,39	140,39
227x93 TORINO 4-6-4	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99
227x93 TORINO 4-6-4	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99	155,99
copertuva TORINO	17.666, 15	17.666,15										
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico	29.558, 28	29.558,28										

Tab.6: Energia di extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Stagione di riscaldamento: contributi termici															
Energia dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso															
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Hd [W/K]	Qd [MJ]	Hg [W/K]	Qg [MJ]	HU [W/K]	QU [MJ]	Ha [W/K]	Qa [MJ]	Qr [MJ]	QH,tr [MJ]	HV [W/K]	QH,ve [MJ]	QH,ht [MJ]
ottobre	17	8,9	21.462,64	279.739,58	8.299,58	108.175,05	334,26	4.356,63	0,00	0,00	43.851,88	436.123,15	16.404,23	213.809,39	649.932,54
novembre	30	13,2	21.462,64	734.331,23	8.299,58	283.965,25	334,26	11.436,40	0,00	0,00	77.385,68	1.107.118,55	16.404,23	561.261,00	1.668.379,55
dicembre	31	18,0	21.462,64	1.034.739,47	8.299,58	400.132,86	334,26	16.114,92	0,00	0,00	79.965,20	1.530.952,45	16.404,23	790.867,78	2.321.820,23
gennaio	31	19,6	21.462,64	1.126.716,31	8.299,58	435.700,22	334,26	17.547,36	0,00	0,00	79.965,20	1.659.929,09	16.404,23	861.167,14	2.521.096,23
febbraio	28	16,8	21.462,64	872.296,50	8.299,58	337.316,30	334,26	13.585,05	0,00	0,00	72.226,63	1.295.424,48	16.404,23	666.710,04	1.962.134,52
marzo	31	11,8	21.462,64	678.329,22	8.299,58	262.309,32	334,26	10.564,23	0,00	0,00	79.965,20	1.031.167,96	16.404,23	518.457,78	1.549.625,74
aprile	15	8,4	21.462,64	233.833,25	8.299,58	90.423,12	334,26	3.641,69	0,00	0,00	38.692,84	366.590,90	16.404,23	178.722,46	545.313,36
Totale	183	-	150.238,46	4.959.985,55	58.097,08	1.918.022,11	2.339,80	77.246,29	0,00	0,00	472.052,63	7.427.306,57	114.829,63	3.790.995,60	11.218.302,17

Tab.7: Energia termica scambiata/dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso nel periodo di riscaldamento

Apporti solari e gratuiti, coefficiente di utilizzazione e fabbisogno di energia termica utile													
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Qsol,e [MJ]	Qsol,i [MJ]	Qsol [MJ]	Qint [MJ]	Qgn [MJ]	QH,ht [MJ]	YH [-]	aH [-]	η H,gn [-]	QH,nd [MJ]	
ottobre	17	8,9	53.129,26	37.183,97	90.313,23	89.239,03	179.552,26	649.932,54	0,28	1,48	0,888	490.465,01	
novembre	30	13,2	63.048,78	47.976,44	111.025,23	157.480,64	268.505,87	1.668.379,55	0,16	1,48	0,944	1.415.013,45	
dicembre	31	18,0	56.814,37	46.603,37	103.417,74	162.730,00	266.147,73	2.321.820,23	0,11	1,48	0,964	2.065.184,39	
gennaio	31	19,6	59.655,21	46.566,26	106.221,47	162.730,00	268.951,46	2.521.096,23	0,11	1,48	0,968	2.260.855,54	
febbraio	28	16,8	82.244,86	58.665,54	140.910,40	146.981,93	287.892,33	1.962.134,52	0,15	1,48	0,950	1.688.601,56	
marzo	31	11,8	139.534,88	91.166,77	230.701,65	162.730,00	393.431,65	1.549.625,74	0,25	1,48	0,899	1.195.898,60	
aprile	15	8,4	86.409,72	53.293,95	139.703,67	78.740,32	218.443,99	545.313,36	0,40	1,48	0,828	364.428,27	
Totale	183	-	540.837,09	381.456,30	922.293,39	960.631,91	1.882.925,29	11.218.302,17	-	-	-	9.480.446,82	

Tab.8: Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento considerando gli apporti solari gratuiti

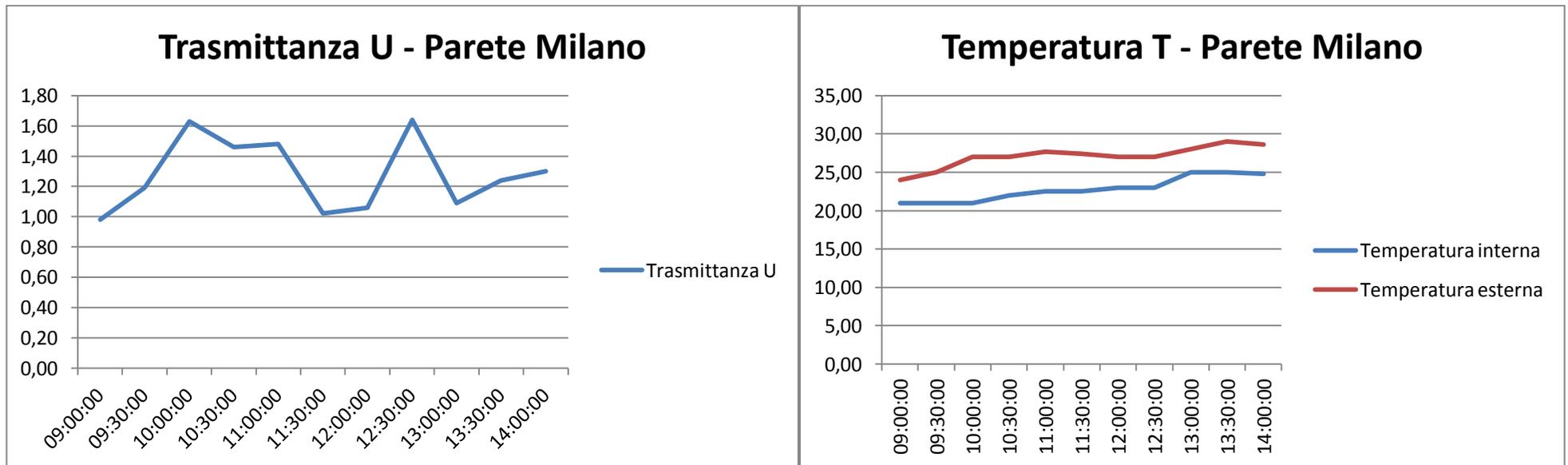
Contributi termici totali dell'edificio nella stagione di riscaldamento			
Mese	QH,ht [MJ]	Qgn [MJ]	QH,nd [MJ]
ottobre	649.932,54	179.552,26	490.465,01
novembre	1.668.379,55	268.505,87	1.415.013,45
dicembre	2.321.820,23	266.147,73	2.065.184,39
gennaio	2.521.096,23	268.951,46	2.260.855,54
febbraio	1.962.134,52	287.892,33	1.688.601,56
marzo	1.549.625,74	393.431,65	1.195.898,60
aprile	545.313,36	218.443,99	364.428,27
Totale	11.218.302,17	1.882.925,29	9.480.446,82

Tab.9: Riepilogo Fabbisogno ideale di energia termica

Centro	Stato di fatto	Full Retrofit							
	QH,nd [kWh]	Q _d [kWh]	Q _g [kWh]	Q _r [kWh]	Q _{H,ve} [kWh]	Q _i [kWh]	Q _{sol} [kWh]	Q_{H,nd} [kWh]	Δ
Torino	9.480.446,80	946.618,32	1.897.845,53	78.288,24	3.790.995,60	3.790.995,60	250.033,88	5.576.440,47	41,18%
	2.633.668,12	262.970,57	527.221,49	21.748,47	1.053.138,58	1.053.138,58	69.459,41	1.549.135,16	

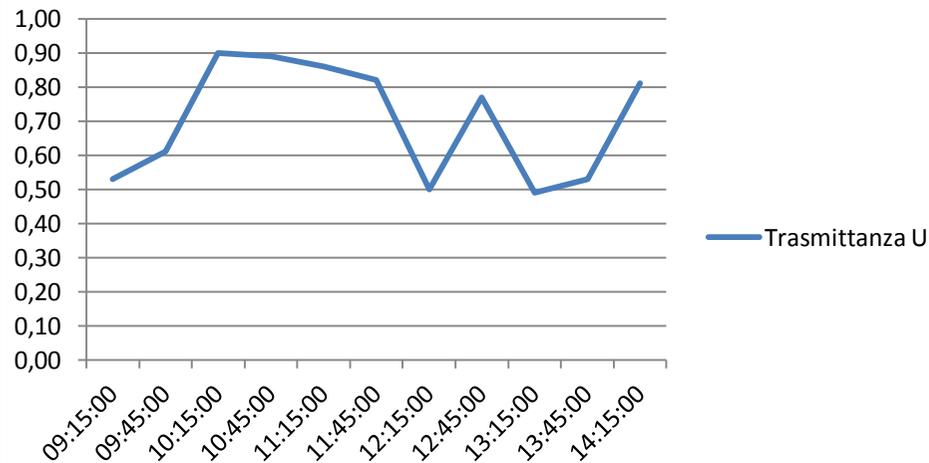
Tab.10: Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione - Full Retrofit

<i>Pannello verticale opaco - Milano (28/08/2012)</i>											
Valori	09:00:00	09:30:00	10:00:00	10:30:00	11:00:00	11:30:00	12:00:00	12:30:00	13:00:00	13:30:00	14:00:00
Trasmittanza U	0,98	1,19	1,63	1,46	1,48	1,02	1,06	1,64	1,09	1,24	1,30
Temperatura interna	21,00	21,00	21,00	22,00	22,50	22,50	23,00	23,00	25,00	25,00	24,80
Temperatura esterna	24,00	25,00	27,01	27,00	27,70	27,40	27,00	27,00	28,00	29,00	28,60
ΔT	3,00	4,00	6,01	5,00	5,20	4,90	4,00	4,00	3,00	4,00	3,80

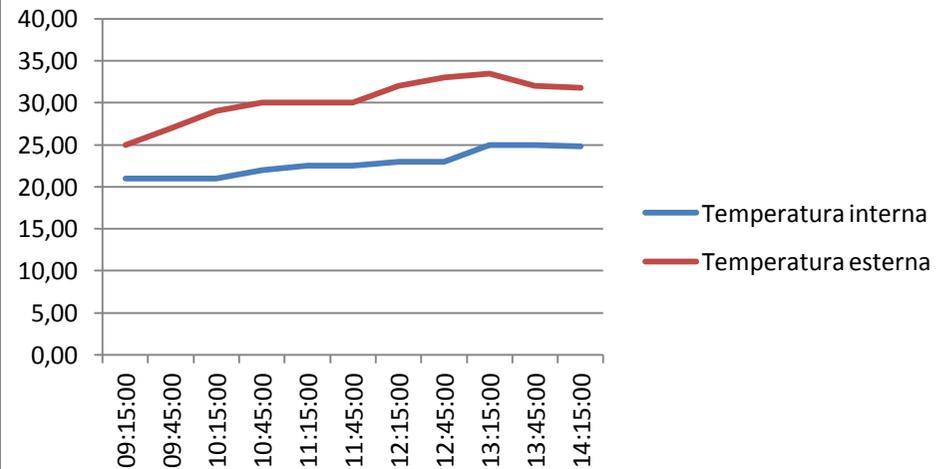


<i>Solaio di copertura - Milano (28/08/2012)</i>											
Valori	09:15:00	09:45:00	10:15:00	10:45:00	11:15:00	11:45:00	12:15:00	12:45:00	13:15:00	13:45:00	14:15:00
Trasmittanza U	0,53	0,61	0,90	0,89	0,86	0,82	0,50	0,77	0,49	0,53	0,81
Temperatura interna	21,00	21,00	21,00	22,00	22,50	22,50	23,00	23,00	25,00	25,00	24,80
Temperatura esterna	25,00	27,00	29,00	30,00	30,00	30,00	32,00	33,00	33,50	32,00	31,80
ΔT	4,00	6,00	8,00	8,00	7,50	7,50	9,00	10,00	8,50	7,00	7,00

Trasmittanza U - Copertura Milano



Temperatura T - Copertura Milano



Mese	Ng	θ_e [°C]	Hbh [MJ/m ²]	Hdh [MJ/m ²]	HS [MJ/m ²]	HSE-SO [MJ/m ²]	HE-O [MJ/m ²]	HNE-NO [MJ/m ²]	HN [MJ/m ²]
gennaio	31	1,7	1,5	2,3	6,0	4,8	2,9	1,6	1,5
febbraio	28	4,2	3,2	3,5	8,7	7,3	5,1	2,9	2,4
marzo	31	9,2	6,5	5,1	11,2	10,6	8,5	5,3	3,7
aprile	30	14,0	9,8	6,7	10,9	12,1	11,4	8,2	5,4
maggio	31	17,9	12,1	7,9	10,0	12,3	13,2	10,7	7,8
giugno	30	22,5	13,9	8,3	9,8	12,5	14,4	12,2	9,4
luglio	31	25,1	16,5	7,5	10,8	14,0	15,8	12,8	9,2
agosto	31	24,1	12,5	6,9	11,3	13,3	13,2	9,8	6,4
settembre	30	20,4	8,4	5,6	11,8	11,8	10,1	6,5	4,2
ottobre	31	14,0	4,5	3,9	10,3	8,9	6,4	3,6	2,8
novembre	30	7,9	1,9	2,5	6,7	5,4	3,4	1,9	1,7
dicembre	31	3,1	1,3	2,0	5,4	4,3	2,6	1,4	1,3

Tab.11: Valori di irradianza solare giornaliera media mensile su superfici verticali esposte a Sud, SudEst-SudOvest, Nord, NordEst-NordOvest

Elemento disperdente	Tipologia	A o l [m ²] , [m]	U o ψ [W/(m ² K)] , [W/(mK)]	PT [%]	Verso di dispersione	HD [W/K]	H Π _U [W/K]	H Π _A [W/K]	H _g [W/K]
Pannello cav - mi	Parete	271,22	1,161	-	Esterno	314,83	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	37,44	3,538	-	Esterno	132,45	-	-	-
Pannello cav - mi	Parete	275,03	1,161	-	Esterno	319,25	-	-	-
Portone industriale	Porta	142,83	5,879	-	Esterno	839,68	-	-	-
Pannello cav - mi	Parete	1.182,13	1,161	-	Esterno	1.372,20	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	84,24	3,538	-	Esterno	298,00	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	70,20	3,538	-	Esterno	248,33	-	-	-
Portone industriale	Porta	142,83	5,879	-	Esterno	839,68	-	-	-
280 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	63,36	3,572	-	Esterno	226,34	-	-	-
280 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	63,36	3,572	-	Esterno	226,34	-	-	-
280 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	63,36	3,572	-	Esterno	226,34	-	-	-
280 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	63,36	3,572	-	Esterno	226,34	-	-	-
280 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	63,36	3,572	-	Esterno	226,34	-	-	-
280 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	63,36	3,572	-	Esterno	226,34	-	-	-
480 x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	23,04	3,858	-	Esterno	88,89	-	-	-
pannello parete rei	Parete	241,30	1,761	-	scala sud (p1) s = 42,8 h = 8,6	-	425,05	-	-
Pannello cav - mi	Parete	1.404,36	1,161	-	Esterno	1.630,16	-	-	-

390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	74,88	3,538	-	Esterno	264,89	-	-	-
Portone industriale	Porta	238,05	5,879	-	Esterno	1.399,46	-	-	-
Portone industriale	Porta	23,81	5,879	-	Esterno	139,98	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	44,42	3,944	-	Esterno	175,19	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	148,05	3,944	-	Esterno	583,91	-	-	-
pannello parete rei	Parete	104,80	1,761	-	scala sud (p1) s = 42,8 h = 8,6	-	184,60	-	-
Primo piano di calpestio su intercapedine	Stru. vs terreno	46.675,30	0,301	-	Terreno	-	-	-	14.054,98
copertuva cav	Copertura	46.675,30	0,777	-	Esterno	36.244,84	-	-	-
TOTALE ambiente climatizzato totale - Locale unico						65.041,06	1.150,43	-	14.054,98

Tab.12: Dispersione per trasmissione di elementi opachi e trasparenti dell'intero involucro edilizio

Dispersioni per ventilazione								
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di riscaldamento [W/K]							
	gen	feb	mar	apr	ott	nov	dic	
ambiente climatizzato totale	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	
Totale edificio	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di raffrescamento [W/K]							
	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	
ambiente climatizzato totale	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	
Totale edificio	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	69.817,92	

Tab.13: Dispersione per ventilazione dell'intero involucro edilizio

Apporti solari sulle strutture opache									
Aree di captazione									
Descrizione elemento	Area [m ²]	U [W/m ² K]	α _{sol}	R _{se} [m ² K/W]	F _{er}	A _{sol} [m ²]			
Pannello cav - mi	271,22	1,161		0,04	-	7,56			
Portone industriale	142,83	5,879		0,04	-	20,15			
Pannello cav - mi	1.404,36	1,161		0,04	-	39,12			
Portone industriale	166,64	5,879		0,04	-	23,51			
Portone industriale	238,05	5,879		0,04	-	33,59			
Pannello cav - mi	1.296,26	1,161		0,04	-	36,11			
Pannello cav - mi	1.597,32	1,161		0,04	-	44,50			
Portone industriale	238,05	5,879		0,04	-	33,59			
Portone industriale	23,81	5,879		0,04	-	3,36			
copertuva cav	46.675,30	0,777		0,04	-	1.304,81			
Apporti solari sulle strutture opache									
Codice	Descrizione elemento	A _{sol} [m ²]	Q _{sol} [MJ] riscaldamento						
			gen	feb	mar	apr	ott	nov	dic
PA0113	Pannello cav - mi	7,56	679,27	1.078,98	1.990,97	1.211,23	724,16	770,70	609,00
PO0006	Portone industriale	20,15	1.811,68	2.877,73	5.310,11	3.230,46	1.931,41	2.055,53	1.624,27
PA0108	Pannello cav - mi	39,12	7.277,04	9.530,57	13.583,81	6.440,04	6.242,18	7.863,90	6.549,34

	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Portone industriale	138,58	138,58	138,58	138,58	138,58	138,58	138,58	138,58	138,58	138,58	138,58	138,58
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61
copertuva cav	71.764,79	71.764,79	71.764,79	71.764,79	71.764,79	71.764,79	71.764,79	71.764,79	71.764,79	71.764,79	71.764,79	71.764,79
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico	99.150,17											

Tab.16: Energia di extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Stagione di riscaldamento: contributi termici															
Energia dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso															
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Hd [W/K]	Qd [MJ]	Hg [W/K]	Qg [MJ]	HU [W/K]	QU [MJ]	Ha [W/K]	Qa [MJ]	Qr [MJ]	QH,tr [MJ]	HV [W/K]	QH,ve [MJ]	QH,ht [MJ]
ottobre	17	7,5	65.041,06	721.268,89	14.054,98	155.861,82	560,98	6.220,97	0,00	0,00	146.432,01	1.029.783,70	69.817,92	774.241,58	1.804.025,28
novembre	30	12,1	65.041,06	2.039.895,65	14.054,98	440.809,05	560,98	17.594,17	0,00	0,00	258.409,43	2.756.708,30	69.817,92	2.189.713,22	4.946.421,53
dicembre	31	16,9	65.041,06	2.944.080,84	14.054,98	636.197,98	560,98	25.392,80	0,00	0,00	267.023,08	3.872.694,70	69.817,92	3.160.305,16	7.032.999,86
gennaio	31	18,3	65.041,06	3.187.969,17	14.054,98	688.900,76	560,98	27.496,34	0,00	0,00	267.023,08	4.171.389,36	69.817,92	3.422.105,56	7.593.494,92
febbraio	28	15,8	65.041,06	2.486.087,75	14.054,98	537.228,45	560,98	21.442,59	0,00	0,00	241.182,14	3.285.940,93	69.817,92	2.668.675,34	5.954.616,28
marzo	31	10,8	65.041,06	1.881.424,47	14.054,98	406.564,39	560,98	16.227,35	0,00	0,00	267.023,08	2.571.239,29	69.817,92	2.019.603,32	4.590.842,61
aprile	15	7,2	65.041,06	605.252,88	14.054,98	130.791,47	560,98	5.220,33	0,00	0,00	129.204,72	870.469,40	69.817,92	649.704,92	1.520.174,32
Totale	183	-	455.287,40	13.865.979,66	98.384,84	2.996.353,94	3.926,87	119.594,55	0,00	0,00	1.576.297,53	18.558.225,67	488.725,41	14.884.349,12	33.442.574,79

Tab.17: Energia termica scambiata/dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso nel periodo di riscaldamento

Apporti solari e gratuiti, coefficiente di utilizzazione e fabbisogno di energia termica utile													
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Qsol,e [MJ]	Qsol,i [MJ]	Qsol [MJ]	Qint [MJ]	Qgn [MJ]	QH,ht [MJ]	YH [-]	aH [-]	η H,gn [-]	QH,nd [MJ]	
ottobre	17	7,5	190.166,13	171.132,85	361.298,98	379.809,47	741.108,45	1.804.025,28	0,41	1,63	0,847	1.176.180,22	
novembre	30	12,1	203.873,47	202.132,11	406.005,59	670.252,01	1.076.257,59	4.946.421,53	0,22	1,63	0,934	3.941.478,06	
dicembre	31	16,9	159.337,51	164.249,19	323.586,70	692.593,74	1.016.180,44	7.032.999,86	0,14	1,63	0,963	6.054.131,57	
gennaio	31	18,3	182.604,71	183.836,81	366.441,53	692.593,74	1.059.035,27	7.593.494,92	0,14	1,63	0,965	6.571.361,05	
febbraio	28	15,8	284.956,68	260.280,64	545.237,32	625.568,54	1.170.805,86	5.954.616,28	0,20	1,63	0,943	4.851.049,04	
marzo	31	10,8	532.367,33	420.185,29	952.552,62	692.593,74	1.645.146,36	4.590.842,61	0,36	1,63	0,871	3.158.000,49	
aprile	15	7,2	333.533,91	234.248,42	567.782,33	335.126,00	902.908,34	1.520.174,32	0,59	1,63	0,767	827.421,34	
Totale	183	-	1.886.839,75	1.636.065,32	3.522.905,07	4.088.537,25	7.611.442,32	33.442.574,79	-	-	-	26.579.621,76	

Tab.18: Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento considerando gli apporti solari gratuiti

Contributi termici totali dell'edificio nella stagione di riscaldamento			
Mese	QH,ht [MJ]	Qgn [MJ]	QH,nd [MJ]
ottobre	1.804.025,28	741.108,45	1.176.180,22
novembre	4.946.421,53	1.076.257,59	3.941.478,06
dicembre	7.032.999,86	1.016.180,44	6.054.131,57
gennaio	7.593.494,92	1.059.035,27	6.571.361,05
febbraio	5.954.616,28	1.170.805,86	4.851.049,04
marzo	4.590.842,61	1.645.146,36	3.158.000,49
aprile	1.520.174,32	902.908,34	827.421,34
Totale	33.442.574,79	7.611.442,32	26.579.621,76

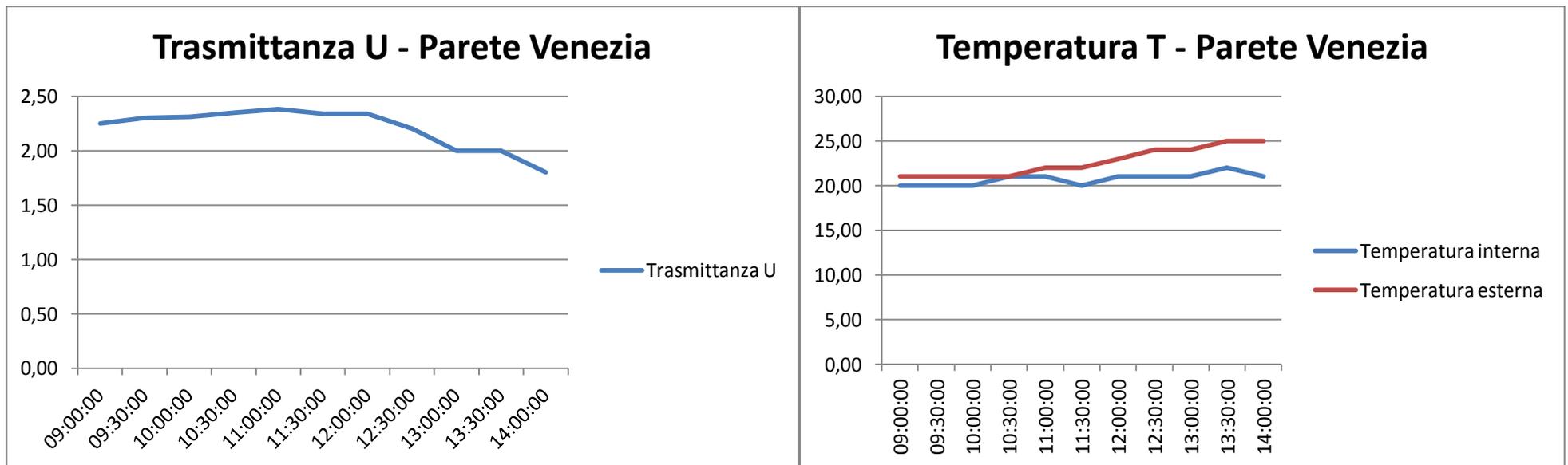
Tab.19: Riepilogo Fabbisogno ideale di energia termica

Centro	Stato di fatto	Full Retrofit							
	QH,nd [kWh]	Q _d [kWh]	Q _g [kWh]	Q _r [kWh]	Q _{H,ve} [kWh]	Q _i [kWh]	Q _{sol} [kWh]	Q _{H,nd} [kWh]	Δ
Milano	26.579.621,78	3.799.224,54	623.723,61	341.501,24	14.153.999,00	3.887.919,61	1.671.704,08	13.803.241,00	48,07%
	7.383.818,93	1.055.424,58	173.270,42	94.869,04	3.931.980,92	1.080.064,07	464.399,39	3.834.540,35	

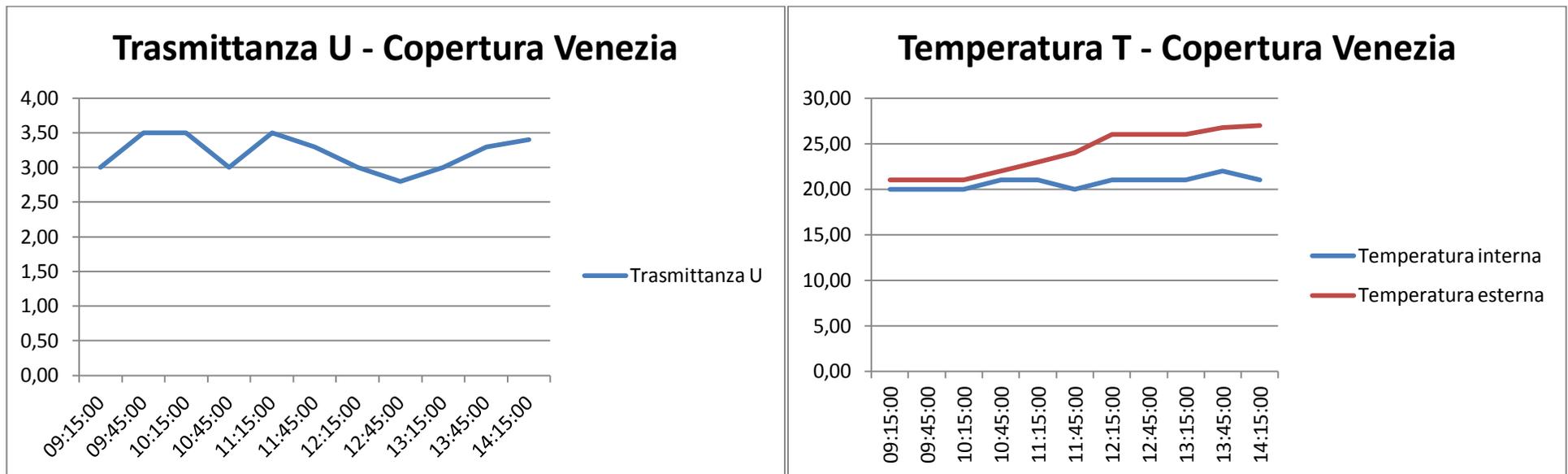
Tab.20: Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione- Full Retrofit

CMP di Venezia

Pannello verticale opaco - Venezia Mestre (11/06/2012)											
Valori	09:00:00	09:30:00	10:00:00	10:30:00	11:00:00	11:30:00	12:00:00	12:30:00	13:00:00	13:30:00	14:00:00
Trasmittanza U	2,25	2,30	2,31	2,35	2,38	2,34	2,34	2,20	2,00	2,00	1,80
Temperatura interna	20,00	20,00	20,00	21,00	21,00	20,00	21,00	21,00	21,00	22,00	21,00
Temperatura esterna	21,00	21,00	21,00	21,00	22,00	22,00	23,00	24,00	24,00	25,00	25,00
ΔT	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00



<i>Solaio di copertura - Venezia Mestre (11/06/2012)</i>											
Valori	09:15:00	09:45:00	10:15:00	10:45:00	11:15:00	11:45:00	12:15:00	12:45:00	13:15:00	13:45:00	14:15:00
Trasmittanza U	3,00	3,50	3,50	3,00	3,50	3,30	3,00	2,80	3,00	3,30	3,40
Temperatura interna	20,00	20,00	20,00	21,00	21,00	20,00	21,00	21,00	21,00	22,00	21,00
Temperatura esterna	21,00	21,00	21,00	22,00	23,00	24,00	26,00	26,00	26,00	26,80	27,00
ΔT	14,00	14,80	15,10	15,10	16,00	15,80	17,00	16,80	16,80	16,90	17,00



Temperature ed irradiazioni giornaliere medie mensili per la stagione di riscaldamento (UNI 10349)									
Mese	N _g	θ _e [°C]	H _{bh} [MJ/m ²]	H _{dh} [MJ/m ²]	H _S [MJ/m ²]	HSE-SO [MJ/m ²]	HE-O [MJ/m ²]	HNE-NO [MJ/m ²]	H _N [MJ/m ²]
gennaio	31	3,3	2,1	2,4	7,9	6,2	3,6	1,8	1,7
febbraio	28	4,8	4,6	3,5	11,6	9,6	6,4	3,2	2,6
marzo	31	8,6	7,5	5,0	12,4	11,7	9,2	5,6	3,8
aprile	30	13,2	10,3	6,6	11,2	12,4	11,7	8,4	5,4
maggio	31	17,3	14,3	7,6	10,8	13,4	14,5	11,6	8,1
giugno	30	21,3	18,3	7,5	10,8	14,4	16,9	14,0	10,3
luglio	31	23,6	20,7	6,4	11,8	15,8	18,0	14,3	9,7
agosto	31	23,4	15,9	6,2	12,8	15,3	15,3	10,9	6,6
settembre	30	20,4	10,5	5,3	13,7	13,8	11,5	7,1	4,3
ottobre	31	14,9	5,9	3,9	12,7	10,9	7,6	4,0	2,9
novembre	30	9,5	2,7	2,6	9,0	7,1	4,3	2,1	1,8
dicembre	31	5,0	2,0	2,1	7,8	6,0	3,4	1,6	1,5

