Estetica dell'Ingegnere, Architettura, due cose solidali, conseguenti, l'una in piena fioritura, l'altra in penoso regresso.

L'ingegnere, ispirato dalla Legge dell'Economia e guidato dal calcolo, ci mette in comunicazione con le leggi dell'universo. Raggiunge l'armonia.

L'architetto, organizzando le forme, realizza un ordine che è pura creazione della sua mente; attraverso le forme, colpisce con intensità i sensi, e, provocando emozioni plastiche attraverso i rapporti che egli crea, risveglia in noi risonanze profonde, ci dà la misura di un ordine partecipe dell'ordinamento universale, determina movimenti diversi del nostro spirito e del nostro cuore; è qui che avvertiamo la bellezza.

Le Corbusier, Verso una Architettura.

INDICE

INTRODUZIONE Pag. 1

CAPITOLO 1 **La normativa di riferimento e la diagnosi energetica degli edifici** Pag. 3

1.1 La certificazione energetica degli edifici Pag. 4

1.2 La direttiva europea 2002/91/CE Pag. 5

1.3 Com'è stata recepita la 2002/91/CE a livello nazionale italiano: d.lgs. 192/2005 Pag. 6

1.3.1 La certificazione energetica degli edifici diventa obbligatoria Pag. 8

1.3.2 Attestato di qualificazione energetica e attestato di certificazione energetica Pag. 9

1.4 I provvedimenti attuativi del d.lgs. 192/2005

1.4.1 Il d.lgs. 115/2008 Pag. 11

1.4.2 Il primo provvedimento attuativo: il d.P.R. 59/2009 Pag. 12

1.4.3 Il secondo provvedimento attuativo: le linee guida sulla certificazione energetica degli edifici Pag. 13

1.4.4 L'indice di prestazione globale EP_{gl} Pag. 16

1.5 Le normative per la certificazione energetica Pag. 18

1.6 Le normative regionali Pag. 19

1.7 Le UNI/TS 11300:2008 Pag. 22

1.8 Il calcolo delle prestazioni energetiche Pag. 24

1.8.1 Climatizzazione invernale Pag. 25

1.8.2 Climatizzazione estiva Pag. 32

1.8.3 Produzione di acqua calda sanitaria Pag. 34

1.8.4 Il calcolo dell'energia primaria Pag. 35

CAPITOLO 2 **Presentazione degli edifici oggetto di studio e metodologia di analisi** Pag. 37

2.1 Il Palazzo degli Stemmi Pag. 37

2.2 Palazzo Nuovo Pag. 41

2.3 Facoltà di Chimica e Farmacia Pag. 43

2.4 Il metodo di analisi Pag. 45

CAPITOLO 3 **Palazzo degli stemmi** Pag. 47

3.1 Il sopralluogo Pag. 47

3.2 Le zone termiche Pag. 49

3.3 Il calcolo dei fabbisogni Pag. 51

3.3.1 I risultati del calcolo: il fabbisogno netto per il riscaldamento Pag. 55

3.3.2 I risultati del calcolo: il fabbisogno netto per il raffrescamento Pag. 57

3.3.3 I risultati del calcolo: il fabbisogno di acqua calda sanitaria Pag. 59

3.4 I consumi, il fabbisogno di energia primaria e i costi Pag. 60

3.5 Le proposte di intervento Pag. 61

3.5.1 La sostituzione dei serramenti Pag. 62

3.5.2 La sostituzione delle caldaie e l'isolamento della soletta verso il piano interrato Pag. 66

3.5.3 La sostituzione dei serramenti, delle caldaie e l'isolamento della soletta verso l'interrato Pag. 72

CAPITOLO 4 **Palazzo Nuovo** Pag. 77

4.1 Il sopralluogo Pag. 77

4.2 Le zone termiche Pag. 79

4.3 Il calcolo dei fabbisogni Pag. 81

4.3.1 I risultati del calcolo: il fabbisogno netto per il riscaldamento Pag. 85

4.3.2 I risultati del calcolo: il fabbisogno netto per il raffrescamento Pag. 87

4.3.3 I risultati del calcolo: il fabbisogno di acqua calda sanitaria Pag. 89

4.4 I consumi, il fabbisogno di energia primaria e i costi Pag. 89

4.5 Le proposte di intervento Pag. 91

4.5.1 La sostituzione dei serramenti Pag. 92

4.5.2 L'isolamento dei tetti piani e dei fronti minori opachi Pag. 97

4.5.3 La sostituzione dei serramenti, l'isolamento dei tetti piani e dei fronti minori opachi Pag. 103

CAPITOLO 5 **La Facoltà di Chimica e Farmacia** Pag. 108

5.1 Il sopralluogo Pag. 108

5.2 Il percorso contrario: dai consumi ai fabbisogni Pag. 110

5.3 Le proposte di intervento Pag. 112

5.3.1 La sostituzione dei serramenti Pag. 112

5.3.2 L'isolamento dei solai di copertura e della soletta verso l'interrato Pag. 114

5.3.3 La sostituzione dei serramenti, l'isolamento dei solai di copertura e della soletta verso l'interrato Pag. 116

CAPITOLO 6 **Analisi comparativa** Pag. 117

6.1 Palazzo degli Stemmi Pag. 118

6.2 Palazzo Nuovo Pag. 120

6.2.1 La sostituzione dei serramenti: confronto tra Palazzo degli Stemmi e Palazzo Nuovo Pag.122

6.3 Facoltà di Chimica e Farmacia Pag. 123

CAPITOLO 7 **Conclusioni** Pag. 125

ALLEGATO A **Palazzo degli Stemmi** Pag. 127

ALLEGATO B **Palazzo Nuovo** Pag. 140

ALLEGATO C **Facoltà di Chimica e Farmacia** Pag. 155

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

INTRODUZIONE

I grandi Poli Universitari vengono spesso utilizzati per sponsorizzare una città, un po' come può succedere con le grandi industrie o le opere artistiche ed architettoniche. A Torino sono due gli Atenei che si contendono l'attenzione: il Politecnico di Torino e l'Università degli Studi di Torino.

