



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

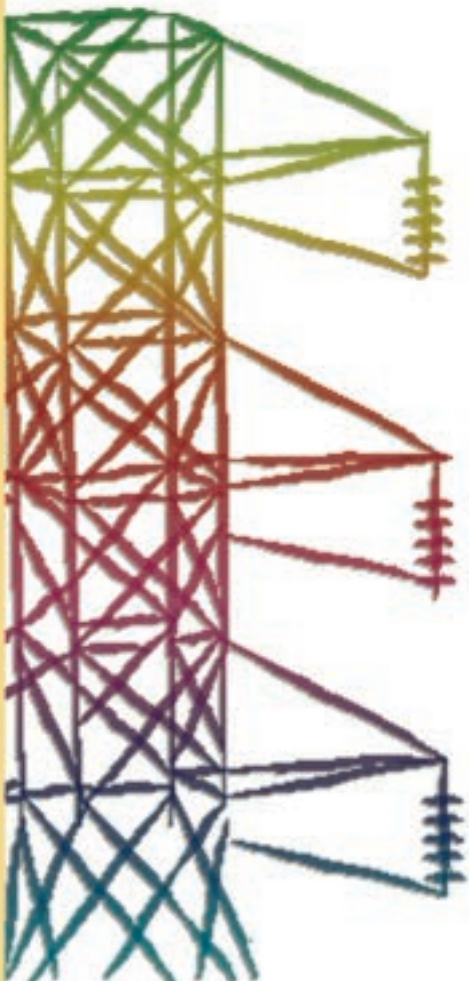


Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Recupero funzionale edificio A2 presso la Cittadella della Ricerca di Brindisi

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

Recupero funzionale edificio A2 presso la Cittadella della Ricerca di Brindisi

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

RECUPERO FUNZIONALE EDIFICIO A2 PRESSO LA CITTADILLA DELLA RICERCA DI BRINDISI

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

Aprile 2009

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

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 1

- 3.1 Ipotesi di progetto
- 3.2 Interventi strutturali proposti
- 3.3 Descrizione delle nuove caratteristiche tecnico-strutturali
- 3.4 Interventi impiantistici strutturali

4. Intervento 2

- 4.1 Interventi strutturali proposti
- 4.2 Descrizione delle nuove caratteristiche tecnico-strutturali
- 4.3 Interventi impiantistici strutturali

5. Analisi dei costi

- 5.1 Costi relativi all'involucro
- 5.2 Costi relativi agli impianti
- 5.2 Costi relativi agli impianti

6. Progettazione architettonica e funzionale

- 6.1 Stato attuale dell'edificio
- 6.2 Proposta di intervento
- 6.3 Analisi energetica e economica della proposta di intervento

1. INTRODUZIONE

1.1. Premessa

Lo studio in oggetto riguarda l'analisi e la simulazione energetica, con successiva ipotesi di riqualificazione, dell'edificio "A"- laboratori ENEA, presente all'interno del Centro della Cittadella della Ricerca di Mesagne (Brindisi) (Figura 1), ed è finalizzato al miglioramento del comportamento termico dell'involucro.

Esso fa parte di un progetto il cui obiettivo consiste nella realizzazione, di un distretto energetico pilota per mezzo di componenti e tecnologie tipiche della generazione distribuita attraverso l'ibridazione con sistemi basati su fonti rinnovabili.

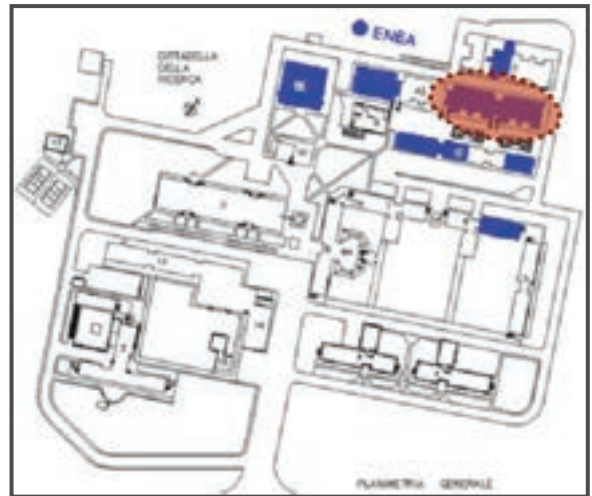


Figura 1

Il primo approccio all'edificio è stato di analizzare il sito e di indagare a livello costitutivo, costruttivo ed impiantistico lo stato attuale con particolare riferimento alle strutture orizzontali e verticali, al tipo di infissi e al tipo di impianti presenti.

L'edificio, come si evince dalla planimetria di Figura 2 e dalla sezione di Figura 3, è di forma pressoché regolare, presentando, però, due altezze differenti, una minima di 6,7 mt lungo il lato nord-ovest e l'altra massima di circa 9,6 mt lungo il lato sud-est. La superficie utile complessiva risulta circa di 4300 mq.



Figura 2

Esso si sviluppa orizzontalmente nella direzione Est-Ovest per oltre 160mt, con gli uffici sistemati al primo piano e che affacciano verso Sud. Dalle portefinestre dei singoli uffici si accede a un ballatoio con passerella in struttura metallica adibita a via di fuga per le emergenze. La parte rivolta a Nord è un ambiente a tutto cielo adibito prevalentemente a laboratori, che sono separati tra loro con dei semplici setti di altezza pari a circa 3 m.

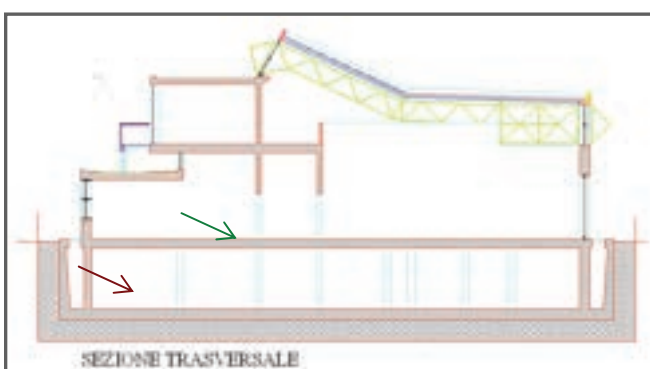


Figura 3

L'edificio mostra seri problemi dovuti al surriscaldamento estivo, a causa delle ampie superfici vetrate esposte a Sud, in particolare:

- in corrispondenza del lucernario posto a raccordo tra la copertura della zona uffici e quella della zona laboratori, con la funzione di illuminare naturalmente la zona laboratori. (→)
- in corrispondenza delle facciate degli uffici, interamente vetrate. ()

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:	1.046	W/m²K
Trasmittanza termica media delle strutture opache orizzontali (copertura piana):	0.556	W/m²K
Trasmittanza termica media delle strutture opache orizzontali (copertura inclinata):	0.755	W/m²K
Trasmittanza termica media delle strutture opache orizzontali (calpestio piano terra):	0.538	W/m²K
Trasmittanza termica media delle chiusure trasparenti:	5.680	W/m²K
Trasmittanza termica media delle chiusure trasparenti del primo piano:	1.400	W/m²K

Nella tabella compaiono due valori di trasmittanza termica relativamente alle chiusure trasparenti, dal momento che gli infissi al primo piano e per tutto il prospetto sud-est sono stati sostituiti con altri la cui trasmittanza termica, notevolmente più bassa, è pari al valore sopra riportato.

L'edificio si presenta con 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	G	Tabella 1
Periodo di riscaldamento	5/11-31/03	
Gradi Giorno	1083	
S/V	0,52	
Limite Trasmittanza Termica strutture opache		
Pareti verticali:	0,40	[Wm ² k]
Coperture:	0,38	[Wm ² k]
Pavimenti contro terra:	0,42	[Wm ² k]
Limite Trasmittanza Termica strutture trasparenti		
Chiusure trasparenti:	2,6	[Wm ² k]
Fabbisogno limite annuo di energia primaria	8,96	[KWh/m ³ anno]

strutture opache orizzontali di copertura	di circa 1,5 volte
strutture opache orizzontali di pavimento	di circa 1,5 volte
strutture opache verticali	di circa 2,5 volte
chiusure trasparenti	di circa 2 volte

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

Lo studio è stato condotto con l'ausilio di un modello di simulazione dinamico (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) che a livello impiantistico (tipologie di impianti

proposti), che 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.