Tab.21: Valori di irradianza solare giornaliera media mensile su superfici verticali esposte a Sud, SudEst-SudOvest, Nord, NordEst-NordOvest

Dispersioni per trasmissione									
Elemento disperdente	Tipologia	A o l [m ²], [m]	U o ψ [W/(m ² K)], [W/(mK)]	PT [%]	Verso di dispersione	H _D [W/K]	H _{T<u>u</u>} [W/K]	H _{T<u>a</u>} [W/K]	H _g [W/K]
Primo piano di calpestio su intercapedine	Stru. vs terreno	8.118,00	0,676	-	Terreno	-	-	-	5.490,42
cop PA	Copertura	1.812,44	3,214	-	Esterno	5.825,70	-	-	-
cop PA	Copertura	5.088,02	3,214	-	Esterno	16.354,35	-	-	-
cop PA	Copertura	1.217,51	3,214	-	Esterno	3.913,42	-	-	-
Pannello VE PA	Parete	541,63	2,210	-	Esterno	1.197,18	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	74,88	3,538	-	Esterno	264,89	-	-	-
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	60,00	3,696	-	Esterno	221,77	-	-	-
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	60,00	3,696	-	Esterno	221,77	-	-	-
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	54,00	3,696	-	Esterno	199,60	-	-	-
500 x100 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	40,00	4,007	-	Esterno	160,28	-	-	-
Pannello VE PA	Parete	582,12	2,210	-	Esterno	1.286,68	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	46,80	3,538	-	Esterno	165,56	-	-	-
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	60,00	3,696	-	Esterno	221,77	-	-	-
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	60,00	3,696	-	Esterno	221,77	-	-	-
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	60,00	3,696	-	Esterno	221,77	-	-	-

250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	15,00	3,696	-	Esterno	55,44	-	-	-
500 x100 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	25,00	4,007	-	Esterno	100,17	-	-	-
Pannello VE PA	Parete	614,53	2,210	-	Esterno	1.358,32	-	-	-
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	84,00	3,934	-	Esterno	330,43	-	-	-
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	84,00	3,934	-	Esterno	330,43	-	-	-
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	29,40	3,934	-	Esterno	115,65	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	65,52	3,538	-	Esterno	231,78	-	-	-
Pannello VE PA	Parete	258,01	2,210	-	Esterno	570,29	-	-	-
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	84,00	3,934	-	Esterno	330,43	-	-	-
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	84,00	3,934	-	Esterno	330,43	-	-	-
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	29,40	3,934	-	Esterno	115,65	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,538	-	Esterno	331,11	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	65,52	3,538	-	Esterno	231,78	-	-	-
Pannello VE PA	Parete	311,89	2,210	-	Esterno	689,38	-	-	-
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	84,00	3,934	-	Esterno	330,43	-	-	-
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	84,00	3,934	-	Esterno	330,43	-	-	-
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	50,40	3,934	-	Esterno	198,26	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	84,24	3,538	-	Esterno	298,00	-	-	-
Pannello VE PA	Parete	19,32	2,210	-	Esterno	42,70	-	-	-
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	21,00	3,696	-	Esterno	77,62	-	-	-
Pannello VE PA	Parete	19,32	2,210	-	Esterno	42,70	-	-	-
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	21,00	3,696	-	Esterno	77,62	-	-	-
Pannello VE PA	Parete	66,98	2,210	-	Esterno	148,05	-	-	-
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	60,00	3,696	-	Esterno	221,77	-	-	-
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	3,00	3,696	-	Esterno	11,09	-	-	-
TOTALE ambiente climatizzato totale - Locale unico						39.694,28	-	-	5.490,42

Tab.22: Dispersione per trasmissione di elementi opachi e trasparenti dell'intero involucro edilizio

Dispersioni per ventilazione												
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di riscaldamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
ambiente climatizzato totale	11.630,11	11.630,11	11.630,11	11.630,11	-	-	-	-	-	11.630,11	11.630,11	11.630,11
Totale edificio	11.630,11	11.630,11	11.630,11	11.630,11	-	-	-	-	-	11.630,11	11.630,11	11.630,11
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di raffrescamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
ambiente climatizzato totale	-	-	-	11.630,11	11.630,11	11.630,11	11.630,11	11.630,11	11.630,11	11.630,11	-	-
Totale edificio	-	-	-	11.630,11	-	-						

Tab.23: Dispersione per ventilazione dell'intero involucro edilizio

Apporti solari sulle strutture opache						
<u>Aree di captazione</u>						
Descrizione elemento	Area [m ²]	U [W/m ² K]	α _{sol}	R _{se} [m ² K/W]	F _{er}	A _{sol} [m ²]

cop PA	1.812,44	3,214		0,04	-	209,73		
cop PA	5.088,02	3,214		0,04	-	588,76		
cop PA	1.217,51	3,214		0,04	-	140,88		
Pannello VE PA	541,63	2,210		0,04	-	28,73		
Pannello VE PA	582,12	2,210		0,04	-	30,88		
Pannello VE PA	614,53	2,210		0,04	-	32,60		
Pannello VE PA	258,01	2,210		0,04	-	13,69		
Pannello VE PA	311,89	2,210		0,04	-	16,55		
Pannello VE PA	19,32	2,210		0,04	-	1,02		
Pannello VE PA	19,32	2,210		0,04	-	1,02		
Pannello VE PA	66,98	2,210		0,04	-	3,55		
Apporti solari sulle strutture opache								
Descrizione elemento	A _{sol} [m ²]	Q _{sol} [MJ] riscaldamento						
		gen	feb	mar	apr	ott	nov	dic
cop PA	209,73	29.256,66	47.565,67	81.268,51	49.761,60	30.863,47	33.346,30	26.656,07
cop PA	588,76	82.131,54	133.529,99	228.143,17	139.694,56	86.642,29	93.612,29	74.830,96
cop PA	140,88	19.653,22	31.952,33	54.592,28	33.427,45	20.732,59	22.400,44	17.906,27
Pannello VE PA	28,73	1.514,20	2.091,72	3.384,68	2.157,76	1.279,98	1.551,55	1.336,06
Pannello VE PA	30,88	7.562,59	10.029,93	11.870,40	5.324,58	6.173,51	8.337,69	7.466,87
Pannello VE PA	32,60	3.638,12	5.841,85	9.297,41	5.420,62	3.747,17	4.205,35	3.436,00
Pannello VE PA	13,69	1.527,46	2.452,70	3.903,51	2.275,85	1.573,25	1.765,61	1.442,60
Pannello VE PA	16,55	1.846,44	2.964,89	4.718,68	2.751,11	1.901,78	2.134,33	1.743,86
Pannello VE PA	1,02	114,38	183,66	292,30	170,42	117,81	132,21	108,02
Pannello VE PA	1,02	114,38	183,66	292,30	170,42	117,81	132,21	108,02
Pannello VE PA	3,55	187,25	258,67	418,56	266,84	158,29	191,87	165,22
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico		147.546,24	237.055,08	398.181,80	241.421,19	153.307,94	167.809,87	135.199,95

Tab.24: Aree di captazione effettive delle superfici opache e relativi apporti solari

Apporti solari per strutture trasparenti							
Descrizione elemento	Q _{sol} [MJ] riscaldamento						
	gen	feb	mar	apr	ott	nov	dic
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	2.660,82	3.675,67	5.947,72	3.791,72	2.249,25	2.726,46	2.347,79
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	2.128,66	2.940,54	4.758,18	3.033,37	1.799,40	2.181,17	1.878,23
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.629,22	2.250,61	3.641,79	2.321,67	1.377,21	1.669,41	1.437,55
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.466,30	2.025,55	3.277,61	2.089,50	1.239,49	1.502,47	1.293,79
500 x100 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.090,06	1.505,81	2.436,59	1.553,35	921,45	1.116,94	961,81
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	6.182,50	8.199,58	9.704,18	4.352,90	5.046,91	6.816,15	6.104,24
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	7.571,08	10.041,1 ₉	11.883,7 ₃	5.330,56	6.180,44	8.347,05	7.475,25
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	7.571,08	10.041,1 ₉	11.883,7 ₃	5.330,56	6.180,44	8.347,05	7.475,25
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	7.571,08	10.041,1 ₉	11.883,7 ₃	5.330,56	6.180,44	8.347,05	7.475,25
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.892,77	2.510,30	2.970,93	1.332,64	1.545,11	2.086,76	1.868,81
500 x100 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	3.165,97	4.198,88	4.969,37	2.229,06	2.584,45	3.490,45	3.125,89
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	5.016,98	8.055,94	12.821,1 ₇	7.475,06	5.167,36	5.799,20	4.738,26

350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	106,48	106,48	106,48	106,48	106,48	106,48	106,48	106,48	106,48	106,48	106,48	106,48	106,48
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	304,86	304,86	304,86	304,86	304,86	304,86	304,86	304,86	304,86	304,86	304,86	304,86	304,86
Pannello VE PA	682,49	682,49	682,49	682,49	682,49	682,49	682,49	682,49	682,49	682,49	682,49	682,49	682,49
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23
350 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23	304,23
Pannello VE PA	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47
Pannello VE PA	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28	42,28
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47	71,47
Pannello VE PA	146,57	146,57	146,57	146,57	146,57	146,57	146,57	146,57	146,57	146,57	146,57	146,57	146,57
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	204,19	204,19	204,19	204,19	204,19	204,19	204,19	204,19	204,19	204,19	204,19	204,19	204,19
250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	10,21	10,21	10,21	10,21	10,21	10,21	10,21	10,21	10,21	10,21	10,21	10,21	10,21
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico	64.557,08												

257

Tab.26: Energia di extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Stagione di riscaldamento: contributi termici															
Energia dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso															
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Hd [W/K]	Qd [MJ]	Hg [W/K]	Qg [MJ]	HU [W/K]	QU [MJ]	Ha [W/K]	Qa [MJ]	Qr [MJ]	QH,tr [MJ]	Hv [W/K]	QH,ve [MJ]	QH,ht [MJ]
ottobre	17	6,5	39.694,28	377.344,44	5.490,42	52.193,42	0,00	0,00	0,00	0,00	94.821,44	524.359,29	11.630,11	110.558,92	634.918,21
novembre	30	10,5	39.694,28	1.080.319,60	5.490,42	149.427,33	0,00	0,00	0,00	0,00	167.331,95	1.397.078,88	11.630,11	316.525,06	1.713.603,94
dicembre	31	15,0	39.694,28	1.594.757,51	5.490,42	220.583,20	0,00	0,00	0,00	0,00	172.909,68	1.988.250,39	11.630,11	467.251,27	2.455.501,66
gennaio	31	16,7	39.694,28	1.775.496,70	5.490,42	245.582,62	0,00	0,00	0,00	0,00	172.909,68	2.193.989,01	11.630,11	520.206,42	2.714.195,42
febbraio	28	15,2	39.694,28	1.459.631,80	5.490,42	201.892,92	0,00	0,00	0,00	0,00	156.176,49	1.817.701,21	11.630,11	427.660,51	2.245.361,72
marzo	31	11,4	39.694,28	1.212.015,67	5.490,42	167.643,22	0,00	0,00	0,00	0,00	172.909,68	1.552.568,57	11.630,11	355.110,96	1.907.679,53
aprile	15	7,9	39.694,28	408.008,30	5.490,42	56.434,77	0,00	0,00	0,00	0,00	83.665,98	548.109,04	11.630,11	119.543,19	667.652,23
Totale	183	-	277.859,98	7.907.574,01	38.432,95	1.093.757,47	0,00	0,00	0,00	0,00	1.020.724,91	10.022.056,39	81.410,77	2.316.856,32	12.338.912,71

Tab.27: Energia termica scambiata/dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso nel periodo di riscaldamento

Apporti solari e gratuiti, coefficiente di utilizzazione e fabbisogno di energia termica utile												
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Qsol,e [MJ]	Qsol,i [MJ]	Qsol [MJ]	Qint [MJ]	Qgn [MJ]	QH,ht [MJ]	vH [-]	aH [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	QH,nd [MJ]
ottobre	17	6,5	153.307,94	74.495,63	227.803,57	63.267,80	291.071,37	634.918,21	0,46	1,36	0,778	408.461,10
novembre	30	10,5	167.809,87	90.744,09	258.553,96	111.649,05	370.203,01	1.713.603,94	0,22	1,36	0,900	1.380.265,48
dicembre	31	15,0	135.199,95	77.563,90	212.763,85	115.370,69	328.134,54	2.455.501,66	0,13	1,36	0,944	2.145.774,90
gennaio	31	16,7	147.546,24	81.286,77	228.833,01	115.370,69	344.203,70	2.714.195,42	0,13	1,36	0,947	2.388.093,09
febbraio	28	15,2	237.055,08	118.638,28	355.693,35	104.205,78	459.899,14	2.245.361,72	0,20	1,36	0,906	1.828.515,69
marzo	31	11,4	398.181,80	170.833,68	569.015,48	115.370,69	684.386,17	1.907.679,53	0,36	1,36	0,826	1.342.208,13

aprile	15	7,9	241.421,19	93.735,21	335.156,40	55.824,53	390.980,93	667.652,23	0,59	1,36	0,722	385.442,92
Totale	183	-	1.480.522,06	707.297,56	2.187.819,62	681.059,22	2.868.878,84	12.338.912,71	-	-	-	9.878.761,30

258

Tab.28: Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento considerando gli apporti solari gratuiti

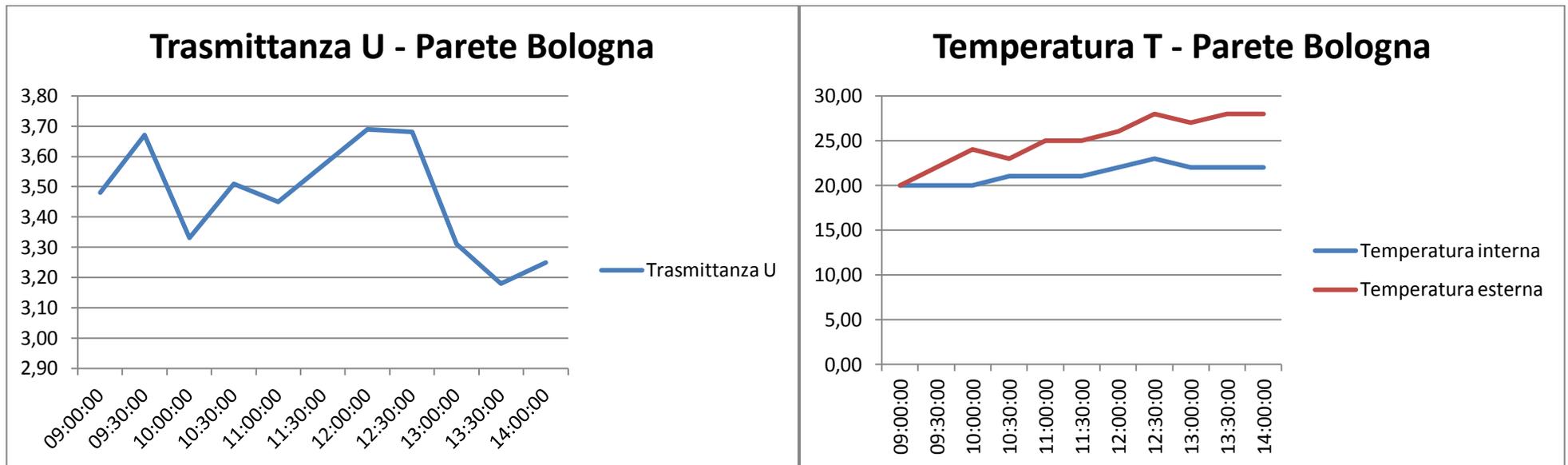
Contributi termici totali dell'edificio nella stagione di riscaldamento			
Mese	QH,ht [MJ]	Qgn [MJ]	QH,nd [MJ]
ottobre	634.918,21	291.071,37	408.461,10
novembre	1.713.603,94	370.203,01	1.380.265,48
dicembre	2.455.501,66	328.134,54	2.145.774,90
gennaio	2.714.195,42	344.203,70	2.388.093,09
febbraio	2.245.361,72	459.899,14	1.828.515,69
marzo	1.907.679,53	684.386,17	1.342.208,13
aprile	667.652,23	390.980,93	385.442,92
Totale	12.338.912,71	2.868.878,84	9.878.761,30

Tab.29: Riepilogo Fabbisogno ideale di energia termica

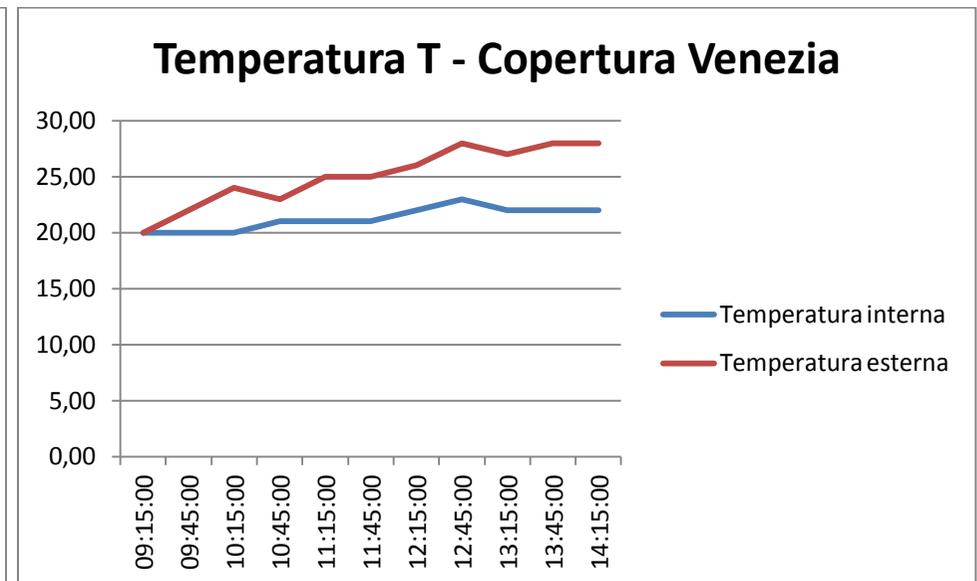
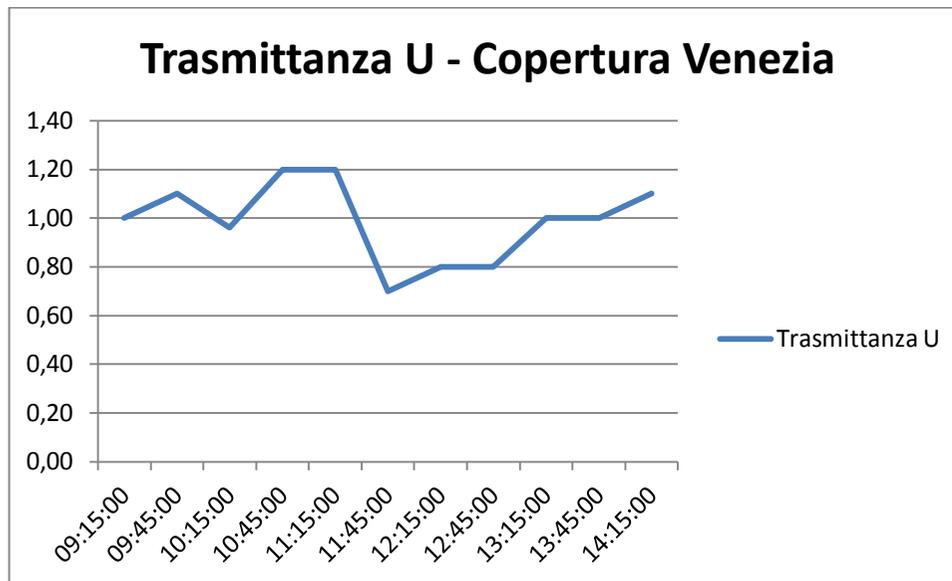
Centro	Stato di fatto	Full Retrofit							
	QH,nd [kWh]	Q _d [kWh]	Q _g [kWh]	Q _r [kWh]	Q _{H,ve} [kWh]	Q _i [kWh]	Q _{sol} [kWh]	Q _{H,nd} [kWh]	Δ
Venezia	9.878.761,30	781.777,90	1.146.596,42	72.350,06	1.259.024,23	770.037,06	699.566,81	1.991.916,10	79,84%
	2.744.319,89	217.177,90	318.524,49	20.098,85	349.756,93	213.916,30	194.339,66	553.354,29	

Tab.30: Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione- Full Retrofit

<i>Pannello verticale opaco - Bologna (29/06/2012)</i>											
Valori	09:00:00	09:30:00	10:00:00	10:30:00	11:00:00	11:30:00	12:00:00	12:30:00	13:00:00	13:30:00	14:00:00
Trasmittanza U	3,48	3,67	3,33	3,51	3,45	3,57	3,69	3,68	3,31	3,18	3,25
Temperatura interna	20,00	20,00	20,00	21,00	21,00	21,00	22,00	23,00	22,00	22,00	22,00
Temperatura esterna	20,00	22,00	24,00	23,00	25,00	25,00	26,00	28,00	27,00	28,00	28,00
ΔT	0,00	2,00	4,00	2,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00



<i>Solaio di copertura - Bologna (29/06/2012)</i>											
Valori	09:15:00	09:45:00	10:15:00	10:45:00	11:15:00	11:45:00	12:15:00	12:45:00	13:15:00	13:45:00	14:15:00
Trasmittanza U	1,00	1,10	0,96	1,20	1,20	0,70	0,80	0,80	1,00	1,00	1,10
Temperatura interna	20,00	20,00	20,00	21,00	21,00	21,00	22,00	23,00	22,00	22,00	22,00
Temperatura esterna	20,00	22,00	24,00	23,00	25,00	25,00	26,00	28,00	27,00	28,00	28,00
ΔT	0,00	2,00	4,00	2,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00



Temperature ed irradiazioni giornaliere medie mensili per la stagione di riscaldamento (UNI 10349)									
Mese	N _g	θ _e [°C]	H _{bh} [MJ/m ²]	H _{dh} [MJ/m ²]	H _S [MJ/m ²]	HSE-SO [MJ/m ²]	HE-O [MJ/m ²]	HNE-NO [MJ/m ²]	H _N [MJ/m ²]
gennaio	31	2,1	2,0	2,5	7,4	5,8	3,5	1,8	1,7
febbraio	28	4,6	4,3	3,6	10,7	9,0	6,1	3,2	2,6
marzo	31	9,4	7,0	5,1	11,6	11,0	8,8	5,4	3,8
aprile	30	14,2	10,7	6,6	11,2	12,6	11,9	8,5	5,5
maggio	31	18,2	13,3	7,7	10,2	12,7	13,8	11,1	7,9
giugno	30	22,9	15,6	8,0	10,0	13,1	15,2	12,8	9,7
luglio	31	25,4	18,5	7,1	11,1	14,7	16,8	13,6	9,5
agosto	31	24,9	14,4	6,6	12,0	14,3	14,3	10,5	6,6
settembre	30	21,2	10,0	5,4	12,9	13,1	11,1	7,0	4,3
ottobre	31	14,9	5,9	4,0	12,4	10,7	7,6	4,1	3,0
novembre	30	8,7	2,6	2,7	8,5	6,8	4,2	2,1	1,9
dicembre	31	4,0	1,9	2,2	7,2	5,7	3,3	1,6	1,5

Tab.31: Valori di irradianza solare giornaliera media mensile su superfici verticali esposte a Sud, SudEst-SudOvest, Nord, NordEst-NordOvest

Dispersioni per trasmissione									
Elemento disperdente	Tipologia	A o l [m ²], [m]	U o ψ [W/(m ² K)], [W/(mK)]	PT [%]	Verso di dispersione	H _D [W/K]	H _{Tiu} [W/K]	H _{Tia} [W/K]	H _g [W/K]
Cop BO acciaio coib	Copertura	5.482,70	0,877	-	Esterno	4.808,8 6	-	-	-
Pannello BO	Parete	553,28	3,448	-	Esterno	1.907,6 1	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	33,54	3,905	-	Esterno	130,97	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,50	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,50	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,50	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,50	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,50	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,50	-	-	-
350 x 285 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	19,95	3,764	-	Esterno	75,09	-	-	-
Pannello BO	Parete	587,16	3,448	-	Esterno	2.024,4 2	-	-	-
350 x 285 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	29,93	3,764	-	Esterno	112,66	-	-	-
Portone industriale	Porta	98,42	5,879	-	Esterno	578,60	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,50	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,50	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	12,90	3,905	-	Esterno	50,37	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,50	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	46,44	3,905	-	Esterno	181,35	-	-	-
Pannello BO	Parete	26,61	3,448	-	Esterno	91,75	-	-	-
Pannello BO	Parete	97,44	3,448	-	Esterno	335,95	-	-	-

		0											
TOTALE ambiente climatizzato totale - Locale unico										66.177,81	-	-	9.562,20

Tab.32: Dispersione per trasmissione di elementi opachi e trasparenti dell'intero involucro edilizio

Dispersioni per ventilazione												
Zona riscaldata	Hve periodo di riscaldamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
ambiente climatizzato totale	39.975,36	39.975,36	39.975,36	39.975,36	-	-	-	-	-	39.975,36	39.975,36	39.975,36
Totale edificio	39.975,36	39.975,36	39.975,36	39.975,36	-	-	-	-	-	39.975,36	39.975,36	39.975,36
Zona riscaldata	Hve periodo di raffrescamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
ambiente climatizzato totale	-	-	-	39.975,36	39.975,36	39.975,36	39.975,36	39.975,36	39.975,36	39.975,36	39.975,36	-
Totale edificio	-	-	-	39.975,36	-							

Tab.33: Dispersione per ventilazione dell'intero involucro edilizio

Apporti solari sulle strutture opache						
<u>Aree di captazione</u>						
Ambiente climatizzato totale Locale unico						
Descrizione elemento	Area [m ²]	U [W/m ² K]	αsol	Rse [m ² K/W]	Fer	Asol [m ²]
Cop BO acciaio coib	5.482,70	0,877		0,04	-	173,12
Pannello BO	553,28	3,448		0,04	-	45,78
Pannello BO	587,16	3,448		0,04	-	48,59
Portone industriale	98,42	5,879		0,04	-	13,89
Pannello BO	26,61	3,448		0,04	-	2,20
Pannello BO	97,44	3,448		0,04	-	8,06
cop BO	1.303,00	0,894		0,04	-	41,94
cop BO	16.347,00	0,894		0,04	-	526,14
cop BO	1.182,00	0,894		0,04	-	38,04
Pannello BO	80,67	3,448		0,04	-	6,68
Pannello BO	357,76	3,448		0,04	-	29,60
Pannello BO	205,26	3,448		0,04	-	16,98
Portone industriale	42,18	5,879		0,04	-	5,95
Pannello BO	210,80	3,448		0,04	-	17,44
Pannello BO	246,23	3,448		0,04	-	20,37
Pannello BO	64,10	3,448		0,04	-	5,30
Portone industriale	14,06	5,879		0,04	-	1,98
Pannello BO	1.007,13	3,448		0,04	-	83,34
Portone industriale	281,20	5,879		0,04	-	39,68
Portone industriale	182,78	5,879		0,04	-	25,79
Pannello BO	97,34	3,448		0,04	-	8,05
Pannello BO	106,26	3,448		0,04	-	8,79
Pannello BO	561,20	3,448		0,04	-	46,44
Pannello BO	192,68	3,448		0,04	-	15,94
Pannello BO	1.068,87	3,448		0,04	-	88,45
Pannello BO	85,90	3,448		0,04	-	7,11
Pannello BO	220,02	3,448		0,04	-	18,21
Pannello BO	498,76	3,448		0,04	-	41,27
Pannello BO	63,62	3,448		0,04	-	5,26

Apporti solari sulle strutture opache

Descrizione elemento	Asol [m ²]	Qsol [MJ] riscaldamento							
		gen	feb	mar	apr	ott	nov	dic	
Cop BO acciaio coib	173,12	24.150,09	38.293,91	64.936,91	41.603,88	25.695,96	27.525,91	22.003,42	
Pannello BO	45,78	2.412,74	3.332,97	5.393,31	3.489,98	2.117,37	2.609,60	2.128,89	
Pannello BO	48,59	2.560,48	3.537,06	5.723,43	3.703,69	2.247,02	2.769,40	2.259,25	
Portone industriale	13,89	731,81	1.010,92	1.635,81	1.058,55	642,22	791,52	645,71	
Pannello BO	2,20	116,04	160,30	259,39	167,85	101,83	125,51	102,39	
Pannello BO	8,06	424,92	586,98	949,81	614,63	372,90	459,59	374,93	
cop BO	41,94	5.850,30	9.276,60	15.730,80	10.078,43	6.224,78	6.668,08	5.330,27	
cop BO	526,14	73.395,86	116.381,11	197.353,32	126.440,64	78.093,99	83.655,50	66.871,79	
cop BO	38,04	5.307,02	8.415,15	14.270,00	9.142,52	5.646,73	6.048,87	4.835,29	
Pannello BO	6,68	1.531,30	1.999,90	2.400,42	1.131,29	1.294,68	1.702,19	1.489,91	
Pannello BO	29,60	6.791,10	8.869,28	10.645,51	5.017,11	5.741,74	7.548,96	6.607,56	
Pannello BO	16,98	3.896,30	5.088,63	6.107,72	2.878,50	3.294,25	4.331,11	3.791,00	
Portone industriale	5,95	1.365,22	1.783,00	2.140,08	1.008,59	1.154,27	1.517,57	1.328,32	
Pannello BO	17,44	4.001,46	5.225,97	6.272,57	2.956,19	3.383,16	4.448,01	3.893,32	
Pannello BO	20,37	4.674,01	6.104,33	7.326,82	3.453,05	3.951,78	5.195,60	4.547,68	
Pannello BO	5,30	1.216,76	1.589,11	1.907,36	898,92	1.028,75	1.352,55	1.183,88	
Portone industriale	1,98	455,07	594,33	713,36	336,20	384,76	505,86	442,77	
Pannello BO	83,34	9.042,12	14.234,04	22.734,47	13.922,83	9.543,24	10.500,52	8.525,43	
Portone industriale	39,68	4.304,75	6.776,51	10.823,38	6.628,35	4.543,32	4.999,07	4.058,77	
Portone industriale	25,79	2.798,09	4.404,73	7.035,20	4.308,43	2.953,16	3.249,39	2.638,20	
Pannello BO	8,05	873,93	1.375,73	2.197,31	1.345,65	922,36	1.014,88	823,99	
Pannello BO	8,79	954,01	1.501,80	2.398,66	1.468,97	1.006,89	1.107,89	899,50	
Pannello BO	46,44	5.038,51	7.931,59	12.668,26	7.758,17	5.317,75	5.851,18	4.750,60	
Pannello BO	15,94	1.729,90	2.723,20	4.349,47	2.663,66	1.825,77	2.008,92	1.631,05	
Pannello BO	88,45	9.596,43	15.106,63	24.128,16	14.776,34	10.128,26	11.144,24	9.048,06	
Pannello BO	7,11	771,22	1.214,05	1.939,07	1.187,50	813,96	895,61	727,15	
Pannello BO	18,21	1.975,36	3.109,60	4.966,63	3.041,61	2.084,84	2.293,97	1.862,48	
Pannello BO	41,27	4.477,92	7.049,11	11.258,77	6.894,99	4.726,09	5.200,16	4.222,04	
Pannello BO	5,26	571,19	899,16	1.436,13	879,50	602,84	663,31	538,55	
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico		181.013,93	278.575,74	449.701,95	278.856,02	185.844,68	206.184,97	167.562,17	