In questi ultimi anni (dal 2002 per la precisione), l'Università degli Studi di Torino ha dato il via ad una serie di interventi per apportare le giuste migliorie agli edifici di sua proprietà. Attualmente alcuni lavori sono già conclusi (ad esempio: il Palazzo del Rettorato ed il Polo di Economia), altri sono in corso d'opera (il Palazzo Campana e il Campus Luigi Einaudi di Giurisprudenza e Scienze Politiche), e ne sono previsti di futuri.

Il mio lavoro nasce sulla base di una tesi precedente: "Verso il piano regolatore energetico degli edifici dell'Università di Torino"[1] di Manuela Rosso. Questa tesi voleva essere un supporto tecnico per la creazione di un catasto energetico del patrimonio edilizio dell'Università di Torino. Ventuno edifici del complesso furono analizzati e messi a confronto, per definirne i parametri prestazionali e valutarne il comportamento energetico. Il primo *step* è un'analisi di primo livello: tramite una procedura vengono elaborati i dati dimensionali ed energetici di ogni singolo edificio. Da qui si ricaverà una scheda tecnica della costruzione, che riguarderà sia gli aspetti energetici, sia quelli economici ed ambientali. L'insieme delle schede di tutti gli edifici andrà a creare il catasto energetico. Da qui sarà possibile individuare le sedi più critiche, per le quali saranno predisposti dei piani di monitoraggio di secondo livello, più dettagliati, sulla quale si imposteranno gli interventi di riqualificazione.

[1] Anno Accademico: 2011/2012. Relatori: Prof. Stefano Paolo Corgnati, Ing. Novella Talà, Ing. Andrea Tartaglino.

Da questa base prende corpo la mia tesi: furono scelti tre edifici da analizzare in maniera più approfondita. La scelta è ricaduta su: Palazzo degli Stemmi, Palazzo Nuovo e la sede delle Facoltà di Chimica e Farmacia.

La procedura di analisi portata avanti nel mio lavoro è comune per i primi due edifici (Palazzo degli Stemmi e Palazzo Nuovo), mentre per le Facoltà di Chimica e Farmacia è stato leggermente cambiato l'approccio. Come si potrà vedere dai capitoli a seguire, nei primi due casi si è andati ad analizzare in primo luogo l'involucro edilizio e gli impianti, definendo il comportamento degli edifici e i relativi fabbisogni. Da questi dati abbiamo poi ricavato i consumi e i costi, confrontandoli con quelli "da bolletta" contenuti nella tesi di Manuela Rosso. Per il terzo edificio invece, è stato fatto un paragone tra le sedi di Chimica e Farmacia e Palazzo degli Stemmi. Senza alcuna analisi a livello di involucro edilizio, ma basandoci solamente sui dati "da bolletta" e sulle caratteristiche in comune con l'altro edificio, abbiamo ricavato dei dati che possono caratterizzare adeguatamente l'edificio.

Gli argomenti di questa tesi sono così organizzati in capitoli. Nel primo capitolo vengono presentate le normative principali che riguardano l'analisi e la certificazione energetica degli edifici. Nel capitolo secondo vengono descritti gli edifici oggetto di studio, e il metodo di indagine e di analisi utilizzato. Il terzo, il quarto e il quinto capitolo sono incentrati ognuno su uno degli edifici studiati: Palazzo degli Stemmi, Palazzo Nuovo e la Facoltà di Chimica e Farmacia. In questi capitoli vengono presentati i risultati delle analisi e gli interventi proposti per ognuno di essi. Il capitolo sesto vuole essere un'analisi comparativa dei risultati ottenuti su ogni singolo edificio. Infine l'ultimo capitolo conclusivo riassume i lavori svolti e soprattutto i risultati che ne sono derivati.

CAPITOLO 1:
LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO E LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Il concetto di efficienza energetica ha faticato non poco ad imporsi nel settore edilizio italiano. Ad intralciare la sua diffusione furono la mancanza di convinzione istituzionale, il limitato interesse di progettisti, costruttori e proprietari di immobili ed anche la resistenza di alcuni produttori di materiali edili. Ciò che mancava sostanzialmente era la richiesta di qualità energetica, che sarebbe dovuta partire dagli utenti, ancora poco sensibili e poco informati su queste tematiche.

Le conseguenze di tutto questo sono chiaramente visibili: l'Italia, è risaputo, ha un patrimonio edilizio con prestazioni molto scadenti, che ci colloca agli ultimi posti nelle graduatorie europee. Questo va a colpire il cittadino in modo assai diretto, perché si riflette nelle alte spese di climatizzazione di coloro che abitano gli immobili.

Negli ultimi anni è però iniziata un'inversione di tendenza. L'Italia si è presa degli impegni, a livello sia europeo che mondiale, che ci obbligheranno ad intervenire in maniera decisa. Si è iniziato sempre di più a parlare di riqualificazione energetica, di certificazione energetica e di riduzione delle emissioni di anidride carbonica.

