



Ente per le Nuove tecnologie,  
l'Energia e l'Ambiente



*Ministero dello Sviluppo Economico*

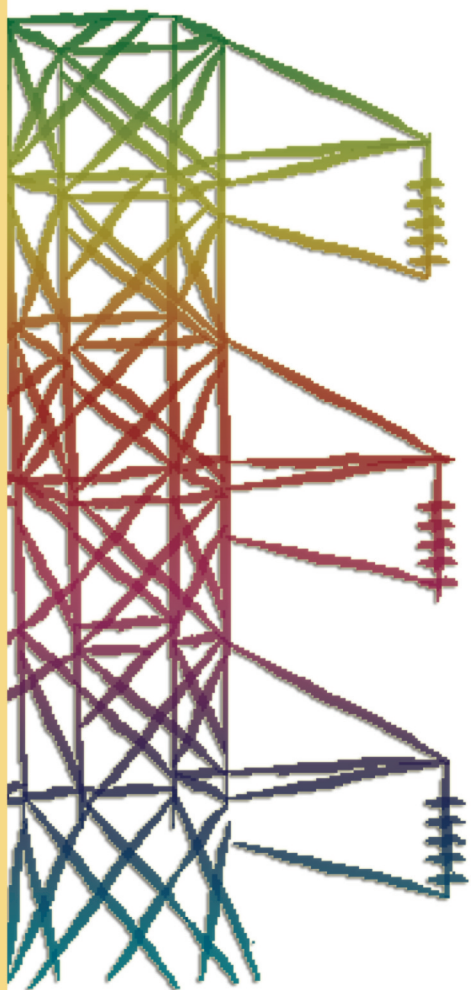
## **RICERCA SISTEMA ELETTRICO**

---

**Studio di fattibilità tecnico-economica**

**Riqualificazione dell'edificio F51  
Centro Ricerca ENEA della Casaccia**

**I. Bertini, M. Citterio, F. Margiotta, B. Di Pietra**





Ente per le Nuove tecnologie,  
l'Energia e l'Ambiente



*Ministero dello Sviluppo Economico*

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Studio di fattibilità tecnico-economica  
Riqualificazione dell'edificio F51  
Centro Ricerca ENEA della Casaccia

*I. Bertini, M. Citterio, F. Margiotta, B. Di Pietra*

STUDIO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA  
RIQUALIFICAZIONE DELL'EDIFICIO F51 CENTRO RICERCA ENEA DELLA CASACCIA

I. Bertini, M. Citterio, F. Margiotta, B. Di Pietra (ENEA)

Ottobre 2008

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Usi finali

Tema: Studio e dimostrazione di forme di finanza innovativa e di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana

Responsabile Tema: Ilaria Bertini, ENEA

***Studio di fattibilità tecnico-economica:  
riqualificazione dell'edificio F51  
Centro Ricerca ENEA della Casaccia***

**I. Bertini, M. Citterio, F. Margiotta, B. Di Pietra**  
ENEA

Ottobre 2008

# **INDICE**

## **1. Introduzione**

1.1 Premessa

1.2 Lo strumento di calcolo: Simulazione dinamica Edificio-Impianto

## **2. Diagnosi energetica dell'involucro edilizio**

2.1 Stato attuale

2.1.1 Descrizione delle caratteristiche tecnico-strutturali

2.1.2 Descrizione delle caratteristiche tecnico-impiantistiche

## **3. Intervento**

3.1 Interventi strutturali proposti

3.2 Descrizione delle nuove caratteristiche tecnico-strutturali

3.3 Interventi impiantistici

## **4. Costi**

4.1 Costi relativi all'involucro

4.2 Costi relativi agli impianti

## **5. Costi**

5.1 Tipologie di interventi e risultati

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1. Premessa

Lo studio in oggetto riguarda l'analisi e la simulazione energetica, con successiva ipotesi di riqualificazione, dell'edificio "F-51" presente all'interno del Centro di Ricerca della Casaccia (Roma) (Figura 1), con la finalità di migliorarne il comportamento termico.

Come prima fase è stata effettuata un'analisi del sito ed una indagine a livello costitutivo, costruttivo ed impiantistico dello stato attuale, con particolare riferimento alle superfici orizzontali e verticali, al tipo di infissi e al tipo di impianti presenti.



Figura 1

Come si evince dalla planimetria sotto riportata (Figura 2), l'edificio, destinato ad uffici, presenta una forma rettangolare e si articola su due piani, con una superficie complessiva di circa 600 mq.

Esso si sviluppa orizzontalmente nella direzione Est-Ovest per circa 50 m. L'ingresso principale è posto sul lato Nord; il lato Est, inizialmente separato dal blocco F63, oggi è collegato all'edificio



Foto 1: prospetto NORD



Foto 2: prospetto SUD

La sua costruzione risale all'inizio degli anni '80 e presenta caratteristiche strutturali e di finitura non molto attente al risparmio energetico.