Tab.34: Aree di captazione effettive delle superfici opache e relativi apporti solari

Apporti solari per strutture trasparenti							
Descrizione elemento	Qsol [MJ] riscaldamento						
	gen	feb	mar	apr	ott	nov	dic
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	957,07	1.322,10	2.139,34	1.384,38	839,90	1.035,16	844,47
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.472,42	2.034,00	3.291,29	2.129,82	1.292,16	1.592,56	1.299,19
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.472,42	2.034,00	3.291,29	2.129,82	1.292,16	1.592,56	1.299,19
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.472,42	2.034,00	3.291,29	2.129,82	1.292,16	1.592,56	1.299,19
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.472,42	2.034,00	3.291,29	2.129,82	1.292,16	1.592,56	1.299,19
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.472,42	2.034,00	3.291,29	2.129,82	1.292,16	1.592,56	1.299,19
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.472,42	2.034,00	3.291,29	2.129,82	1.292,16	1.592,56	1.299,19
350 x 285 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	605,94	837,05	1.354,46	876,48	531,76	655,38	534,65
350 x 285 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	908,91	1.255,58	2.031,69	1.314,72	797,64	983,07	801,98
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.472,42	2.034,00	3.291,29	2.129,82	1.292,16	1.592,56	1.299,19
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.472,42	2.034,00	3.291,29	2.129,82	1.292,16	1.592,56	1.299,19
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	368,10	508,50	822,82	532,46	323,04	398,14	324,80
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.472,42	2.034,00	3.291,29	2.129,82	1.292,16	1.592,56	1.299,19
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.325,18	1.830,60	2.962,16	1.916,84	1.162,94	1.433,30	1.169,27

	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
350 x 285 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	103,72	103,72	103,72	103,72	103,72	103,72	103,72	103,72	103,72	103,72	103,72	103,72
Portone industriale	572,81	572,81	572,81	572,81	572,81	572,81	572,81	572,81	572,81	572,81	572,81	572,81
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	46,38	46,38	46,38	46,38	46,38	46,38	46,38	46,38	46,38	46,38	46,38	46,38
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	166,97	166,97	166,97	166,97	166,97	166,97	166,97	166,97	166,97	166,97	166,97	166,97
Pannello BO	90,83	90,83	90,83	90,83	90,83	90,83	90,83	90,83	90,83	90,83	90,83	90,83
Pannello BO	332,60	332,60	332,60	332,60	332,60	332,60	332,60	332,60	332,60	332,60	332,60	332,60
350 x 285 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59
cop BO	2.306,57	2.306,57	2.306,57	2.306,57	2.306,57	2.306,57	2.306,57	2.306,57	2.306,57	2.306,57	2.306,57	2.306,57
cop BO	28.937,44	28.937,44	28.937,44	28.937,44	28.937,44	28.937,44	28.937,44	28.937,44	28.937,44	28.937,44	28.937,44	28.937,44
cop BO	2.092,37	2.092,37	2.092,37	2.092,37	2.092,37	2.092,37	2.092,37	2.092,37	2.092,37	2.092,37	2.092,37	2.092,37
Pannello BO	275,35	275,35	275,35	275,35	275,35	275,35	275,35	275,35	275,35	275,35	275,35	275,35
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	120,59	120,59	120,59	120,59	120,59	120,59	120,59	120,59	120,59	120,59	120,59	120,59
Pannello BO	1.221,15	1.221,15	1.221,15	1.221,15	1.221,15	1.221,15	1.221,15	1.221,15	1.221,15	1.221,15	1.221,15	1.221,15
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	157,69	157,69	157,69	157,69	157,69	157,69	157,69	157,69	157,69	157,69	157,69	157,69
350 x 285 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59	34,59
Pannello BO	700,62	700,62	700,62	700,62	700,62	700,62	700,62	700,62	700,62	700,62	700,62	700,62
Portone industriale	245,49	245,49	245,49	245,49	245,49	245,49	245,49	245,49	245,49	245,49	245,49	245,49
Pannello BO	719,53	719,53	719,53	719,53	719,53	719,53	719,53	719,53	719,53	719,53	719,53	719,53
Pannello BO	840,47	840,47	840,47	840,47	840,47	840,47	840,47	840,47	840,47	840,47	840,47	840,47
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86
Pannello BO	218,79	218,79	218,79	218,79	218,79	218,79	218,79	218,79	218,79	218,79	218,79	218,79
Portone industriale	81,83	81,83	81,83	81,83	81,83	81,83	81,83	81,83	81,83	81,83	81,83	81,83
Pannello BO	3.437,67	3.437,67	3.437,67	3.437,67	3.437,67	3.437,67	3.437,67	3.437,67	3.437,67	3.437,67	3.437,67	3.437,67
350 x 285 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	69,14	69,14	69,14	69,14	69,14	69,14	69,14	69,14	69,14	69,14	69,14	69,14
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52

120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	64,93	64,93	64,93	64,93	64,93	64,93	64,93	64,93	64,93	64,93	64,93	64,93	64,93
Pannello BO	751,00	751,00	751,00	751,00	751,00	751,00	751,00	751,00	751,00	751,00	751,00	751,00	751,00
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
Pannello BO	1.702,4 3	1.702,43											
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76
Pannello BO	217,16	217,16	217,16	217,16	217,16	217,16	217,16	217,16	217,16	217,16	217,16	217,16	217,16
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52	185,52
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76	92,76
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico	89.045,51												

Tab.36: Energia di extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Stagione di riscaldamento: contributi termici															
Energia dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso															
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	H _d [W/K]	Q _d [MJ]	H _g [W/K]	Q _g [MJ]	H _U [W/K]	Q _U [MJ]	H _a [W/K]	Q _a [MJ]	Q _r [MJ]	Q _{H,tr} [MJ]	H _v [W/K]	Q _{H,ve} [MJ]	Q _{H,ht} [MJ]
ottobre	17	6,7	66.177,81	648.863,03	9.562,20	93.755,91	0,00	0,00	0,00	0,00	130.790,04	873.408,99	39.975,36	391.952,14	1.265.361,13
novembre	30	11,3	66.177,81	1.938.321,71	9.562,20	280.073,16	0,00	0,00	0,00	0,00	230.805,96	2.449.200,84	39.975,36	1.170.862,41	3.620.063,25
dicembre	31	16,0	66.177,81	2.836.010,48	9.562,20	409.782,55	0,00	0,00	0,00	0,00	238.499,49	3.484.292,53	39.975,36	1.713.120,20	5.197.412,72
gennaio	31	17,9	66.177,81	3.172.786,74	9.562,20	458.444,23	0,00	0,00	0,00	0,00	238.499,49	3.869.730,47	39.975,36	1.916.553,23	5.786.283,70
febbraio	28	15,4	66.177,81	2.465.499,45	9.562,20	356.246,45	0,00	0,00	0,00	0,00	215.418,90	3.037.164,80	39.975,36	1.489.309,34	4.526.474,14
marzo	31	10,6	66.177,81	1.878.857,01	9.562,20	271.480,95	0,00	0,00	0,00	0,00	238.499,49	2.388.837,46	39.975,36	1.134.942,17	3.523.779,63
aprile	15	7,0	66.177,81	598.677,93	9.562,20	86.504,54	0,00	0,00	0,00	0,00	115.402,98	800.585,45	39.975,36	361.637,33	1.162.222,78

Tab.37: Energia termica scambiata/dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso nel periodo di riscaldamento

Apporti solari e gratuiti, coefficiente di utilizzazione e fabbisogno di energia termica utile													
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Q _{sol,e} [MJ]	Q _{sol,i} [MJ]	Q _{sol} [MJ]	Q _{int} [MJ]	Q _{gn} [MJ]	Q _{H,ht} [MJ]	γ H [-]	aH [-]	η H,gn [-]	Q _{H,nd} [MJ]	
ottobre	17	6,7	185.844,68	222.521,21	408.365,89	217.465,97	625.831,87	1.265.361,13	0,49	1,45	0,778	778.299,07	
novembre	30	11,3	206.184,97	255.503,51	461.688,48	383.763,48	845.451,96	3.620.063,25	0,23	1,45	0,904	2.855.659,17	
dicembre	31	16,0	167.562,17	210.863,59	378.425,76	396.555,60	774.981,36	5.197.412,72	0,15	1,45	0,946	4.464.655,02	
gennaio	31	17,9	181.013,93	223.264,20	404.278,12	396.555,60	800.833,72	5.786.283,70	0,14	1,45	0,951	5.025.045,79	
febbraio	28	15,4	278.575,74	335.315,48	613.891,22	358.179,25	972.070,48	4.526.474,14	0,21	1,45	0,913	3.638.489,05	
marzo	31	10,6	449.701,95	511.469,27	961.171,22	396.555,60	1.357.726,82	3.523.779,63	0,39	1,45	0,829	2.398.012,60	

aprile	15	7,0	278.856,02	304.103,17	582.959,19	191.881,74	774.840,93	1.162.222,78	0,67	1,45	0,706	615.354,43
--------	----	-----	------------	------------	------------	------------	------------	--------------	------	------	-------	------------

Tab.38: Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento considerando gli apporti solari gratuiti

Contributi termici totali dell'edificio nella stagione di riscaldamento			
Mese	Q _{H,ht} [MJ]	Q _{gn} [MJ]	Q _{H,nd} [MJ]
ottobre	1.265.361,13	625.831,87	778.299,07
novembre	3.620.063,25	845.451,96	2.855.659,17
dicembre	5.197.412,72	774.981,36	4.464.655,02
gennaio	5.786.283,70	800.833,72	5.025.045,79
febbraio	4.526.474,14	972.070,48	3.638.489,05
marzo	3.523.779,63	1.357.726,82	2.398.012,60
aprile	1.162.222,78	774.840,93	615.354,43
Totale	25.081.597,34	6.151.737,14	19.775.515,13

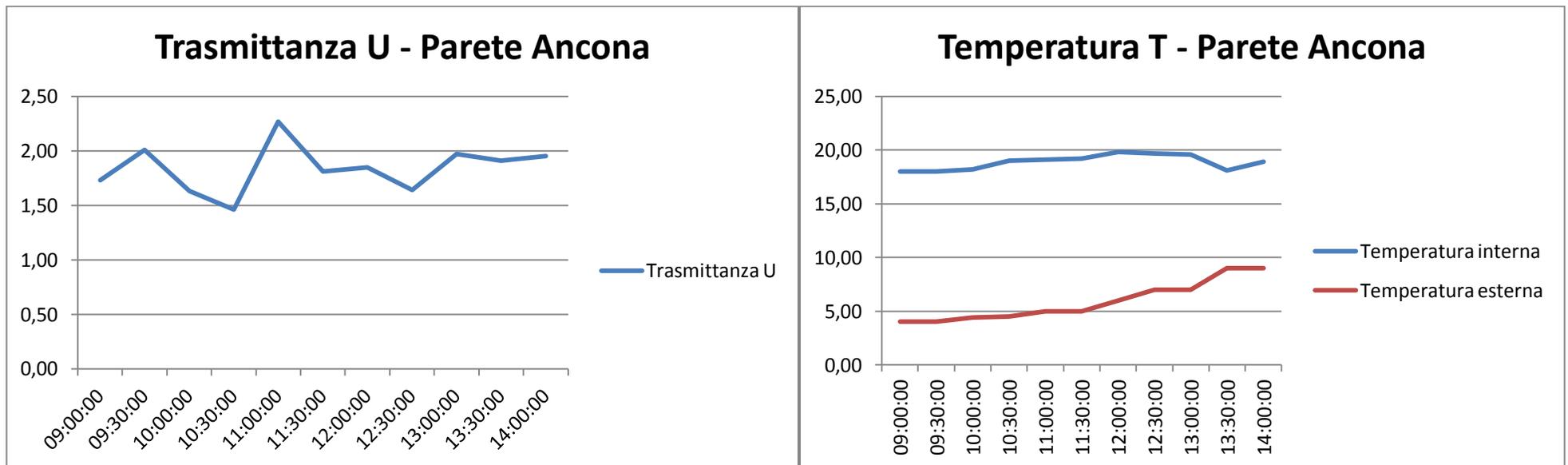
Tab.39: Riepilogo Fabbisogno ideale di energia termica

Centro	Stato di fatto	Full Retrofit							
	Q _{H,nd} [kWh]	Q _d [kWh]	Q _g [kWh]	Q _r [kWh]	Q _{H,ve} [kWh]	Q _i [kWh]	Q _{sol} [kWh]	Q _{H,nd} [kWh]	Δ
Bologna	19.775.515,13	3.623.975,96	1.564.050,62	358.228,14	8.178.376,82	2.340.957,26	2.229.111,77	9.773.580,10	50,58%
	5.493.638,10	1.006.740,52	434.493,26	99.515,78	2.271.953,08	650.317,93	619.247,25	2.715.100,55	

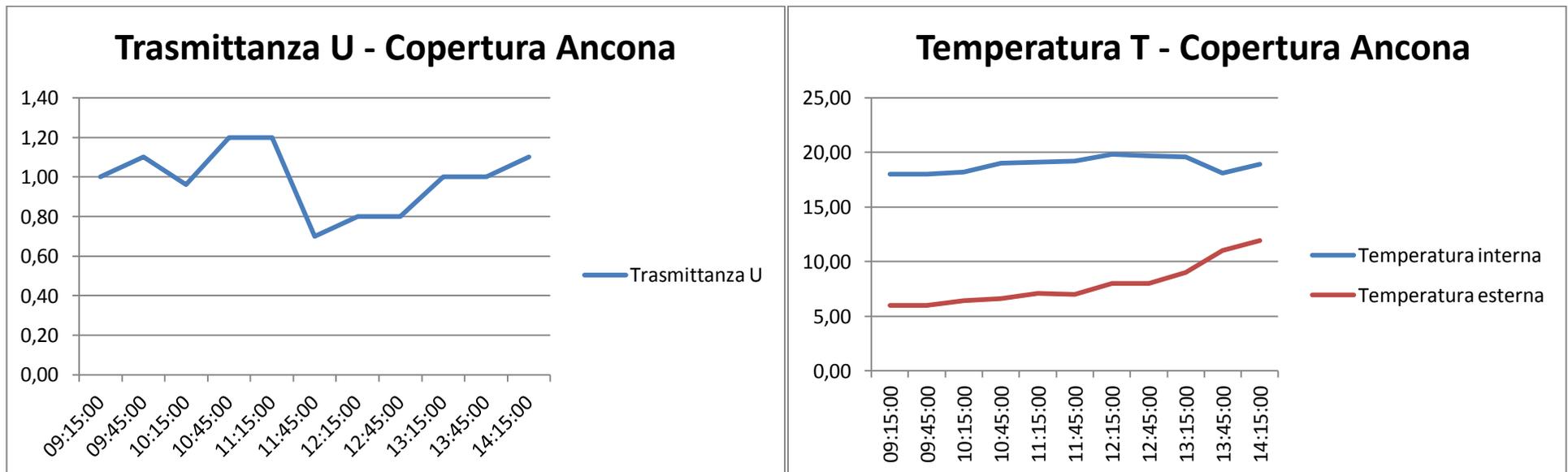
Tab.40: Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione- Full Retrofit

CMP di Ancona

Pannello verticale opaco - Ancona (07/02/2012)											
Valori	09:00:00	09:30:00	10:00:00	10:30:00	11:00:00	11:30:00	12:00:00	12:30:00	13:00:00	13:30:00	14:00:00
Trasmittanza U	1,73	2,01	1,63	1,46	2,27	1,81	1,85	1,64	1,97	1,91	1,95
Temperatura interna	18,00	18,00	18,20	19,00	19,10	19,20	19,80	19,70	19,60	18,09	18,90
Temperatura esterna	4,00	4,00	4,40	4,50	5,00	5,00	6,00	7,00	7,00	9,00	9,00
ΔT	-14,00	-14,00	-13,80	-14,50	-14,10	-14,20	-13,80	-12,70	-12,60	-9,09	-9,90



Solaio di copertura - Ancona (07/02/2012)											
Valori	09:15:00	09:45:00	10:15:00	10:45:00	11:15:00	11:45:00	12:15:00	12:45:00	13:15:00	13:45:00	14:15:00
Trasmittanza U	1,00	1,20	1,00	1,00	1,50	1,00	0,95	1,30	1,00	1,50	1,00
Temperatura interna	18,00	18,00	18,20	19,00	19,10	19,20	19,80	19,70	19,60	18,09	18,90
Temperatura esterna	6,00	6,00	6,40	6,60	7,10	7,00	8,00	8,00	9,00	11,00	11,90
ΔT	-12,00	-12,00	-11,80	-12,40	-12,00	-12,20	-11,80	-11,70	-10,60	-7,09	-7,00



Temperature ed irradiazioni giornaliere medie mensili per la stagione di riscaldamento (UNI 10349)									
Mese	N _g	θ _e [°C]	H _{bh} [MJ/m ²]	H _{dh} [MJ/m ²]	HS [MJ/m ²]	HSE-SO [MJ/m ²]	HE-O [MJ/m ²]	HNE-NO [MJ/m ²]	HN [MJ/m ²]
gennaio	31	6,3	1,8	2,5	6,6	5,3	3,3	1,8	1,7
febbraio	28	7,1	3,9	3,7	9,7	8,2	5,7	3,2	2,6
marzo	31	9,9	6,9	5,2	11,3	10,7	8,7	5,5	3,8
aprile	30	13,4	11,7	6,6	11,7	13,2	12,6	8,9	5,6
maggio	31	17,0	15,7	7,4	10,8	13,9	15,2	12,1	8,3
giugno	30	21,8	16,2	7,9	9,9	13,2	15,5	13,1	9,7
luglio	31	24,4	19,1	6,9	11,0	14,8	17,0	13,7	9,5
agosto	31	24,1	15,6	6,4	12,2	14,8	15,0	10,9	6,6
settembre	30	21,3	10,6	5,4	13,2	13,5	11,5	7,2	4,3
ottobre	31	16,5	6,4	4,1	13,0	11,3	8,0	4,3	3,1
novembre	30	12,1	2,7	2,8	8,6	6,9	4,3	2,2	2,0
dicembre	31	7,8	1,8	2,3	6,7	5,3	3,2	1,7	1,6

Tab.41: Valori di irradianza solare giornaliera media mensile su superfici verticali esposte a Sud, SudEst-SudOvest, Nord, NordEst-NordOvest

Dispersioni per trasmissione									
Ambiente riscaldato globale - Locale globale									
Elemento disperdente	Tipologia	A o l [m ²], [m]	U o ψ [W/(m ² K)], [W/(mK)]	PT [%]	Verso di dispersione	H _d [W/K]	H _{Tiu} [W/K]	H _{Tia} [W/K]	H _g [W/K]
pan metal+coib	Parete	317,88	0,873	-	Esterno	277,42	-	-	-
pan metal+coib	Parete	148,84	0,873	-	Esterno	129,90	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN3 180X240	Serramento	17,28	3,246	-	Esterno	56,09	-	-	-
pan metal+coib	Parete	83,11	0,873	-	Esterno	72,53	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	4,32	4,095	-	Esterno	17,69	-	-	-
pan metal+coib	Parete	58,85	0,873	-	Esterno	51,36	-	-	-
pan metal+coib	Parete	63,51	0,873	-	Esterno	55,43	-	-	-
FN4 240X280	Serramento	6,72	4,061	-	Esterno	27,29	-	-	-
pan metal+coib	Parete	421,99	0,873	-	Esterno	368,28	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	11,52	4,095	-	Esterno	47,17	-	-	-
FS 120x180	Serramento	36,72	3,897	-	Esterno	143,09	-	-	-
Pannello cls ancona	Parete	22,32	1,874	-	Esterno	41,83	-	-	-
pan metal+coib	Parete	198,62	0,873	-	Esterno	173,34	-	-	-
pan metal+coib	Parete	148,78	0,873	-	Esterno	129,84	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	4,32	4,095	-	Esterno	17,69	-	-	-
pan metal+coib	Parete	65,32	0,873	-	Esterno	57,01	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	25,92	4,095	-	Esterno	106,13	-	-	-

FN2 mod 120X120	Serramento	25,92	4,095	-	Esterno	106,13	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	24,48	4,095	-	Esterno	100,24	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FS 120x180	Serramento	43,20	3,897	-	Esterno	168,34	-	-	-
FS 120x180	Serramento	23,76	3,897	-	Esterno	92,58	-	-	-
FS 120x180	Serramento	43,20	3,897	-	Esterno	168,34	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FO3 210X120	Serramento	32,76	3,722	-	Esterno	121,93	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
pan metal+coib	Parete	1.886,4 1	0,873	-	Esterno	1.646,32	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FO4	Serramento	103,95	3,981	-	Esterno	413,82	-	-	-
FO 5 250X350	Serramento	17,50	3,863	-	Esterno	67,60	-	-	-
FO1b 240X240	Serramento	23,04	3,693	-	Esterno	85,09	-	-	-
FO2 210X90	Serramento	3,78	4,399	-	Esterno	16,63	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
Pannello cls ancona	Parete	97,39	1,874	-	Esterno	182,51	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
pan metal+coib	Parete	1.840,3 4	0,873	-	Esterno	1.606,11	-	-	-
Pannello cls ancona	Parete	210,42	1,874	-	Esterno	394,33	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FS 120x180	Serramento	43,20	3,897	-	Esterno	168,34	-	-	-
FS 120x180	Serramento	10,80	3,897	-	Esterno	42,08	-	-	-
FE 240X360	Serramento	8,64	3,633	-	Esterno	31,39	-	-	-
FS 120x180	Serramento	43,20	3,897	-	Esterno	168,34	-	-	-
FO3 210X120	Serramento	5,04	3,722	-	Esterno	18,76	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	8,64	4,095	-	Esterno	35,38	-	-	-
FO1b 240X240	Serramento	11,52	3,693	-	Esterno	42,54	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN4 240X280	Serramento	47,04	4,061	-	Esterno	191,03	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
FE3 300X180	Serramento	5,40	2,891	-	Esterno	15,61	-	-	-
FE 300X350	Serramento	10,50	3,830	-	Esterno	40,21	-	-	-
FE2 300X300	Serramento	9,00	3,599	-	Esterno	32,39	-	-	-
FE 4 300X210	Serramento	6,30	3,874	-	Esterno	24,41	-	-	-
FN2 mod 120X120	Serramento	28,80	4,095	-	Esterno	117,92	-	-	-
Primo piano di calpestio su intercapedine	Stru. vs terreno	8.651,0 0	0,816	-	Terreno	-	-	-	7.056,48

Copertuvacavanc	Copertura	5.846,0 0	0,921	-	Esterno	5.386,83	-	-	-
Copertuvacavanc	Copertura	2.805,0 0	0,921	-	Esterno	2.584,68	-	-	-
TOTALE Ambiente riscaldato globale - Locale globale						19.733,44	-	-	7.056,48

Tab.42: Dispersione per trasmissione di elementi opachi e trasparenti dell'intero involucro edilizio

Dispersioni per ventilazione												
Zona riscaldata	Hveperiodo di riscaldamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Ambiente riscaldato globale	10.627,20	10.627,20	10.627,20	10.627,20	-	-	-	-	-	-	10.627,20	10.627,20
Totale edificio	10.627,20	10.627,20	10.627,20	10.627,20	-	-	-	-	-	-	10.627,20	10.627,20
Zona riscaldata	Hveperiodo di raffrescamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Ambiente riscaldato globale	-	-	-	10.627,20	10.627,20	10.627,20	10.627,20	10.627,20	10.627,20	10.627,20	-	-
Totale edificio	-	-	-	10.627,20	10.627,20	10.627,20	10.627,20	10.627,20	10.627,20	10.627,20	-	-

Tab.43: Dispersione per ventilazione dell'intero involucro edilizio

Apporti solari sulle strutture opache							
<u>Aree di captazione</u>							
Descrizione elemento	Area [m ²]	U [W/m ² K]	αsol	Rse [m ² K/W]	Fer	Asol [m ²]	
pan metal+coib	317,88	0,873		0,04	-	6,66	
pan metal+coib	148,84	0,873		0,04	-	3,12	
pan metal+coib	83,11	0,873		0,04	-	1,74	
pan metal+coib	58,85	0,873		0,04	-	1,23	
pan metal+coib	63,51	0,873		0,04	-	1,33	
pan metal+coib	421,99	0,873		0,04	-	8,84	
Pannello cls ancona	22,32	1,874		0,04	-	1,00	
pan metal+coib	198,62	0,873		0,04	-	4,16	
pan metal+coib	148,78	0,873		0,04	-	3,12	
pan metal+coib	65,32	0,873		0,04	-	1,37	
pan metal+coib	1.886,41	0,873		0,04	-	39,51	
Pannello cls ancona	97,39	1,874		0,04	-	4,38	
pan metal+coib	1.840,34	0,873		0,04	-	38,55	
Pannello cls ancona	210,42	1,874		0,04	-	9,46	
Copertuvacavanc	5.846,00	0,921		0,04	-	64,64	
Copertuvacavanc	2.805,00	0,921		0,04	-	31,02	
<u>Apporti solari sulle strutture opache</u>							
Descrizione elemento	Asol [m ²]	Qsol [MJ] riscaldamento					
		gen	feb	mar	apr	nov	dic
pan metal+coib	6,66	350,88	484,71	784,33	515,08	399,49	330,24
pan metal+coib	3,12	164,29	226,95	367,24	241,17	187,05	154,63

FS 120x180	2.430,65	3.792,10	6.408,07	4.148,85	3.065,04	2.356,99
FS 120x180	1.336,86	2.085,65	3.524,44	2.281,87	1.685,77	1.296,35
FS 120x180	2.430,65	3.792,10	6.408,07	4.148,85	3.065,04	2.356,99
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FO3 210X120	1.725,70	2.692,30	4.549,59	2.945,59	2.176,11	1.673,41
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FO4	6.152,58	9.598,74	16.220,43	10.501,77	7.758,38	5.966,14
FO 5 250X350	1.079,98	1.684,90	2.847,22	1.843,41	1.361,85	1.047,25
FO1b 240X240	1.286,92	2.007,74	3.392,78	2.196,63	1.622,80	1.247,92
FO2 210X90	177,82	277,43	468,81	303,53	224,24	172,44
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FS 120x180	2.430,65	3.792,10	6.408,07	4.148,85	3.065,04	2.356,99
FS 120x180	607,66	948,02	1.602,02	1.037,21	766,26	589,25
FE 240X360	541,37	844,60	1.427,25	924,06	682,67	524,97
FS 120x180	2.430,65	3.792,10	6.408,07	4.148,85	3.065,04	2.356,99
FO3 210X120	265,49	414,20	699,94	453,17	334,79	257,45
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	484,75	756,26	1.277,97	827,41	611,27	470,06
FO1b 240X240	643,46	1.003,87	1.696,39	1.098,31	811,40	623,96
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN4 240X280	2.672,83	4.169,93	7.046,55	4.562,22	3.370,43	2.591,83
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
FE3 300X180	328,69	512,79	866,55	561,04	414,48	318,73
FE 300X350	657,38	1.025,59	1.733,09	1.122,07	828,95	637,46
FE2 300X300	560,71	874,77	1.478,23	957,06	707,05	543,72
FE 4 300X210	386,69	603,29	1.019,47	660,04	487,62	374,98
FN2 mod 120X120	1.615,83	2.520,88	4.259,91	2.758,04	2.037,56	1.566,86
Totale Ambiente riscaldato globale - Locale globale	98.433,73	147.691,67	237.704,83	148.477,93	123.512,78	96.282,11

Tab.45: Apporti solari sulle strutture trasparenti dell'intero edificio

FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
pan metal+coib	1.590,0 5	1.590,05											
Pannello cls ancona	390,38	390,38	390,38	390,38	390,38	390,38	390,38	390,38	390,38	390,38	390,38	390,38	390,38
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FS 120x180	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99
FS 120x180	38,75	38,75	38,75	38,75	38,75	38,75	38,75	38,75	38,75	38,75	38,75	38,75	38,75
FE 240X360	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90
FS 120x180	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99
FO3 210X120	17,27	17,27	17,27	17,27	17,27	17,27	17,27	17,27	17,27	17,27	17,27	17,27	17,27
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FN2 mod 120X120	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57
FO1b 240X240	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17	39,17
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FN4 240X280	175,88	175,88	175,88	175,88	175,88	175,88	175,88	175,88	175,88	175,88	175,88	175,88	175,88
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
FE3 300X180	14,37	14,37	14,37	14,37	14,37	14,37	14,37	14,37	14,37	14,37	14,37	14,37	14,37
FE 300X350	37,03	37,03	37,03	37,03	37,03	37,03	37,03	37,03	37,03	37,03	37,03	37,03	37,03
FE2 300X300	29,82	29,82	29,82	29,82	29,82	29,82	29,82	29,82	29,82	29,82	29,82	29,82	29,82
FE 4 300X210	22,47	22,47	22,47	22,47	22,47	22,47	22,47	22,47	22,47	22,47	22,47	22,47	22,47
FN2 mod 120X120	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57	108,57
Copertuvacavanc	10.665, 91	10.665,91											
Copertuvacavanc	5.117,6 7	5.117,67											
Totale Ambiente riscaldato globale - Locale globale	26.972, 20	26.972,20											