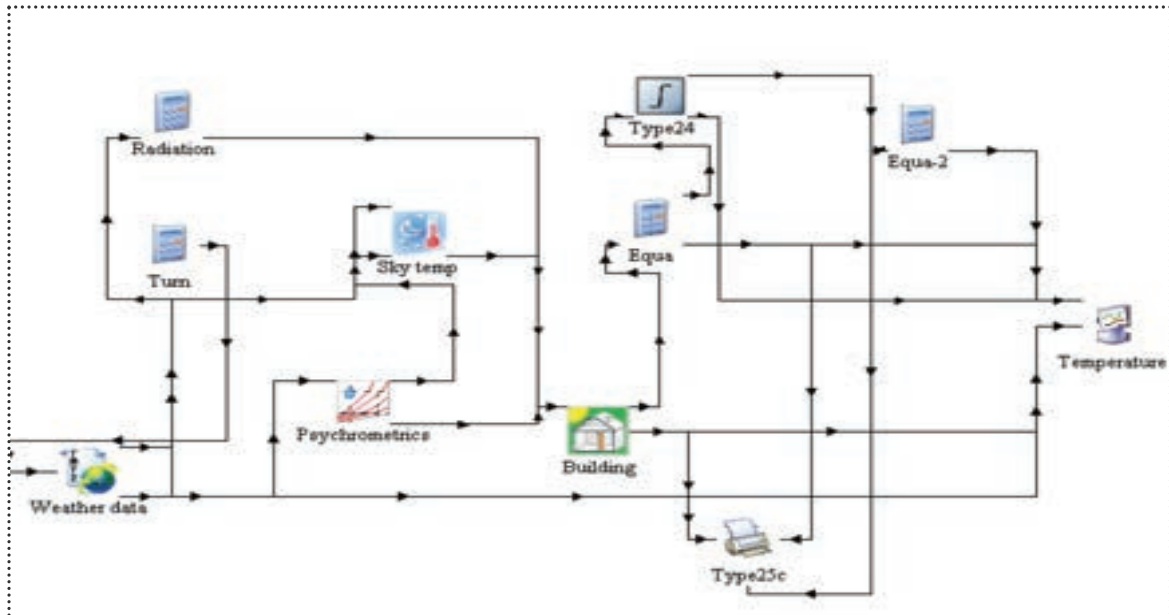


Figura 2

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:** struttura mista: esternamente costituita da pannelli in cls, internamente da blocchi di tufo. Le pareti esterne risultano essere costituite tutte allo stesso modo, differenziandosi dalle partizioni interne costituite da soli blocchi in tufo.

Caratteristiche strutturali parete esterna									
	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(W/m ² K)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
							7,7		
INTONACO	0,030	0,40	1000		30	0,075			
BLOCCHI DI TUFO	0,25	0,63	1500		375	0,40			
CAMERA D'ARIA (5 cm)	0,05		1,00	6,400	0,050	0,156			
ISOLANTE poliuretano espanso	0,003	0,035	35		0,105	0,09			
PANNELLO PREFABBRICATO in cls	0,12	1,65	2200		264	0,073			
								25	
TOTALE	0,453				669,16	0,956			1,046

Caratteristiche strutturali parete interna									
	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(W/m ² K)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
							7,7		
INTONACO	0,020	0,40	1000		20	0,050			
BLOCCHI DI TUFO	0,25	0,63	1500		375	0,40			
INTONACO	0,020	0,40	1000		20	0,050			
								25	
TOTALE	0,290				415,000	0,666			1,501

Divisori interni: pareti interne e pareti confinanti con il corpo scala

Caratteristiche strutturali parete confinante corpo scala									
	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(W/m ² K)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
							7,700		
INTONACO	0,020	0,40	1000		20	0,050			
BLOCCHI DI TUFO	0,25	0,63	1500		375	0,40			
INTONACO	0,020	0,40	1000		20	0,050			
								25	
TOTALE	0,290				415,000	0,666			1,501

- **Struttura portante orizzontale:** costituita da solai alleggeriti realizzati in latero-cemento per i due solai di calpestio e di copertura piana, a differenza del solaio di copertura inclinata che non presenta elementi costitutivi della stessa natura.

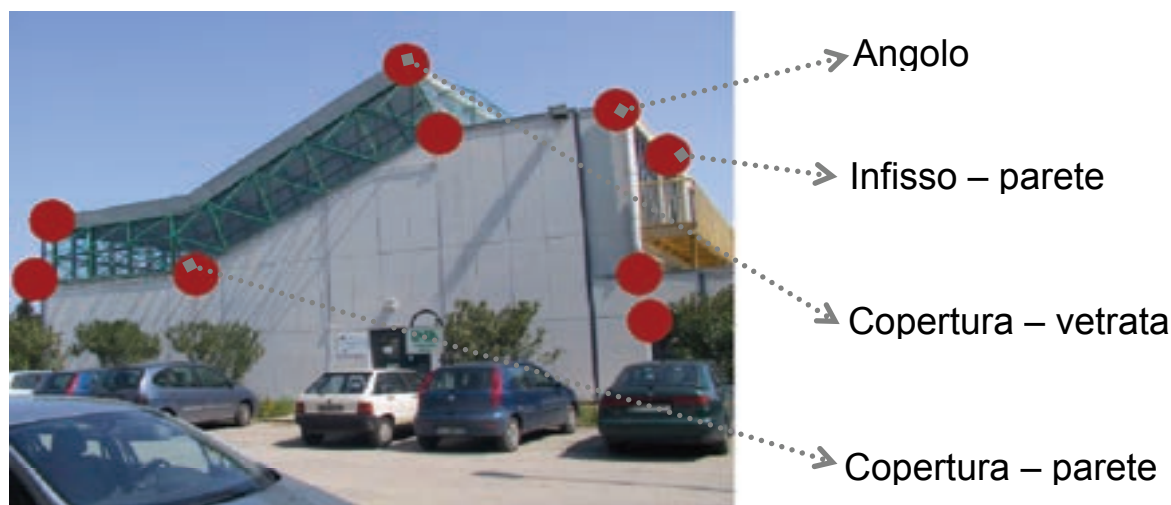
Caratteristiche strutturali solaio calpestio									
	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(W/m ² K)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
							7,7		
INTONACO	0,030	0,40	1000		30	0,075			
SOLAIO LATERO CEMENTO	0,250	0,80	250		62,50	0,313			
BARRIERA AL VAPORE	0,002	0,20	1200		2,40	0,010			
ISOLANTE TERMICO (poliuretano espanso)	0,030	0,035	35		1,05	0,857			
MASSETTO	0,060	0,16	1100		66,00	0,375			
DOPPIO STRATO MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE	0,002	0,16	500		1,00	0,013			
ALLETAMENTO CLS	0,020	0,50	1400		28,00	0,040			
PAVIMENTAZIONE	0,010	1,30	2300		23,00	0,008			
								25	
TOTALE	0,40				213,95	1,860			0,538

Caratteristiche strutturali solaio copertura piana									
	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(W/m ² K)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
							7,7		
INTONACO	0,030	0,40	1000		30	0,075			
SOLAIO LATERO CEMENTO	0,200	0,80	250		50,0	0,250			
BARRIERA AL VAPORE	0,002	0,20	1200		2	0,01			
ISOLANTE TERMICO (poliuretano espanso)	0,030	0,035	35		1	0,86			
MASSETTO	0,060	0,16	1100		66	0,375			
DOPPIO STRATO MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE	0,002	0,16	500		1	0,013			
ALLETAMENTO CLS	0,020	0,50	1400		28	0,040			
PAVIMENTAZIONE	0,010	1,30	2300		23	0,008			
								25	
TOTALE	0,35				201,45	1,797			0,556

Caratteristiche strutturali solaio copertura inclinata									
	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(W/m ² K)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
							7,7		
LAMIERA IN ALLUMINIO	0,005	200,56	2700		14	0,00002			
ISOLANTE TERMICO (poliuretano espanso)	0,040	0,035	35		1	1,14			
LAMIERA IN ALLUMINIO	0,005	200,56	2700		14	0,00002			
MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE	0,002	0,16	500		1	0,013			
								25	
TOTALE	0,05				29,40	1,325			0,755

- **Ponti termici** (presenti nell'edificio in oggetto): con questo termine si intendono quelle zone, limitate in termine di superficie, in cui si verificano disomogeneità del materiale e variazioni di forma. Generalmente si possono dividere in: *ponti termici di struttura*, ove la presenza di elementi eterogenei di maggior conduttività incrementa il flusso termico locale;

ponti termici di forma, quando la presenza di spigoli, provocando un addensamento delle isoterme, determina un aumento del flusso termico totale.