L'esito dell'indagine, meglio esplicitata nei successivi punti, è sintetizzato nella seguente tabella:

### TRASMITTANZA TERMICA DELLO STATO ATTUALE

Trasmittanza termica media delle strutture opache verticali:	<b>0,461 W/m<sup>2</sup>K</b>
Trasmittanza termica media delle strutture opache orizzontali (copertura):	<b>1,311 W/m<sup>2</sup>K</b>
Trasmittanza termica media delle strutture opache orizzontali (calpestio piano terra):	<b>1,384 W/m<sup>2</sup>K</b>
Trasmittanza termica media delle chiusure trasparenti:	<b>2,835 W/m<sup>2</sup>K</b>

L'analisi dello stato attuale presenta valori di trasmittanza termica delle chiusure orizzontali e verticali notevolmente superiori ai "valori limite" (indicati dalla normativa vigente).

In particolare, con riferimento alla **Tabella 1** in relazione al D.Lgs 311/06, si nota di quanto i valori della trasmittanza termica superino i limiti imposti dallo stesso decreto legge:

D. Lgs 311/06 - limiti imposti da Gennaio 2010	
Zona Climatica	D
Periodo di riscaldamento	01/11-15/04
Gradi Giorno	1642
<b>S/V</b>	<b>0,467</b>
<b>Limite Trasmittanza Termica strutture opache</b>	
Pareti verticali:	0,36 [W/m <sup>2</sup> K]
Coperture:	0,32 [W/m <sup>2</sup> K]
Pavimenti contro terra:	0,36 [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Limite Trasmittanza Termica strutture trasparenti</b>	
Chiusure trasparenti:	2,4 [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Fabbisogno limite annuo di energia primaria</b>	<b>11,75 [KWh/m<sup>3</sup>anno]</b>

<i>strutture verticali</i>	da 0,461	a <b>0,36</b>
<i>orizzontali di copertura</i>	da 1,311	a <b>0,32</b>
<i>orizzontali di pavimento</i>	da 1,384	a <b>0,36</b>
<i>infissi</i>	da 2,835	a <b>2,4</b>

## 1.2. *Lo strumento di calcolo: Simulazione dinamica Edificio-Impianto*

Lo studio è stato condotto con l'ausilio di un modello di simulazione dinamica (TRNSYS 16.1) che consente di calcolare il dimensionamento degli impianti, il carico termico degli edifici, le prestazioni delle macchine, a partire dalla descrizione delle caratteristiche termofisiche dell'involucro dell'edificio e delle condizioni climatiche del sito (temperatura, umidità relativa, radiazione solare, direzione e velocità del vento).

Lo stesso, inoltre, consente di verificare diverse possibili soluzioni, sia a livello di involucro (diverse composizioni delle pareti e degli infissi), a livello impiantistico (tipologie di impianti proposti), e a livello gestionale (sistemi di controllo, strategie per il raffrescamento passivo mediante ventilazione notturna etc.) al fine di determinare gli apporti gratuiti dovuti ai carichi interni (persone, luci ed apparecchi elettrici). Il modello consente un livello di dettaglio notevole, arrivando a definire, ora per ora, il numero di presenze e il livello di attività delle persone, la quantità di luci ed apparecchiature accese al suo interno.