Tab.46: Energia di extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Stagione di riscaldamento: contributi termici															
Energia dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso															
Mese	NG	$\Delta\theta$	H _d	Q _d	H _g	Q _g	H _U	Q _U	H _a	Q _a	Q _r	Q _{H,tr}	H _v	Q _{H,ve}	Q _{H,ht}
	[-]	[°C]	[W/K]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[MJ]
novembre	30	7,9	19.733,44	404.077,62	7.056,48	144.494,20	0,00	0,00	0,00	0,00	69.911,93	618.483,76	10.627,20	217.611,03	836.094,79
dicembre	31	12,2	19.733,44	644.819,25	7.056,48	230.581,05	0,00	0,00	0,00	0,00	72.242,33	947.642,63	10.627,20	347.259,47	1.294.902,11
gennaio	31	13,7	19.733,44	724.100,31	7.056,48	258.931,19	0,00	0,00	0,00	0,00	72.242,33	1.055.273,8	10.627,20	389.955,31	1.445.229,13
febbraio	28	12,9	19.733,44	615.834,79	7.056,48	220.216,50	0,00	0,00	0,00	0,00	65.251,14	901.302,42	10.627,20	331.650,25	1.232.952,67
marzo	31	10,1	19.733,44	533.825,80	7.056,48	190.890,88	0,00	0,00	0,00	0,00	72.242,33	796.959,01	10.627,20	287.485,32	1.084.444,3
aprile	15	7,5	19.733,44	190.802,81	7.056,48	68.229,22	0,00	0,00	0,00	0,00	34.955,97	293.987,99	10.627,20	102.754,50	396.742,49
Totale	166	-	118.400,62	3.113.460,58	42.338,90	1.113.343,04	0,00	0,00	0,00	0,00	386.846,02	4.613.649,64	63.763,20	1.676.715,89	6.290.365,53

Tab.47: Energia termica scambiata/dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso nel periodo di riscaldamento

Apporti solari e gratuiti, coefficiente di utilizzazione e fabbisogno di energia termica utile												
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	$Q_{sol,e}$ [MJ]	$Q_{sol,i}$ [MJ]	Q_{sol} [MJ]	Q_{int} [MJ]	Q_{gn} [MJ]	$Q_{H,ht}$ [MJ]	YH [-]	aH [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	$Q_{H,nd}$ [MJ]
novembre	30	7,9	33.253,44	123.512,78	156.766,22	202.849,56	359.615,78	836.094,79	0,43	1,55	0,826	539.111,43
dicembre	31	12,2	25.812,98	96.282,11	122.095,09	209.611,21	331.706,30	1.294.902,11	0,26	1,55	0,907	993.975,16
gennaio	31	13,7	26.677,29	98.433,73	125.111,02	209.611,21	334.722,23	1.445.229,13	0,23	1,55	0,919	1.137.750,11
febbraio	28	12,9	41.069,74	147.691,67	188.761,41	189.326,25	378.087,67	1.232.952,67	0,31	1,55	0,883	898.914,64
marzo	31	10,1	68.802,00	237.704,83	306.506,83	209.611,21	516.118,04	1.084.444,33	0,48	1,55	0,805	668.941,89
aprile	15	7,5	44.424,46	148.477,93	192.902,39	101.424,78	294.327,17	396.742,49	0,74	1,55	0,695	192.079,27
Totale	166	-	240.039,91	852.103,05	1.092.142,97	1.122.434,22	2.214.577,18	6.290.365,53	-	-	-	4.430.772,50

Tab.48: Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento considerando gli apporti solari gratuiti

Contributi termici totali dell'edificio nella stagione di riscaldamento			
Mese	$Q_{H,ht}$ [MJ]	Q_{gn} [MJ]	$Q_{H,nd}$ [MJ]
novembre	836.094,79	359.615,78	539.111,43
dicembre	1.294.902,11	331.706,30	993.975,16
gennaio	1.445.229,13	334.722,23	1.137.750,11
febbraio	1.232.952,67	378.087,67	898.914,64
marzo	1.084.444,33	516.118,04	668.941,89
aprile	396.742,49	294.327,17	192.079,27
Totale	6.290.365,53	2.214.577,18	4.430.772,50

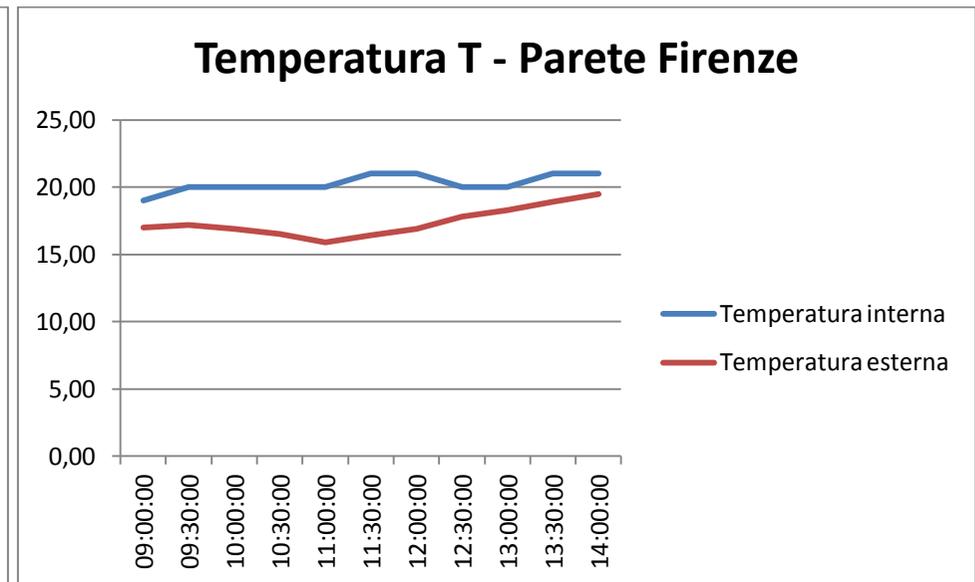
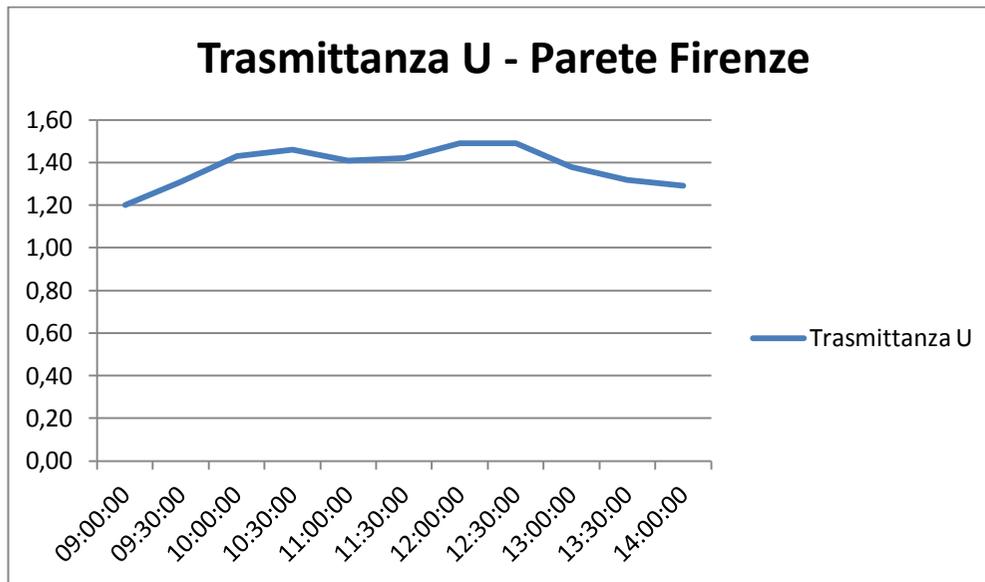
Tab.49: Riepilogo Fabbisogno ideale di energia termica

Centro	Stato di fatto	Full Retrofit							Δ
	$Q_{H,nd}$ [kWh]	Q_d [kWh]	Q_g [kWh]	Q_r [kWh]	$Q_{H,ve}$ [kWh]	Q_i [kWh]	Q_{sol} [kWh]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	
Ancona	4.430.772,50	679.623	1150238,20	70.913	1676715,80	1.122.434	867.836	1.995.811,70	54,96%
	1.230.868,60	188.799,17	319.536,17	19.699,52	465.791,65	311.812,22	241.084,91	554.436,49	

Tab.50: Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione - Full Retrofit:

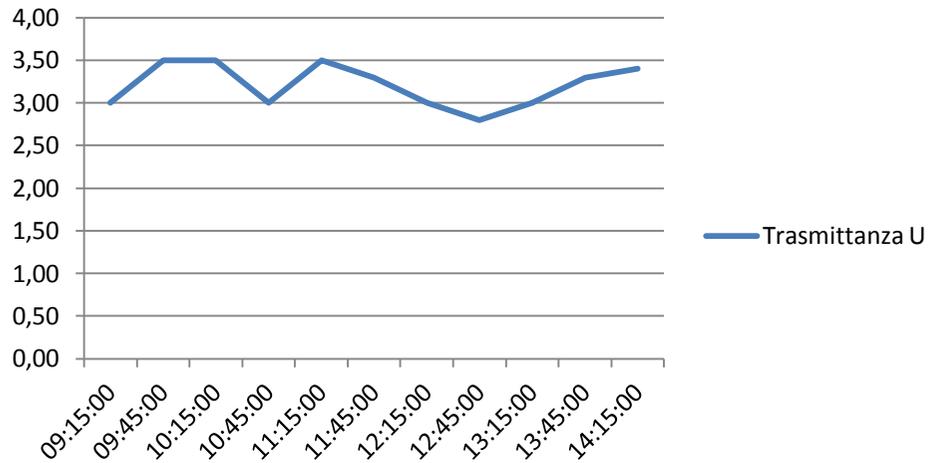
CMP di Firenze

Pannello verticale opaco - Firenze Sesto F. (18/05/2012)											
Valori	09:00:00	09:30:00	10:00:00	10:30:00	11:00:00	11:30:00	12:00:00	12:30:00	13:00:00	13:30:00	14:00:00
Trasmittanza U	1,20	1,31	1,43	1,46	1,41	1,42	1,49	1,49	1,38	1,32	1,29
Temperatura interna	19,00	20,00	20,00	20,00	20,00	21,00	21,00	20,00	20,00	21,00	21,00
Temperatura esterna	17,00	17,20	16,90	16,50	15,90	16,40	16,90	17,80	18,30	18,90	19,50
ΔT	-2,00	-2,80	-3,10	-3,50	-4,10	-4,60	-4,10	-2,20	-1,70	-2,10	-1,50

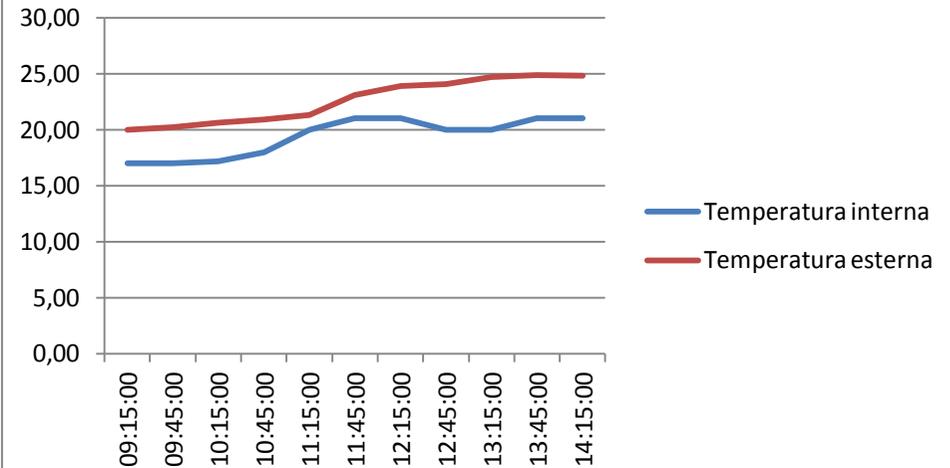


<i>Solaio di copertura - Firenze Sesto F. (18/05/2012)</i>											
Valori	09:15:00	09:45:00	10:15:00	10:45:00	11:15:00	11:45:00	12:15:00	12:45:00	13:15:00	13:45:00	14:15:00
Trasmittanza U	3,00	3,50	3,50	3,00	3,50	3,30	3,00	2,80	3,00	3,30	3,40
Temperatura interna	17,00	17,00	17,20	18,00	20,00	21,00	21,00	20,00	20,00	21,00	21,00
Temperatura esterna	20,00	20,20	20,60	20,90	21,30	23,10	23,90	24,10	24,70	24,90	24,80
ΔT	3,00	3,20	3,40	2,90	1,30	2,10	2,90	4,10	4,70	3,90	3,80

Trasmittanza U - Copertura Firenze



Temperatura T - Copertura Firenze



Temperature ed irradiazioni giornaliere medie mensili per la stagione di riscaldamento (UNI 10349)									
Mese	N _g	θ _e [°C]	H _{bh} [MJ/m ²]	H _{dh} [MJ/m ²]	H _S [MJ/m ²]	HSE-SO [MJ/m ²]	HE-O [MJ/m ²]	HNE-NO [MJ/m ²]	H _N [MJ/m ²]
gennaio	31	5,3	2,7	2,6	9,1	7,2	4,2	2,0	1,8
febbraio	28	6,5	4,5	3,7	10,9	9,2	6,3	3,4	2,7
marzo	31	9,9	7,0	5,2	11,4	10,8	8,7	5,5	3,8
aprile	30	13,8	10,7	6,7	11,1	12,5	11,9	8,6	5,6
maggio	31	17,8	14,3	7,6	10,4	13,2	14,4	11,5	8,0
giugno	30	22,2	16,2	7,9	10,0	13,2	15,5	13,1	9,7
luglio	31	25,0	18,6	7,0	10,9	14,6	16,8	13,5	9,4
agosto	31	24,3	15,2	6,5	12,1	14,6	14,7	10,7	6,6
settembre	30	20,9	11,0	5,3	13,6	13,9	11,8	7,3	4,3
ottobre	31	15,3	6,9	4,0	13,9	12,0	8,4	4,4	3,1
novembre	30	10,2	3,2	2,9	9,8	7,8	4,8	2,4	2,1
dicembre	31	6,3	2,3	2,3	8,3	6,5	3,7	1,8	1,6

Tab.51: Valori di irradianza solare giornaliera media mensile su superfici verticali esposte a Sud, SudEst-SudOvest, Nord, NordEst-NordOvest

Dispersioni per trasmissione									
Elemento disperdente	Tipologia	A o l [m ²], [m]	U o ψ [W/(m ² K)], [W/(mK)]	PT [%]	Verso di dispersione	H _D [W/K]	H _{T<u>u</u>} <th>H_{T<u>a</u>} <th>H_g [W/K]</th> </th>	H _{T<u>a</u>} <th>H_g [W/K]</th>	H _g [W/K]
parete esterna	Parete	444,20	1,332	-	Esterno	591,73	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	4,80	3,627	-	Esterno	17,41	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
parete esterna	Parete	2.104,08	1,332	-	Esterno	2.802,90	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	10,80	3,627	-	Esterno	39,17	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
porta finestra 230 x 240 tipo4	Serramento	22,08	3,445	-	Esterno	76,07	-	-	-
porta finestra 110 x 230 tipo3	Serramento	10,12	3,540	-	Esterno	35,82	-	-	-
portone serionale tipo1.2	Porta	30,24	5,877	-	Esterno	177,71	-	-	-
portone serionale tipo1	Porta	40,48	5,877	-	Esterno	237,89	-	-	-
portone serionale tipo1	Porta	101,20	5,877	-	Esterno	594,72	-	-	-
parete esterna vs scala	Parete	43,60	0,580	-	Vano scale	-	25,31	-	-
parete esterna	Parete	429,80	1,332	-	Esterno	572,55	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	19,20	3,627	-	Esterno	69,63	-	-	-

finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
parete esterna	Parete	2.094,45	1,332	-	Esterno	2.790,07	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	19,20	3,627	-	Esterno	69,63	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
finestra 120 x 100 tipo5	Serramento	24,00	3,627	-	Esterno	87,04	-	-	-
porta finestra 230 x 240 tipo4	Serramento	27,60	3,445	-	Esterno	95,09	-	-	-
porta finestra 110 x 230 tipo3	Serramento	12,65	3,540	-	Esterno	44,78	-	-	-
portone serionale tipo1.2	Porta	15,12	5,877	-	Esterno	88,86	-	-	-
portone serionale tipo1.2	Porta	151,20	5,877	-	Esterno	888,55	-	-	-
portone serionale tipo1	Porta	65,78	5,877	-	Esterno	386,57	-	-	-
solaio di copertura non coibentato	Copertura	8.053,70	3,233	-	Esterno	26.034,65	-	-	-
solaio di primo calpestio su intercapedine	Stru. vs terreno	8.053,70	0,749	-	Terreno	-	-	-	6.031,70
TOTALE unico ambiente - Locale unico						37.093,41	25,31	-	6.031,70

Tab.52: Dispersione per trasmissione di elementi opachi e trasparenti dell'intero involucro edilizio

Dispersioni per ventilazione												
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di riscaldamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
unico ambiente	12.234,47	12.234,47	12.234,47	12.234,47	-	-	-	-	-	-	12.234,47	12.234,47
Totale edificio	12.234,47	12.234,47	12.234,47	12.234,47	-	-	-	-	-	-	12.234,47	12.234,47
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di raffrescamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
unico ambiente	-	-	-	12.234,47	12.234,47	12.234,47	12.234,47	12.234,47	12.234,47	12.234,47	-	-
Totale edificio	-	-	-	12.234,47	-	-						

Tab.53: Dispersione per ventilazione dell'intero involucro edilizio

Apporti solari sulle strutture opache						
<i>Aree di captazione</i>						
Descrizione elemento	Area [m ²]	U [W/m ² K]	α _{sol}	R _{se} [m ² K/W]	F _{er}	A _{sol} [m ²]
parete esterna	444,20	1,332		0,04	-	7,10
parete esterna	2.104,08	1,332		0,04	-	33,63
portone serionale tipo1.2	30,24	5,877		0,04	-	2,13
portone serionale tipo1	40,48	5,877		0,04	-	2,85
portone serionale tipo1	101,20	5,877		0,04	-	7,14
parete esterna	429,80	1,332		0,04	-	6,87
parete esterna	2.094,45	1,332		0,04	-	33,48
portone serionale tipo1.2	15,12	5,877		0,04	-	1,07

portone serionale tipo1	382,70	382,70	382,70	382,70	382,70	382,70	382,70	382,70	382,70	382,70	382,70	382,70	382,70	382,70
solaio di copertura non coibentato	51.548,60	51.548,60	51.548,60	51.548,60	51.548,60	51.548,60	51.548,60	51.548,60	51.548,60	51.548,60	51.548,60	51.548,60	51.548,60	51.548,60
Totale unico ambiente - Locale unico	62.363,22													

288

Tab.56: Energia di extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Stagione di riscaldamento: contributi termici															
Energia dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso															
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	H _d [W/K]	Q _d [MJ]	H _g [W/K]	Q _g [MJ]	H _U [W/K]	Q _U [MJ]	H _a [W/K]	Q _a [MJ]	Q _r [MJ]	Q _{H,tr} [MJ]	H _v [W/K]	Q _{H,ve} [MJ]	Q _{H,ht} [MJ]
novembre	30	7,8	37.093,41	749.939,66	6.031,70	121.946,55	24,97	504,77	0,00	0,00	161.702,20	1.034.093,19	12.234,47	247.351,57	1.281.444,75
dicembre	31	11,7	37.093,41	1.162.406,43	6.031,70	189.017,15	24,97	782,39	0,00	0,00	167.092,28	1.519.298,25	12.234,47	383.394,91	1.902.693,16
gennaio	31	12,7	37.093,41	1.261.757,40	6.031,70	205.172,46	24,97	849,26	0,00	0,00	167.092,28	1.634.871,41	12.234,47	416.163,71	2.051.035,11
febbraio	28	11,5	37.093,41	1.031.968,23	6.031,70	167.806,79	24,97	694,60	0,00	0,00	150.922,05	1.351.391,67	12.234,47	340.372,66	1.691.764,33
marzo	31	8,1	37.093,41	804.742,96	6.031,70	130.858,04	24,97	541,66	0,00	0,00	167.092,28	1.103.234,93	12.234,47	265.427,26	1.368.662,19
aprile	15	5,2	37.093,41	248.009,67	6.031,70	40.328,48	24,97	166,93	0,00	0,00	80.851,10	369.356,18	12.234,47	81.800,69	451.156,87
Totale	166	-	222.560,44	5.258.824,35	36.190,22	855.129,47	149,80	3.539,61	0,00	0,00	894.752,18	7.012.245,62	73.406,80	1.734.510,80	8.746.756,41

Tab.57: Energia termica scambiata/dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso nel periodo di riscaldamento

Apporti solari e gratuiti, coefficiente di utilizzazione e fabbisogno di energia termica utile													
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Q _{sol,e} [MJ]	Q _{sol,i} [MJ]	Q _{sol} [MJ]	Q _{int} [MJ]	Q _{gn} [MJ]	Q _{H,ht} [MJ]	γ_H [-]	a _H [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	Q _{H,nd} [MJ]	
novembre	30	7,8	188.662,13	43.156,68	231.818,81	117.450,88	349.269,69	1.281.444,75	0,27	1,45	0,885	972.448,07	
dicembre	31	11,7	148.088,32	36.234,00	184.322,32	121.365,91	305.688,23	1.902.693,16	0,16	1,45	0,940	1.615.333,08	
gennaio	31	12,7	169.991,60	40.164,70	210.156,29	121.365,91	331.522,21	2.051.035,11	0,16	1,45	0,940	1.739.545,34	
febbraio	28	11,5	234.909,04	49.896,64	284.805,68	109.620,82	394.426,50	1.691.764,33	0,23	1,45	0,904	1.335.050,06	
marzo	31	8,1	382.563,48	71.855,72	454.419,19	121.365,91	575.785,11	1.368.662,19	0,42	1,45	0,812	900.914,57	
aprile	15	5,2	243.188,47	42.681,58	285.870,04	58.725,44	344.595,48	451.156,87	0,76	1,45	0,669	220.553,86	
Totale	166	-	1.367.403,03	283.989,32	1.651.392,34	649.894,88	2.301.287,22	8.746.756,41	-	-	-	6.783.844,99	

Tab.58: Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento considerando gli apporti solari gratuiti

Contributi termici totali dell'edificio nella stagione di riscaldamento			
Mese	QH,ht [MJ]	Qgn [MJ]	QH,nd [MJ]
novembre	1.281.444,75	349.269,69	972.448,07
dicembre	1.902.693,16	305.688,23	1.615.333,08
gennaio	2.051.035,11	331.522,21	1.739.545,34
febbraio	1.691.764,33	394.426,50	1.335.050,06
marzo	1.368.662,19	575.785,11	900.914,57
aprile	451.156,87	344.595,48	220.553,86
Totale	8.746.756,41	2.301.287,22	6.783.844,99

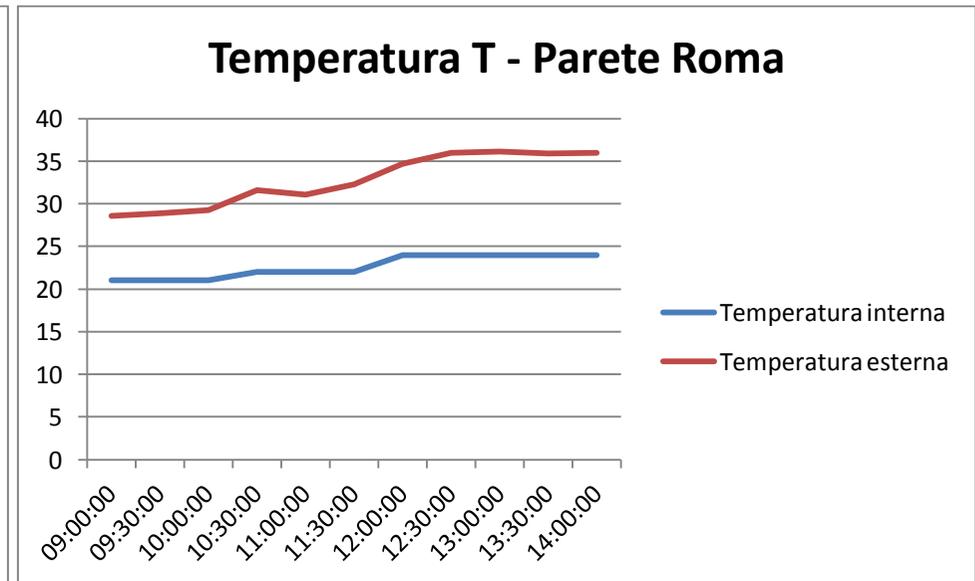
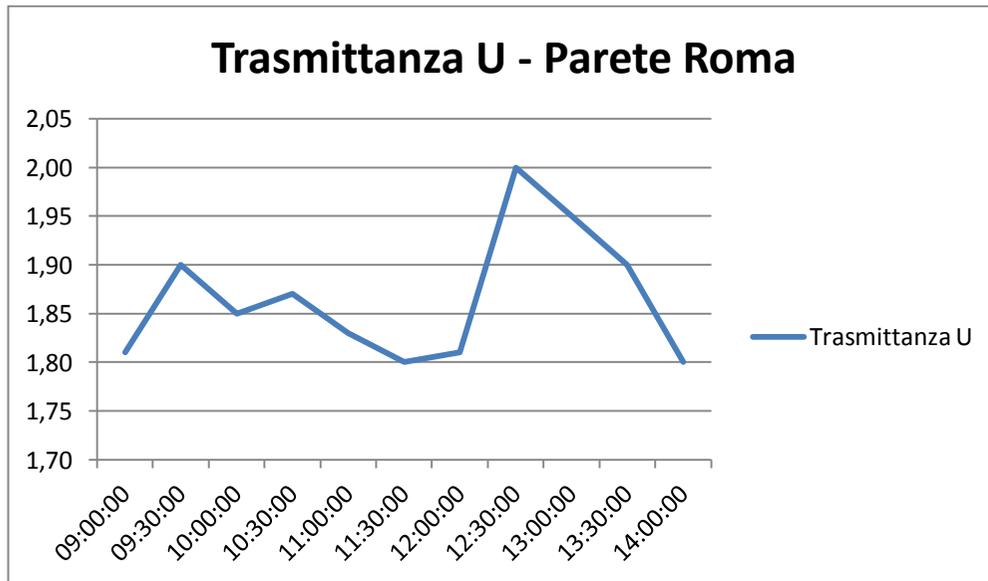
Tab.59: Riepilogo Fabbisogno ideale di energia termica

Centro	Stato di fatto	Full Retrofit							
	QH,nd [kWh]	Q _d [kWh]	Q _g [kWh]	Q _r [kWh]	Q _{H,ve} [kWh]	Q _i [kWh]	Q _{sol} [kWh]	Q _{H,nd} [kWh]	Δ
Firenze	6.783.844,90	416.506,87	825.016,59	51.268,59	1.734.510,80	649.894,88	290.689,15	2.161.482,60	68,14%
	1.884.552,11	115.705,61	229.189,61	14.242,41	481.847,10	180.540,80	80.753,45	600.459,87	

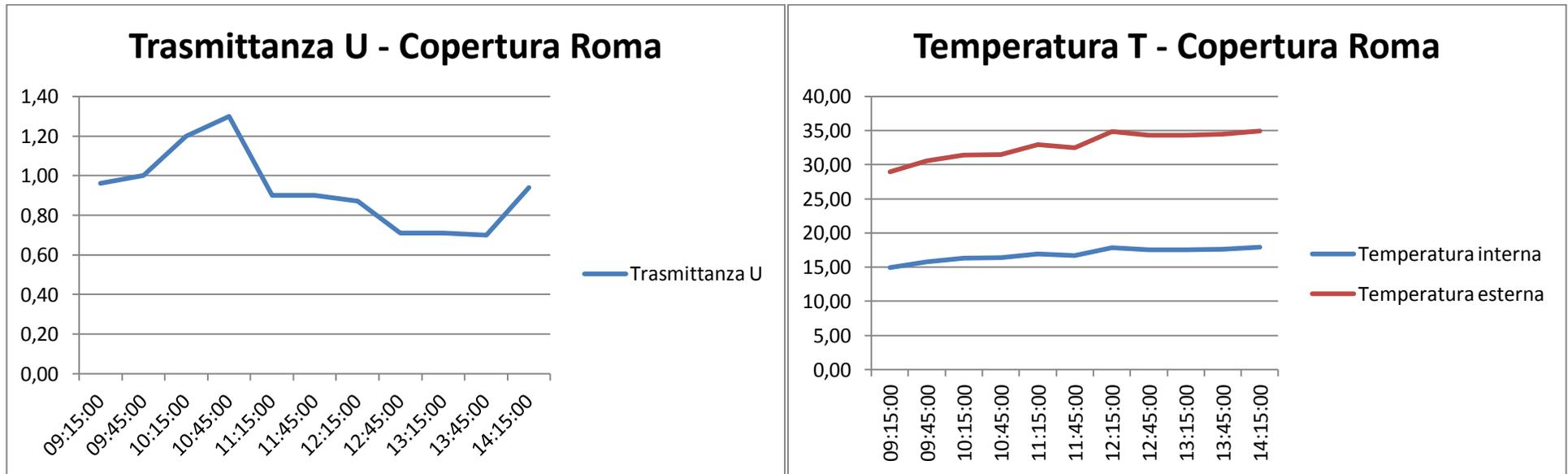
Tab.60: Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione- Full Retrofit

CMP di Roma Fiumicino

Pannello verticale opaco - Roma Fiumicino (09/08/2012)											
Valori	09:00:00	09:30:00	10:00:00	10:30:00	11:00:00	11:30:00	12:00:00	12:30:00	13:00:00	13:30:00	14:00:00
Trasmittanza U	1,81	1,90	1,85	1,87	1,83	1,80	1,81	2,00	1,95	1,90	1,80
Temperatura interna	21	21	21	22	22	22	24	24	24	24	24
Temperatura esterna	28,60	28,90	29,30	31,60	31,10	32,30	34,70	36,00	36,10	35,90	36,00
ΔT	7,60	7,90	8,30	9,60	9,10	10,30	10,70	12,00	12,10	11,90	12,00



<i>Solaio di copertura - Roma Fiumicino (09/08/2012)</i>											
Valori	09:15:00	09:45:00	10:15:00	10:45:00	11:15:00	11:45:00	12:15:00	12:45:00	13:15:00	13:45:00	14:15:00
Trasmittanza U	0,96	1,00	1,20	1,30	0,90	0,90	0,87	0,71	0,71	0,70	0,94
Temperatura interna	14,96	15,80	16,30	16,40	16,90	16,70	17,87	17,51	17,51	17,60	17,94
Temperatura esterna	28,96	30,60	31,40	31,50	32,90	32,50	34,87	34,31	34,31	34,50	34,94
ΔT	14,00	14,80	15,10	15,10	16,00	15,80	17,00	16,80	16,80	16,90	17,00