- **Ponti termici** (presenti nell'edificio in oggetto): con questo termine si intendono quelle zone, limitate in termini di superficie, in cui si verificano disomogeneità del materiale e variazioni di forma. Generalmente si possono dividere in: *ponti termici di struttura*, ove la presenza di elementi eterogenei di maggior conduttività incrementa il flusso termico locale; *ponti termici di forma*, quando la presenza di spigoli, provocando un addensamento delle isoterme, determina un aumento del flusso termico totale.

Orientamento	lunghezza (m)	Ponti Termici n°	tipologia Ψ_L (W/mK)	Resistenza (hmK/KJ)	lunghezza totale (m)	descrizione	Dispersione termica Q(W/K)
Sud - Ovest	6	50	0,126	2,2	300	angolo	37,8
	54		0,19	1,5	54	serramento-parete	10,26
	15		0,19	1,5	15	copertura-vetrata	2,85
	9,5		0,028	9,9	9,5	copertura-parete	0,266
Sud - Est	6	40	0,126	2,2	240	angolo	30,24
	167	2	0,19	1,5	334	serramento-parete(P.1)	63,46
	7,2	40	0,19	1,5	288	serramento-parete(P.T.)	54,72
	3,3	78	0,19	1,5	257,4	serramento-parete (vert.P.1)	48,906
	167	2	0,19	1,5	334	copertura-vetrata	63,46
	264		0,028	9,9	264	copertura-parete	7,392
Nord - Ovest	6	30	0,126	2,2	180	angolo	22,68
	167		0,19	1,5	167	serramento-parete	31,73
	167		0,19	1,5	167	copertura-vetrata	31,73
Nord - Est	6	38	0,126	2,2	228	angolo	28,728
	54		0,19	1,5	54	serramento-parete	10,26
	15		0,19	1,5	15	copertura-vetrata	2,85
	9,5		0,028	9,9	9,5	copertura-parete	0,266
DISPERSIONE TERMICA TOTALE Q(W/K)							447,598

2.1.2. Descrizione delle caratteristiche tecnico-impianistiche

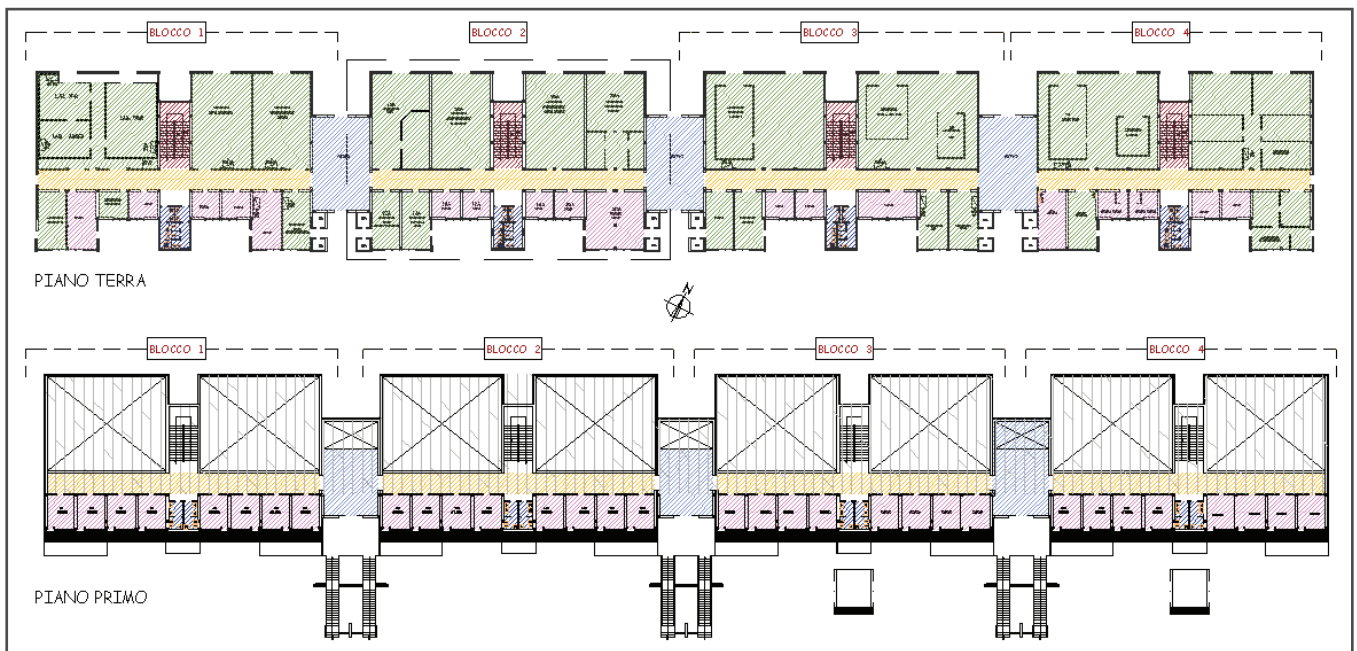
- **Impianti:** non esiste un vero e proprio impianto di distribuzione del calore; gli ambienti vengono riscaldati attraverso l'utilizzo di stufe ad alimentazione elettrica. Per quanto

riguarda la climatizzazione estiva, essa funziona per mezzo di pompe di calore elettriche e la distribuzione avviene tramite ventil-convettori.

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.

	F. T. A. riscaldamento [kWh/mq]	F. T. A. condizionamento [kWh/mq]	F. E. P. riscaldamento [kWh/mq]	F. E. P. condizionamento [kWh/mq]	F. T. A. totale [kWh/mq]	F. E. P. totale [kWh/mq]	Costo Energia Termica per riscaldamento [€/anno]	Costo Energia Termica per condizionamento [€/anno]	Costo Totale Energia [€/anno]
Stato Attuale	37.65	32.61	47.07	51.75	70.26	98.82	14 561.91	17 499.89	32 061.81

- **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, nella quale l'intero edificio è stato suddiviso in 4 blocchi e 3 corpi scale, sia per il piano terra che per il primo piano. Va ricordato che per quanto riguarda il "BLOCCO 2", esso solo al primo piano fa parte dei laboratori ENEA, al piano terra sono dislocate due differenti società.



Potenza elettrica installata (luci)

Uffici: (P.T.: n° 20; P.P.: n° 32)



- Piano Terra: (lampade da 36W*2) per ogni ufficio
- Piano Primo: (lampade da 36W*2*2) per ogni ufficio

Corridoi: (P.T.: n° 21; P.P.: n° 6)



- Piano Terra: (lampade da 36W) per ogni blocco

- Piano Primo: (fari da 300W) per ogni blocco



Laboratori: (P.T.: n° 30)

- Piano Terra: (36W*2*2*6) per ogni laboratorio



Servizi: (P.T.: n° 8; P.P.: n° 8)

- Piano Terra: (lampade da 36W*2) per ogni bagno
- Piano Primo: (lampade da 36W*2) per ogni bagno



Atri: (P.T.: n° 10; P.P.: n° 4)

- Piano Terra: (lampade da 36W) per ogni corpo scala
- Piano Primo: (lampade da 36W) per ogni corpo scala



Scale: (P.T.: n° 1; P.P.: n° 1)

- Piano Terra: (faro da 300W) per ogni corpo scala
- Piano Primo: (faro da 300W) per ogni corpo scala

POTENZA ELETTRICA (per illuminazione) INSTALLATA

	UFFICI	CORRIDOI	LABORATORI	SERVIZI	ATRII	SCALE
	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)
PIANO TERRA	1440	3024	25920	576	1080	900
PIANO PRIMO	4608	1200		576	432	900
TOTALE	6048	4224	25920	1152	1512	1800

Totale potenza elettrica installata: **40656 W**.