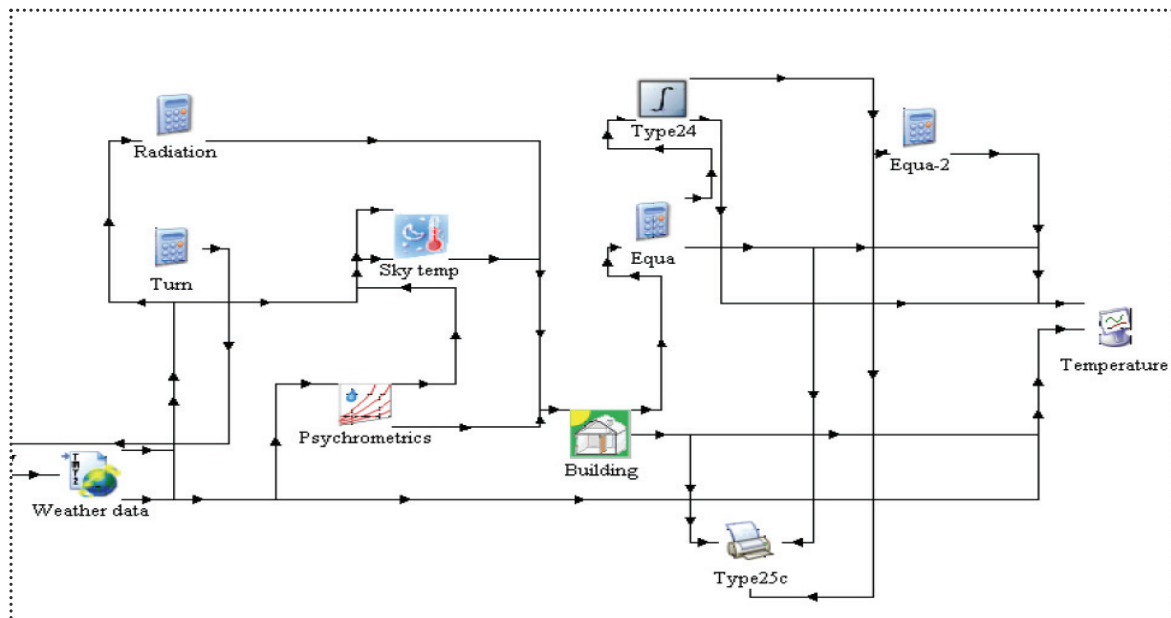


Figura 2



## 2. DIAGNOSI ENERGETICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

### 2.1. Stato attuale

#### 2.1.1. Descrizione delle caratteristiche tecnico-strutturali

Si riportano di seguito, nel particolare, le principali caratteristiche termofisiche delle strutture e degli impianti allo stato attuale:

- **Struttura portante verticale:** costituita dall'interno verso l'esterno, rispettivamente da: calcestruzzo cellulare aerato autoclavato, molto leggero, resistente al fuoco, isolante, composto essenzialmente da sabbia silicea e cemento denominato Siporex, lastre termoisolanti in polistirolo, pannelli in cls.

<b>Caratteristiche strutturali parete esterna</b>								
	s	$\lambda$	$\rho$	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmittanza
	(m)	(W/mK)	(Kg/m <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> K/W)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)
Intonaco interno	0,010	0,400	1000	10,00	0,025	7,7		
Siporex	0,075	0,056	550	41,25	1,343			
Isolante: polistirolo	0,03	0,054	15	0,45	0,557			
pannello in cls	0,08	1,650	2200	176,00	0,048			
Intonaco esterno	0,010	0,400	1000	10,00	0,025		25	
<b>Totale</b>	<b>0,205</b>			<b>237,7</b>	<b>2,168</b>			<b>0,461</b>

- **Struttura portante orizzontale:** costituita, per entrambe le superfici, di calpestio e di copertura, da solai alleggeriti realizzati in latero-cemento, e completati con massetto e allettamento in cls e finitura in linoleum.

<b>Caratteristiche strutturali solaio calpestio</b>								
	s	$\lambda$	$\rho$	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmittanza
	(m)	(W/mK)	(Kg/m <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> K/W)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)
solaio laterocemento	0,20	0,80	250	50,0	0,250	7,7		
massetto	0,04	0,16	500	20	0,250			
allettamento cls	0,02	0,50	1400	28	0,040			
pavimento linoleum	0,005	0,40	1800	9	0,013		25	
<b>Totale</b>	<b>0,265</b>			<b>107,00</b>	<b>0,722</b>			<b>1,384</b>

<b>Caratteristiche strutturali solaio copertura</b>								
	s	$\lambda$	$\rho$	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmittanza
	(m)	(W/mK)	(Kg/m <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> K/W)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)
cartongesso	0,01	0,210	900	9,000	0,048	7,7		
solaio laterocemento	0,20	0,80	250	50,0	0,250			
massetto	0,04	0,16	500	20	0,250			
allettamento cls	0,02	0,50	1400	28	0,040			
pavimento cls	0,010	1,91	2400	24	0,005		25	
<b>Totale</b>	<b>0,280</b>			<b>122,00</b>	<b>0,763</b>			<b>1,311</b>

- **Serramenti esterni:** l'edificio è caratterizzato da un'unica tipologia di infissi costituita da telaio in alluminio e vetri singoli.  
Le caratteristiche risultano essere le seguenti:

<b>Caratteristiche strutturali superficie trasparente</b>					
$U_f$	$A_f$	$U_g$	$A_g$	$A_w$	$U_w$
(W/m <sup>2</sup> K)	(m <sup>2</sup> )	(W/m <sup>2</sup> K)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(W/m <sup>2</sup> K)
1,9	0,15	3	0,85	1	<b>2,835</b>