Temperature ed irradiazioni giornaliere medie mensili per la stagione di riscaldamento (UNI 10349)											
Mese	Ng	θ_e [°C]	Hbh [MJ/m ²]	Hdh [MJ/m ²]	HS [MJ/m ²]	HSE-SO [MJ/m ²]	HE-O [MJ/m ²]	HNE-NO [MJ/m ²]	HN [MJ/m ²]		
gennaio	31	7,7	3,5	2,9	10,8	8,5	5,1	2,3	2,1		
febbraio	28	8,8	5,4	3,9	12,1	10,3	7,0	3,7	2,9		
marzo	31	11,5	8,6	5,3	12,8	12,3	9,9	6,1	4,0		
aprile	30	14,8	12,8	6,7	12,0	13,7	13,2	9,3	5,8		
maggio	31	18,6	17,0	7,2	10,8	14,1	15,8	12,5	8,4		
giugno	30	23,0	18,9	7,4	10,0	14,0	16,8	14,1	10,2		
luglio	31	25,8	21,2	6,4	10,9	15,2	18,0	14,4	9,7		
agosto	31	25,4	17,6	6,1	12,6	15,6	16,0	11,5	6,7		
settembre	30	22,5	12,5	5,3	14,4	14,8	12,6	7,8	4,4		
ottobre	31	17,5	8,3	4,1	15,4	13,3	9,3	4,7	3,3		
novembre	30	12,7	4,3	3,1	11,9	9,5	5,7	2,7	2,3		
dicembre	31	9,0	2,8	2,6	9,4	7,4	4,4	2,0	1,8		

Tab.61: Valori di irradianza solare giornaliera media mensile su superfici verticali esposte a Sud, SudEst-SudOvest, Nord, NordEst-NordOvest

Dispersioni per trasmissione										
Elemento disperdente	Tipologia	A o l [m ²] , [m]	U o ψ [W/(m ² K)] , [W/(mK)]	PT [%]	Verso di dispersione	H _D [W/K]	H _{Tiu} [W/K]	H _{Tia} [W/K]	H _g [W/K]	
Pannello cav	Parete	319,97	1,874	-	Esterno	599,62	-	-	-	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	Serramento	60,00	3,579	-	Esterno	214,74	-	-	-	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	Serramento	60,00	3,579	-	Esterno	214,74	-	-	-	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	Serramento	60,00	3,579	-	Esterno	214,74	-	-	-	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	Serramento	36,00	3,579	-	Esterno	128,84	-	-	-	
pannello parete rei	Parete	60,50	1,761	-	scale nord (p2) s=184.58 h=7,43	-	106,57	-	-	
pannello parete rei	Parete	38,18	1,761	-	scale nord (p2) s=184.58 h=7,43	-	67,25	-	-	
porta rei 120	Porta	17,28	1,035	-	scale nord (p2) s=184.58 h=7,43	-	17,88	-	-	
porta rei 120	Porta	5,04	1,035	-	scale nord (p2) s=184.58 h=7,43	-	5,21	-	-	
Pannello cav	Parete	332,28	1,874	-	Esterno	622,69	-	-	-	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	Serramento	38,70	3,905	-	Esterno	151,14	-	-	-	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	Serramento	7,74	3,905	-	Esterno	30,23	-	-	-	
Pannello cav	Parete	140,71	1,874	-	Esterno	263,69	-	-	-	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	Serramento	60,00	3,579	-	Esterno	214,74	-	-	-	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	Serramento	39,00	3,579	-	Esterno	139,58	-	-	-	
Pannello cav	Parete	214,99	1,874	-	Esterno	402,89	-	-	-	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-	

piano 1 industriale	7.744,03	7.744,03	7.744,03	7.744,03	7.744,03	7.744,03	7.744,03	7.744,03
Totale edificio	24.542,93							

Tab.63: Dispersione per ventilazione dell'intero involucro edilizio

Apporti solari sulle strutture opache						
<i>Aree di captazione</i>						
piano 2 uffici Locale unico						
Descrizione elemento	Area [m ²]	U [W/m ² K]	α _{sol}	R _{se} [m ² K/W]	Fer	A _{sol} [m ²]
Pannello cav	319,97	1,874		0,04	-	14,39
Pannello cav	332,28	1,874		0,04	-	14,94
Pannello cav	140,71	1,874		0,04	-	6,33
Pannello cav	214,99	1,874		0,04	-	9,67
Pannello cav	459,71	1,874		0,04	-	20,68
Pannello cav	178,10	1,874		0,04	-	8,01
Pannello cav	172,99	1,874		0,04	-	7,78
Pannello cav	141,01	1,874		0,04	-	6,34
copertuva cav	9.056,27	0,928		0,04	-	302,50
piano T industriale Locale unico						
Descrizione elemento	Area [m ²]	U [W/m ² K]	α _{sol}	R _{se} [m ² K/W]	Fer	A _{sol} [m ²]
Pannello cav	44,14	1,874		0,04	-	1,99
Pannello cav	67,66	1,874		0,04	-	3,04
Pannello cav	106,45	1,874		0,04	-	4,79
Pannello cav	21,77	1,874		0,04	-	0,98
Pannello cav	108,28	1,874		0,04	-	4,87
Pannello cav	867,90	1,874		0,04	-	39,03
Pannello cav	246,44	1,874		0,04	-	11,08
Pannello cav	21,68	1,874		0,04	-	0,98
Pannello cav	43,11	1,874		0,04	-	1,94
Pannello cav	174,47	1,874		0,04	-	7,85
Pannello cav	272,85	1,874		0,04	-	12,27
piano 1 industriale Locale unico						
Descrizione elemento	Area [m ²]	U [W/m ² K]	α _{sol}	R _{se} [m ² K/W]	Fer	A _{sol} [m ²]
Pannello cav	290,22	1,874		0,04	-	13,05
Pannello cav	229,36	1,874		0,04	-	10,32
Pannello cav	127,79	1,874		0,04	-	5,75
Pannello cav	42,43	1,874		0,04	-	1,91
Pannello cav	81,69	1,874		0,04	-	3,67
Pannello cav	506,85	1,874		0,04	-	22,80
Pannello cav	139,75	1,874		0,04	-	6,29
Pannello cav	152,48	1,874		0,04	-	6,86

Pannello cav		64,87	1,874		0,04	-	2,92
Pannello cav		42,43	1,874		0,04	-	1,91
copertuva cav		1.755,73	0,928		0,04	-	58,65
Solaio cav (porticato)		1.406,43	2,951		0,04	-	99,60
Apporti solari sulle strutture opache							
piano 2 uffici - Locale unico							
Descrizione elemento	A _{sol} [m ²]	Q _{sol} [MJ] riscaldamento					
		gen	feb	mar	nov	dic	
Pannello cav	14,39	4.818,09	4.875,65	5.710,32	2.598,48	4.193,52	
Pannello cav	14,94	5.003,45	5.063,23	5.930,02	2.698,45	4.354,85	
Pannello cav	6,33	1.000,55	1.240,40	1.942,24	544,80	863,22	
Pannello cav	9,67	1.528,73	1.895,20	2.967,53	832,39	1.318,90	
Pannello cav	20,68	1.346,00	1.678,88	2.563,81	720,20	1.153,71	
Pannello cav	8,01	521,46	650,43	993,27	279,02	446,97	
Pannello cav	7,78	1.230,08	1.524,95	2.387,80	669,78	1.061,24	
Pannello cav	6,34	1.002,68	1.243,04	1.946,38	545,96	865,06	
copertuva cav	302,50	60.015,62	78.770,51	130.346,44	33.435,46	50.638,18	
Totale piano 2 uffici - Locale unico		76.466,65	96.942,29	154.787,79	42.324,54	64.895,66	
piano T industriale - Locale unico							
Descrizione elemento	A _{sol} [m ²]	Q _{sol} [MJ] riscaldamento					
		gen	feb	mar	nov	dic	
Pannello cav	1,99	313,87	389,11	609,27	170,90	270,79	
Pannello cav	3,04	481,11	596,44	933,92	261,96	415,07	
Pannello cav	4,79	756,93	938,39	1.469,34	412,15	653,04	
Pannello cav	0,98	63,74	79,50	121,41	34,11	54,64	
Pannello cav	4,87	317,04	395,44	603,88	169,64	271,75	
Pannello cav	39,03	2.541,15	3.169,61	4.840,29	1.359,68	2.178,13	
Pannello cav	11,08	1.752,36	2.172,44	3.401,64	954,16	1.511,84	
Pannello cav	0,98	326,46	330,36	386,91	176,06	284,14	
Pannello cav	1,94	649,15	656,90	769,36	350,10	565,00	
Pannello cav	7,85	2.627,16	2.658,55	3.113,67	1.416,88	2.286,60	
Pannello cav	12,27	4.108,56	4.157,64	4.869,40	2.215,82	3.575,97	
Totale piano T industriale - Locale unico		13.937,52	15.544,38	21.119,09	7.521,45	12.066,95	
piano 1 industriale - Locale unico							
Descrizione elemento	A _{sol} [m ²]	Q _{sol} [MJ] riscaldamento					
		gen	feb	mar	nov	dic	
Pannello cav	13,05	4.370,17	4.422,39	5.179,47	2.356,92	3.803,67	
Pannello cav	10,32	3.453,69	3.494,95	4.093,26	1.862,64	3.005,99	
Pannello cav	5,75	908,68	1.126,50	1.763,90	494,77	783,96	
Pannello cav	1,91	301,71	374,03	585,67	164,28	260,30	
Pannello cav	3,67	580,87	720,12	1.127,58	316,28	501,14	
Pannello cav	22,80	1.484,03	1.851,05	2.826,72	794,05	1.272,02	
Pannello cav	6,29	409,18	510,37	779,39	218,94	350,72	
Pannello cav	6,86	1.084,25	1.344,17	2.104,73	590,37	935,43	
Pannello cav	2,92	461,27	571,85	895,41	251,16	397,96	

Pannello cav	1,91	301,71	374,03	585,67	164,28	260,30
copertuva cav	58,65	11.635,17	15.271,16	25.270,13	6.482,10	9.817,17
Solaio cav (porticato)	99,60	19.761,06	25.936,40	42.918,56	11.009,14	16.673,40
Totale piano 1 industriale - Locale unico		44.751,79	55.997,02	88.130,47	24.704,93	38.062,06

Tab.64: Aree di captazione effettive delle superfici opache e relativi apporti solari

Apporti solari per strutture trasparenti						
piano 2 uffici Locale unico						
Descrizione elemento	Qsol [MJ] riscaldamento					
	gen	feb	mar	nov	dic	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	10.999,39	11.130,80	13.036,31	5.932,17	9.573,54	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	10.999,39	11.130,80	13.036,31	5.932,17	9.573,54	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	10.999,39	11.130,80	13.036,31	5.932,17	9.573,54	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	6.599,63	6.678,48	7.821,79	3.559,30	5.744,12	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	9.355,99	9.467,77	11.088,58	5.045,86	8.143,17	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	9.355,99	9.467,77	11.088,58	5.045,86	8.143,17	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	7.016,99	7.100,82	8.316,43	3.784,39	6.107,38	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	1.403,40	1.420,16	1.663,29	756,88	1.221,48	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	5.194,15	6.439,31	10.082,77	2.828,21	4.481,23	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	3.376,20	4.185,55	6.553,80	1.838,34	2.912,80	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	4.418,10	5.477,22	8.576,32	2.405,65	3.811,70	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	220,91	273,86	428,82	120,28	190,58	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	2.138,77	2.667,71	4.073,85	1.144,38	1.833,23	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	2.138,77	2.667,71	4.073,85	1.144,38	1.833,23	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	2.138,77	2.667,71	4.073,85	1.144,38	1.833,23	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	2.138,77	2.667,71	4.073,85	1.144,38	1.833,23	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	106,94	133,39	203,69	57,22	91,66	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	320,82	400,16	611,08	171,66	274,98	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	1.819,22	2.269,13	3.465,18	973,40	1.559,33	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	1.364,41	1.701,85	2.598,88	730,05	1.169,50	
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	5.194,15	6.439,31	10.082,77	2.828,21	4.481,23	

tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	4.674,74	5.795,37	9.074,49	2.545,39	4.033,11	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	4.418,10	5.477,22	8.576,32	2.405,65	3.811,70	
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	1.546,34	1.917,03	3.001,71	841,98	1.334,09	
Totale piano 2 uffici - Locale unico	110.078,08	121.375,35	162.712,64	59.456,77	95.398,01	
piano T industriale Locale unico						
Codice	Descrizione elemento	Q _{sol} [MJ] riscaldamento				
		gen	feb	mar	nov	dic
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		5.327,34	6.604,42	10.341,30	2.900,73	4.596,13
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		6.406,12	7.330,90	10.841,13	3.443,41	5.668,57
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		2.242,14	2.565,82	3.794,40	1.205,19	1.984,00
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		2.562,45	2.932,26	4.336,45	1.377,36	2.267,43
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		5.540,43	6.340,34	9.376,11	2.978,08	4.902,54
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		554,04	634,02	937,61	297,81	490,25
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		1.023,68	1.276,85	1.949,88	547,74	877,44
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		2.198,18	2.741,82	4.187,01	1.176,17	1.884,15
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		2.198,18	2.741,82	4.187,01	1.176,17	1.884,15
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		439,64	548,36	837,40	235,23	376,83
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		2.198,18	2.741,82	4.187,01	1.176,17	1.884,15
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		2.198,18	2.741,82	4.187,01	1.176,17	1.884,15
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		2.198,18	2.741,82	4.187,01	1.176,17	1.884,15
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		2.198,18	2.741,82	4.187,01	1.176,17	1.884,15
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		2.088,27	2.604,72	3.977,66	1.117,36	1.789,95
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		7.103,12	8.805,89	13.788,40	3.867,64	6.128,18
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		7.103,12	8.805,89	13.788,40	3.867,64	6.128,18
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		7.103,12	8.805,89	13.788,40	3.867,64	6.128,18
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		2.486,09	3.082,06	4.825,94	1.353,67	2.144,86
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		3.196,40	3.962,65	6.204,78	1.740,44	2.757,68
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		5.264,66	5.327,56	6.239,60	2.839,33	4.582,21
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		12.174,53	11.615,99	10.924,87	6.378,36	10.899,11
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		12.174,53	11.615,99	10.924,87	6.378,36	10.899,11
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		12.174,53	11.615,99	10.924,87	6.378,36	10.899,11
tipo2 (pt-ind) 400x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		7.304,72	6.969,59	6.554,92	3.827,01	6.539,46
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		15.041,89	15.221,61	17.827,43	8.112,38	13.092,02
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		15.041,89	15.221,61	17.827,43	8.112,38	13.092,02
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		15.041,89	15.221,61	17.827,43	8.112,38	13.092,02
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		15.041,89	15.221,61	17.827,43	8.112,38	13.092,02
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		7.520,95	7.610,80	8.913,72	4.056,19	6.546,01
tipo1 (pt-ind) 350x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4		3.008,38	3.044,32	3.565,49	1.622,48	2.618,40
Totale piano T industriale - Locale unico	188.353,11	202.179,46	257.455,00	100.962,72	164.780,78	
piano 1 industriale Locale unico						
Descrizione elemento	Q _{sol} [MJ] riscaldamento					
	gen	feb	mar	nov	dic	

tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	118,63	118,63	118,63	118,63	118,63	118,63	118,63	118,63	118,63	118,63	118,63	118,63	118,63
Pannello cav	616,46	616,46	616,46	616,46	616,46	616,46	616,46	616,46	616,46	616,46	616,46	616,46	616,46
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83
Pannello cav	261,05	261,05	261,05	261,05	261,05	261,05	261,05	261,05	261,05	261,05	261,05	261,05	261,05
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	128,51	128,51	128,51	128,51	128,51	128,51	128,51	128,51	128,51	128,51	128,51	128,51	128,51
Pannello cav	398,86	398,86	398,86	398,86	398,86	398,86	398,86	398,86	398,86	398,86	398,86	398,86	398,86
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	9,28	9,28	9,28	9,28	9,28	9,28	9,28	9,28	9,28	9,28	9,28	9,28	9,28
Pannello cav	852,88	852,88	852,88	852,88	852,88	852,88	852,88	852,88	852,88	852,88	852,88	852,88	852,88
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	9,89	9,89	9,89	9,89	9,89	9,89	9,89	9,89	9,89	9,89	9,89	9,89	9,89
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66	29,66
Pannello cav	330,42	330,42	330,42	330,42	330,42	330,42	330,42	330,42	330,42	330,42	330,42	330,42	330,42
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16	139,16
Pannello cav	320,94	320,94	320,94	320,94	320,94	320,94	320,94	320,94	320,94	320,94	320,94	320,94	320,94
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71	197,71
tipo A2 (p2-uff) 250x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici A	177,94	177,94	177,94	177,94	177,94	177,94	177,94	177,94	177,94	177,94	177,94	177,94	177,94
Pannello cav	261,61	261,61	261,61	261,61	261,61	261,61	261,61	261,61	261,61	261,61	261,61	261,61	261,61
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54
tipo B2 (p2-uff) 215x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4 uffici B	64,94	64,94	64,94	64,94	64,94	64,94	64,94	64,94	64,94	64,94	64,94	64,94	64,94
copertuva cav	16.637,40	16.637,40	16.637,40	16.637,40	16.637,40	16.637,40	16.637,40	16.637,40	16.637,40	16.637,40	16.637,40	16.637,40	16.637,40
Totale piano 2 uffici - Locale unico	24.023,05												

Tab.66: Energia di extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Stagione di riscaldamento: contributi termici
Energia dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso
<i>piano 2 uffici</i>

Mese	NG	$\Delta\theta$	H_d	Q_d	H_g	Q_g	H_U	Q_U	H_a	Q_a	Q_r	$Q_{H,tr}$	H_v	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht}$
	[-]	[°C]	[W/K]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[MJ]
novembre	16	8,2	16.148,07	183.268,9 ₅	0,00	0,00	441,68	5.012,70	0,00	0,00	33.746,65	222.028,3 ₁	7.005,89	79.511,82	301.540,1 ₃
dicembre	31	11,0	16.148,07	475.760,9 ₆	0,00	0,00	441,68	13.012,84	0,00	0,00	65.384,13	554.157,9 ₃	7.005,89	206.410,4 ₂	760.568,3 ₅
gennaio	31	12,3	16.148,07	531.987,2 ₇	0,00	0,00	441,68	14.550,72	0,00	0,00	65.384,13	611.922,1 ₁	7.005,89	230.804,3 ₈	842.726,4 ₉
febbraio	28	11,2	16.148,07	437.532,6 ₆	0,00	0,00	441,68	11.967,23	0,00	0,00	59.056,63	508.556,5 ₂	7.005,89	189.824,9 ₄	698.381,4 ₆
marzo	31	8,5	16.148,07	367.633,4 ₇	0,00	0,00	441,68	10.055,37	0,00	0,00	65.384,13	443.072,9 ₇	7.005,89	159.498,9 ₆	602.571,9 ₃
Totale	137	-	80.740,36	1.996.183,32	0,00	0,00	2.208,38	54.598,87	0,00	0,00	288.955,66	2.339.737,84	35.029,46	866.050,52	3.205.788,36
<i>piano T industriale</i>															
Mese	NG	$\Delta\theta$	H_d	Q_d	H_g	Q_g	H_U	Q_U	H_a	Q_a	Q_r	$Q_{H,tr}$	H_v	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht}$
	[-]	[°C]	[W/K]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[MJ]
novembre	16	8,2	11.734,89	133.182,4 ₉	6.352,52	72.096,52	549,00	6.230,79	0,00	0,00	13.377,67	224.887,4 ₆	9.793,01	111.143,5 ₅	336.031,0 ₂
dicembre	31	11,0	11.734,89	345.737,9 ₂	6.352,52	187.160,5 ₀	549,00	16.174,95	0,00	0,00	26.111,62	575.185,0 ₀	9.793,01	288.525,4 ₉	863.710,4 ₉
gennaio	31	12,3	11.734,89	386.597,8 ₇	6.352,52	209.279,4 ₈	549,00	18.086,53	0,00	0,00	26.003,83	639.967,7 ₁	9.793,01	322.623,9 ₆	962.591,6 ₇
febbraio	28	11,2	11.734,89	317.957,2 ₂	6.352,52	172.121,8 ₀	549,00	14.875,26	0,00	0,00	23.250,74	528.205,0 ₁	9.793,01	265.341,9 ₁	793.546,9 ₃
marzo	31	8,5	11.734,89	267.161,1 ₂	6.352,52	144.624,0 ₃	549,00	12.498,82	0,00	0,00	25.249,95	449.533,9 ₃	9.793,01	222.951,5 ₁	672.485,4 ₄
Totale	137	-	58.674,43	1.450.636,62	31.762,60	785.282,33	2.745,02	67.866,36	0,00	0,00	113.993,81	2.417.779,12	48.965,03	1.210.586,43	3.628.365,55
<i>piano 1 industriale</i>															
Mese	NG	$\Delta\theta$	H_d	Q_d	H_g	Q_g	H_U	Q_U	H_a	Q_a	Q_r	$Q_{H,tr}$	H_v	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht}$
	[-]	[°C]	[W/K]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[W/K]	[MJ]	[MJ]
novembre	16	8,2	16.567,02	188.023,6 ₈	0,00	0,00	539,38	6.121,55	0,00	0,00	30.436,55	224.581,7 ₇	7.744,03	87.889,15	312.470,9 ₃
dicembre	31	11,0	16.567,02	488.104,0 ₉	0,00	0,00	539,38	15.891,36	0,00	0,00	58.970,81	562.966,2 ₇	7.744,03	228.157,7 ₃	791.123,9 ₉
gennaio	31	12,3	16.567,02	545.789,1 ₃	0,00	0,00	539,38	17.769,43	0,00	0,00	58.970,81	622.529,3 ₇	7.744,03	255.121,8 ₃	877.651,2 ₀
febbraio	28	11,2	16.567,02	448.883,9 ₉	0,00	0,00	539,38	14.614,46	0,00	0,00	53.263,96	516.762,4 ₁	7.744,03	209.824,8 ₂	726.587,2 ₃
marzo	31	8,5	16.567,02	377.171,3 ₄	0,00	0,00	539,38	12.279,69	0,00	0,00	58.970,81	448.421,8 ₅	7.744,03	176.303,7 ₀	624.725,5 ₄
Totale	137	-	82.835,09	2.047.972,22	0,00	0,00	2.696,89	66.676,50	0,00	0,00	260.612,96	2.375.261,67	38.720,15	957.297,22	3.332.558,89

Tab.67: Energia termica scambiata/dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso nel periodo di riscaldamento

Apporti solari e gratuiti, coefficiente di utilizzazione e fabbisogno di energia termica utile												
piano 2 uffici												
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Qsol,e [MJ]	Qsol,i [MJ]	Qsol [MJ]	Qint [MJ]	Qgn [MJ]	QH,ht [MJ]	γ_H [-]	aH [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	QH,nd [MJ]
novembre	16	8,2	43.215,81	59.456,77	102.672,58	61.142,34	163.814,91	301.540,13	0,54	1,81	0,816	167.906,45
dicembre	31	11,0	66.306,77	95.398,01	161.704,79	118.463,28	280.168,06	760.568,35	0,37	1,81	0,890	511.210,58
gennaio	31	12,3	78.104,22	110.078,08	188.182,30	118.463,28	306.645,57	842.726,49	0,36	1,81	0,892	569.223,51
febbraio	28	11,2	98.855,85	121.375,35	220.231,20	106.999,09	327.230,29	698.381,46	0,47	1,81	0,847	421.076,96
marzo	31	8,5	157.569,70	162.712,64	320.282,34	118.463,28	438.745,62	602.571,93	0,73	1,81	0,741	277.513,32
Totale	137	-	444.052,35	549.020,86	993.073,21	523.531,25	1.516.604,45	3.205.788,36	-	-	-	1.946.930,81
piano T industriale												
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Qsol,e [MJ]	Qsol,i [MJ]	Qsol [MJ]	Qint [MJ]	Qgn [MJ]	QH,ht [MJ]	γ_H [-]	aH [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	QH,nd [MJ]
novembre	16	8,2	7.697,00	100.962,72	108.659,72	85.466,24	194.125,96	336.031,02	0,58	1,05	0,648	210.286,55
dicembre	31	11,0	12.347,28	164.780,78	177.128,06	165.590,85	342.718,91	863.710,49	0,40	1,05	0,730	613.441,95
gennaio	31	12,3	14.261,87	188.353,11	202.614,98	165.590,85	368.205,83	962.591,67	0,38	1,05	0,738	690.993,81
febbraio	28	11,2	15.923,07	202.179,46	218.102,53	149.565,93	367.668,46	793.546,93	0,46	1,05	0,698	537.040,60
marzo	31	8,5	21.667,59	257.455,00	279.122,59	165.590,85	444.713,44	672.485,44	0,66	1,05	0,615	398.786,14
Totale	137	-	71.896,81	913.731,07	985.627,88	731.804,72	1.717.432,59	3.628.365,55	-	-	-	2.450.549,04
piano 1 industriale												
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Qsol,e [MJ]	Qsol,i [MJ]	Qsol [MJ]	Qint [MJ]	Qgn [MJ]	QH,ht [MJ]	γ_H [-]	aH [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	QH,nd [MJ]
novembre	16	8,2	25.725,41	110.638,14	136.363,54	67.584,26	203.947,81	312.470,93	0,65	1,26	0,672	175.345,71
dicembre	31	11,0	39.694,40	177.470,85	217.165,25	130.944,51	348.109,76	791.123,99	0,44	1,26	0,764	525.056,58
gennaio	31	12,3	46.636,92	204.765,24	251.402,16	130.944,51	382.346,67	877.651,20	0,44	1,26	0,766	584.613,66
febbraio	28	11,2	58.132,98	225.949,51	284.082,49	118.272,46	402.354,95	726.587,23	0,55	1,26	0,713	439.809,90
marzo	31	8,5	91.113,43	303.454,21	394.567,64	130.944,51	525.512,15	624.725,54	0,84	1,26	0,605	306.546,21
Totale	137	-	261.303,13	1.022.277,95	1.283.581,08	578.690,26	1.862.271,34	3.332.558,89	-	-	-	2.031.372,07

Tab.68: Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento considerando gli apporti solari gratuiti

Contributi termici totali dell'edificio nella stagione di riscaldamento			
Mese	QH,ht [MJ]	Qgn [MJ]	QH,nd [MJ]
novembre	950.042,07	561.888,68	553.538,71
dicembre	2.415.402,83	970.996,73	1.649.709,10
gennaio	2.682.969,37	1.057.198,07	1.844.830,99
febbraio	2.218.515,61	1.097.253,69	1.397.927,46
marzo	1.899.782,92	1.408.971,21	982.845,67
Totale	10.166.712,80	5.096.308,39	6.428.851,93

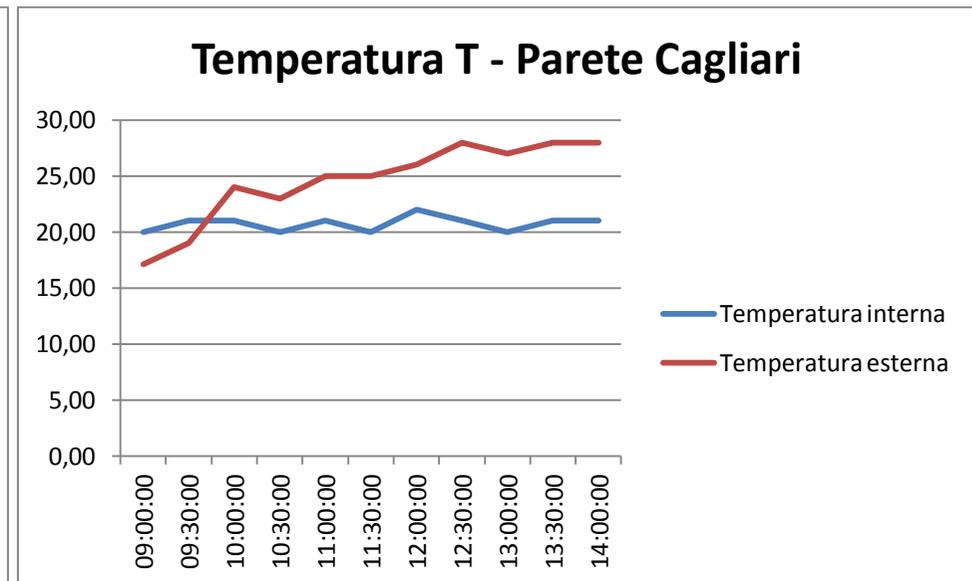
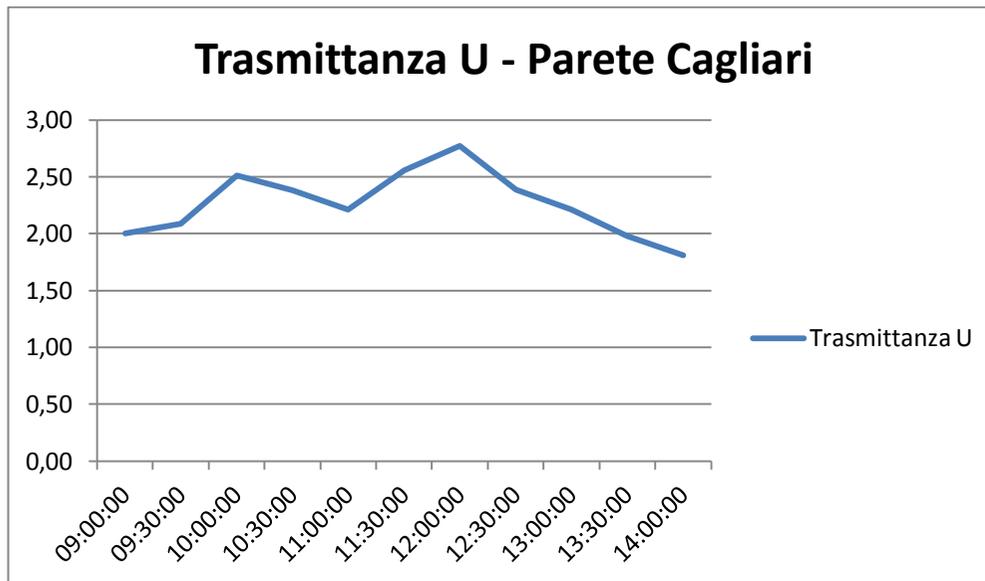
Tab.69: Riepilogo Fabbisogno ideale di energia termica

Centro	Stato di fatto	Full Retrofit							
	QH,nd [kWh]	Q _d [kWh]	Q _g [kWh]	Q _r [kWh]	Q _{H,ve} [kWh]	Q _i [kWh]	Q _{sol} [kWh]	Q _{H,nd} [kWh]	Δ
Roma	6.428.851,90	2.015.922,20	548.682,40	235.618,18	2.893.560,60	1.749.169,80	2.666.810,40	2.793.788,70	56,54%
	1.785.935,06	560.023,19	152.423,97	65.454,73	803.831,13	485.919,37	740.839,93	776.114,50	