Nella tabella sotto indicata sono riportati i valori della potenza elettrica installata (forza motrice) suddivisa per blocchi. Il totale è di 1018 KW. Nella somma sono, però, inclusi i carichi dovuti alle macchine presenti nei laboratori e gli elementi installati per il riscaldamento.

POTENZA ELETTRICA INSTALLATA (forza motrice)

	(W)
BLOCCO 1	350000
BLOCCO 2	14000
BLOCCO 3	500000
BLOCCO 4	154000

**CONSUMI ELETTRICI DA
ILLUMINAZIONE**

MESE	KWh
Gennaio	7549
Febbraio	6916
Marzo	7090
Aprile	6102
Maggio	6380
Giugno	4889
Luglio	4433
Agosto	5076
Settembre	5619
Ottobre	9425
Novembre	7744
Dicembre	7058
ANNO 2007	78281

Nel particolare sono riportati di seguito il numero, la tipologia e la potenza degli elementi installati per il riscaldamento negli uffici.



Uffici: (P.T.: n° 20; P.P.: n° 32)

- Piano Terra: (stufa elettrica da 2000 W) per

ogni ufficio

- Piano Primo: (stufa elettrica da 2000 W) per ogni ufficio

**POTENZA ELETTRICA INSTALLATA
(riscaldamento)**

	LABORATORI (W)
PIANO TERRA	40000
PIANO PRIMO	64000
TOTALE	104000

**CONSUMI ELETTRICI
(forza motrice)**

MESE	KWh
Gennaio	16615
Febbraio	16496
Marzo	17071
Aprile	13667
Maggio	16602
Giugno	15695
Luglio	21329
Agosto	23200
Settembre	17153
Ottobre	18961
Novembre	16051
Dicembre	15896
ANNO 2007	208736

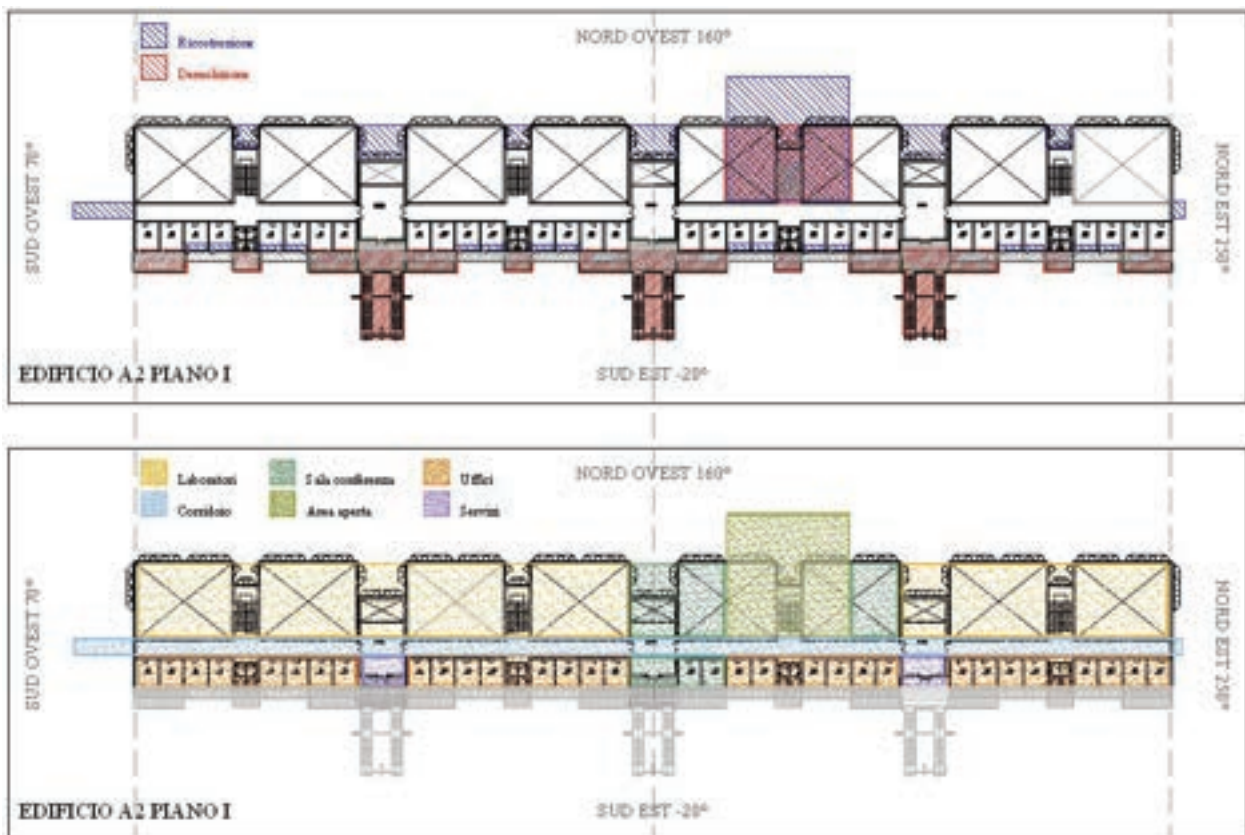
3. INTERVENTO 1

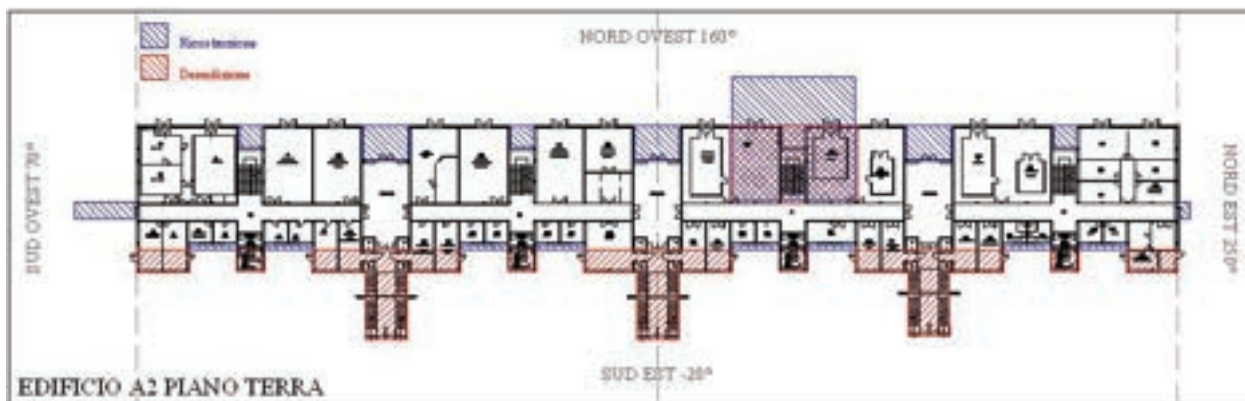
3.1. *Ipotesi di progetto*

Dall'analisi effettuata e sulla base di riflessioni relative alla struttura e alla distribuzione dell'edificio allo stato attuale, sono stati proposti vari interventi di riqualificazione, quali:

- demolizione dei blocchi sporgenti dal filo-edificio al piano terra
- demolizione delle parte centrale del blocco 3 sul lato nord-ovest, in corrispondenza della scala di servizio interna
- ricostruzione di blocchi a chiusura del fronte nord-ovest
- ricostruzione di due blocchi rettangolari al piano terra, sporgenti ortogonalmente rispetto ai due lati nord-est e sud-ovest
- ricostruzione del perimetro relativo alla parte demolita del blocco 3, dove è stata ipotizzata la realizzazione di un'area aperta, i cui lati verranno realizzati con vetrata sui tre lati adiacenti l'esistente.