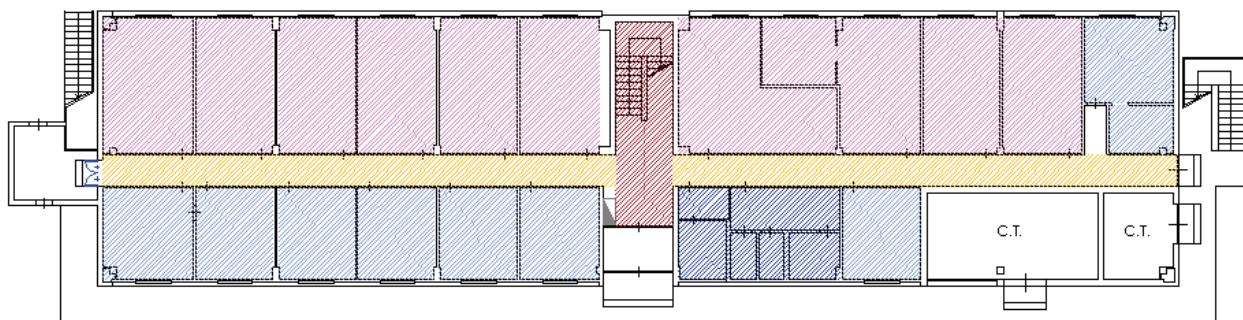
### 2.1.2. Descrizione delle caratteristiche tecnico-impiantistiche

- **Impianti:** per quanto riguarda l'impianto di distribuzione e di calore e di climatizzazione estiva, queste funzionano per mezzo di una pompa di calore.

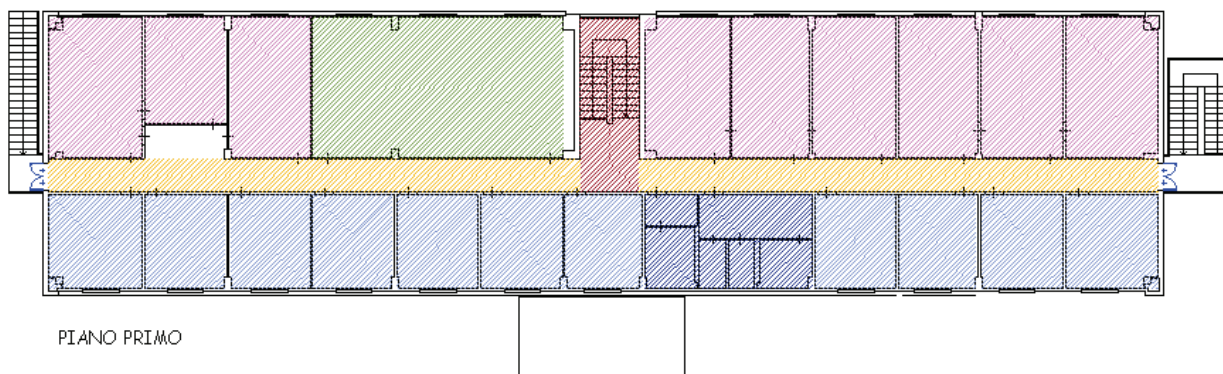
Nella tabella di seguito riportata sono riassunti i valori relativi ai consumi per il riscaldamento ed il condizionamento (differenziati per Fabbisogno Termico Annuo - F.T.A.- e Fabbisogno di Energia Primaria – F.E.P.-) ed i costi relativi:

	$FTA_R$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$FTA_C$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$FEP_R$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$FEP_C$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	<b>FTA totale</b> [kWh/m <sup>2</sup> ]	<b>FEP totale</b> [kWh/m <sup>2</sup> ]	Costo Energia Termica per riscaldamento [€/anno]	Costo Energia Termica per condizionamento [€/anno]	<b>Costo Totale Energia [€/anno]</b>
<b>Stato Attuale</b>	66,15	8,51	70,00	13,51	74,67	83,52	4.908,53	947,67	<b>€ 7.795,05</b>

- **Potenze installate e relativi consumi:** per un'analisi dettagliata riguardo le potenze installate ed i relativi consumi, si fa riferimento alla planimetria di seguito riportata:



PIANO TERRA



- Uffici: fronte sud** ( P.T.: n° 11; P.P.: n° 9)
  - Piano Terra: (lampade da 36W\*2\*3) per ogni ufficio
  - Piano Primo: (lampade da 36W\*2\*3) per ogni ufficio
  
- Corridoi:** ( P.T.: n° 9; P.P.: n° 10)
  - Piano Terra: (lampade da 36W)
  - Piano Primo: (lampade da 36W)
  
- Sala riunioni:** ( P.P.: n° 18)
  - Piano Primo: (18W\*4)
  
- Servizi:** ( P.T.: n° 5; P.P.: n° 5)
  - Piano Terra: (lampade da 18W\*2)
  - Piano Primo: (lampade da 18W\*2)
  
- Uffici: fronte nord** ( P.T.: n° 7; P.P.: n° 11)
  - Piano Terra: (lampade da 36W\*2\*2) per ogni ufficio
  - Piano Primo: (lampade da 36W\*2\*2) per ogni ufficio
  
- Scale:** ( P.T.: n° 1; P.P.: n° 1)
  - Piano Terra: (lampada da 36W)
  - Piano Primo: (lampada da 36W)

<b>POTENZA ELETTRICA INSTALLATA</b>						
	UFFICI fronte sud	CORRIDOI	SALA RIUNIONI	SERVIZI	UFFICI fronte nord	SCALE
	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)
<b>PIANO TERRA</b>	2376	324	1296	180	1008	36
<b>PIANO PRIMO</b>	1944	360		180	1584	36
<b>TOTALE</b>	<b>4320</b>	<b>684</b>	<b>1296</b>	<b>360</b>	<b>2592</b>	<b>72</b>

Totale potenza elettrica installata: **9324 W**.