Tab.70: Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione- Full Retrofit:

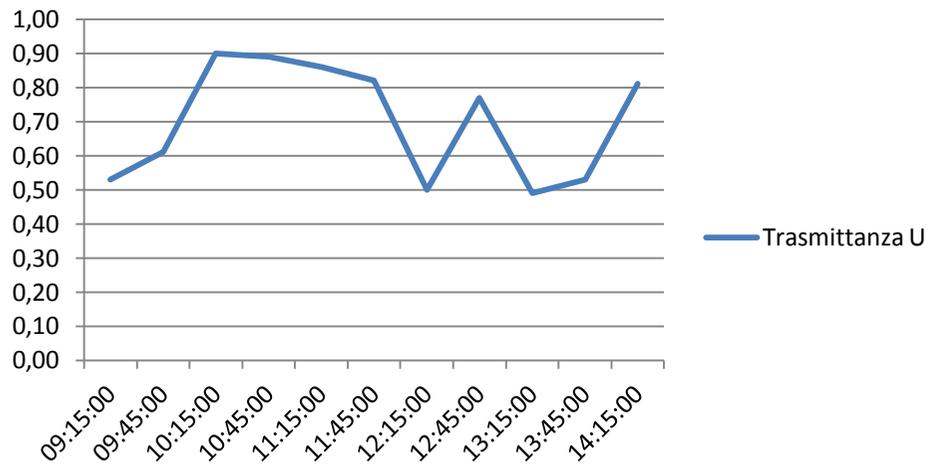
CMP di Cagliari

<i>Pannello verticale opaco - Cagliari Elmas (17/06/2012)</i>											
Valori	09:00:00	09:30:00	10:00:00	10:30:00	11:00:00	11:30:00	12:00:00	12:30:00	13:00:00	13:30:00	14:00:00
Trasmittanza U	2,00	2,09	2,51	2,38	2,21	2,56	2,77	2,39	2,21	1,98	1,81
Temperatura interna	20,00	21,00	21,00	20,00	21,00	20,00	22,00	21,00	20,00	21,00	21,00
Temperatura esterna	17,10	19,00	24,00	23,00	25,00	25,00	26,00	28,00	27,00	28,00	28,00
ΔT	-2,90	-2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	4,00	7,00	7,00	7,00	7,00

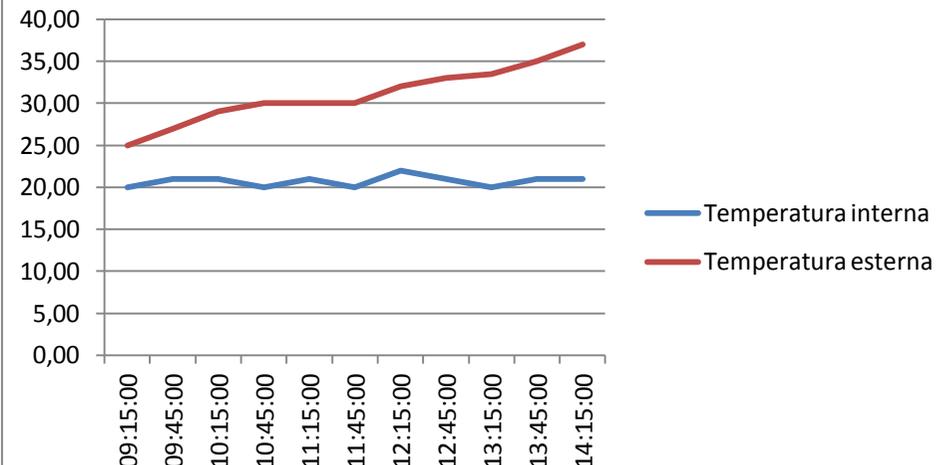


<i>Solaio di copertura - Cagliari Elmas (17/06/2012)</i>											
Valori	09:15:00	09:45:00	10:15:00	10:45:00	11:15:00	11:45:00	12:15:00	12:45:00	13:15:00	13:45:00	14:15:00
Trasmittanza U	0,53	0,61	0,90	0,89	0,86	0,82	0,50	0,77	0,49	0,53	0,81
Temperatura interna	20,00	21,00	21,00	20,00	21,00	20,00	22,00	21,00	20,00	21,00	21,00
Temperatura esterna	25,00	27,00	29,00	30,00	30,00	30,00	32,00	33,00	33,50	35,00	37,00
ΔT	5,00	6,00	8,00	10,00	9,00	10,00	10,00	12,00	13,50	14,00	16,00

Trasmittanza U - Copertura Cagliari



Temperatura T - Copertura Cagliari



Temperature ed irradiazioni giornaliere medie mensili per la stagione di riscaldamento (UNI 10349)									
Mese	N _g	θ _e [°C]	H _{bh} [MJ/m ²]	H _{dh} [MJ/m ²]	H _S [MJ/m ²]	HSE-SO [MJ/m ²]	HE-O [MJ/m ²]	HNE-NO [MJ/m ²]	HN [MJ/m ²]
gennaio	31	10,3	4,1	3,2	11,5	9,2	5,6	2,7	2,3
febbraio	28	10,8	5,6	4,2	11,8	10,1	7,1	3,9	3,1
marzo	31	12,8	8,9	5,5	12,5	12,1	10,0	6,3	4,2
aprile	30	15,1	11,6	6,9	10,7	12,5	12,3	9,0	5,7
maggio	31	18,4	15,0	7,6	9,6	12,8	14,4	11,7	8,1
giugno	30	22,9	17,4	7,7	9,2	13,0	15,7	13,4	9,8
luglio	31	25,5	20,8	6,5	10,0	14,6	17,4	14,2	9,5
agosto	31	25,5	17,7	6,2	11,8	15,1	15,8	11,6	6,8
settembre	30	23,3	12,0	5,7	13,3	13,9	12,2	7,8	4,6
ottobre	31	19,4	7,7	4,5	13,8	12,2	8,9	4,9	3,5
novembre	30	15,5	4,7	3,4	12,1	9,8	6,2	3,0	2,5
dicembre	31	11,7	3,5	2,9	10,4	8,2	4,9	2,4	2,1

Tab.71: Valori di irradianza solare giornaliera media mensile su superfici verticali esposte a Sud, SudEst-SudOvest, Nord, NordEst-NordOvest

Dispersioni per trasmissione									
Elemento disperdente	Tipologia	A o l [m ²], [m]	U o ψ [W/(m ² K)], [W/(mK)]	PT [%]	Verso di dispersione	H _D [W/K]	H _{TU} [W/K]	H _{Ta} [W/K]	H _g [W/K]
Pannello cav - CA	Parete	431,55	2,044	-	Esterno	882,01	-	-	-
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	119,85	3,927	-	Esterno	470,69	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	12,90	3,905	-	Esterno	50,38	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	9,36	3,875	-	Esterno	36,27	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
Pannello cav - CA	Parete	79,85	2,044	-	Esterno	163,20	-	-	-
Pannello cav - CA	Parete	657,29	2,044	-	Esterno	1.343,38	-	-	-
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	39,95	3,927	-	Esterno	156,90	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	25,80	3,905	-	Esterno	100,76	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	40,56	3,875	-	Esterno	157,16	-	-	-
Pannello cav - CA	Parete	15,66	2,044	-	Esterno	32,01	-	-	-

Pannello cav - CA	Parete	382,86	2,044	-	Esterno	782,49	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	5,16	3,905	-	Esterno	20,15	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	18,72	3,875	-	Esterno	72,53	-	-	-
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	39,95	3,927	-	Esterno	156,90	-	-	-
Pannello cav - CA	Parete	309,14	2,044	-	Esterno	631,82	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	7,74	3,905	-	Esterno	30,23	-	-	-
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	159,80	3,927	-	Esterno	627,59	-	-	-
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	159,80	3,927	-	Esterno	627,59	-	-	-
Primo piano di calpestio su intercapedine	Stru. vs terreno	4.498,00	0,688	-	Terreno	-	-	-	3.094,04
copertuva cav CA	Copertura	3.567,04	0,938	-	Esterno	3.344,10	-	-	-
copertuva cav CA	Copertura	930,63	0,938	-	Esterno	872,47	-	-	-
TOTALE ambiente climatizzato totale - Locale unico						13.782,51	-	-	3.094,04

306

Tab.72: Dispersione per trasmissione di elementi opachi e trasparenti dell'intero involucro edilizio

Dispersioni per ventilazione												
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di riscaldamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
ambiente climatizzato totale	7.777,72	7.777,72	7.777,72	-	-	-	-	-	-	-	7.777,72	7.777,72
Totale edificio	7.777,72	7.777,72	7.777,72	-	-	-	-	-	-	-	7.777,72	7.777,72
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di raffrescamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
ambiente climatizzato totale	-	-	-	7.777,72	7.777,72	7.777,72	7.777,72	7.777,72	7.777,72	7.777,72	7.777,72	-
Totale edificio	-	-	-	7.777,72	-							

Tab.73: Dispersione per ventilazione dell'intero involucro edilizio

Apporti solari sulle strutture opache						
Descrizione elemento	A _{sol} [m ²]	Q _{sol} [MJ] riscaldamento				
		gen	feb	mar	nov	dic
Pannello cav - CA	21,17	6.037,16	5.986,36	7.940,18	3.185,91	5.380,95
Pannello cav - CA	32,24	2.698,58	3.520,72	6.296,68	1.471,46	2.398,73
Pannello cav - CA	18,78	1.571,87	2.050,76	3.667,71	857,10	1.397,22
Pannello cav - CA	15,16	4.324,71	4.288,32	5.687,93	2.282,22	3.854,63
copertuva cav CA	120,39	27.243,71	33.034,36	53.741,03	14.797,02	23.884,90
copertuva cav CA	31,41	7.107,80	8.618,56	14.020,87	3.860,50	6.231,50
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico		48.983,84	57.499,09	91.354,40	26.454,22	43.147,94

Tab.74: Aree di captazione effettive delle superfici opache e relativi apporti solari

	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico	17.421,92											

Tab.76: Energia di extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Stagione di riscaldamento: contributi termici															
Energia dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso															
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Hd [W/K]	Qd [MJ]	Hg [W/K]	Qg [MJ]	HU [W/K]	QU [MJ]	Ha [W/K]	Qa [MJ]	Qr [MJ]	QH,tr [MJ]	HV [W/K]	QH,ve [MJ]	QH,ht [MJ]
novembre	16	5,4	13.782,51	103.541,80	3.094,04	23.244,16	0,00	0,00	0,00	0,00	24.084,07	150.870,03	7.777,72	58.430,49	209.300,52
dicembre	31	8,3	13.782,51	306.395,11	3.094,04	68.782,81	0,00	0,00	0,00	0,00	46.662,88	421.840,80	7.777,72	172.904,25	594.745,06
gennaio	31	9,7	13.782,51	358.076,20	3.094,04	80.384,73	0,00	0,00	0,00	0,00	46.662,88	485.123,81	7.777,72	202.068,82	687.192,63
febbraio	28	9,2	13.782,51	306.752,34	3.094,04	68.863,01	0,00	0,00	0,00	0,00	42.147,12	417.762,47	7.777,72	173.105,84	590.868,31
marzo	31	7,2	13.782,51	265.788,52	3.094,04	59.667,02	0,00	0,00	0,00	0,00	46.662,88	372.118,41	7.777,72	149.989,22	522.107,64
Totale	137	-	68.912,55	1.340.553,97	15.470,22	300.941,73	0,00	0,00	0,00	0,00	206.219,83	1.847.715,52	38.888,59	756.498,63	2.604.214,15

Tab.77: Energia termica scambiata/dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso nel periodo di riscaldamento

Apporti solari e gratuiti, coefficiente di utilizzazione e fabbisogno di energia termica utile												
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Qsol,e [MJ]	Qsol,i [MJ]	Qsol [MJ]	Qint [MJ]	Qgn [MJ]	QH,ht [MJ]	γ_H [-]	aH [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	QH,nd [MJ]
novembre	16	5,4	26.454,22	55.192,71	81.646,92	39.821,91	121.468,83	209.300,52	0,58	1,42	0,735	119.967,11
dicembre	31	8,3	43.147,94	92.753,12	135.901,06	77.154,95	213.056,01	594.745,06	0,36	1,42	0,837	416.374,31
gennaio	31	9,7	48.983,84	104.103,88	153.087,73	77.154,95	230.242,68	687.192,63	0,34	1,42	0,849	491.791,76
febbraio	28	9,2	57.499,09	107.780,71	165.279,80	69.688,35	234.968,14	590.868,31	0,40	1,42	0,818	398.663,27
marzo	31	7,2	91.354,40	151.725,15	243.079,55	77.154,95	320.234,51	522.107,64	0,61	1,42	0,722	290.982,58
Totale	137	-	267.439,48	511.555,57	778.995,06	340.975,12	1.119.970,18	2.604.214,15	-	-	-	1.717.779,03

Tab.78: Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento considerando gli apporti solari gratuiti

Contributi termici totali dell'edificio nella stagione di riscaldamento			
Mese	QH,ht [MJ]	Qgn [MJ]	QH,nd [MJ]
novembre	209.300,52	121.468,83	119.967,11
dicembre	594.745,06	213.056,01	416.374,31
gennaio	687.192,63	230.242,68	491.791,76
febbraio	590.868,31	234.968,14	398.663,27
marzo	522.107,64	320.234,51	290.982,58
Totale	2.604.214,15	1.119.970,18	1.717.779,03

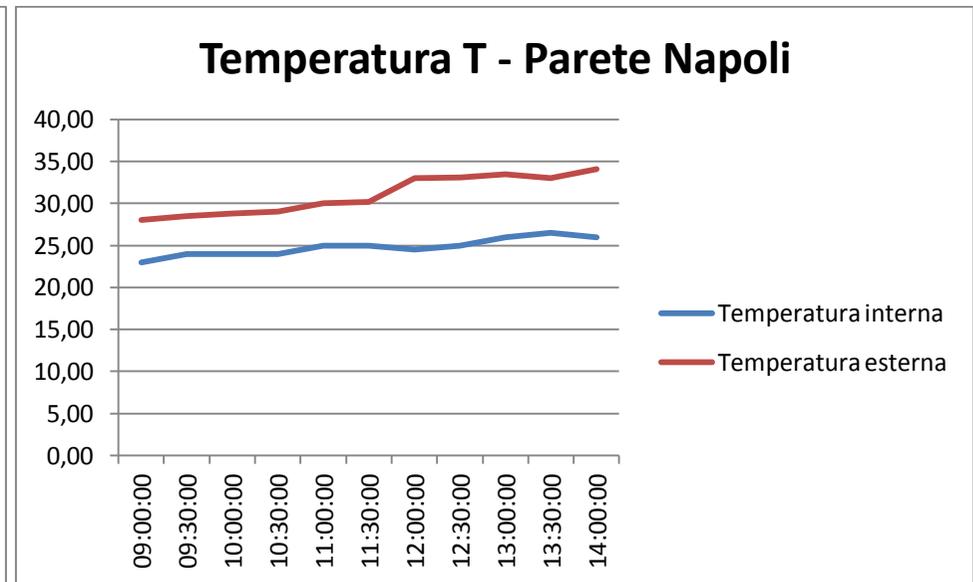
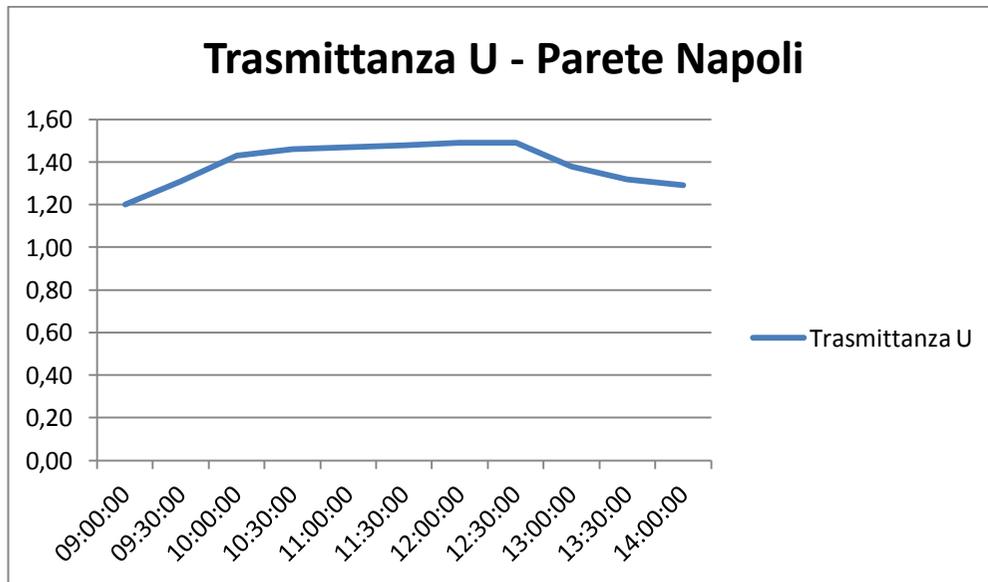
Tab.79: Riepilogo Fabbisogno ideale di energia termica

Centro	Stato di fatto	Full Retrofit							
	QH,nd [kWh]	Q _d [kWh]	Q _g [kWh]	Q _r [kWh]	Q _{H,ve} [kWh]	Q _i [kWh]	Q _{sol} [kWh]	Q_{H,nd} [kWh]	Δ
Cagliari	1.717.779,03	351.321,67	300.941,73	47.582,99	756.498,63	340.975,12	534.689,91	791.279,42	53,94%
	477.199,01	97.597,16	83.601,61	13.218,55	210.155,32	94.722,89	148.536,86	219.817,42	

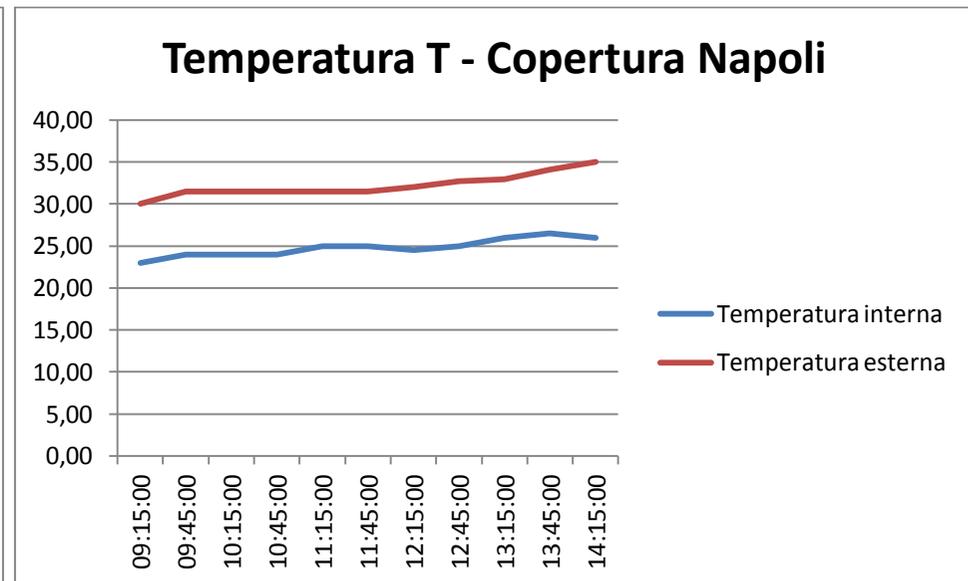
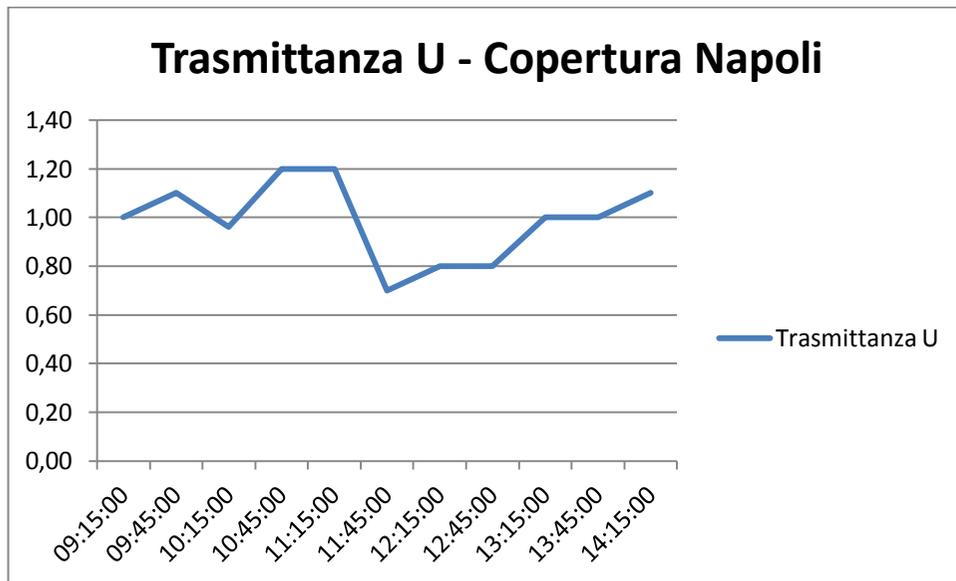
Tab.80: Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione- Full Retrofit

CMP di Napoli

<i>Pannello verticale opaco - Napoli (06/08/2012)</i>											
Valori	09:00:00	09:30:00	10:00:00	10:30:00	11:00:00	11:30:00	12:00:00	12:30:00	13:00:00	13:30:00	14:00:00
Trasmittanza U	1,20	1,31	1,43	1,46	1,47	1,48	1,49	1,49	1,38	1,32	1,29
Temperatura interna	23,00	24,00	24,00	24,00	25,00	25,00	24,50	25,00	26,00	26,50	26,00
Temperatura esterna	28,00	28,50	28,80	29,00	30,00	30,20	33,00	33,10	33,50	33,00	34,10
ΔT	5,00	4,50	4,80	5,00	5,00	5,20	8,50	8,10	7,50	6,50	8,10



<i>Solaio di copertura - Napoli (06/08/2012)</i>											
Valori	09:15:00	09:45:00	10:15:00	10:45:00	11:15:00	11:45:00	12:15:00	12:45:00	13:15:00	13:45:00	14:15:00
Trasmittanza U	2,00	2,20	2,22	2,27	2,09	2,11	2,29	2,18	2,28	2,34	2,37
Temperatura interna	23,00	24,00	24,00	24,00	25,00	25,00	24,50	25,00	26,00	26,50	26,00
Temperatura esterna	30,00	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	32,00	32,70	32,90	34,10	35,00
ΔT	7,00	7,50	7,50	7,50	6,50	6,50	7,50	7,70	6,90	7,60	9,00



Temperature ed irradiazioni giornaliere medie mensili per la stagione di riscaldamento (UNI 10349)												
Mese	Ng	θ_e [°C]	Hbh [MJ/m ²]	Hdh [MJ/m ²]	HS [MJ/m ²]	HSE-SO [MJ/m ²]	HE-O [MJ/m ²]	HNE-NO [MJ/m ²]	HN [MJ/m ²]			
gennaio	31	10,5	3,7	3,0	11,1	8,8	5,2	2,5	2,2			
febbraio	28	10,6	5,6	4,0	12,2	10,3	7,2	3,8	3,0			
marzo	31	13,2	8,5	5,4	12,5	12,0	9,8	6,1	4,1			
aprile	30	16,0	12,2	6,7	11,4	13,1	12,7	9,1	5,7			
maggio	31	19,5	16,3	7,4	10,4	13,7	15,3	12,3	8,3			
giugno	30	24,1	18,9	7,4	9,8	13,8	16,7	14,1	10,1			
luglio	31	26,7	20,6	6,6	10,5	14,9	17,5	14,2	9,5			
agosto	31	26,5	17,9	6,0	12,3	15,5	16,0	11,6	6,7			
settembre	30	23,8	12,4	5,4	14,0	14,5	12,5	7,8	4,5			
ottobre	31	19,6	8,7	4,1	15,5	13,5	9,6	4,9	3,3			
novembre	30	15,5	4,4	3,2	11,9	9,6	5,9	2,8	2,4			
dicembre	31	12,1	3,1	2,7	9,8	7,7	4,5	2,2	1,9			

Tab.81: Valori di irradianza solare giornaliera media mensile su superfici verticali esposte a Sud, SudEst-SudOvest, Nord, NordEst-NordOvest

Dispersioni per trasmissione									
Elemento disperdente	Tipologia	A o l [m ²] , [m]	U o ψ [W/(m ² K)] , [W/(mK)]	PT [%]	Verso di dispersione	HD [W/K]	HTiu [W/K]	HTia [W/K]	Hg [W/K]
Primo piano di calpestio su intercapedine	Stru. vs terreno	11.210,2 0	0,357	-	Terreno	-	-	-	3.996,49
INT cop NA	Copertura	11.210,2 0	0,110	-	Esterno	1.230,41	-	-	-
INT Pannello NA unificato	Parete	428,73	0,183	-	Esterno	78,47	-	-	-
INT Portone industriale	Porta	144,00	1,031	-	Esterno	148,43	-	-	-
215 x120 R infisso allum. TAGL TER	Serramento	51,60	1,877	-	Esterno	96,87	-	-	-
215 x120 R infisso allum. TAGL TER	Serramento	51,60	1,877	-	Esterno	96,87	-	-	-
215 x120 R infisso allum. TAGL TER	Serramento	41,28	1,877	-	Esterno	77,49	-	-	-
150 x120 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	36,00	2,090	-	Esterno	75,24	-	-	-
150 x120 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	36,00	2,090	-	Esterno	75,24	-	-	-
150 x120 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	36,00	2,090	-	Esterno	75,24	-	-	-
150 x120 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	36,00	2,090	-	Esterno	75,24	-	-	-
150 x120 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	36,00	2,090	-	Esterno	75,24	-	-	-
150 x120 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	36,00	2,090	-	Esterno	75,24	-	-	-
150 x120 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	36,00	2,090	-	Esterno	75,24	-	-	-
150 x120 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	36,00	2,090	-	Esterno	75,24	-	-	-
150 x120 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	23,40	2,090	-	Esterno	48,91	-	-	-
pannello parete rei	Parete	67,45	1,761	-	scala	-	118,81	-	-
INT Pannello NA unificato	Parete	1.383,63	0,183	-	Esterno	253,25	-	-	-
215 x120 R infisso allum. TAGL TER	Serramento	51,60	1,877	-	Esterno	96,87	-	-	-
215 x120 R infisso allum. TAGL TER	Serramento	51,60	1,877	-	Esterno	96,87	-	-	-
215 x120 R infisso allum. TAGL TER	Serramento	41,28	1,877	-	Esterno	77,49	-	-	-
315x235 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	148,05	2,048	-	Esterno	303,27	-	-	-
315x235 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	140,65	2,048	-	Esterno	288,12	-	-	-
150 x120 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	36,00	2,090	-	Esterno	75,24	-	-	-
150 x120 R infisso allum TAGL TERM	Serramento	36,00	2,090	-	Esterno	75,24	-	-	-

Zona riscaldata	Hve periodo di riscaldamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
ambiente climatizzato totale	15.383,64	15.383,64	15.383,64	-	-	-	-	-	-	-	15.383,64	15.383,64
Totale edificio	15.383,64	15.383,64	15.383,64	-	-	-	-	-	-	-	15.383,64	15.383,64
Zona riscaldata	Hve periodo di raffreddamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
ambiente climatizzato totale	-	-	-	15.383,64	15.383,64	15.383,64	15.383,64	15.383,64	15.383,64	15.383,64	15.383,64	-
Totale edificio	-	-	-	15.383,64	-							

Tab.83: Dispersione per ventilazione dell'intero involucro edilizio

Apporti solari sulle strutture opache						
<u>Aree di captazione</u>						
Descrizione elemento	Area	U	α_{sol}	R _{se}	F _{er}	A _{sol}
	[m ²]	[W/m ² K]		[m ² K/W]		[m ²]
INT cop NA	11.210,20	0,110		0,04	-	44,29
INT Pannello NA unificato	428,73	0,183		0,04	-	1,88
INT Portone industriale	144,00	1,031		0,04	-	1,78
INT Pannello NA unificato	1.383,63	0,183		0,04	-	6,08
INT Pannello NA unificato	820,08	0,183		0,04	-	3,60
INT Portone industriale	144,00	1,031		0,04	-	1,78
INT Pannello NA unificato	1.180,33	0,183		0,04	-	5,19
<u>Apporti solari sulle strutture opache</u>						
Descrizione elemento	A _{sol}	Q _{sol} [MJ] riscaldamento				
	[m ²]	gen	feb	mar	nov	dic
INT cop NA	44,29	9.200,03	11.906,45	19.086,63	5.072,55	7.964,21
INT Pannello NA unificato	1,88	303,60	379,69	572,16	167,42	262,73
INT Portone industriale	1,78	287,12	359,08	541,11	158,33	248,47
INT Pannello NA unificato	6,08	2.091,48	2.076,29	2.355,27	1.107,05	1.846,53
INT Pannello NA unificato	3,60	580,72	726,27	1.094,44	320,23	502,55
INT Portone industriale	1,78	287,12	359,08	541,11	158,33	248,47
INT Pannello NA unificato	5,19	353,62	435,54	659,02	188,91	305,40
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico		13.103,70	16.242,38	24.849,75	7.172,82	11.378,36

Tab.84: Aree di captazione effettive delle superfici opache e relativi apporti solari

Apporti solari per strutture trasparenti												
Descrizione elemento	Q _{sol} [MJ] riscaldamento											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
215 x120 R infisso allum. TAGL TER	4.504,73	5.633,71	8.489,69	-	-	-	-	-	-	-	2.484,08	3.898,33
215 x120 R infisso allum. TAGL TER	3.603,79	4.506,97	6.791,75	-	-	-	-	-	-	-	1.987,27	3.118,66
150 x120 R infisso allum TAGL TERM	3.024,92	3.783,02	5.700,81	-	-	-	-	-	-	-	1.668,05	2.617,72

dicembre	31	7,9	7.707,98	163.095,87	3.996,49	84.563,24	107,12	2.266,67	0,00	0,00	22.963,69	272.889,47	15.383,64	325.507,97	598.397,44
gennaio	31	9,5	7.707,98	196.127,96	3.996,49	101.689,98	107,12	2.725,74	0,00	0,00	22.963,69	323.507,37	15.383,64	391.433,65	714.941,02
febbraio	28	9,4	7.707,98	175.283,11	3.996,49	90.882,18	107,12	2.436,04	0,00	0,00	20.741,40	289.342,73	15.383,64	349.831,35	639.174,08
marzo	31	6,8	7.707,98	140.386,33	3.996,49	72.788,62	107,12	1.951,06	0,00	0,00	22.963,69	238.089,70	15.383,64	280.184,10	518.273,79
Totale	137	-	38.539,89	731.751,77	19.982,47	379.404,45	535,62	10.169,71	0,00	0,00	101.484,70	1.222.810,64	76.918,20	1.460.435,68	2.683.246,31