E', inoltre, stata ipotizzata una nuova divisione-disposizione interna dell'edificio, come si evince dai grafici, dove: sul fronte nord-ovest saranno dislocati i laboratori (giallo), l'area aperta (verde chiaro) e le due sale conferenza ai lati di quest'ultima; sul fronte sud-est affacceranno gli uffici (arancio), sia al piano terra che al primo piano, i servizi (viola), ed una sala conferenze più piccola. Per la distribuzione ai vari ambienti è stato considerato il corridoio già esistente (celeste), del quale è stato previsto un prolungamento sui due lati corti dell'intero blocco, più pronunciato sul fronte sud-ovest.





3.2. *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
- Rifacimento del solaio di copertura
- Demolizione e ricostruzione di parti strutturali
- 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.
- Rifacimento del solaio di copertura secondo l'ipotesi di smantellamento del manto esistente

- Demolizione e ricostruzione di parti strutturali in relazione a quanto ipotizzato nel progetto di riqualificazione dell'edificio, considerando, per la ricostruzione, una stratificazione differente rispetto all'esistente.
- Schermatura per vetrata sul fronte sud-est, vista l'esposizione del prospetto in analisi e le alte temperature che si raggiungono all'interno dello stesso edificio, si considera valida l'installazione di schermature solari. Queste hanno il compito in inverno di lasciar passare il massimo delle radiazioni solari, mentre in estate devono evitare il surriscaldamento dell'edificio e durante tutto l'anno devono garantire una buona illuminazione naturale senza creare problemi di abbagliamento; è pensata dunque 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/m²K e da vetri basso-emissivi con valore di trasmittanza termica (U_f) pari a 1,3 W/m²K. Tale ipotesi permette di raggiungere alti livelli di isolamento abbassando i valori di trasmittanza termica.

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.

3.3. 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, e rifinitura con vernici riflettenti, restituendo valori di trasmittanza riportati di seguito:

<i>Caratteristiche strutturali parete esterna modificata</i>									
	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmittanza
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(W/m ² K)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
							7,7		
INTONACO	0,030	0,40	1000		30	0,075			
BLOCCHI DI TUFO	0,25	0,63	1500		375	0,40			
CAMERA D'ARIA (5 cm)	0,05		1,00	6,400	0,050	0,156			
ISOLANTE (lamina) poliuretano espanso	0,003	0,035	35		0,105	0,09			
PANNELLO PREFABBRICATO in cls	0,12	1,65	2200		264	0,073			
ISOLANTE TERMICO (polistirene e grafite)	0,080	0,030	35		2,80	2,667			
								25	
TOTALE	0,533				671,955	3,623			0,276

In considerazione dell'ipotesi progettuale, le pareti interne non saranno modificate, mentre per la costruzione di nuove superfici verticali esterne è stata considerata la stratigrafia seguente:

<i>Caratteristiche strutturali parete esterna nuova</i>									
	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(W/m ² K)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
							7,7		
INTONACO	0,030	0,40	1000		30	0,075			
GASBETON	0,25	0,22	500		125	1,14			
ISOLANTE TERMICO (polistirene e grafite)	0,040	0,030	35		1,40	1,333			
INTONACO	0,020	0,40	1000		20	0,050			
VERNICE RIFLETTENTE	0,002		700		1				
								25	
TOTALE	0,340				156,400	2,767			0,361

- **Struttura portante orizzontale:** i due solai, di calpestio e di copertura piana, realizzati in latero-cemento, 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 trasmissione, di circa la metà, e rientrando nei limiti imposti dal D.Lgs 311/2006:

<i>Caratteristiche strutturali solaio calpestio</i>									
	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(W/m ² K)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
							7,7		
ISOLANTE TERMICO (polistirene e grafite)	0,040	0,030	35		1,40	1,333			
ASSITO IN LEGNO	0,020	0,150	550		11,00	0,133			
INTONACO calce e gesso	0,030	0,40	1000		30,00	0,075			
SOLAIO LATERO CEMENTO	0,250	0,80	250		62,50	0,313			
BARRIERA AL VAPORE	0,002	0,20	1200		2,40	0,010			
ISOLANTE TERMICO (poliuretano espanso)	0,030	0,035	35		1,05	0,857			
MASSETTO	0,060	0,16	1100		66,00	0,375			
MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE	0,002	0,16	500		1,00	0,013			
ALLETAMENTO CLS	0,020	0,50	1400		28,00	0,040			
PAVIMENTAZIONE	0,010	1,30	2300		23,00	0,008			
								25	
TOTALE	0,46				226,35	3,326			0,301

<i>Caratteristiche strutturali solaio piano di copertura</i>									
	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmissione
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(W/m ² K)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
							7,7		
INTONACO	0,030	0,40	1000		30	0,075			
SOLAIO LATERO CEMENTO	0,200	0,80	250		50	0,250			
BARRIERA AL VAPORE	0,002	0,20	1200		2	0,010			
ISOLANTE TERMICO (poliuretano espanso)	0,030	0,035	35		1	0,857			
MASSETTO	0,060	0,16	1100		66	0,375			
MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE	0,002	0,16	500		1	0,013			
ISOLANTE TERMICO (polistirene e grafite)	0,040	0,030	35		1,40	1,333			
ALLETAMENTO CLS	0,020	0,50	1400		28	0,040			
PAVIMENTAZIONE	0,010	1,30	2300		23	0,008			
								25	
TOTALE	0,39				202,85	3,131			0,319

3.4. *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 1:

Il primo intervento ipotizzato prevede l'utilizzo di:

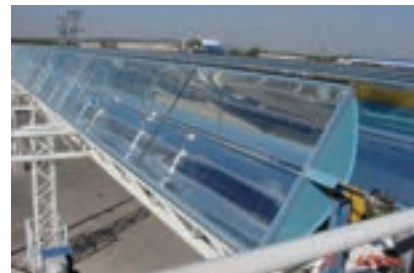
- *microgeneratore a turbina Capstone con potenza nominale di 30 KW*
- *sistema di solar cooling*
- *collettori solari parabolici lineari IND-300*
- *macchina ad assorbimento GAHP-AR*

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 ($H_2O - NH_3$) 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 ¹⁾		
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 (ΔT=10°C)	m ³ /h	3,0
PRESTAZIONI NOMINALI IN RAFFRESCAMENTO ²⁾		
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 (ΔT= 5°C)	m ³ /h	2,9

4. INTERVENTO 2

4.1. Interventi proposti

Nella seconda ipotesi si ipotizzano i seguenti interventi:

- Isolamento delle superfici opache verticali con pannelli in polistirene e grafite
- Schermatura per vetrata sul fronte sud-est
- Sostituzione degli infissi e utilizzo di vetri basso-emissivi

4.2. 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, e rifinitura con vernici riflettenti, restituendo valori di trasmittanza riportati di seguito:

<i>Caratteristiche strutturali parete esterna modificata</i>									
	s	λ	ρ	c	massa frontale	resistenza	hi	he	trasmittanza
	(m)	(W/mK)	(Kg/m ³)	(W/m ² K)	(Kg/m ²)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	(W/m ² K)	(W/m ² K)
							7,7		
INTONACO	0,030	0,40	1000		30	0,075			
BLOCCHI DI TUFO	0,25	0,63	1500		375	0,40			
CAMERA D'ARIA (5 cm)	0,05		1,00	6,400	0,050	0,156			
ISOLANTE (lamina) poliuretano espanso	0,003	0,035	35		0,105	0,09			
PANNELLO PREFABBRICATO in cls	0,12	1,65	2200		264	0,073			
ISOLANTE TERMICO (polistirene e grafite)	0,080	0,030	35		2,80	2,667			
								25	
TOTALE	0,533				671,955	3,623			0,276

4.3. *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 2:

Il secondo 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*

5. ANALISI DEI COSTI

5.1. Stato di fatto

L'analisi dei costi relativamente allo stato attuale è stata effettuata tenendo conto del fatto che l'edificio necessita comunque di una riqualificazione ed integrazione degli impianti. Alla luce di quanto detto, nella tabella riportata di seguito sono indicati i costi relativi ai nuovi impianti considerati:

STATO DI FATTO + PROGETTO IMPIANTI da RTP				
Descrizione	Unità di misura	Quantità	Prezzo (€)	Importo (€)
IMPIANTI				
Rimozione di fancoils	cadauno	184,00	35,00	6.440,00
Unità esterne	cadauno	14		€ 498.573,00
Fancoils	cadauno	131	1.250,00	€ 163.750,00
Rete distributiva	a corpo	131	600,00	€ 78.600,00
Opere realizzazione impianti	a corpo	1	71176,28	€ 71.176,28
Rete gas metano	a corpo	1	57150	€ 57.150,00
TOTALE				€ 875.689,28

5.2. *Intervento 1*

Descrizione	Unità di misura	Quantità	Prezzo (€)	Importo (€)
INVOLUCRO				
Demolizione di muratura di tufo	m ³	412,67	65,00	26.823,55
Demolizione di solaio inclinato	m ²	2.799,50	32,69	91.515,66
Rimozione di infissi (fino a 3mq)	cadauno	26,00	35,00	910,00
Rimozione di infissi (da 5 a 7mq)	cadauno	4,00	77,00	308,00
Rimozione di vetrata	m ²	774,88	15,00	11.623,20
Posa in opera di muratura	m ²	671,17	52,00	34.900,84
Isolamento a cappotto di pareti eseguito con pannelli in polistirene e grafite	m ²	1.729,71	49,06	84.859,57
Intonaco liscio per esterni	m ²	1.729,71	14,00	24.215,94
Fornitura e posa in opera di solaio in latero-cemento	m ²	2.351,20	90,00	211.608,00
Fornitura e posa in opera di infissi in alluminio con vetri basso emissivi	m ²	251,24	400,00	100.496,00
Fornitura e posa in opera di aeratori lineari tipo Renson per infissi in alluminio	cadauno	150,00	123,00	18.450,00
Fornitura e posa in opera di estrattore d'aria	cadauno	4,00	500,00	2.000,00
Fornitura e posa in opera di poliuretano per isolamento solaio di copertura	m ²	631,10	47,00	29.661,70
Fornitura e posa in opera di schermatura solare	a corpo	1,00	40.000,00	40.000,00
Rimozione di fancoils	cadauno	184,00	35,00	6.440,00
TOTALE INVOLUCRO				€ 683.812

IMPIANTI				
Cogeneratore	cadauno	1	1500	€ 45.000,00
Pompa di calore ad assorbimento	cadauno	6	12000	€ 72.000,00
Chiller elettrico	cadauno	1	500	€ 15.000,00
caldaia di integrazione a gas	cadauno	1	200	€ 10.000,00
Collettori parabolici	m ²	100	800	€ 80.000,00
Fancoils	cadauno	131	1.250,00	€ 163.750,00
Rete distributiva	a corpo	131	490,00	€ 64.190,00
Opere realizzazione impianti	a corpo	1	71176,28	€ 71.176,28
Rete gas metano	a corpo	1	57150	€ 57.150,00
TOTALE IMPIANTI				€ 578.266

Il costo totale dell'intervento 1 risulta essere:

Intervento 1				
TOTALE				€ 1.262.079

5.3. Intervento 2

Descrizione	Unità di misura	Quantità	Prezzo (€)	Importo (€)
INVOLUCRO				
Rimozione di infissi (fino a 3mq)	cadauno	26,00	35,00	910,00
Rimozione di infissi (da 5 a 7mq)	cadauno	4,00	77,00	308,00
Isolamento di pareti eseguito con pannelli in polistirene e grafite	m ²	1.729,71	49,06	84.859,57
Intonaco liscio per esterni	m ²	1.729,71	14,00	24.215,94
Fornitura e posa in opera di infissi in alluminio con vetri basso emissivi	m ²	251,24	400,00	100.496,00
Fornitura e posa in opera di aeratori lineari tipo Renson per infissi in alluminio	cadauno	150,00	123,00	18.450,00
Fornitura e posa in opera di estrattore d'aria	cadauno	4,00	500,00	2.000,00
Fornitura e posa in opera di schermatura solare	a corpo	1,00	40.000,00	40.000,00
TOTALE INVOLUCRO				€ 271.240

IMPIANTI				
Cogeneratore	cadauno	1	1500	€ 45.000,00
Pompa di calore ad assorbimento	cadauno	16	12000	€ 192.000,00
Collettori parabolici	m ²	100	800	€ 80.000,00
Fancoils	cadauno	131	1.250,00	€ 163.750,00
Rete distributiva	a corpo	131	490,00	€ 64.190,00
Opere realizzazione impianti	a corpo	1	71176,28	€ 71.176,28
Rete gas metano	a corpo	1	57150	€ 57.150,00
TOTALE IMPIANTI				€ 673.266

Il costo totale dell'*intervento 2* risulta essere:

Intervento 2				
TOTALE				€ 944.506

5.4. Tabelle conclusive

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive degli interventi.

	FTA _R [kWh/a]	FTA _C [kWh/a]	FEP _R [kWh/mq]	FEP _C [kWh/mq]	Costo Energia Termica Risc. [€/anno]	Costo Energia Termica Cond. [€/anno]	Costo Totale Energia [€/anno]	Costo Totale Intervento [€]	Costo Totale Impianti [€]	PayBack [anni]
Stato Attuale + Impianti da RTP	166 421.86	144 116.77	47.07	51.75	14 561.91	17 499.89	32 061.81	0.00	875 689.00	
Intervento 1	78 341.87	56 809.74	30.72	28.29	6 854.91	6 898.33	13 753.24	683 812.46	578 266.00	21
Risparmio	53%	61%								

	FTA _R [kWh/a]	FTA _C [kWh/a]	FEP _R [kWh/mq]	FEP _C [kWh/mq]	Costo Energia Termica Risc. [€/anno]	Costo Energia Termica Cond. [€/anno]	Costo Totale Energia [€/anno]	Costo Totale Intervento [€]	Costo Totale Impianti [€]	PayBack [anni]
Stato Attuale + Impianti da RTP	166 421.86	144 116.77	47.07	51.75	14 561.91	17 499.89	32 061.81	0.00	875 689.00	
Intervento 2	121 170.91	90 665.85	34.27	32.56	10 602.45	11 009.42	21 611.88	271 239.51	673 266.00	7
Risparmio	27%	37%								

	Ph_max	Pc_max	Eh_tot	Ec_tot	fta	fca	costo involucro	costo impianti	costo totale
Stato di fatto + Intervento impianti da RTP	721.68	651.38	166 421.86	144 116.77	37.65	32.61		€ 875 689	€ 875 689
Intervento 1: cappotto, copertura, infissi, demolizione e ricostruzione parete sud + cogeneratore, pompa di calore ad assorbimento, chiller elettrico, caldaia di integrazione	188.68	175.72	78 341.87	56 809.74	24.57	17.82	€ 683 812	€ 578 266	€ 1 262 078
Intervento 2: isolamento superfici verticali, infissi, schermature + cogeneratore, pompa di calore ad assorbimento	650.42	481.49	121 170.91	90 665.85	28.44	21.28	€ 357 417	€ 673 266	€ 1 030 683
Intervento 3: isolamento solai copertura cls, infissi, schermature + cogeneratore, pompa di calore ad assorbimento	666.39	424.54	189 185.63	55 055.06	44.41	12.92	€ 263 980	€ 685 266	€ 949 246

Questa prima parte dello studio di fattibilità è stato condotto in collaborazione con la società Sistema s.r.l..

6. PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA E FUNZIONALE

A valle di questo studio preliminare è stato avviato una collaborazione con lo studio di architettura Modostudio, che ha condotto la progettazione architettonica, strutturale e la pianificazione delle lavorazioni. Questo studio è stato realizzato al fine di individuare i possibili interventi per:

- rifunzionalizzare le aree interne all'edificio tenendo in debita considerazione le esigenze attuali dovute ad esistenti strutture di ricerca amovibili;
- aumentare le superfici interne tramite la creazione di soppalchi ad uso ufficio;
- adeguare l'involucro esterno dell'edificio alle esigenze di confort interno e di miglioramento dei livelli di consumo energetico tenendo in debito conto le indicazioni tecniche fornite dai tecnici Enea al fine di individuare le migliori soluzioni;
- miglioramento funzionale delle aree esterne adiacenti l'edificio.