La tabella di seguito riportata descrive gli effettivi consumi elettrici da illuminazione documentati da bollette reali:

**Consumi elettrici anno 2007 (luci)**

<b>CONSUMI ELETTRICI DA ILLUMINAZIONE</b>	
<b>MESE</b>	<b>KWh</b>
Gennaio	1099,8
Febbraio	1007,6
Marzo	1029,8
Aprile	889,0
Maggio	929,5
Giugno	716,9
Luglio	645,8
Agosto	739,5
Settembre	818,6
Ottobre	1373,1
Novembre	1128,2
Dicembre	1028,3
<b>ANNO 2007</b>	<b>11405,9</b>

### 3. INTERVENTO

#### 3.1. *Interventi strutturali proposti*

Poiché i valori dell'indagine risultano superiori ai limiti imposti dal decreto 311/2006, sono stati ipotizzati i seguenti interventi:

- Isolamento a cappotto dell'involucro opaco con pannelli in polistirene e grafite
- Schermatura per vetrata sul fronte sud-est
- Sostituzione degli infissi e utilizzo di vetri basso-emissivi

*dove*

- Isolamento termico esterno con sistema a cappotto dell'involucro opaco realizzato con pannelli in polistirene e grafite. L'unione - "sistema a cappotto" - "grafite" - consente di eliminare totalmente i "ponti termici", ossia quei punti della struttura in cui si hanno delle vie preferenziali per la dispersione del calore, e di impedire la trasmissione del calore per irraggiamento. Si riesce così ad ottenere un valore di conducibilità termica notevolmente più basso. Tutto ciò al fine di migliorare il comfort abitativo nel rispetto del risparmio energetico. Nelle sue linee essenziali il sistema d'isolamento a cappotto consiste nel fissare all'esterno delle pareti, tramite collanti e tasselli, dei pannelli coibenti che successivamente vengono rasati con una speciale colla ed armati con una rete in fibra di vetro alcali-resistente prima dell'applicazione finale del rivestimento a spessore a protezione degli strati sottostanti.
- Schermatura per vetrata sul fronte sud-est, pensata per assicurare il naturale bisogno umano di luce diurna e protezione da eccessivo calore.
- Sostituzione degli infissi esistenti con infissi "tipo REHAU Thermo-Design 70", costituiti da telaio in alluminio della profondità di 70 mm con trasmittanza termica ( $U_g$ ) 1.1 W/m<sup>2</sup>K e da vetri basso-emissivi con valore di trasmittanza termica ( $U_f$ ) pari a 1,3 W/m<sup>2</sup>K.

Relativamente alle condizioni dell'edificio, per esposizione, funzione ed utilizzo, sono stati considerati ulteriori interventi, meno invasivi, ma altrettanto efficienti, quali:

- Rifinitura a mezzo di vernici riflettenti sulle murature esterne
- Utilizzo di sistemi di controllo delle luci
- Ventilazione notturna

*dove*

- Rifinitura a mezzo di vernici riflettenti sulle superfici delle pareti esterne, al fine di risolvere definitivamente i problemi di insolazione e di surriscaldamento di ambienti interni, rendendo così confortevole ogni ambiente di lavoro e lasciando quasi inalterata la

luminosità. La caratteristica principale è quella di riflettere le radiazioni solari e, di conseguenza, controllare la conduzione del calore. Una volta messo in opera, il rivestimento si comporta in modo simile ad uno specchio (pur avendo l'aspetto di una comune idropittura bianca), riflettendo gran parte dei raggi solari (infrarossi compresi), ed evitando il riscaldamento delle superfici su cui è applicato. Inoltre, possiede la capacità di limitare la conduzione del calore, come un isolante termico convenzionale. L'applicazione dunque di vernici riflettenti permette di ridurre notevolmente le temperature superficiali, respingendo fino al 60-70% dell'energia solare, migliorando l'abitabilità degli edifici e riducendo i consumi energetici degli impianti di climatizzazione.