Tab.87: Energia termica scambiata/dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso nel periodo di riscaldamento

Apporti solari e gratuiti, coefficiente di utilizzazione e fabbisogno di energia termica utile												
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Qsol,e [MJ]	Qsol,i [MJ]	Qsol [MJ]	Qint [MJ]	Qgn [MJ]	QH,ht [MJ]	γ_H [-]	aH [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	QH,nd [MJ]
novembre	16	5,3	7.451,19	108.565,35	116.016,55	109.058,17	225.074,72	212.459,97	1,06	1,90	0,636	69.218,14
dicembre	31	7,9	11.828,37	177.285,41	189.113,78	211.300,21	400.413,98	598.397,44	0,67	1,90	0,776	287.588,20
gennaio	31	9,5	13.618,61	202.507,67	216.126,28	211.300,21	427.426,49	714.941,02	0,60	1,90	0,805	370.827,99
febbraio	28	9,4	16.823,65	222.004,46	238.828,11	190.851,80	429.679,91	639.174,08	0,67	1,90	0,775	306.179,21
marzo	31	6,8	25.638,89	290.664,07	316.302,95	211.300,21	527.603,16	518.273,79	1,02	1,90	0,650	175.535,37
Totale	137	-	75.360,71	1.001.026,96	1.076.387,67	933.810,60	2.010.198,26	2.683.246,31	-	-	-	1.209.348,90

Tab.88: Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento considerando gli apporti solari gratuiti

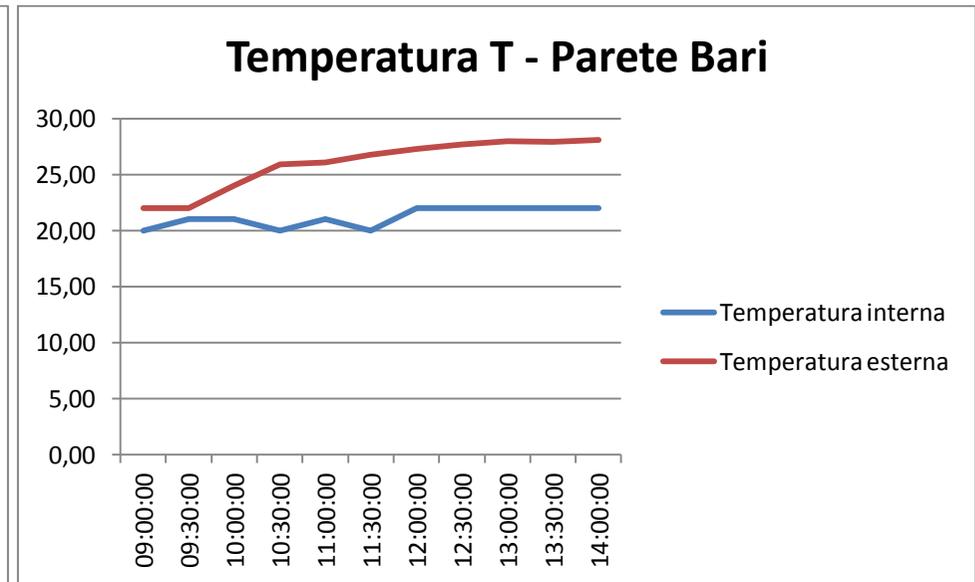
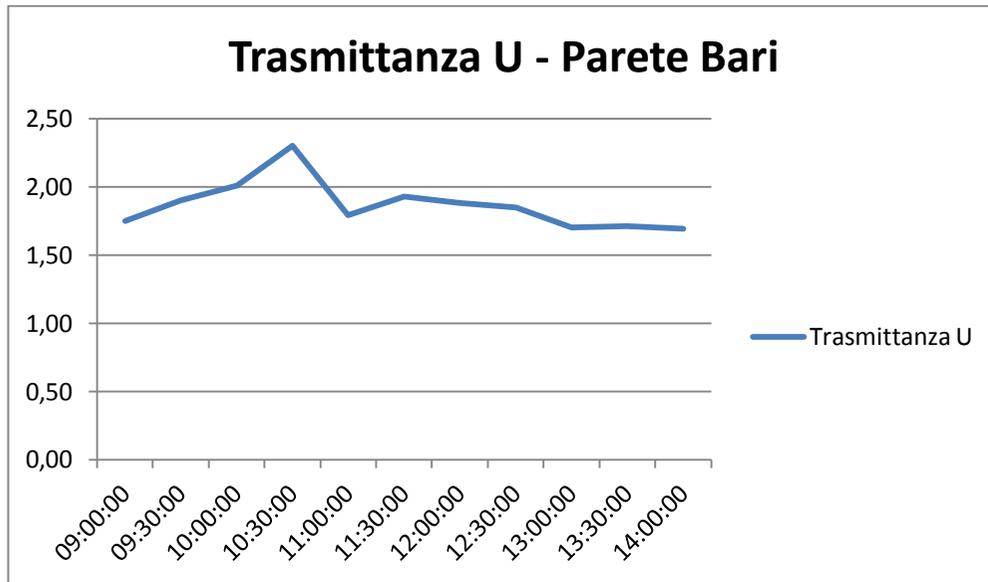
Contributi termici totali dell'edificio nella stagione di riscaldamento			
Mese	QH,ht [MJ]	Qgn [MJ]	QH,nd [MJ]
novembre	212.459,97	225.074,72	69.218,14
dicembre	598.397,44	400.413,98	287.588,20
gennaio	714.941,02	427.426,49	370.827,99
febbraio	639.174,08	429.679,91	306.179,21
marzo	518.273,79	527.603,16	175.535,37
Totale	2.683.246,31	2.010.198,26	1.209.348,90

Tab.89: Riepilogo Fabbisogno ideale di energia termica

Centro	Stato di fatto	Full Retrofit							
	QH,nd [kWh]	Q _d [kWh]	Q _g [kWh]	Q _r [kWh]	Q _{H,ve} [kWh]	Q _i [kWh]	Q _{sol} [kWh]	Q_{H,nd} [kWh]	Δ
Napoli	5.613.588,40	647.171,90	379.404,45	91.775,21	1.460.435,68	933.810,60	1.040.901,10	1.142.799,60	79,64%
	1.559.454,86	179.784,35	105.398,56	25.495,15	405.709,03	259.412,58	289.162,33	317.469,73	

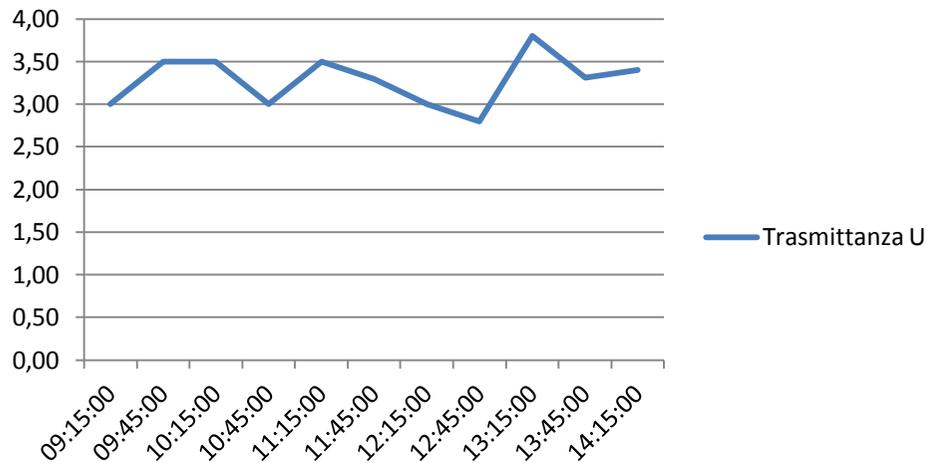
Tab.90: Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione- Full Retrofit

<i>Pannello verticale opaco - Bari Modugno (03/06/2012)</i>											
Valori	09:00:00	09:30:00	10:00:00	10:30:00	11:00:00	11:30:00	12:00:00	12:30:00	13:00:00	13:30:00	14:00:00
Trasmittanza U	1,75	1,90	2,01	2,30	1,79	1,93	1,88	1,85	1,70	1,71	1,69
Temperatura interna	20,00	21,00	21,00	20,00	21,00	20,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Temperatura esterna	22,00	22,00	24,00	25,90	26,10	26,80	27,30	27,70	28,00	27,90	28,10
ΔT	2,00	1,00	3,00	5,90	5,10	6,80	5,30	5,70	6,00	5,90	6,10

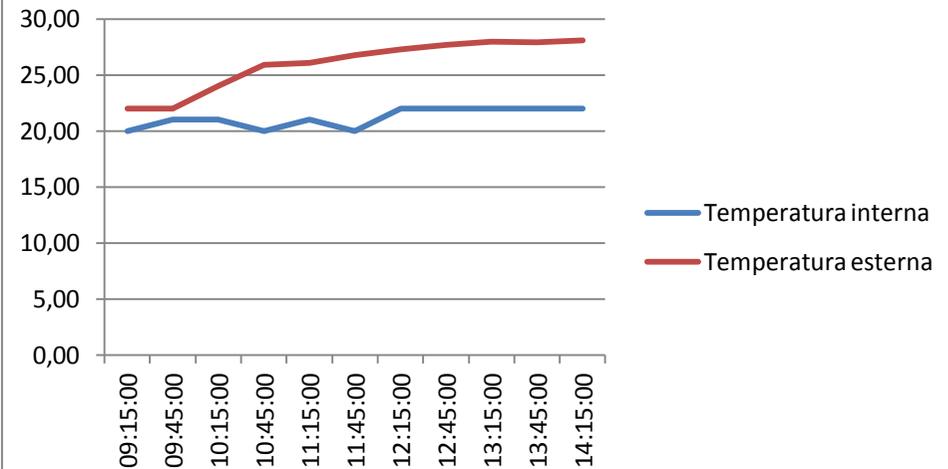


<i>Solaio di copertura - Bari Modugno (03/06/2012)</i>											
Valori	09:15:00	09:45:00	10:15:00	10:45:00	11:15:00	11:45:00	12:15:00	12:45:00	13:15:00	13:45:00	14:15:00
Trasmittanza U	3,00	3,50	3,50	3,00	3,50	3,30	3,00	2,80	3,80	3,31	3,40
Temperatura interna	20,00	21,00	21,00	20,00	21,00	20,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Temperatura esterna	22,00	22,00	24,00	25,90	26,10	26,80	27,30	27,70	28,00	27,90	28,10
ΔT	2,00	1,00	3,00	5,90	5,10	6,80	5,30	5,70	6,00	5,90	6,10

Trasmittanza U - Copertura Bari



Temperatura T - Copertura Bari



120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
Pannello BA	Parete	1.177,69	1,878	-	Esterno	2.211,9 5	-	-	-
Pannello BA	Parete	731,00	1,878	-	Esterno	1.372,9 8	-	-	-
230x230 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	27,61	4,023	-	Esterno	111,08	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	25,20	3,946	-	Esterno	99,44	-	-	-
INT Portone industriale	Porta	24,00	0,855	-	Esterno	20,51	-	-	-
Pannello BA	Parete	834,48	1,878	-	Esterno	1.567,3 3	-	-	-
Pannello BA	Parete	188,00	1,878	-	Esterno	353,10	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	16,80	3,946	-	Esterno	66,29	-	-	-
230x230 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	5,52	4,023	-	Esterno	22,22	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	148,05	3,944	-	Esterno	583,95	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	148,05	3,944	-	Esterno	583,95	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	148,05	3,944	-	Esterno	583,95	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	148,05	3,944	-	Esterno	583,95	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	148,05	3,944	-	Esterno	583,95	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	133,24	3,944	-	Esterno	525,56	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	148,05	3,944	-	Esterno	583,95	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	148,05	3,944	-	Esterno	583,95	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	148,05	3,944	-	Esterno	583,95	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	14,81	3,944	-	Esterno	58,40	-	-	-
INT Portone industriale	Porta	184,00	0,855	-	Esterno	157,25	-	-	-
copertura BA	Copertura	16.173,0 0	3,256	-	Esterno	52.661, 72	-	-	-
TOTALE ambiente climatizzato totale - Locale unico						75.917,66	-	-	7.333,56

Tab.92: Dispersione per trasmissione di elementi opachi e trasparenti dell'intero involucro edilizio

224

Dispersioni per ventilazione												
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di riscaldamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
ambiente climatizzato totale	26.428,16	26.428,16	26.428,16	-	-	-	-	-	-	-	26.428,16	26.428,16
Totale edificio	26.428,16	26.428,16	26.428,16	-	-	-	-	-	-	-	26.428,16	26.428,16
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di raffrescamento [W/K]											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
ambiente climatizzato totale	-	-	-	26.428,16	26.428,16	26.428,16	26.428,16	26.428,16	26.428,16	26.428,16	26.428,16	-
Totale edificio	-	-	-	26.428,16	26.428,16	26.428,16	26.428,16	26.428,16	26.428,16	26.428,16	26.428,16	-

Tab.93: Dispersione per ventilazione dell'intero involucro edilizio

Apporti solari sulle strutture opache							
<i>Aree di captazione</i>							
Descrizione elemento	Area [m ²]	U [W/m ² K]	α _{sol}	R _{se} [m ² K/W]	F _{er}	A _{sol} [m ²]	
Pannello BA	1.405,55	1,878		0,04	-	63,36	
Pannello BA	1.482,58	1,878		0,04	-	66,83	
Pannello BA	1.177,69	1,878		0,04	-	53,09	
INT Portone industriale	24,00	0,855		0,04	-	0,49	
Pannello BA	834,48	1,878		0,04	-	37,62	
INT Portone industriale	184,00	0,855		0,04	-	1,89	
copertura BA	16.173,00	3,256		0,04	-	1.895,82	
<i>Apporti solari sulle strutture opache</i>							
Codice	Descrizione elemento	A _{sol} [m ²]	Q _{sol} [MJ] riscaldamento				
			gen	feb	mar	nov	dic
PA0131	Pannello BA	63,36	21.408,83	23.594,70	25.926,29	12.407,46	18.855,48
PA0132	Pannello BA	66,83	10.773,08	14.221,54	21.339,00	6.263,23	9.322,86
PA0133	Pannello BA	53,09	3.620,52	4.459,30	6.747,34	1.934,10	3.126,82
PO0001	INT Portone industriale	0,49	33,57	41,35	62,57	17,93	28,99
PA0130	Pannello BA	37,62	6.063,68	8.004,66	12.010,76	3.525,29	5.247,42
PO0002	INT Portone industriale	1,89	304,19	401,56	602,52	176,85	263,24
CO0020	copertura BA	1.895,82	387.885,16	536.138,44	852.171,96	225.509,57	334.991,74
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico			430.089,04	586.861,55	918.860,43	249.834,43	371.836,55

Tab.94: Aree di captazione effettive delle superfici opache e relativi apporti solari

Apporti solari per strutture trasparenti					
Descrizione elemento	Q _{sol} [MJ] riscaldamento				
	gen	feb	mar	nov	dic
230x230 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.915,89	2.111,51	2.320,16	1.110,35	1.687,39
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	7.526,72	8.295,21	9.114,93	4.362,10	6.629,04
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	7.526,72	8.295,21	9.114,93	4.362,10	6.629,04
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	7.526,72	8.295,21	9.114,93	4.362,10	6.629,04
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	7.526,72	8.295,21	9.114,93	4.362,10	6.629,04

120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29	107,29
Pannello BA	2.189,8 3	2.189,83												
230x230 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	102,27	102,27	102,27	102,27	102,27	102,27	102,27	102,27	102,27	102,27	102,27	102,27	102,27	102,27
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59	152,59
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	91,56	91,56	91,56	91,56	91,56	91,56	91,56	91,56	91,56	91,56	91,56	91,56	91,56	91,56
INT Portone industriale	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31
Pannello BA	1.551,6 6	1.551,66												
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	61,04	61,04	61,04	61,04	61,04	61,04	61,04	61,04	61,04	61,04	61,04	61,04	61,04	61,04
230x230 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64	537,64
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	53,76	53,76	53,76	53,76	53,76	53,76	53,76	53,76	53,76	53,76	53,76	53,76	53,76	53,76
INT Portone industriale	155,68	155,68	155,68	155,68	155,68	155,68	155,68	155,68	155,68	155,68	155,68	155,68	155,68	155,68
copertura BA	104.270 ,21	104.270, 21												
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico	126.497 ,01	126.497, 01												

Tab.96: Energia di extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Stagione di riscaldamento: contributi termici															
Energia dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso															
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Hd [W/K]	Qd [MJ]	Hg [W/K]	Qg [MJ]	HU [W/K]	QU [MJ]	Ha [W/K]	Qa [MJ]	Qr [MJ]	QH,tr [MJ]	Hv [W/K]	QH,ve [MJ]	QH,ht [MJ]
novembre	16	6,9	75.917,66	727.758,17	7.333,56	70.300,62	0,00	0,00	0,00	0,00	174.869,47	972.928,26	26.428,16	253.344,35	1.226.272,6 1
dicembre	31	9,8	75.917,66	1.992.711,1 4	7.333,56	192.493,66	0,00	0,00	0,00	0,00	338.809,59	2.524.014,3 9	26.428,16	693.694,87	3.217.709,2 6
gennaio	31	11,4	75.917,66	2.318.051,6 1	7.333,56	223.921,18	0,00	0,00	0,00	0,00	338.809,59	2.880.782,3 9	26.428,16	806.951,13	3.687.733,5 2
febbraio	28	10,8	75.917,66	1.983.528,1 3	7.333,56	191.606,59	0,00	0,00	0,00	0,00	306.021,57	2.481.156,2 9	26.428,16	690.498,12	3.171.654,4 1
marzo	31	8,9	75.917,66	1.809.706,9 4	7.333,56	174.815,66	0,00	0,00	0,00	0,00	338.809,59	2.323.332,1 9	26.428,16	629.988,16	2.953.320,3 5
Totale	137	-	379.588,31	8.831.755,9 9	36.667,80	853.137,71	0,00	0,00	0,00	0,00	1.497.319,8 2	11.182.213, 52	132.140,81	3.074.476,6 2	14.256.690, 14

Tab.97: Energia termica scambiata/dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso nel periodo di riscaldamento

Apporti solari e gratuiti, coefficiente di utilizzazione e fabbisogno di energia termica utile												
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	$Q_{sol,e}$ [MJ]	$Q_{sol,i}$ [MJ]	Q_{sol} [MJ]	Q_{int} [MJ]	Q_{gn} [MJ]	$Q_{H,ht}$ [MJ]	YH [-]	aH [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	$Q_{H,nd}$ [MJ]
novembre	16	6,9	249.834,43	65.107,78	314.942,22	135.312,19	450.254,41	1.226.272,61	0,37	1,35	0,819	857.604,69
dicembre	31	9,8	371.836,55	98.165,99	470.002,54	262.167,36	732.169,91	3.217.709,26	0,23	1,35	0,892	2.564.876,41
gennaio	31	11,4	430.089,04	112.757,51	542.846,55	262.167,36	805.013,91	3.687.733,52	0,22	1,35	0,897	2.965.945,71
febbraio	28	10,8	586.861,55	139.608,00	726.469,55	236.796,33	963.265,87	3.171.654,41	0,30	1,35	0,851	2.351.677,01
marzo	31	8,9	918.860,43	192.260,89	1.111.121,33	262.167,36	1.373.288,69	2.953.320,35	0,46	1,35	0,772	1.893.723,28
Totale	137	-	2.557.482,01	607.900,18	3.165.382,18	1.158.610,60	4.323.992,79	14.256.690,14	-	-	-	10.633.827,10

Tab.98: Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento considerando gli apporti solari gratuiti

Contributi termici totali dell'edificio nella stagione di riscaldamento			
Mese	$Q_{H,ht}$ [MJ]	Q_{gn} [MJ]	$Q_{H,nd}$ [MJ]
novembre	1.226.272,61	450.254,41	857.604,69
dicembre	3.217.709,26	732.169,91	2.564.876,41
gennaio	3.687.733,52	805.013,91	2.965.945,71
febbraio	3.171.654,41	963.265,87	2.351.677,01
marzo	2.953.320,35	1.373.288,69	1.893.723,28
Totale	14.256.690,14	4.323.992,79	10.633.827,10

Tab.99: Riepilogo Fabbisogno ideale di energia termica

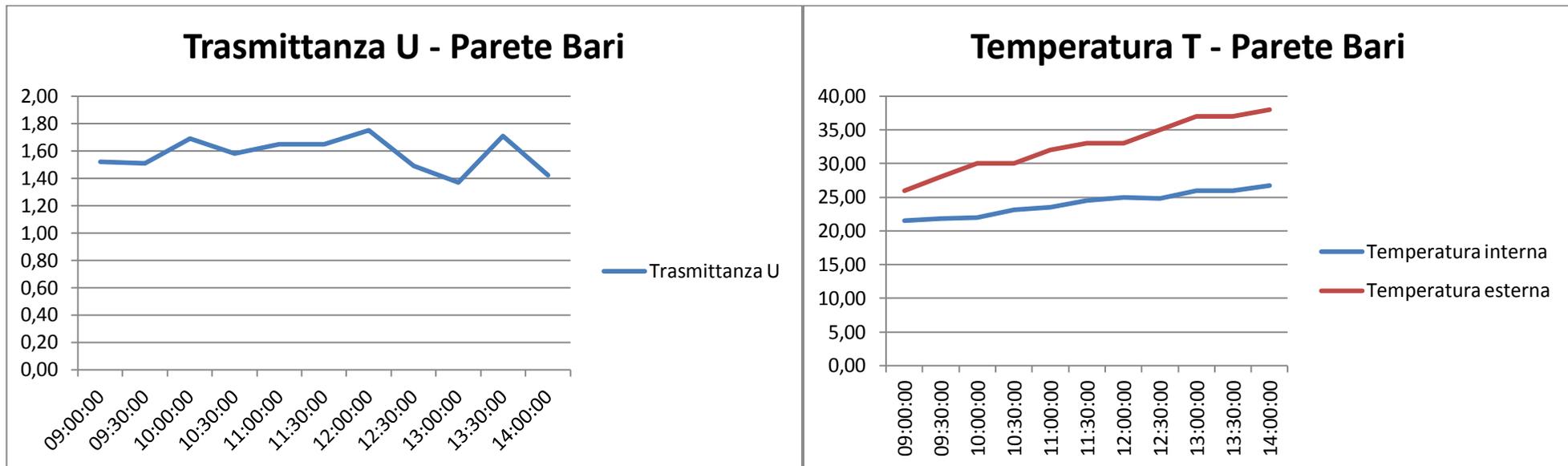
Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione- Fool Retrofit:

Centro	Stato di fatto	Full Retrofit							
	$Q_{H,nd}$ [kWh]	Q_d [kWh]	Q_g [kWh]	Q_r [kWh]	$Q_{H,ve}$ [kWh]	Q_i [kWh]	Q_{sol} [kWh]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	Δ
Bari	10.633.827,00	1.114.825,37	882.332,09	137.846,80	3.074.476,62	1.158.610,60	707.540,93	3.549.200,29	66,62%
	2.954.077,14	309.698,49	245.111,85	38.293,84	854.089,61	321.862,02	196.554,87	985.967,84	

Tab.100: Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione- Full Retrofit

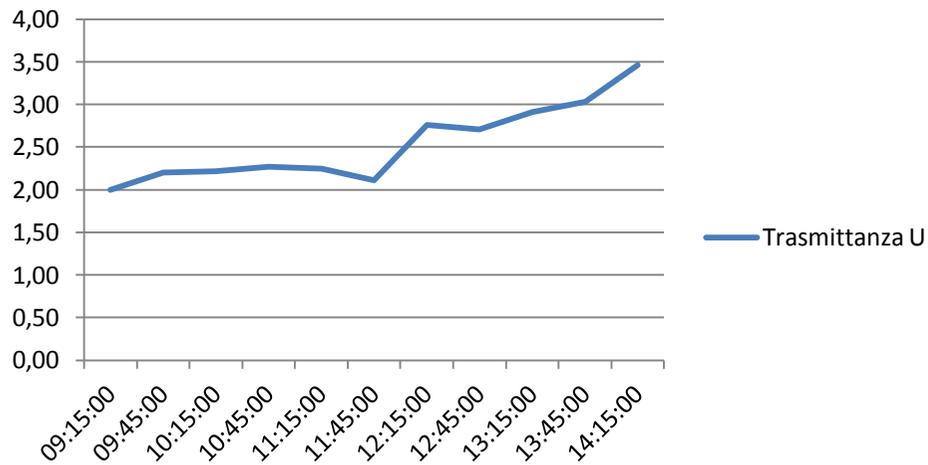
CMP di Lamezia Terme

Pannello verticale opaco - Lamezia Terme (27/07/2012)											
Valori	09:00:00	09:30:00	10:00:00	10:30:00	11:00:00	11:30:00	12:00:00	12:30:00	13:00:00	13:30:00	14:00:00
Trasmittanza U	1,52	1,51	1,69	1,58	1,65	1,65	1,75	1,49	1,37	1,71	1,42
Temperatura interna	21,50	21,80	22,00	23,10	23,50	24,50	25,00	24,80	26,00	26,00	26,70
Temperatura esterna	26,00	28,00	30,00	30,00	32,00	33,00	33,00	35,00	37,00	37,00	38,00
ΔT	4,50	6,20	8,00	6,90	8,50	8,50	8,00	10,20	11,00	11,00	11,30

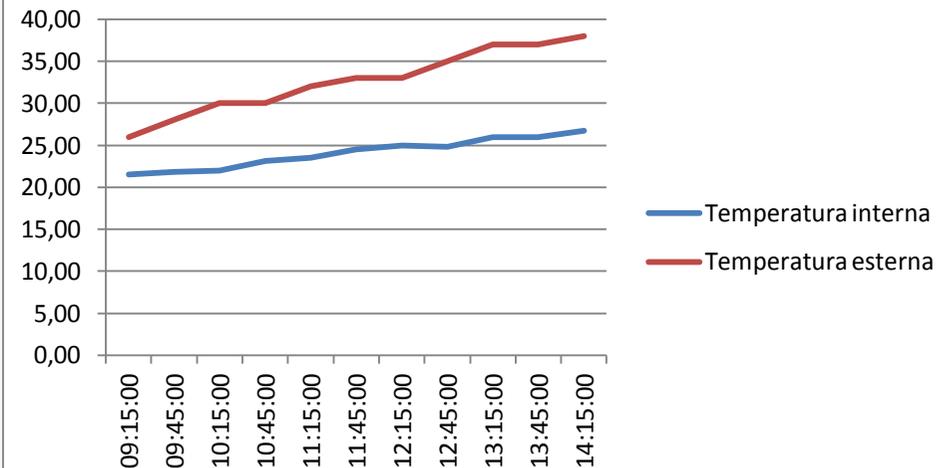


<i>Solaio di copertura - Lamezia Terme (27/07/2012)</i>											
Valori	09:15:00	09:45:00	10:15:00	10:45:00	11:15:00	11:45:00	12:15:00	12:45:00	13:15:00	13:45:00	14:15:00
Trasmittanza U	2,00	2,20	2,22	2,27	2,25	2,11	2,76	2,71	2,91	3,03	3,46
Temperatura interna	21,50	21,80	22,00	23,10	23,50	24,50	25,00	24,80	26,00	26,00	26,70
Temperatura esterna	26,00	28,00	30,00	30,00	32,00	33,00	33,00	35,00	37,00	37,00	38,00
ΔT	4,50	6,20	8,00	6,90	8,50	8,50	8,00	10,20	11,00	11,00	11,30

Trasmittanza U - Copertura Bari



Temperatura T - Copertura Bari



Temperature ed irradiazioni giornaliere medie mensili per la stagione di riscaldamento (UNI 10349)									
Mese	N _g	θ _e [°C]	H _{bh} [MJ/m ²]	H _{dh} [MJ/m ²]	H _S [MJ/m ²]	HSE-SO [MJ/m ²]	HE-O [MJ/m ²]	HNE-NO [MJ/m ²]	HN [MJ/m ²]
gennaio	31	9,0	4,2	3,2	11,6	9,2	5,7	2,7	2,3
febbraio	28	9,4	7,2	4,1	14,2	12,1	8,4	4,3	3,2
marzo	31	11,1	8,0	5,6	11,5	11,2	9,4	6,0	4,1
aprile	30	14,1	12,6	6,8	11,2	13,1	12,9	9,3	5,8
maggio	31	17,7	16,2	7,4	9,8	13,3	15,1	12,2	8,3
giugno	30	22,4	20,4	6,9	9,5	14,0	17,2	14,5	10,2
luglio	31	25,1	21,3	6,4	10,1	14,7	17,6	14,3	9,5
agosto	31	25,5	19,8	5,5	12,3	16,0	16,8	12,1	6,8
settembre	30	23,0	11,6	5,7	12,9	13,5	11,9	7,7	4,7
ottobre	31	18,6	8,1	4,5	14,2	12,5	9,2	4,9	3,5
novembre	30	14,4	4,7	3,4	12,0	9,8	6,2	3,0	2,5
dicembre	31	10,8	3,8	2,9	11,1	8,7	5,2	2,4	2,1

Tab.101: Valori di irradianza solare giornaliera media mensile su superfici verticali esposte a Sud, SudEst-SudOvest, Nord, NordEst-NordOvest