1.1 La certificazione energetica degli edifici

La certificazione energetica degli edifici negli ultimi anni ha ottenuto sempre maggior rilievo, sia a livello nazionale che europeo. Il fine era quello di creare normative che definissero i domini di intervento e le modalità di applicazione. Per capire cosa si intende per certificazione energetica, bisogna immaginarla come un iter che comprende una serie di attività finalizzate alla redazione di un documento, che è appunto l'attestato di certificazione energetica (in breve ACE). Quest'ultimo è concepito come uno strumento facilmente leggibile che indica le principali informazioni sul comportamento energetico dell'edificio a cui fa riferimento. Da queste informazioni ricaviamo i possibili punti deboli dell'immobile, da cui possono partire idee per interventi di riqualificazione e miglioramento energetico, sempre basandosi su un'analisi costi – benefici.

Il vantaggio della certificazione energetica è la possibilità di conoscere a priori la qualità energetica di un edificio, in fase di compravendita. Abbiamo quindi un aumento della trasparenza del mercato immobiliare, perchè il comportamento energetico dell'immobile è a disposizione di tutti e permette di operare scelte sicure, o quantomeno di prevedere con sicurezza i futuri costi di gestione per la climatizzazione. Quindi, se per alcune persone la certificazione energetica risulta l'ennesimo obbligo normativo di cui occuparsi, in realtà rappresenta un'ottima opportunità per valorizzare il proprio immobile sul mercato (se la classe energetica risulta buona), oppure in caso contrario un incentivo per decidersi a rivalorizzare l'immobile, con interventi mirati che lo rendano di nuovo interessante. Alla fine si arriverebbe ad un miglioramento della qualità edilizia del paese, si ridurrebbero i consumi energetici e le emissioni di gas nocivi, orientando inoltre alla scelta di soluzioni tecnologiche meno inquinanti.

Nei prossimi paragrafi verrà presentato il quadro normativo di riferimento in materia di certificazione energetica degli edifici, analizzandone i diversi "livelli": europeo, nazionale, regionale.

1.2 La direttiva europea 2002/91/CE

Il 16 Dicembre 2002 il Parlamento e il Consiglio dell'Unione Europea hanno emanato la direttiva n. 91 sul rendimento energetico nell'edilizia; il fine era quello di ridurre i consumi di energia. Per capire la grande importanza che questa normativa aveva, basti pensare che il settore residenziale e il terziario rappresentano il 40% dei consumi totali dell'Unione Europea; inoltre, per fermare il surriscaldamento del pianeta era necessario porre dei freni alle emissioni di gas ad effetto serra. Questa direttiva si inserisce tra le iniziative della CE volte a limitare i cambiamenti climatici[1] e ad assicurare un ininterrotto approvvigionamento energetico; tutto questo perché la Comunità risulta fortemente dipendente da fonti energetiche esterne, e parallelamente sono in aumento le emissioni di gas ad effetto serra.

Altro elemento da considerare è il Piano d'Azione del Consiglio Europeo denominato "Una politica energetica per l'Europa", che ha fissato alcuni traguardi da raggiungere: entro il 2020 si dovranno ridurre del 20% le emissioni di anidride carbonica, migliorare del 20% l'efficienza energetica dell'UE, incrementare fino al 20% la percentuale di energia ricavata da fonti rinnovabili.

Risulta a questo punto chiaro che la strategia europea è improntata su due punti: agire sulla domanda, con un miglioramento dell'efficienza energetica e conseguente riduzione dei consumi di energia, e promuovere l'utilizzo e lo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili, col fine di ridurre l'impatto ambientale dell'attività antropica.

Ritornando alla Direttiva 2002/91/CE, è importante sottolineare che riguarda il settore residenziale e terziario; alcuni edifici sono però esclusi dall'applicazione delle regole per la certificazione[2], come quelli storici, i siti industriali, ecc. Sin dall'inizio, viene posto l'obiettivo di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici, tenendo conto delle condizioni climatiche esterne e dell'efficacia sotto il profilo dei costi. Tutto questo viene fatto seguendo una serie di punti chiave: definendo una metodologia di calcolo dell'efficienza energetica degli edifici (art. 3), applicando requisiti minimi riguardo il rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione (art. 5) e di quelli esistenti di grande metratura sottoposti a grandi ristrutturazioni (art. 6), la certificazione

[1] Per rispettare gli impegni assunti con il Protocollo di Kyoto.

[2] Dir. 2002/91/CE, art.4

energetica degli edifici (art. 7) e l'ispezione periodica di caldaie e dei sistemi di condizionamento dell'aria negli edifici (art. 8).

Un aspetto che viene fortemente evidenziato è che la prestazione energetica calcolata esprime la quantità di energia necessaria a soddisfare i diversi bisogni dell'edificio preso in considerazione; quindi il riscaldamento ambientale e dell'acqua sanitaria, il raffrescamento, l'illuminazione (considerando un uso standard dell'edificio). Degli indicatori andranno a tenere conto della coibentazione, delle caratteristiche tecniche degli elementi, della progettazione globale, della posizione e dei relativi aspetti climatici, come anche della generazione propria di energia. La metodologia di calcolo può essere stabilita a livello nazionale o anche regionale; il punto fondamentale è che il rendimento energetico dell'edificio venga espresso in modo chiaro, trasparente, indicando anche le emissioni di CO_2, ricordandosi a scadenze regolari (circa 5 anni) di rivedere i requisiti, eventualmente aggiornandoli.

Viene poi trattata la tematica relativa a chi debba occuparsi della compilazione di questo attestato di certificazione energetica, facendo leva essenzialmente su due aspetti: competenza e indipendenza (esperti indipendenti). Quindi la certificazione, l'ispezione delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria deve essere svolto da esperti qualificati e/o riconosciuti. Il riconoscimento di queste competenze dovrebbe essere stabilita a livello nazionale, delegando alle regioni il compito di gestire i nominativi e la verifica delle capacità, con iscrizione di coloro ritenuti idonei su appositi albi o elenchi di certificatori energetici.