- Utilizzo di sistemi di controllo delle luci di locali interni, dal momento che le esigenze di illuminazione di un ambiente possono variare nell'arco della giornata e nel corso dell'anno, sia in relazione alle funzioni ed alle attività che vi si svolgono sia in rapporto alla disponibilità di luce naturale o alla reale presenza degli occupanti. Una prima risposta a diverse esigenze di illuminazione può essere data mediante l'accensione, la regolazione e lo spegnimento manuale degli apparecchi, ma la possibilità di gestire automaticamente ed in modo indipendente dall'utenza questo tipo di controllo rappresenta indubbiamente una sfida potenzialmente interessante. L'uso di sistemi completamente o parzialmente automatici per il controllo e l'integrazione dell'illuminazione artificiale e naturale può teoricamente contribuire alla determinazione di alcuni vantaggi quali: l'incremento del comfort visivo e del comfort termico all'interno degli ambienti confinati, nonché l'ottenimento di un risparmio energetico dovuto innanzitutto ad un minor consumo di energia elettrica per gli apparecchi di illuminazione e, nel caso di edifici condizionati, ad una riduzione dei carichi termici endogeni prodotti dalle sorgenti di luce.
- Ventilazione notturna poiché consente una migliore gestione della ventilazione degli ambienti, in particolare consente l'applicazione delle tecniche di ventilazione notturna durante il periodo estivo. In questo modo l'edificio viene raffreddato durante la notte, grazie all'ingresso di aria fresca che, entrando attraverso gli aeratori, può essere estratta attraverso un ventilatore ad estrazione posto in copertura. Detto sistema contribuisce all'abbattimento dei carichi di condizionamento estivo.

### 3.2. Descrizione delle nuove caratteristiche tecnico-strutturali

Si riportano di seguito le caratteristiche termofisiche delle strutture e degli impianti con i relativi valori ottenuti successivamente alle considerazioni fatte e suindicate:

- **Struttura portante verticale:** sulle pareti esterne è ipotizzato l'isolamento con sistema "a cappotto" con pannelli in polistirene e grafite, restituendo valori di trasmittanza riportati di seguito:

<b>Caratteristiche strutturali parete esterna modificata</b>								
	s	$\lambda$	$\rho$	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmittanza
	(m)	(W/mK)	(Kg/m <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> K/W)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)
Intonaco interno	0,010	0,400	1000	10,00	0,025	7,7		
Siporex	0,075	0,056	550	41,25	1,343			
Isolante: polistirolo	0,03	0,054	15	0,45	0,557			
Pannello in cls	0,08	1,650	2200	176,00	0,048			
Intonaco esterno	0,010	0,400	1000	10,00	0,025			
<i>Isolante Polistirene Grafite</i>	0,040	0,031	20	0,80	1,309		25	
<b>Totale</b>	<b>0,245</b>			<b>238,5</b>	<b>3,477</b>			<b>0,288</b>

- **Struttura portante orizzontale:** i due solai, di calpestio e di copertura piana, saranno trattati in maniera analoga alle superfici verticali esterne; è stata ipotizzata l'apposizione di uno strato di isolante in polistirene e grafite all'intradosso di ognuno. In questo modo, come si evince dalle tabelle di seguito riportate, si ha una notevole riduzione del valore della trasmittanza, di circa la metà, e rientrando nei limiti imposti dal D.Lgs 311/2006:

<b>Caratteristiche strutturali solaio calpestio modificato</b>								
	s	$\lambda$	$\rho$	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmittanza
	(m)	(W/mK)	(Kg/m <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> K/W)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)
<i>Isolante Polistirene Grafite</i>	0,040	0,031	20	0,80	1,309	7,7		
Solaio laterocemento	0,20	0,80	250	50,0				
Massetto	0,04	0,16	500	20	0,250			
Allettamento cls	0,02	0,50	1400	28	0,040			
Pavimento linoleum	0,005	0,40	1800	9	0,013		25	
<b>Totale</b>	<b>0,305</b>			<b>107,80</b>	<b>1,781</b>			<b>0,561</b>

<b>Caratteristiche strutturali solaio copertura modificato</b>								
	s	$\lambda$	$\rho$	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmittanza
	(m)	(W/mK)	(Kg/m <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> K/W)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)	(W/m <sup>2</sup> K)
Solaio laterocemento	0,18	0,80	250	45,0		7,7		
Massetto	0,04	0,16	500	20	0,250			
Allettamento cls	0,02	0,50	1400	28	0,040			
<i>Isolante Polistirene Grafite</i>	0,040	0,031	20	0,80	1,309			
Pavimento cls	0,010	1,91	2400	24	0,005		25	
<b>Totale</b>	<b>0,290</b>			<b>117,80</b>	<b>1,774</b>			<b>0,564</b>

- **Serramenti esterni:** in base all'ipotesi suddetta, le nuove caratteristiche risulteranno essere le seguenti:

### **Caratteristiche strutturali superficie trasparente modificata**

$U_f$ (W/m <sup>2</sup> K)	$A_f$ (m <sup>2</sup> )	$U_g$ (W/m <sup>2</sup> K)	$A_g$ (m <sup>2</sup> )	$A_w$ (m <sup>2</sup> )	$U_w$ (W/m <sup>2</sup> K)
1,3	0,15	1,1	0,85	1	<b>1,130</b>

Relativamente agli interventi suindicati, si stima un costo di circa 350 mila euro, in riferimento ai soli interventi di tipo strutturale, dunque sull'involucro, senza considerare le modifiche da apportare in ambito impiantistico, che verranno di seguito esplicitate.