6.1. *Stato attuale dell'edificio*

Nella sua conformazione l'edificio risulta costituito da 4 corpi di fabbrica ciascuno costituito da due livelli oltre ad un piano interrato non utilizzato. I 4 corpi di fabbrica sono uniti tra di loro tramite tre connessioni su due livelli.

Al piano terra si trova un largo corridoio che consente l'accesso sul lato sud ad uffici e laboratori, mentre sul lato nord si trovano laboratori a doppia altezza attualmente utilizzati in gran parte per ospitare container prefabbricati nei quali vengono ospitati microscopi di altissima precisione.

Al primo piano un largo corridoio consente l'accesso agli uffici posto al lato sud.

Sempre sul lato sud una passerella esterna dotata di scale collega tutti i corpi di fabbrica dell'edificio.

La struttura della copertura inclinata che sovrasta il grande corridoio del primo piano ed i laboratori a doppia altezza è costituita da una struttura reticolare spaziale che sostiene un pannello sandwich di copertura.

I laboratori open space risultano essere utilizzati in modo improprio con la necessità per i ricercatori che li utilizzano di dover creare spazi più intimi tramite divisori provvisori realizzati con armadi o pannelli non idonei a questo scopo.

Oltre a ciò i laboratori risultano illuminati soltanto dall'alto e non hanno finestrate che consentano una visibilità dell'esterno. Gli impianti di climatizzazione risultano a volte assenti ed a volte mal funzionanti rendendo il luogo di lavoro particolarmente poco godibile soprattutto nelle stagioni più calde.

Gli uffici sul lato sud hanno notevoli problemi di vivibilità essendo del tutto finestrati. Le scale esterne che collegano sul lato sud il primo piano con l'esterno risultano in pessimo stato di conservazione. Gli infissi lungo tutto il lato nord che legano il tetto con i pannelli verticali non sono a taglio termico ed inoltre presentano diverse aperture che permettono l'ingresso di volatili.

6.2. *Proposta di intervento*

L'intervento proposto quindi tende a risolvere i problemi sopra citati tramite una serie di interventi da attuare per fasi temporali:

I servizi igienici del piano terra vengono modificati così da accogliere per ogni blocco un servizio igienico per i diversamente abili.

Vengono creati nei due spazi di collegamento tra i corpi di fabbrica equidistanti dalla mezzera dell'edificio rispettivamente un ascensore montacarichi.

L'ingresso principale all'edificio viene spostato nell'atrio più a ovest in diretta connessione con il nuovo parcheggio.

La parte nord degli altri due atri, quello centrale e quello del lato est vengono destinati a sale meeting e conferenza, mentre rimangono liberi tutti gli accessi sud verso il giardino.

Al primo piano, al fine di recuperare aree per uffici vengono realizzati soppalchi che parzialmente vanno a coprire i laboratori open space per una profondità di 4,5 metri.

Tali soppalchi, realizzati solo nei laboratori in cui è previsto lo smantellamento di microscopi di precisione e dei loro contenitori, definiscono al piano terra delle aree di altezza netta di 3,15 metri da utilizzarsi come sale meeting od uffici a supporto dei laboratori a doppia altezza.

Oltre migliorare ed ottimizzare il layout interno, una serie di interventi incrementano la vivibilità interna.

Grazie ad una serie di lucernari i nuovi soppalchi acquistano maggiore luminosità, così come la creazione di lucernari posizionati a pavimento del corridoio del primo livello consentono un incremento della illuminazione naturale dei grandi corridoi posti a piano terra, che vengono inoltre controsoffittati per il passaggio di tutta l'impiantistica.

I laboratori così come i nuovi soppalchi vengono dotati di pavimento sopraelevato così da garantire la maggiore flessibilità degli impianti.

Oltre a ciò, sempre nei laboratori, vengono sostituiti gli attuali portoni ciechi con portoni vetrati che garantiscono una maggiore luminosità agli ambiente ed una migliore vivibilità consentendo ai ricercatori di poter lavorare in uno spazio con un contatto visivo verso l'esterno.

Per quanto riguarda il comfort ambientale interno, un sistema di aria primaria che dal piano seminterrato attraverso il pavimento galleggiante del piano terra affluisce ai laboratori a doppia altezza, un sistema di pannelli radianti a soffitto ed un sistema di ripresa canalizzato garantiscono la migliore climatizzazione. Le altre aree del fabbricato mantengono il sistema a fancoil esistente.

L'intervento comunque più consistente finalizzato al miglioramento del comfort ambientale interno è tramite la realizzazione di diversi interventi sull'involucro esterno.

Sui lati est, ovest e nord viene coibentato il rivestimento attuale con un cappotto costituito dal posizionamento di pannelli isolanti in polistirene e grafite fissati sulla parete stessa e poi schermati da una pannellatura in lamiera stirata fissata alla parete esistente con una sottostruttura in acciaio zincato.

Sul lato sud al piano terra i blocchi uffici vengono rivestiti dalla lamiera stirata come sulla parete nord ma senza il posizionamento di un pannello isolante così da ombreggiare diffusamente la parete esistente.

Al primo livello sul lato sud vengono posizionati al bordo esterno della passerella che collega tutti gli uffici verso l'esterno tra di loro una serie di lamelle frangisole verticali posizionate lungo l'asse nord-ovest sud-est al fine consentire il passaggio di luce indiretta ma di impedire il passaggio dei raggi solari nelle ore più calde della giornata.

Le scale esterne vengono ridisegnate al fine di conferire un'immagine più unitaria all'intera opera di ridisegno dei prospetti esterni.

Tutte le coperture subiscono un intervento relativo al posizionamento di isolante esterno tipo polistirene e grafite.

Oltre a ciò lungo tutto l'asse sud vengono posizionati al colmo del tetto inclinato una serie di pannelli fotovoltaici a film sottile che garantiscono una congrua produzione di energia elettrica.

Per quanto riguarda le sistemazioni esterne una migliore accessibilità all'edificio viene garantita attraverso la proposta di ampliamento dell'area a parcheggio sul lato nord. Tali parcheggio, i cui posti auto sono protetti da una copertura con pannelli fotovoltaici a film sottile.