1.3 Come è stata recepita la 2002/91/CE a livello nazionale italiano: d.lgs. 192/2005

In Italia la direttiva 2002/91/CE è stata recepita mediante il decreto legislativo n. 192 del 19 agosto 2005 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia", entrato ufficialmente in vigore l'8 ottobre 2005. La principale finalità di questo decreto è quella di stabilire criteri, condizioni e modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici, per favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica. L'obiettivo da

raggiungere è la limitazione delle emissioni di gas a effetto serra per il protocollo di Kyoto. Elenchiamo qui di seguito quali sono le tematiche disciplinate dal d.lgs. 192/2005:

- La metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
- L'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazione energetica degli edifici;
- 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 attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali, oltre alla formazione e all'aggiornamento degli operatori del settore.

Successivamente, questo decreto verrà poi integrato e modificato col d.lgs. 311/2006, ma la sua applicazione rimane sempre orientata alla progettazione e realizzazione di edifici di nuova costruzione e dei relativi impianti, oltre alle opere di ristrutturazione degli edifici ed impianti esistenti, ed all'esercizio, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici. Sono esclusi dall'applicazione del decreto gli edifici di interesse storico, quelli industriali, artigianali e agricoli[3], fabbricati con superficie utile inferiore a 50 m^2 e gli impianti installati ai fini di un certo processo produttivo. Il decreto descrive i requisiti minimi da rispettare in materia di efficienza energetica, in base ai differenti livelli di applicazione:

- Integrale per tutto l'edificio (per nuova costruzione o ristrutturazione di stabili con superficie utile superiore ai 1000 m^2);
- Integrale ma limitata al solo intervento di ampliamento volumetrico (se superiore al 20% dell'intero edificio);
- Limitata al rispetto dei parametri solo per alcuni elementi, nel caso di interventi su edifici esistenti (ristrutturazioni totali o parziali di stabili con superficie utile minore o uguale a 1000 m^2 ed ampliamenti meno importanti, nuova installazione di impianti termici o sostituzione di generatori di calore).

[3] Ambienti che sono riscaldati per motivi connessi ai processi produttivi.

1.3.1 La certificazione energetica degli edifici diventa obbligatoria: art. 6 del d.lgs. 192/2005

La direttiva 2002/91 prevedeva la certificazione energetica degli edifici, e all'interno del d.lgs 192/2005 viene prescritta nell'art. 6[4]:

"Entro un anno dalla data di entrata in vigore del presente decreto, gli edifici di nuova costruzione e quelli esistenti per i quali è prevista una ristrutturazione integrale degli elementi edilizi dell'involucro o una demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di edifici esistenti con superficie utile superiore ai 1000 m^2 sono dotati, al termine della costruzione medesima ed a cura del costruttore, di un attestato di certificazione energetica, redatto secondo i criteri e le metodologie da emanarsi con uno o più decreti del Presidente della Repubblica entro 120 giorni dall'entrata in vigore del d.lgs 192.

L'obbligo di certificazione energetica si applica inoltre anche nei seguenti casi e con la seguente gradualità temporale e con onere a carico del venditore o, in caso di locazione, del locatore:

a) *A decorrere dal 1° luglio 2007, agli edifici di superficie utile superiore a 1000 m^2, nel caso di trasferimento a titolo oneroso dell'intero immobile;*
b) *A decorrere dal 1° luglio 2008, agli edifici di superficie utile fino a 1000 m^2, nel caso di trasferimento a titolo oneroso dell'intero immobile con l'esclusione delle singole unità immobiliari;*
c) *A decorrere dal 1 luglio 2009 alle singole unità immobiliari, nel caso di trasferimento a titolo oneroso."*

Per la certificazione di appartamenti nei condomini, il decreto fa riferimento a quanto previsto nella direttiva europea; abbiamo quindi due casi:

- Fare una certificazione comune dell'intero edificio, per i condomini dotati di un impianto termico comune;

[4] Già all'interno della legge n.10 del 9 gennaio 1991 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia" si parlava di certificazione energetica degli edifici e si prevedevano con ampio anticipo le disposizioni che ritroveremo poi nella direttiva n. 91/2002 prima, e nel d.lgs. 192/2005 poi. Unica grande differenza: la durata dell'Attestato di Certificazione Energetica (ACE); nella legge 10/91 valeva solo per 5 anni.

- Fare la valutazione di un altro appartamento rappresentativo di quello in esame, ovviamente dello stesso condominio e della stessa tipologia.

A partire dal 1° gennaio 2007, l'attestato di certificazione energetica dell'edificio o dell'unità immobiliare interessata è necessario per accedere agli incentivi ed alle agevolazioni di qualsiasi tipo. A decorrere dal 1° luglio 2007, tutti i contratti, nuovi o rinnovati, relativi alla gestione degli impianti termici o di climatizzazione degli edifici pubblici, o nei quali figura come committente un soggetto pubblico, devono prevedere l'attestato di certificazione energetica dell'edificio o dell'unità immobiliare, entro i primi sei mesi di vigenza contrattuale, con predisposizione e esposizione al pubblico della targa energetica. L'attestato ha validità di 10 anni e dovrà essere allegato all'atto di compravendita, nei casi di trasferimento a titolo oneroso o di locazione. Inoltre si legge al comma 9 dell'articolo 6 che "*entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, il Ministro delle attività produttive […], avvalendosi delle metodologie di calcolo definite con i decreti di cui all'articolo 4, comma 1, e tenuto conto di quanto previsto nei commi precedenti, predispone Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, sentito il CNCU*[5]*, prevedendo anche metodi semplificati che minimizzino gli oneri*".