Dispersioni per trasmissione									
Elemento disperdente	Tipologia	A o l [m ²], [m]	U o ψ [W/(m ² K)], [W/(mK)]	PT [%]	Verso di dispersione	H _D [W/K]	H _{T<u>u</u>} <th>H_{T<u>a</u>} <th>H_g [W/K]</th> </th>	H _{T<u>a</u>} <th>H_g [W/K]</th>	H _g [W/K]
Primo piano di calpestio su intercapedine	Stru. vs terreno	6.499,00	0,703	-	Terreno	-	-	-	4.567,12
Pannello Lamezia	Parete	1.150,77	1,309	-	Esterno	1.505,89	-	-	-
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	23,97	3,927	-	Esterno	94,14	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
120x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	28,80	4,046	-	Esterno	116,53	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	29,61	3,944	-	Esterno	116,79	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	29,61	3,944	-	Esterno	116,79	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	29,61	3,944	-	Esterno	116,79	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	62,40	3,875	-	Esterno	241,78	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	46,80	3,875	-	Esterno	181,34	-	-	-
Pannello Lamezia	Parete	697,07	1,309	-	Esterno	912,18	-	-	-
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	7,99	3,927	-	Esterno	31,38	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	12,48	3,875	-	Esterno	48,36	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	9,36	3,875	-	Esterno	36,27	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	133,25	3,944	-	Esterno	525,58	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	96,23	3,944	-	Esterno	379,56	-	-	-
porta rei 120	Porta	41,00	1,035	-	scala 1	-	42,42	-	-

porta rei 120	Porta	41,00	1,035	-	scala 1	-	42,42	-	-
Pannello Lamezia	Parete	1.407,18	1,309	-	Esterno	1.841,43	-	-	-
250 x110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	55,00	3,912	-	Esterno	215,16	-	-	-
250 x110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	55,00	3,912	-	Esterno	215,16	-	-	-
250 x110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	44,00	3,912	-	Esterno	172,13	-	-	-
190 x 110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	41,80	3,960	-	Esterno	165,51	-	-	-
190 x 110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	41,80	3,960	-	Esterno	165,51	-	-	-
190 x 110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	41,80	3,960	-	Esterno	165,51	-	-	-
190 x 110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	41,80	3,960	-	Esterno	165,51	-	-	-
Portone industriale	Porta	96,14	5,879	-	Esterno	565,19	-	-	-
Pannello Lamezia	Parete	632,10	1,309	-	Esterno	827,16	-	-	-
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	95,88	3,927	-	Esterno	376,55	-	-	-
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	7,99	3,927	-	Esterno	31,38	-	-	-
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	159,80	3,927	-	Esterno	627,59	-	-	-
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	111,86	3,927	-	Esterno	439,31	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	12,48	3,875	-	Esterno	48,36	-	-	-
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	12,48	3,875	-	Esterno	48,36	-	-	-
copertuva cav Lamezia	Copertura	6.705,00	2,695	-	Esterno	18.067,37	-	-	-
TOTALE ambiente climatizzato totale - Locale unico						29.644,22	84,83	-	4.567,12

Tab.102: Dispersione per trasmissione di elementi opachi e trasparenti dell'intero involucro edilizio

Dispersioni per ventilazione								
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di riscaldamento [W/K]							
	gen	feb	mar	nov	dic			
ambiente climatizzato totale	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41			
Totale edificio	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41			
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di raffrescamento [W/K]							
	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov
ambiente climatizzato totale	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41
Totale edificio	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41	10.815,41

Tab.103: Dispersione per ventilazione dell'intero involucro edilizio

Apporti solari sulle strutture opache						
<i>Aree di captazione</i>						
Descrizione elemento	Area [m ²]	U [W/m ² K]	α _{sol}	R _{se} [m ² K/W]	F _{er}	A _{sol} [m ²]
Pannello Lamezia	1.150,77	1,309		0,04	-	36,14
Pannello Lamezia	697,07	1,309		0,04	-	21,89
Pannello Lamezia	1.407,18	1,309		0,04	-	44,19
Portone industriale	96,14	5,879		0,04	-	6,78
Pannello Lamezia	632,10	1,309		0,04	-	19,85
copertuva cav Lamezia	6.705,00	2,695		0,04	-	650,43
<i>Apporti solari sulle strutture opache</i>						
Descrizione elemento	A _{sol}	Q _{sol} [MJ] riscaldamento				

315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	107,53	107,53	107,53	107,53	107,53	107,53	107,53	107,53	107,53	107,53	107,53	107,53	107,53
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61	222,61
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	166,96	166,96	166,96	166,96	166,96	166,96	166,96	166,96	166,96	166,96	166,96	166,96	166,96
Pannello Lamezia	903,06	903,06	903,06	903,06	903,06	903,06	903,06	903,06	903,06	903,06	903,06	903,06	903,06
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	28,89	28,89	28,89	28,89	28,89	28,89	28,89	28,89	28,89	28,89	28,89	28,89	28,89
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39	33,39
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	349,46	349,46	349,46	349,46	349,46	349,46	349,46	349,46	349,46	349,46	349,46	349,46	349,46
Pannello Lamezia	1.823,0 1	1.823,01											
250 x110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10
250 x110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10	198,10
250 x110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	158,48	158,48	158,48	158,48	158,48	158,48	158,48	158,48	158,48	158,48	158,48	158,48	158,48
190 x 110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39
190 x 110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39
190 x 110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39
190 x 110 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39	152,39
Portone industriale	559,54	559,54	559,54	559,54	559,54	559,54	559,54	559,54	559,54	559,54	559,54	559,54	559,54
Pannello Lamezia	818,89	818,89	818,89	818,89	818,89	818,89	818,89	818,89	818,89	818,89	818,89	818,89	818,89
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	346,69	346,69	346,69	346,69	346,69	346,69	346,69	346,69	346,69	346,69	346,69	346,69	346,69
340x240 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	404,48	404,48	404,48	404,48	404,48	404,48	404,48	404,48	404,48	404,48	404,48	404,48	404,48
260 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	44,52	44,52	44,52	44,52	44,52	44,52	44,52	44,52	44,52	44,52	44,52	44,52	44,52
copertuva cav Lamezia	35.773, 38	35.773,38											
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico	46.823, 86	46.823,86											

Tab.106: Energia di extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Stagione di riscaldamento: contributi termici															
Energia dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso															
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Hd [W/K]	Qd [MJ]	Hg [W/K]	Qg [MJ]	HU [W/K]	QU [MJ]	Ha [W/K]	Qa [MJ]	Qr [MJ]	QH,tr [MJ]	HV [W/K]	QH,ve [MJ]	QH,ht [MJ]
novembre	16	6,5	29.644,22	265.766,4 6	4.567,12	40.945,12	62,69	562,04	0,00	0,00	64.810,26	372.083,8 7	10.815,41	96.962,38	469.046,2 5
dicembre	31	9,2	29.644,22	730.471,4 2	4.567,12	112.539,5 7	62,69	1.544,78	0,00	0,00	125.569,8 8	970.125,6 5	10.815,41	266.505,5 8	1.236.631, 23
gennaio	31	11,0	29.644,22	873.389,7 6	4.567,12	134.558,1 8	62,69	1.847,02	0,00	0,00	125.569,8 8	1.135.364, 84	10.815,41	318.647,9 9	1.454.012, 83
febbraio	28	10,6	29.644,22	760.182,0 8	4.567,12	117.116,9 2	62,69	1.607,61	0,00	0,00	113.417,9 5	992.324,5 7	10.815,41	277.345,2 4	1.269.669, 8
marzo	31	8,9	29.644,22	706.651,6 9	4.567,12	108.869,8 0	62,69	1.494,41	0,00	0,00	125.569,8 8	942.585,7 7	10.815,41	257.815,1 8	1.200.400, 95
Totale	137	-	148.221,0 8	3.336.461, 40	22.835,58	514.029,6 0	313,45	7.055,87	0,00	0,00	554.937,8 4	4.412.484, 70	54.077,06	1.217.276, 36	5.629.761, 06

Tab.107: Energia termica scambiata/dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso nel periodo di riscaldamento

Apporti solari e gratuiti, coefficiente di utilizzazione e fabbisogno di energia termica utile												
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	$Q_{sol,e}$ [MJ]	$Q_{sol,i}$ [MJ]	Q_{sol} [MJ]	Q_{int} [MJ]	Q_{gn} [MJ]	$Q_{H,ht}$ [MJ]	YH [-]	aH [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	$Q_{H,nd}$ [MJ]
novembre	16	6,5	93.565,51	49.583,92	143.149,43	55.374,91	198.524,34	469.046,25	0,42	1,43	0,808	308.569,17
dicembre	31	9,2	157.757,01	87.381,50	245.138,52	107.288,88	352.427,40	1.236.631,23	0,28	1,43	0,876	927.885,87
gennaio	31	11,0	173.411,90	93.354,75	266.766,65	107.288,88	374.055,53	1.454.012,83	0,26	1,43	0,890	1.121.092,15
febbraio	28	10,6	234.810,95	112.203,93	347.014,88	96.906,09	443.920,97	1.269.669,81	0,35	1,43	0,844	895.060,20
marzo	31	8,9	306.079,22	123.059,88	429.139,10	107.288,88	536.427,99	1.200.400,95	0,45	1,43	0,797	772.719,13
Totale	137	-	965.624,59	465.583,99	1.431.208,58	474.147,64	1.905.356,22	5.629.761,06	-	-	-	4.025.326,53

Tab.108: Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento considerando gli apporti solari gratuiti

Contributi termici totali dell'edificio nella stagione di riscaldamento			
Mese	$Q_{H,ht}$ [MJ]	Q_{gn} [MJ]	$Q_{H,nd}$ [MJ]
novembre	469.046,25	198.524,34	308.569,17
dicembre	1.236.631,23	352.427,40	927.885,87
gennaio	1.454.012,83	374.055,53	1.121.092,15
febbraio	1.269.669,81	443.920,97	895.060,20
marzo	1.200.400,95	536.427,99	772.719,13
Totale	5.629.761,06	1.905.356,22	4.025.326,53

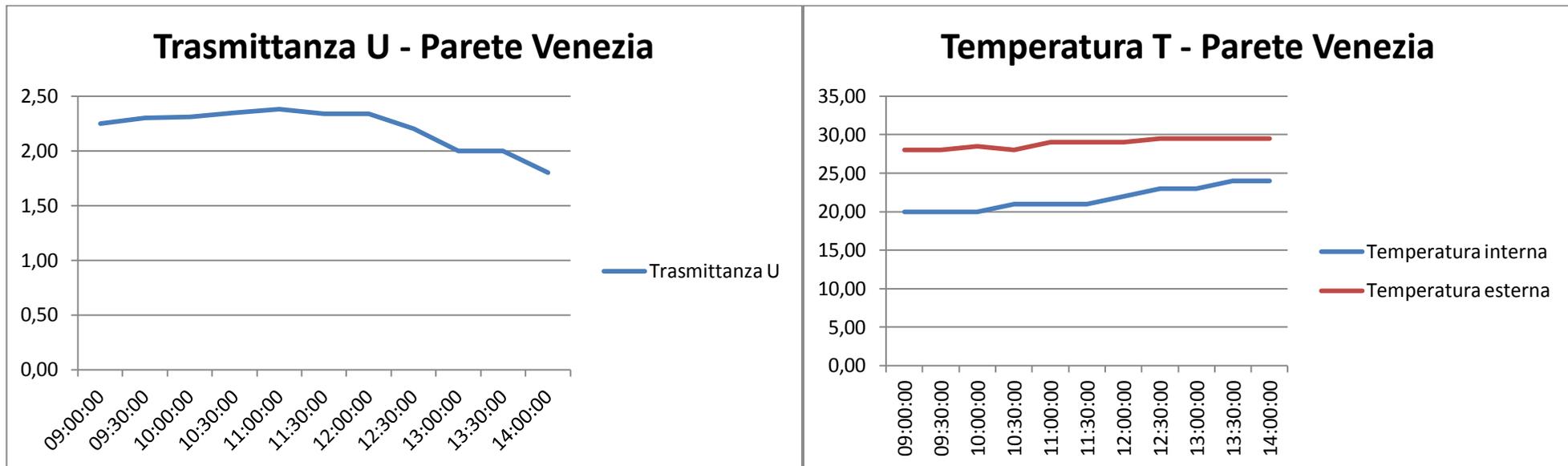
Tab.109: Riepilogo Fabbisogno ideale di energia termica

Centro	Stato di fatto	Full Retrofit							
	$Q_{H,nd}$ [kWh]	Q_d [kWh]	Q_g [kWh]	Q_r [kWh]	$Q_{H,ve}$ [kWh]	Q_i [kWh]	Q_{sol} [kWh]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	Δ
Lamezia Terme	4.025.326,53	459.518,67	514.029,60	54.753,77	1.217.276,36	474.147,64	487.717,80	1.409.262,82	64,99%
	1.118.235,71	127.654,29	142797,42	15210,60	338159,37	131718,21	135488,00	391493,21	

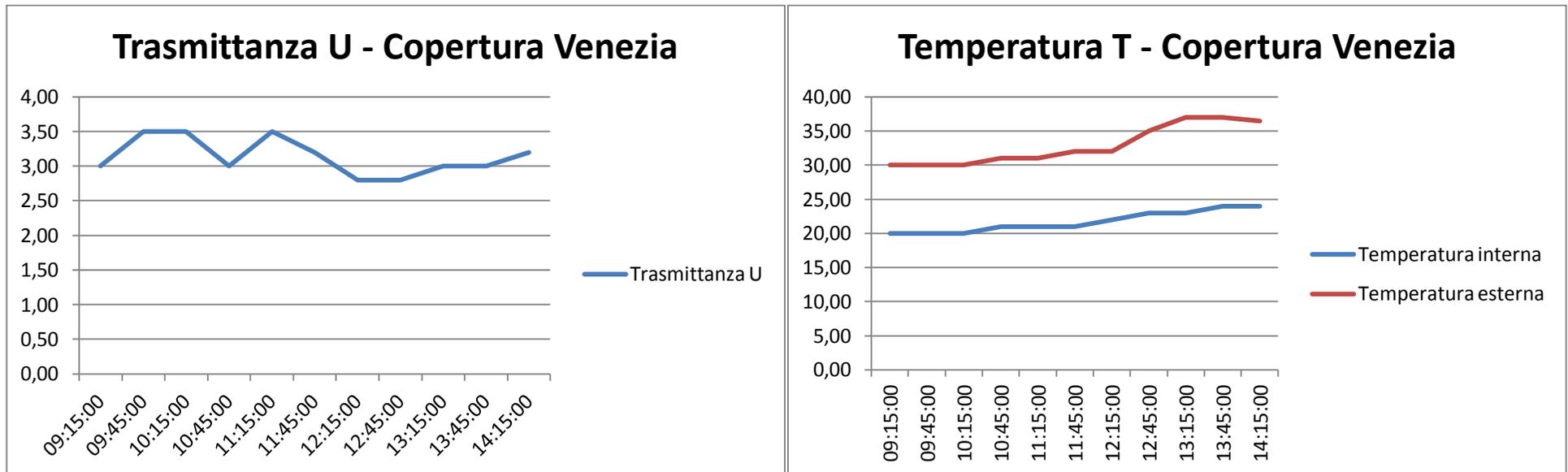
Tab.110: Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione- Full Retrofit

CMP di Palermo

<i>Pannello verticale opaco - Palermo (21/05/2012)</i>											
Valori	09:00:00	09:30:00	10:00:00	10:30:00	11:00:00	11:30:00	12:00:00	12:30:00	13:00:00	13:30:00	14:00:00
Trasmittanza U	2,25	2,30	2,31	2,35	2,38	2,34	2,34	2,20	2,00	2,00	1,80
Temperatura interna	20,00	20,00	20,00	21,00	21,00	21,00	22,00	23,00	23,00	24,00	24,00
Temperatura esterna	28,00	28,00	28,50	28,00	29,00	29,00	29,00	29,50	29,50	29,50	29,50
ΔT	8,00	8,00	8,50	7,00	8,00	8,00	7,00	6,50	6,50	5,50	5,50



<i>Solaio di copertura - Palermo (21/05/2012)</i>											
Valori	09:15:00	09:45:00	10:15:00	10:45:00	11:15:00	11:45:00	12:15:00	12:45:00	13:15:00	13:45:00	14:15:00
Trasmittanza U	3,00	3,50	3,50	3,00	3,50	3,20	2,80	2,80	3,00	3,00	3,20
Temperatura interna	20,00	20,00	20,00	21,00	21,00	21,00	22,00	23,00	23,00	24,00	24,00
Temperatura esterna	30,00	30,00	30,00	31,00	31,00	32,00	32,00	35,00	37,00	37,00	36,50
ΔT	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	11,00	10,00	12,00	14,00	13,00	12,50



Temperature ed irradiazioni giornaliere medie mensili per la stagione di riscaldamento (UNI 10349)									
Mese	N _g	θ _e [°C]	H _{bh} [MJ/m ²]	H _{dh} [MJ/m ²]	H _S [MJ/m ²]	HSE-SO [MJ/m ²]	HE-O [MJ/m ²]	HNE-NO [MJ/m ²]	HN [MJ/m ²]
gennaio	31	11,1	4,4	3,3	11,9	9,5	5,8	2,8	2,4
febbraio	28	11,6	6,8	4,3	13,3	11,4	8,1	4,3	3,2
marzo	31	13,1	10,2	5,5	13,4	13,1	10,9	6,7	4,3
aprile	30	15,5	14,2	6,6	11,7	13,9	13,8	9,8	5,9
maggio	31	18,8	18,3	6,9	10,1	14,1	16,1	12,9	8,4
giugno	30	22,7	21,1	6,8	9,3	14,0	17,5	14,7	10,3
luglio	31	25,5	21,6	6,3	9,8	14,6	17,7	14,4	9,5
agosto	31	25,4	19,6	5,6	12,0	15,8	16,6	12,1	6,8
settembre	30	23,6	14,4	5,2	14,5	15,4	13,6	8,4	4,6
ottobre	31	19,8	9,1	4,4	15,2	13,4	9,8	5,2	3,6
novembre	30	16,0	5,8	3,5	14,1	11,3	7,1	3,3	2,7
dicembre	31	12,6	3,9	3,0	11,0	8,7	5,3	2,5	2,2

Tab.111: Valori di irradianza solare giornaliera media mensile su superfici verticali esposte a Sud, SudEst-SudOvest, Nord, NordEst-NordOvest

Dispersioni per trasmissione									
Elemento disperdente	Tipologia	A o I [m ²], [m]	U o ψ [W/(m ² K)], [W/(mK)]	PT [%]	Verso di dispersione	H _D [W/K]	H _{Tiu} [W/K]	H _{Tia} [W/K]	H _g [W/K]
Pannello PA	Parete	505,28	2,210	-	Esterno	1.116,84	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	148,05	3,944	-	Esterno	583,91	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	148,05	3,944	-	Esterno	583,91	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,82	3,944	-	Esterno	204,38	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	42,00	3,946	-	Esterno	165,74	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	21,00	3,946	-	Esterno	82,87	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	23,40	3,537	-	Esterno	82,77	-	-	-
pannello parete rei	Parete	44,90	1,761	-	scala est (p1) s = 41,4 h = 8,6	-	79,09	-	-
Pannello PA	Parete	643,86	2,210	-	Esterno	1.423,15	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,82	3,944	-	Esterno	204,38	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	20,64	3,905	-	Esterno	80,61	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	5,16	3,905	-	Esterno	20,15	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	66,62	3,944	-	Esterno	262,75	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,537	-	Esterno	331,06	-	-	-
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	93,60	3,537	-	Esterno	331,06	-	-	-
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	16,80	3,946	-	Esterno	66,29	-	-	-

215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	51,60	3,905	-	Esterno	201,52	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	148,05	3,944	-	Esterno	583,91	-	-	-
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	Serramento	44,42	3,944	-	Esterno	175,19	-	-	-
pannello parete rei	Parete	41,31	1,761	-	scala sud (p1) s = 42,8 h = 8,6	-	72,77	-	-
cop PA	Copertura	8.509,79	3,140	-	Esterno	26.716,78	-	-	-
Solaio cav (porticato)	Pavimento	1.164,53	2,951	-	Esterno	3.436,29	-	-	-
Solaio cav (porticato)	Pavimento	144,81	2,951	-	Esterno	427,30	-	-	-
Primo piano di calpestio su intercapedine	Stru. vs terreno	8.190,06	0,577	-	Terreno	-	-	-	4.722,80
cop PA	Copertura	960,48	3,140	-	Esterno	3.015,46	-	-	-
TOTALE ambiente climatizzato totale - Locale unico						52.940,60	244,16	-	4.722,80

Tab.112: Dispersione per trasmissione di elementi opachi e trasparenti dell'intero involucro edilizio

Dispersioni per ventilazione									
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di riscaldamento [W/K]								
	gen	feb	mar	dic					
ambiente climatizzato totale	14.993,05	14.993,05	14.993,05	14.993,05					
Totale edificio	14.993,05	14.993,05	14.993,05	14.993,05					
Zona riscaldata	H _{ve} periodo di raffrescamento [W/K]								
	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	
ambiente climatizzato totale	14.993,05	14.993,05	14.993,05	14.993,05	14.993,05	14.993,05	14.993,05	14.993,05	
Totale edificio	14.993,05	14.993,05	14.993,05	14.993,05	14.993,05	14.993,05	14.993,05	14.993,05	

Tab.113: Dispersione per ventilazione dell'intero involucro edilizio

Apporti solari sulle strutture opache						
<i>Aree di captazione</i>						
Descrizione elemento	Area [m ²]	U [W/m ² K]	α _{sol}	R _{se} [m ² K/W]	F _{er}	A _{sol} [m ²]
Pannello PA	505,28	2,210		0,04	-	26,80
Pannello PA	643,86	2,210		0,04	-	34,16
Pannello PA	953,14	2,210		0,04	-	50,56
Pannello PA	28,39	2,210		0,04	-	1,51
Pannello PA	28,39	2,210		0,04	-	1,51
Pannello PA	28,39	2,210		0,04	-	1,51
Pannello PA	28,39	2,210		0,04	-	1,51
Pannello PA	28,39	2,210		0,04	-	1,51
Pannello PA	28,39	2,210		0,04	-	1,51
Pannello PA	28,39	2,210		0,04	-	1,51
Pannello PA	28,39	2,210		0,04	-	1,51
Pannello PA	28,39	2,210		0,04	-	1,51
Pannello PA	901,11	2,210		0,04	-	47,80
cop PA	8.509,79	3,140		0,04	-	961,80

cop PA		960,48	3,140		0,04	-	108,56
Apporti solari sulle strutture opache							
Descrizione elemento	A _{sol} [m ²]	Q _{sol} [MJ] riscaldamento					
		gen	feb	mar	dic		
Pannello PA	26,80	4.819,38	6.079,18	9.057,11	4.403,92		
Pannello PA	34,16	6.141,16	7.746,47	11.541,15	5.611,75		
Pannello PA	50,56	3.761,83	4.530,38	6.739,95	3.448,34		
Pannello PA	1,51	112,05	134,94	200,75	102,71		
Pannello PA	1,51	112,05	134,94	200,75	102,71		
Pannello PA	1,51	270,78	341,57	508,89	247,44		
Pannello PA	1,51	270,78	341,57	508,89	247,44		
Pannello PA	1,51	270,78	341,57	508,89	247,44		
Pannello PA	1,51	270,78	341,57	508,89	247,44		
Pannello PA	1,51	555,58	560,85	625,61	513,56		
Pannello PA	1,51	555,58	560,85	625,61	513,56		
Pannello PA	47,80	17.634,21	17.801,52	19.857,01	16.300,53		
cop PA	961,80	229.582,66	298.928,75	468.110,08	205.729,91		
cop PA	108,56	25.912,45	33.739,39	52.834,48	23.220,25		
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico		290.270,08	371.583,52	571.828,06	260.937,01		

Tab.114: Aree di captazione effettive delle superfici opache e relativi apporti solari

Apporti solari per strutture trasparenti				
Descrizione elemento	Q _{sol} [MJ] riscaldamento			
	gen	feb	mar	dic
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	14.181,50	17.888,57	26.651,44	12.958,96
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	14.181,50	17.888,57	26.651,44	12.958,96
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	4.963,53	6.261,00	9.328,00	4.535,64
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	4.005,05	5.051,97	7.526,72	3.659,78
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	4.005,05	5.051,97	7.526,72	3.659,78
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	4.005,05	5.051,97	7.526,72	3.659,78
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	2.002,52	2.525,99	3.763,36	1.829,89
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	2.271,95	2.865,84	4.269,70	2.076,09
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	4.963,53	6.261,00	9.328,00	4.535,64
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	5.024,51	6.337,93	9.442,61	4.591,36
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	2.009,80	2.535,17	3.777,05	1.836,55
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	5.024,51	6.337,93	9.442,61	4.591,36
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	502,45	633,79	944,26	459,14
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	6.381,68	8.049,86	11.993,15	5.831,53
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	9.087,81	11.463,38	17.078,82	8.304,38
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.602,02	2.020,79	3.010,69	1.463,91
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	4.005,05	5.051,97	7.526,72	3.659,78

315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	5.868,21	7.067,09	10.513,87	5.379,19
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	3.227,51	3.886,90	5.782,63	2.958,55
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	2.079,11	2.503,87	3.725,07	1.905,85
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	2.079,11	2.503,87	3.725,07	1.905,85
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	2.079,11	2.503,87	3.725,07	1.905,85
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	2.079,11	2.503,87	3.725,07	1.905,85
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	831,64	1.001,55	1.490,03	762,34
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.657,26	1.995,84	2.969,26	1.519,16
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.325,81	1.596,67	2.375,41	1.215,32
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	3.760,47	4.528,74	6.737,52	3.447,10
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	3.760,47	4.528,74	6.737,52	3.447,10
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	3.760,47	4.528,74	6.737,52	3.447,10
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	3.760,47	4.528,74	6.737,52	3.447,10
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	3.760,47	4.528,74	6.737,52	3.447,10
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	3.760,47	4.528,74	6.737,52	3.447,10
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	2.444,31	2.943,68	4.379,39	2.240,62
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	662,90	798,34	1.187,70	607,66
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	662,90	798,34	1.187,70	607,66
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.602,02	2.020,79	3.010,69	1.463,91
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.602,02	2.020,79	3.010,69	1.463,91
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.602,02	2.020,79	3.010,69	1.463,91
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	1.602,02	2.020,79	3.010,69	1.463,91
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	3.286,90	3.318,08	3.701,21	3.038,31
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	3.286,90	3.318,08	3.701,21	3.038,31
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	18.645,68	18.822,59	20.995,98	17.235,50
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	18.645,68	18.822,59	20.995,98	17.235,50
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	18.645,68	18.822,59	20.995,98	17.235,50
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	18.645,68	18.822,59	20.995,98	17.235,50
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	18.645,68	18.822,59	20.995,98	17.235,50
390 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	5.593,70	5.646,78	6.298,79	5.170,65
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	8.217,25	8.295,21	9.253,03	7.595,77
175 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	5.752,07	5.806,65	6.477,12	5.317,04
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	515,45	520,34	580,42	476,46
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	10.308,91	10.406,72	11.608,35	9.529,24
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	10.308,91	10.406,72	11.608,35	9.529,24
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	10.308,91	10.406,72	11.608,35	9.529,24
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	10.308,91	10.406,72	11.608,35	9.529,24
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	10.308,91	10.406,72	11.608,35	9.529,24
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	29.096,53	29.372,59	32.764,16	26.895,95
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	8.728,96	8.811,78	9.829,25	8.068,78

215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54
215 x120 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54	185,54
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61	537,61
315x235 infisso allum. monoblocco con 4-6-4	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30	161,30
cop PA	52.899,23	52.899,23	52.899,23	52.899,23	52.899,23	52.899,23	52.899,23	52.899,23	52.899,23	52.899,23	52.899,23	52.899,23	52.899,23
cop PA	5.970,61	5.970,61	5.970,61	5.970,61	5.970,61	5.970,61	5.970,61	5.970,61	5.970,61	5.970,61	5.970,61	5.970,61	5.970,61
Totale ambiente climatizzato totale - Locale unico	84.825,32												

Tab.116: Energia di extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Stagione di riscaldamento: contributi termici															
Energia dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso															
Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	H _d [W/K]	Q _d [MJ]	H _g [W/K]	Q _g [MJ]	H _U [W/K]	Q _U [MJ]	H _a [W/K]	Q _a [MJ]	Q _r [MJ]	Q _{H,tr} [MJ]	H _V [W/K]	Q _{H,ve} [MJ]	Q _{H,ht} [MJ]
dicembre	31	7,4	52.940,60	1.049.291,01	4.722,80	93.606,60	227,22	4.503,53	0,00	0,00	227.781,57	1.375.182,71	14.993,05	297.164,65	1.672.347,37
gennaio	31	8,9	52.940,60	1.261.985,15	4.722,80	112.580,92	227,22	5.416,40	0,00	0,00	227.781,57	1.607.764,04	14.993,05	357.400,73	1.965.164,77
febbraio	28	8,4	52.940,60	1.075.820,61	4.722,80	95.973,29	227,22	4.617,39	0,00	0,00	205.738,20	1.382.149,49	14.993,05	304.677,97	1.686.827,46
marzo	31	6,9	52.940,60	978.392,97	4.722,80	87.281,83	227,22	4.199,23	0,00	0,00	227.781,57	1.297.655,61	14.993,05	277.085,96	1.574.741,56
Totale	121	-	211.762,38	4.365.489,73	18.891,19	389.442,65	908,88	18.736,55	0,00	0,00	889.082,92	5.662.751,85	59.972,20	1.236.329,31	6.899.081,16

Tab.117: Energia termica scambiata/dispersa per trasmissione, ventilazione ed extra flusso nel periodo di riscaldamento

Apporti solari e gratuiti, coefficiente di utilizzazione e fabbisogno di energia termica utile

Mese	NG [-]	$\Delta\theta$ [°C]	Q _{sol,e} [MJ]	Q _{sol,i} [MJ]	Q _{sol} [MJ]	Q _{int} [MJ]	Q _{gn} [MJ]	Q _{H,ht} [MJ]	Y _H [-]	a _H [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	Q _{H,nd} [MJ]
dicembre	31	7,4	261.892,30	320.042,62	581.934,92	148.731,07	730.665,99	1.672.347,37	0,44	1,37	0,788	1.096.327,70
gennaio	31	8,9	291.312,17	347.675,62	638.987,78	148.731,07	787.718,85	1.965.164,77	0,40	1,37	0,806	1.330.522,77
febbraio	28	8,4	372.765,81	383.344,45	756.110,26	134.337,74	890.448,00	1.686.827,46	0,53	1,37	0,747	1.021.850,06
marzo	31	6,9	573.403,32	491.931,47	1.065.334,79	148.731,07	1.214.065,86	1.574.741,56	0,77	1,37	0,651	784.923,96
Totale	121	-	1.499.373,59	1.542.994,16	3.042.367,75	580.530,95	3.622.898,70	6.899.081,16	-	-	-	4.233.624,49

Tab.118: Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento considerando gli apporti solari gratuiti

Contributi termici totali dell'edificio nella stagione di riscaldamento			
Mese	QH,ht [MJ]	Qgn [MJ]	QH,nd [MJ]
dicembre	1.672.347,37	730.665,99	1.096.327,70
gennaio	1.965.164,77	787.718,85	1.330.522,77
febbraio	1.686.827,46	890.448,00	1.021.850,06
marzo	1.574.741,56	1.214.065,86	784.923,96
Totale	6.899.081,16	3.622.898,70	4.233.624,49

Tab.119: Riepilogo Fabbisogno ideale di energia termica

Centro	Stato di fatto	Full Retrofit							
	QH,nd [kWh]	Q _d [kWh]	Q _g [kWh]	Q _r [kWh]	Q _{H,ve} [kWh]	Q _i [kWh]	Q _{sol} [kWh]	Q _{H,nd} [kWh]	Δ
Palermo	4.233.624,40	906.684,95	371.444,50	162.759,84	1.236.329,31	580.530,95	817.188,55	1.529.144,40	63,88%
	1.176.100,86	251.877,08	103.187,28	45.214,68	343.452,28	161.271,50	227.014,98	424.796,31	

Tab.120: Valori di progetto a seguito di intervento di riqualificazione- Full Retrofit