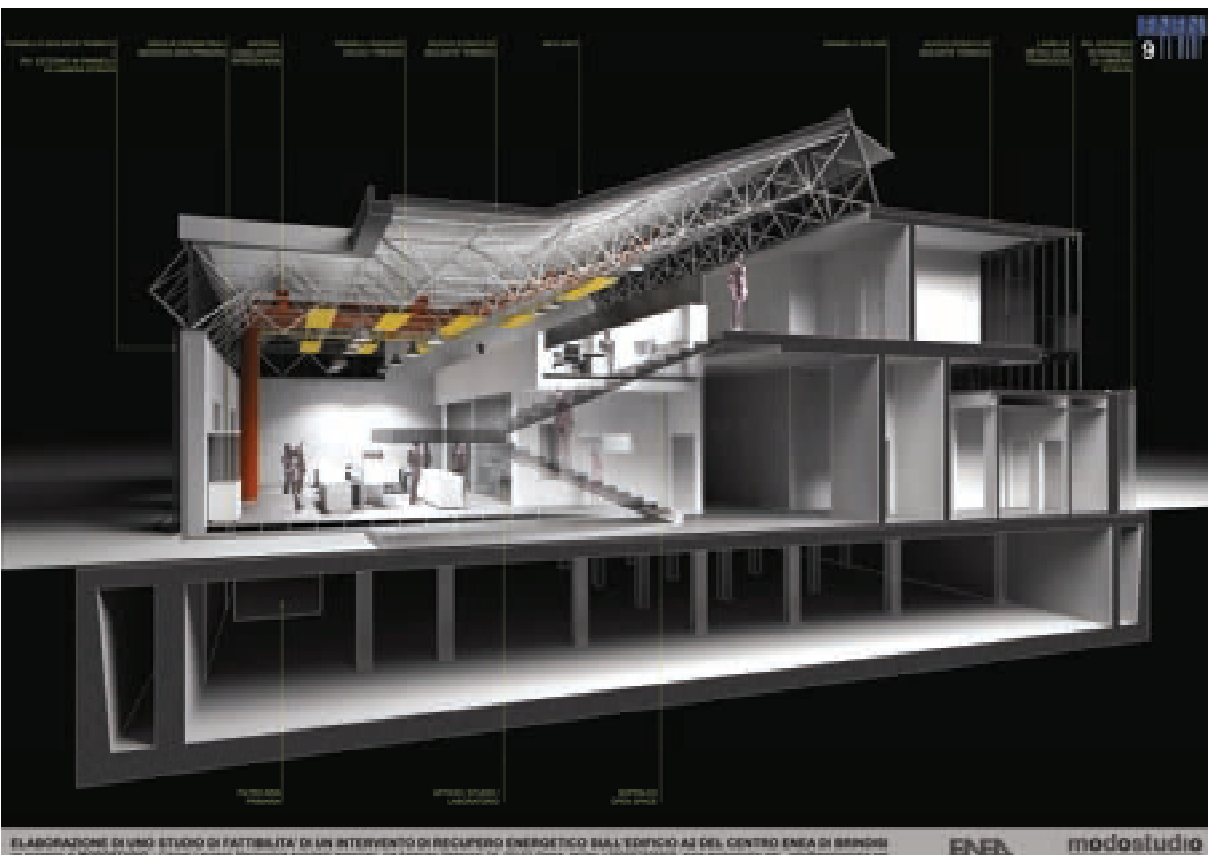
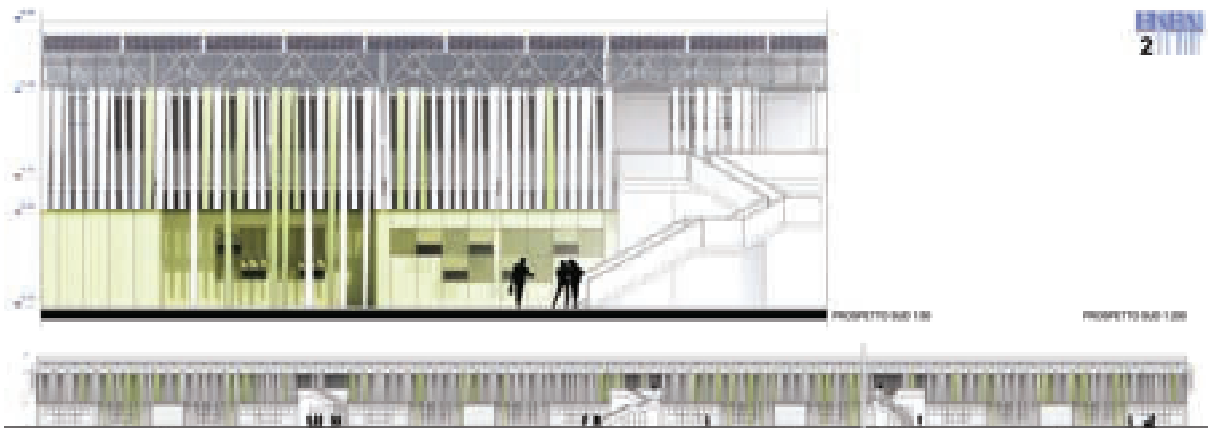
L'ingresso all'edificio viene risaltato dall'inserimento di una pensilina metallica.

Gli interventi proposti, realizzati per fasi temporali, potranno sicuramente adeguare l'edificio alle esigenze ed alle necessità di chi vi lavora, migliorando, tramite gli interventi proposti sui rivestimenti esterni non solo il comfort ambientale interno, ma anche l'immagine dell'edificio.

Le modifiche interne, che tendono a ottimizzare il rapporto tra spazi di distribuzione ed aree di lavoro, e la climatizzazione interna vogliono anche incrementare la qualità degli spazi interni rendendoli più gradevoli ed adatti ad un luogo di lavoro.

Tale collaborazione ha fornito come risultati:

- disegni e grafici contenenti tutte le informazioni necessarie alla piena comprensione dell'intervento
- modello tridimensionale (su PC) del progetto
- produzione di viste fotorealistiche interne ed esterne delle varie proposte progettuali
- quadro economico
- plastico di stralcio di fabbricato in scala 1:50 con esecuzione di particolari architettonici per la piena comprensibilità dell'edificio
- video in formato PAL risoluzione 720x576 (25fpm) del modello rendering



6.3. *Analisi energetica ed economica della proposta di intervento*

Sulla base delle proposte fatte dagli architetti sono state ripetute alcune simulazioni sul modello dell'edificio modificato e i risultati della variazione di consumo dell'edificio possono evidenziarsi nella penultima colonna della seguente tabella:

	EnDem_H kWh/a	EnDem_C kWh/a	FEP_H kWh/a	FEP_C kWh/a	FEP_H kWh/mc a	FEP_C kWh/mc a
Stato attuale	^{223,900} 223,900	209,200	286,206	287,923	10,22	10,32
Interventi necessari	180,800	170,600	165,741	81,587	5,94	5,61
Ecobuilding	113,200	77,100	102,676	29,669	3,68	2,92
Ecobuilding + PV	113,200	77,100	60,109	287,923	2,92	2,16
Ecobuilding + PV + SC	113,200	77,100	32,253	81,587	1,92	1,06

PV : impianto fotovoltaico, SC: impianto di solar cooling

FEP_{lim} = 7,12 kWh/mc
Limite Classe A = 3,56 kWh/mc

Dai risultati espressi in tabella si vede come l'intervento "Ecobuilding + PV + SC", permette di ridurre in maniera significativa il consumo dell'edificio portando lo stesso da una classe E (FEP= 10.22 KWh/mc) ad una classe A+ (FEP=1.92 KWh/mc).

Considerazione di tipo economico in relazione alla variazione costo del chilowattora a seguito dei vari tipi di interventi ci porta a dire che l'intervento "Ecobuilding + PV + SC" è il più vantaggioso tra quelli esaminati dal punto di vista dei costi, come si evince dai risultati espressi nella seguente tabella, dove vengono estrapolati i costi non relativi ai consumi energetici.

	Costo Energia Totale Annuale	Costo intervento	Inc %	En. Primaria consumata TEP/anno	Risparmio Energia Primaria %	En. Primaria risparmiata (in 30 anni) kWh	Costo del kWh risparmiato (in 30 anni)

Stato attuale con splits	€ 43,731	-		63.2	0	0	0
Progetto RTP + Interventi necessari	€ 31,210	€ 1,276,725		41.6	34	7,525,477	0.170
Ecobuilding	€ 18,186	€ 2,118,627	66	26.3	58	12,879,866	0.065
Ecobuilding + PV*	€ 10	€ 2,243,127	6	19.0	70	15,433,847	0.046
Ecobuilding + PV + SC*	-€ 2,917	€ 2,298,127	2	13.9	78	17,188,596	0.044

	Totale € x 1000 Costo intervento	Costo a m ² € x 1000	Di cui impianti €x1000	Extracosti €x1000	Di cui impianti €x100
Interventi urgenti	1,277	252	1,076	-	-
Ecobuilding	2,119	418	1,374	842	298
Ecobuilding + PV	2,243	442	1,498	966	423
Ecobuilding + PV+SC	2,298	453	1,553	1,021	478

- Superficie utile 5070 m²
- (*) Superficie aumentata di 737m²
- PV : impianto fotovoltaico, SC: impianto di solar cooling

Infine si riportano nella tabella seguente i costi totali, compresi quelli non direttamente correlabili ai consumi energetici.

	Totale € x 1000 Costo intervento	Costo a m ² € x 1000	Di cui impianti €x1000	Extracosti €x1000	Di cui impianti €x100
Ecobuilding + PV + SC+ Scale+sopplachi+po rte a vetri	2,557	440 (*)	1,553	1,280	478
Ecobuilding completo+ristruttura zione interni	4,006	690 (*)	1,553	2,729	478