1.3.2 Attestato di qualificazione energetica e attestato di certificazione energetica: differenze e utilizzi.

È obbligatorio presentare il certificato energetico dall'8 ottobre 2006, quindi con un anno di ritardo rispetto all'entrata in vigore del d.lgs. 192/2005. In quest'ultimo decreto, all'art. 6 comma 9, erano previste le linee guida nazionali, che sarebbero entrate in vigore il 24 giugno 2009. Sino ad allora, l'attestato di certificazione energetica fu momentaneamente sostituito dall'attestato di qualificazione energetica, introdotto dal d.lgs. 26 dicembre 2006, n.311 (allegato A comma 2, articolo 8 comma 2).

[5] Consiglio Nazionale dei Consumatori e degli Utenti.

L'attestato di qualificazione energetica è un documento redatto da un professionista abilitato *"non necessariamente estraneo alla proprietà, alla progettazione o alla realizzazione dell'edificio […]"*; al suo interno sono riportati i fabbisogni di energia primaria di calcolo, la classe di appartenenza dell'edificio (o dell'unità immobiliare)[6] e i valori massimi ammissibili fissati dalla normativa in vigore (per la tipologia di edificio in esame o nel caso di assenza di tali limiti, paragonandolo ad un edificio identico di nuova costruzione). Tale attestato è facoltativo al di fuori di quanto previsto dall'articolo 8 comma 2; può essere richiesto dall'interessato al fine di semplificare il rilascio della certificazione energetica. Inoltre, l'attestato comprende l'indicazione di possibili interventi migliorativi, segnalando i passaggi di classe che tali interventi porterebbero.

Il professionista abilitato, che è stato citato alcune righe sopra, e a cui si fa riferimento nell'allegato A del d.lgs. 311/2006, è il direttore dei lavori. Egli infatti deve asseverare la conformità delle opere realizzate rispetto al progetto e alle sue varianti, la relazione tecnica e l'attestato di qualificazione energetica dell'edificio come è stato realizzato. Tutto questo deve essere presentato al comune di competenza, unitamente alla dichiarazione di fine lavori. Il decreto prevede sanzioni per false attestazioni o per omessa presentazione.

Il costruttore deve consegnare al proprietario l'originale della certificazione energetica (o in sua mancanza, l'attestato di qualificazione energetica); qualora non lo facesse, è punito con una sanzione amministrativa non inferiore a 5.000 Euro e non superiore a 30.000 Euro (art.15 comma 7).

Qualora invece non venga allegato ai contratti di compravendita, o ai contratti di locazione, l'Attestato di Certificazione energetica (ACE), il contratto è annullabile dall'acquirente o dal conduttore.

[6] La classe energetica di appartenenza viene definita sulla base del sistema di certificazione energetica in vigore all'atto della stesura dell'attestato.

1.4 I provvedimenti attuativi del d.lgs. 192/2005

1.4.1 Il d.lgs. 115/2008

Il decreto legislativo 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 97/76/CEE" fornisce indicazioni riguardo le procedure di calcolo da adottarsi e la figura del certificatore energetico.

Per attuare ciò che è stato previsto dal d.lgs. 192/2005, le regioni e le provincie autonome, che non abbiano già adottato propri provvedimenti[7], dovranno applicare le disposizioni presenti all'allegato III del d.lgs. 115/2008 e nelle linee guida del d.m. 26 giugno 2009. Questi documenti definiscono le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti, descritti nelle seguenti norme tecniche nazionali e loro successive modificazioni:

a) UNI/TS 11300-1:2008 "Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale";
b) UNI/TS 11300-2:2008 "Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria";
c) UNI/TS 11300-3 "Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva";
d) UNI/TS 11300-4 "Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione di ACS".

I software che vengono utilizzati per svolgere questi calcoli devono garantire che i valori degli indici di prestazione energetica che producono abbiano uno scostamento massimo di ±5% rispetto allo stesso valore che posso ricavare applicando lo strumento nazionale

[7] Le regioni e le provincie autonome che hanno già recepito la direttiva 2002/91/CE, devono adottare misure atte a favorire la coerenza e il graduale ravvicinamento dei propri provvedimenti con i contenuti dell'allegato III e delle linee guida.

di riferimento. Tale garanzia viene fornita da una verifica e una dichiarazione resa dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) o dall'Ente Nazionale italiano di Unificazione (UNI).

Per quanto riguarda il soggetto certificatore, il d.lgs. 115 lo definisce come un tecnico abilitato che lavora per enti o organismi pubblici, o per società di servizi pubbliche o private (anche società d'ingegneria), o come professionista libero o associato, iscritto ai relativi ordini e collegi professionali, abilitato alla professione relativa alla progettazione di edifici e impianti. Il tecnico opera all'interno delle proprie competenze[8]. Per la certificazione energetica sono riconosciuti come tecnici abilitati anche coloro che possiedono titoli di studio tecnico scientifici, abilitati a seguito di corsi di formazione e superamento di specifici esami finali.

Se un edificio è già dotato di attestato di certificazione energetica, ma viene sottoposto ad adeguamenti impiantistici (tra cui la sostituzione del generatore di calore), l'attestato deve essere aggiornato; ciò può essere fatto anche da un tecnico abilitato dell'impresa di costruzione/installatrice che si è occupata di tale adeguamento.

Infine, vengono definiti in questo decreto gli obblighi di efficienza energetica nel settore pubblico, i requisiti e le prestazioni che qualificano il contratto di servizio energia, e le modalità di calcolo dei volumi, delle superfici e dei rapporti di copertura per interventi che raggiungono elevate prestazioni energetiche.