### **3.3. Interventi impiantistici**

Sulla base dei valori restituiti dai calcoli e dalle simulazioni effettuate, in considerazione dell'ipotesi progettuale precedentemente esplicitata, relativamente all'involucro e, di conseguenza, al fabbisogno energetico dell'edificio, è stata effettuata una prima ipotesi di intervento concernente gli impianti.

#### **Ipotesi di intervento:**

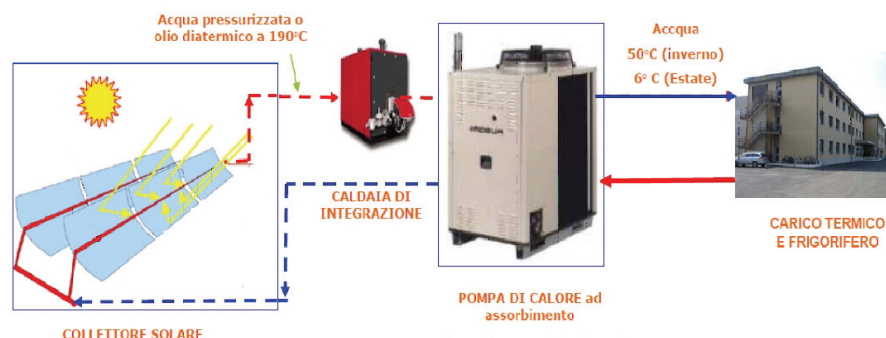
Il primo intervento ipotizzato prevede l'utilizzo di:

- microgeneratore a turbina Capstone con potenza nominale di 30 KW
- sistema di solar cooling
- collettori solari parabolici lineari IND-300
- macchina ad assorbimento GAHP-AR

dove

- microgeneratore a turbina Capstone con potenza nominale di 30 KW: l'impianto è costituito da una microturbina Capstone C30 ICHP (Integrated Combined Heat & Power) in grado di erogare 30 kW elettrici e 60 kW termici sotto forma di acqua calda, sia ad uso riscaldamento che sanitario.

- sistema di solar cooling, che sfrutta il calore prodotto con pannelli solari per alimentare delle macchine ad assorbimento (H<sub>2</sub>O – NH<sub>3</sub>) per la produzione di freddo, ed è costituito da:



- collettori solari parabolici lineari IND-300 della Solel Solar System Ltd., progettati per applicazioni ad altissima temperatura (150-300°C) del fluido termovettore.





- macchina ad assorbimento GAHP-AR (Gas Absorption Heat Pump-Air) prodotta dalla Robur Spa, con alimentazione standard a metano o gpl e temperatura dell'olio diatermico da 180°C a 260°C. Viene alimentata dal calore ad alta temperatura fornito dal collettore solare e dalla caldaia di integrazione, produce in uscita energia termica con rendimenti del 160% e energia frigorifera per raffrescare l'edificio durante la stagione calda, sfruttando esclusivamente l'irraggiamento solare.

**PRESTAZIONI NOMINALI IN RISCALDAMENTO <sup>(1)</sup>**

Temperatura aria esterna bulbo secco/bulbo umido	°C	7/6
Temperatura mandata utenza	°C	50
Potenza termica	kW	35,3
G.U.E. efficienza di utilizzo del gas in riscaldamento		1,40
Portata acqua utenza ( $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ )	m <sup>3</sup> /h	3,0

**PRESTAZIONI NOMINALI IN RAFFRESCAMENTO <sup>(2)</sup>**

Temperatura aria esterna	°C	35
Temperatura mandata utenza	°C	7
Potenza frigorifera	kW	16,9
G.U.E. efficienza di utilizzo del gas in raffrescamento		0,67
Portata acqua utenza ( $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$ )	m <sup>3</sup> /h	2,9

## 4. COSTI

### 4.1. Costi relativi all'involucro

In base alle considerazioni fatte ed in merito all'ipotesi progettuale suindicata, con riferimento allo smantellamento e alla ricostruzione di parti dell'edificio, agli interventi su superfici orizzontali opache, verticali opache e trasparenti si riportano, di seguito, le voci e i costi specifici delle singole attività.