1.4.2 Il primo provvedimento attuativo: il d.P.R. 59/2009

Per attuare l'articolo 4 comma 1 [9] del d.lgs. 192/2005, in cui si definivano i criteri generali, le metodologie di calcolo ed i requisiti minimi per la prestazione energetica di edifici e di impianti termici[10], il 10 giugno 2009 è stato pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* il d.P.R. 2 aprile 2009, n.59.

[8] Qualora il tecnico non rientrasse nelle categorie appena descritte, egli deve operare in collaborazione con un altro tecnico abilitato; il fine è che il gruppo che va a costituirsi copra tutti gli ambiti professionali richiesti.

[9] Lettere a) e b).

[10] Prestazione energetica per la climatizzazione invernale e per la preparazione dell'acqua calda sanitaria.

I metodi di calcolo delle prestazioni energetiche a cui si fa riferimento nel d.P.R. sono quelle descritte nelle UNI/TS 11300 parte 1 (calcolo del fabbisogno di energia termica per la climatizzazione invernale ed estiva) e parte 2 (calcolo del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione e per la produzione di acqua calda sanitaria).

A grandi linee, nel d.P.R. vengono confermati i criteri generali e i requisiti di prestazione energetica presenti nel d.lgs. 192/2005[11], con alcune aggiunte:

- Per le nuove costruzioni, le ristrutturazioni integrali o le demolizioni e ricostruzioni in manutenzione straordinaria di edifici esistenti con superficie utile maggiore di 1000 m^2, o ampliamenti volumetrici superiori al 20% del volume esistente, sono richieste in sede progettuale la determinazione della prestazione energetica dell'involucro per il raffrescamento estivo ($EP_{e,invol}$), calcolata secondo la UNI/TS 1130-1 e verificata;
- Per le porte valgono i limiti di trasmittanza delle finestre;
- Per edifici con più di 4 unità abitative si impone la termoregolazione in caso di ristrutturazione o di installazione dell'impianto termico e viene vietata la decentralizzazione dell'impianto termico esistente;
- Le biomasse per l'alimentazione dei generatori di calore sono considerate fonti rinnovabili;
- Si prescrivono trattamenti dell'acqua di alimentazione degli impianti termici, in funzione della potenza termica nominale del generatore e della durezza dell'acqua stessa;
- Per edifici pubblici o ad uso pubblico: i requisiti minimi diventano più restrittivi.

1.4.3 Il secondo provvedimento attuativo: le linee guida sulla certificazione energetica degli edifici

Il 10 luglio 2009 è stato pubblicato il decreto 26 giugno 2009 sulla Gazzetta Ufficiale, che contiene le Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica degli edifici. Si tratta di un decreto interministeriale (Sviluppo-Ambiente-Infrestruture) e va a definire i seguenti punti:

[11] D.lgs. 192/2005, ALLEGATO C.

a) Le linee guida nazionali per la certificazione energetica (art. 6, comma 9 del d.lgs. 192/2005)
b) Gli strumenti di raccordo, concertazione e cooperazione tra Stato e Regioni (art. 5, comma 1 del d.lgs. 192/2005).

Insieme al d.P.R. 59/2009, questo decreto è stato pensato per dare piena operatività al d.lgs. 192/2005. Le linee guida contenute nel decreto si applicano nelle regioni e nelle provincie autonome che non hanno ancora provveduto ad adottare propri strumenti di certificazione energetica. Qualora esistessero dei sistemi di certificazione energetica, essi devono allinearsi a quanto previsto a livello nazionale, assicurando coerenza con i seguenti elementi essenziali del sistema nazionale (art. 4 del decreto):

- I dati informativi contenuti nell'attestato di certificazione energetica;
- Le norme tecniche di riferimento;
- Le metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici;
- I requisiti professionali e i criteri per assicurare la qualificazione e l'indipendenza dei soggetti certificatori;
- La validità temporale massima di dieci anni dell'attestato;
- L'obbligo di allegare i libretti di impianto o di centrale all'attestato;
- Le prescrizioni relative all'aggiornamento dell'attestato.

Le linee guida fanno riferimento alla prestazione energetica globale degli edifici EP_{gl} e questo valore tiene conto di due fattori:

- Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale ed estiva, per la produzione di acqua calda sanitaria e per l'illuminazione artificiale;
- L'energia erogata e l'energia ausiliaria dei sistemi impiantistici, incluso il sistema per l'autoproduzione o l'utilizzo di energia.

Le metodologie di calcolo contenute nelle linee guida sono diverse, a seconda dell'utilizzo e delle complessità, sia che si tratti di edifici nuovi, completamente ristrutturati o edifici esistenti, sono le seguenti:

- *Il metodo di calcolo da progetto*: prevede la valutazione della prestazione energetica a partire dai dati di ingresso del progetto energetico dell'edificio com'è costruito e degli impianti a servizio dell'edificio come sono realizzati. Questo metodo viene utilizzato per edifici di nuova costruzione e per quelli completamente ristrutturati. Le

linee guida prevedono un foglio di calcolo di ausilio per l'applicazione delle UNI/TS 11300 e degli esempi numerici significativi;

- *Il metodo di calcolo da rilievo sull'edificio o standard*: prevede la valutazione della prestazione energetica a partire dai dati di ingresso che si ricavano con indagini svolte direttamente sull'edificio esistente. Possono esserci diverse modalità di approccio:
    - Procedure di rilievo (anche con strumentazioni apposite) sull'edificio e sui dispositivi impiantistici effettuate secondo le normative tecniche di riferimento, previste da organismi normativi nazionali, europei e internazionali (o, in mancanza, dalla letteratura tecnico - scientifica);
    - Per analogia costruttiva con altri edifici e sistemi impiantistici simili, con l'ausilio di banche dati o abachi nazionali, regionali o locali;
    - Sulla base dei principali dati climatici, tipologici, geometrici ed impiantistici.

Presentiamo qui di seguito una tabella riepilogativa sulle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche in relazione alla tipologia di edificio (contenuta nell'Allegato 3 delle linee guida).

	CALCOLO DA PROGETTO	**CALCOLO DA RILIEVO SULL'EDIFICIO**		
CALCOLI	**Edifici nuovi ed esistenti**	**Edifici esistenti**	**Edifici residenziali esistenti con sup. utile ≤ 3000 m²**	**Edifici residenziali esistenti con sup. utile ≤ 1000 m²**
Prestazione invernale involucro edilizio	UNI/TS 11300	UNI/TS 11300	DOCET (CNR-ENEA)	Metodo semplificato (all. 2 – D.M. 26/06/2009)
Energia primaria prestazione invernale	UNI/TS 11300	UNI/TS 11300	DOCET (CNR-ENEA)	Metodo semplificato (all. 2 – D.M. 26/06/2009)
Energia primaria prestazione acqua calda sanitaria	UNI/TS 11300	UNI/TS 11300	DOCET (CNR-ENEA)	UNI/TS 11300

Prestazione estiva involucro edilizio	UNI/TS 11300	UNI/TS 11300	DOCET (CNR-ENEA)	UNI/TS 11300 o DOCET o metodo qualitativo di cui al par. 6.2 – D.M. 26/06/2009

1.4.4 L'indice di prestazione globale EP_{gl}

La prestazione energetica complessiva di un edificio viene espressa (secondo le linee guida nazionali) con l'indice di prestazione energetica globale EP_{gl}; questa è l'espressione di calcolo:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{ACS} + EP_e + EP_{ill}$$

Dove:

EP_i è l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale

EP_{ACS} è l'indice di prestazione energetica per la produzione di Acqua Calda Sanitaria

EP_e è l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva

EP_{ill} è l'indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale

Per gli edifici residenziali, questi indici sono espressi in kWh/m^{2}anno; per tutti gli altri edifici (residenze collettive, industrie, terziario, ecc..) l'unità di misura sono i kWh/m^{3}anno.

Nella fase di avvio della certificazione energetica, il calcolo può essere limitato agli indici di prestazione di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la preparazione dell'acqua calda sanitaria:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{ACS}$$

O più precisamente:

$$EP_{gl}\ (CLASSE)_n = K_{1n} * EP_{iL(2010)} + EP_{ACSn}$$

Con le tabelle contenute nell'allegato 4 delle Linee Guida Nazionali è poi possibile definire a quale classe energetica appartenga l'edificio oggetto d'analisi. Riportiamo la scala di classi energetiche per la valutazione della prestazione energetica globale dell'edificio EP_{gl}:

CLASSI ENERGETICHE per valutazione dell'EP_{gl}				
		A+	≤	0,25 $EP_{iL(2010)}$ + 9 kWh/m^2anno
0,25 $EP_{iL(2010)}$ + 9 kWh/m^2anno	≤	**A**	≤	0,50 $EP_{iL(2010)}$ + 9 kWh/m^2anno
0,50 $EP_{iL(2010)}$ + 9 kWh/m^2anno	≤	**B**	≤	0,75 $EP_{iL(2010)}$ + 12 kWh/m^2anno
0,75 $EP_{iL(2010)}$ + 12 kWh/m^2anno	≤	**C**	≤	1,00 $EP_{iL(2010)}$ + 18 kWh/m^2anno
1,00 $EP_{iL(2010)}$ + 18 kWh/m^2anno	≤	**D**	≤	1,25 $EP_{iL(2010)}$ + 21 kWh/m^2anno
1,25 $EP_{iL(2010)}$ + 21 kWh/m^2anno	≤	**E**	≤	1,75 $EP_{iL(2010)}$ + 24 kWh/m^2anno
1,75 $EP_{iL(2010)}$ + 24 kWh/m^2anno	≤	**F**	≤	2,50 $EP_{iL(2010)}$ + 30 kWh/m^2anno
		G	≥	2,50 $EP_{iL(2010)}$ + 30 kWh/m^2anno

Deduciamo quindi che la classificazione nazionale è legata all'EP limite, alla località e al rapporto S/V; questo fa si che gli edifici siano confrontabili su tutto il territorio nazionale.

Per quanto riguarda la prestazione estiva, le Linee Guida Nazionali presentano due tipologie diverse per la classificazione del comportamento di un edificio:

- L'indice di prestazione termica dell'edificio per il raffrescamento[12] $EP_{e,invol}$;
- I fattori di sfasamento (S) e attenuazione (fa).

La prestazione termica dell'involucro edilizio è facoltativa da calcolare qualora si certifichino singole unità immobiliari ad uso residenziale con superficie utile uguale a 200 m^2, nel caso in cui il calcolo dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale venga svolto col metodo semplificato. Qualora non fosse svolta tale predetta valutazione, all'edificio viene automaticamente attribuita una qualità prestazionale energetica estiva dell'involucro edilizio corrispondente al livello V "Prestazioni Mediocri".

[12] Si calcola utilizzando il metodo illustrato nella UNI/TS 11300 – 1.

Ulteriore novità inserita nelle Linee Guida è, nei casi di compravendita e per edifici altamente disperdenti, la possibilità per il proprietario di non certificare l'immobile avvalendosi di un'autodichiarazione di appartenenza dello stesso alla classe G.

1.5 Le normative per la certificazione energetica

Il mandato M343 "Energy performance of buildings", voluto dalla Comunità Europea, aveva l'obiettivo di incaricare il CEN[13] di produrre la normativa tecnica necessaria per l'attuazione della direttiva 2002/91/CE. Lo scopo era armonizzare a livello europeo la metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici. Le normative tecniche europee che ne sarebbero derivate sarebbero poi state recepite a livello nazionale con la redazione di norme tecniche nazionali. Esse avrebbero fornito un supporto alla legislazione nazionale, diventando in molti casi cogenti.