Descrizione	Unità di misura	Quantità	Prezzo (€)	Importo (€)
<b>INVOLUCRO</b>				
Rimozione di fancoils	cadauno	50	42	2100
Rimozione di pannelli solari	cadauno	32,00	48,00	1.536,00
Rimozione di massetto e pavimentazione cls	m <sup>2</sup>	1.178,50	24,00	28.283,92
Rimozione di infissi	cadauno	52,00	42,00	2.184,00
Isolamento a cappotto di pareti eseguito con pannelli in polistirene e grafite	m <sup>2</sup>	924,73	58,80	54.374,24
Intonaco liscio per esterni	m <sup>2</sup>	924,73	16,80	15.535,50
Isolamento dei solai	m <sup>2</sup>	1.178,50	58,80	69.295,61
Fornitura e posa in opera di massetto e pavimentazione	m <sup>2</sup>	1.178,50	48,00	56.567,85
Fornitura e posa in opera di infissi in alluminio con vetri basso emissivi	m <sup>2</sup>	232,00	480,00	111.360,00
Fornitura e posa in opera di schermature solari	m <sup>2</sup>	232,00	80,62	18.703,84
Fornitura e posa in opera di sensori di presenza	cadauno	50,00	108,00	5.400,00
<b>TOTALE INVOLUCRO</b>				<b>€ 365.341</b>

### 4.2. Costi relativi agli impianti

Dai calcoli e dalle simulazioni effettuate, relativamente all'ipotesi progettuale precedentemente detta, l'edificio, si presenta con valori di potenze massime, relativamente ai periodi invernale ed estivo, come segue:

- Potenza massima invernale: 100.78 KW
- Potenza massima estiva: 74.37 KW

<b>IMPIANTI</b>				
Pompa di calore ad assorbimento	cadauno	2	24000	€ 48,000.00
caldaia di integrazione a gas	cadauno	1	7200	€ 7,200.00
Collettori parabolici	m <sup>2</sup>	50	600	€ 30,000.00
Fancoils	cadauno	50	720.00	€ 36,000.00
<b>TOTALE IMPIANTI</b>				<b>€ 121,200</b>

## 5. CONCLUSIONI

### 5.1. Tipologie di interventi e risultati

In previsione del fatto che gli interventi suindicati, sia di carattere strutturale che di tipo impiantistico, possano essere effettuati in combinazioni e tempi differenti, si riporta di seguito una tabella, nella quale, in relazione alle soluzioni ipotizzate, vengono evidenziate le seguenti voci: il fabbisogno termico annuo e il fabbisogno di energia primaria, in termini di kWh/m<sup>2</sup>, il costo dell'energia e il costo di ognuno degli interventi.

	FTAr [kWh/m <sup>2</sup> ]	FTAc [kWh/m <sup>2</sup> ]	FEP <sub>R</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ]	FEP <sub>C</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ]	FTA totale [kWh/m <sup>2</sup> ]	FEP totale [kWh/m <sup>2</sup> ]	Costo Energia Termica per riscaldamento [€/anno]	Costo Energia Termica per condizionamento [€/anno]	Costo Totale Energia [€/anno]	Costo Totale Intervento [€]	Riduzione EP
<b>Stato Attuale</b>	66.15	8.51	70.00	13.51	74.67	83.52	4,908.53	947.67	<b>€ 7,795.05</b>		
<b>1</b>	66.15	8.51	18.30	3.53	74.67	21.83	4,908.53	947.67	<b>€ 7,155.23</b>	<b>€ 5,400.00</b>	8.21
<b>2</b>	40.23	6.42	42.57	10.18	46.64	52.75	2,984.95	714.11	<b>€ 4,998.10</b>	<b>€ 230,993.12</b>	35.88
<b>3</b>	40.23	6.42	8.05	0.64	46.64	8.69	714.51		<b>€ 2,013.54</b>	<b>€ 260,993.12</b>	75.52
<b>4</b>	31.91	6.76	33.77	10.73	38.67	44.50	2,367.83	752.71	<b>€ 4,419.57</b>	<b>€ 363,240.96</b>	43.30
<b>5</b>	31.91	6.76	6.38	0.68	38.67	7.06	580.55		<b>€ 1,879.58</b>	<b>€ 393,240.96</b>	76.99

In particolare, con riferimento alla tabella si riportano le specifiche delle diverse tipologie di interventi:

1. Sensori di presenza
2. Isolamento cappotto + sensori di presenza
3. Isolamento cappotto + sensori di presenza + solar cooling
4. Isolamento cappotto + sensori di presenza + vetri bassoemissivi + schermature solari
5. Isolamento cappotto + sensori di presenza + solar cooling + vetri bassoemissivi + schermature solari

La presente attività è stata svolta in collaborazione con la società SISTEMA s.r.l. .