Per dare attuazione alla direttiva furono istituiti 5 comitati tecnici:

- CEN/TC 89: Prestazioni termiche degli edifici e dei componenti edilizi;
- CEN/TC 156: Impianti di ventilazione e di condizionamento degli edifici;
- CEN/TC 169: Luce ed illuminazione;
- CEN/TC 228: Impianti di riscaldamento negli edifici;
- CEN/TC 247: Regolazione per le installazioni meccaniche negli edifici.

Tra le normative tecniche emanate e recepite a livello nazionale possiamo citare la UNI EN 15217:2007, che fornisce importanti indicazioni circa la procedura di certificazione energetica, e le UNI/TS 11300:2008, le quali trattano le modalità di definizione delle prestazioni energetiche dell'edificio.

Per quanto riguarda il lavoro svolto in questa tesi, ci concentreremo proprio sulle UNI/TS 11300:2008, poiché sulle basi di tali norme sono stati analizzati gli edifici presentati nei prossimi capitoli.

Prima di analizzare in modo dettagliato proprio queste norme, ci concentriamo sul ruolo delle regioni.

[13] Comitato Europeo di Normazione: è un ente normativo che deve armonizzare e produrre norme tecniche (EN) in Europa, in collaborazione con enti normativi nazionali e sovranazionali.

1.6 Le norme regionali

Prima che le Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica degli edifici fossero emanate, la "Clausola di cedevolezza" ha dato la possibilità ad alcune regione di legiferare con proprie normative su tale materia. Questo era possibile grazie a quanto riportato nell'art. 30 del decreto legislativo 31 marzo 1998, n.112, "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n.59".

La clausola di cedevolezza del d.lgs. 19 agosto 2005, n.192, in "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia", all'art.17 si legge che: *"1. In relazione a quanto disposto dall'articolo 117, quinto comma, della Costituzione, e fatto salvo quanto previsto dall'articolo 16, comma 3, della legge 4 febbraio 2005, n.11, per le norme afferenti a materie di competenza esclusiva delle regioni e provincie autonome, le norme del presente decreto e dei decreti ministeriali applicativi nelle materie di legislazione concorrente si applicano per le regioni e provincie autonome che non abbiano ancora provveduto al recepimento della direttiva 2002/91/CE fino alla data di entrata in vigore della normativa di attuazione adottata da ciascuna regione e provincia autonoma. Nel dettare la normativa attuazione le regioni e le provincie autonome sono tenute al rispetto dei vincoli derivanti dall'ordinamento comunitario e dei principi fondamentali desumibili dal presente decreto e dalla stessa direttiva 2002/91/CE".*

Ne deriva che laddove una regione non abbia legiferato in materia, verrà applicata la normativa nazionale; in caso contrario, si applicheranno le norme regionali, sempre che queste non siano in contrasto con la normativa nazionale stessa.

Tra le regioni che emergono in questo ambito troviamo la Lombardia, l'Emilia-Romagna, la Liguria e il Piemonte; esse hanno reso operativa immediatamente la procedura sul proprio territorio, definendo propri criteri di accreditamento dei soggetti certificatori e le modalità per la redazione dell'attestato di certificazione energetica.

Per quanto riguarda il Piemonte, sono state recepite a livello regionale le disposizione del d.lgs. 192/2005 poi modificato dal d.lgs. 311/2006 con la legge regionale n. 13/2007 in materia di rendimento energetico nell'edilizia. Essa ha introdotto la certificazione energetica per gli edifici di nuova costruzione o ristrutturati ed in tutti i casi di compravendita o locazione, disciplinando la procedura, elencando i requisiti dei certificatori accreditati, le sanzioni, gli incentivi e i contributi che è possibile ottenere. Le

disposizioni attuative regionali in materia di certificazione energetica degli edifici sono state approvate il 4 agosto 2009 dalla Giunta regionale (d.g.r. n. 43 – 11965); sono poi entrate in vigore il 1 ottobre 2009, diventando il riferimento normativo sul territorio Piemontese.

Elenchiamo qui si seguito le principali norme per la Regione Piemonte:

- Legge regionale 28/05/2007, n.13: "Disposizioni in materia di rendimento energetico nell'edilizia";
- Delibera di Giunta Regionale 30/09/2008, n.35-9702: "Disposizioni attuative in materia di impianti termici ai sensi dell'art.21, comma 1, lettere h), i), j), k), l), m) e o)";
- Deliberazione di Giunta Regionale 04/08/2009, n.43-11965: "Legge regionale 28 maggio 2007, n.13. Disposizione attuative in materia di certificazione energetica degli edifici […]";
- Deliberazione di Giunta Regionale 20/10/2009, n.1-12374: "Legge regionale 28 maggio 2007, n.13. Modifiche ai paragrafi 3.2, 4.1, 4.2, 4.4 e 5.1 dell'allegato alla deliberazione della Giunta Regionale 4 agosto 2009, n.43-11965 in materia di certificazione energetica degli edifici";
- Deliberazione di Giunta Regionale 04/08/2009, n.46-11968: "Aggiornamento del Piano Regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria. […]";
- Deliberazione di Giunta Regionale 19/07/2010, n.11-330: ""Legge regionale 28 maggio 2007, n.13. Modifiche ai paragrafi 4.3 e 4.4 dell'allegato alla deliberazione della Giunta Regionale 4 agosto 2009, n.43-11965 e s.m.i. in materia di certificazione energetica degli edifici".

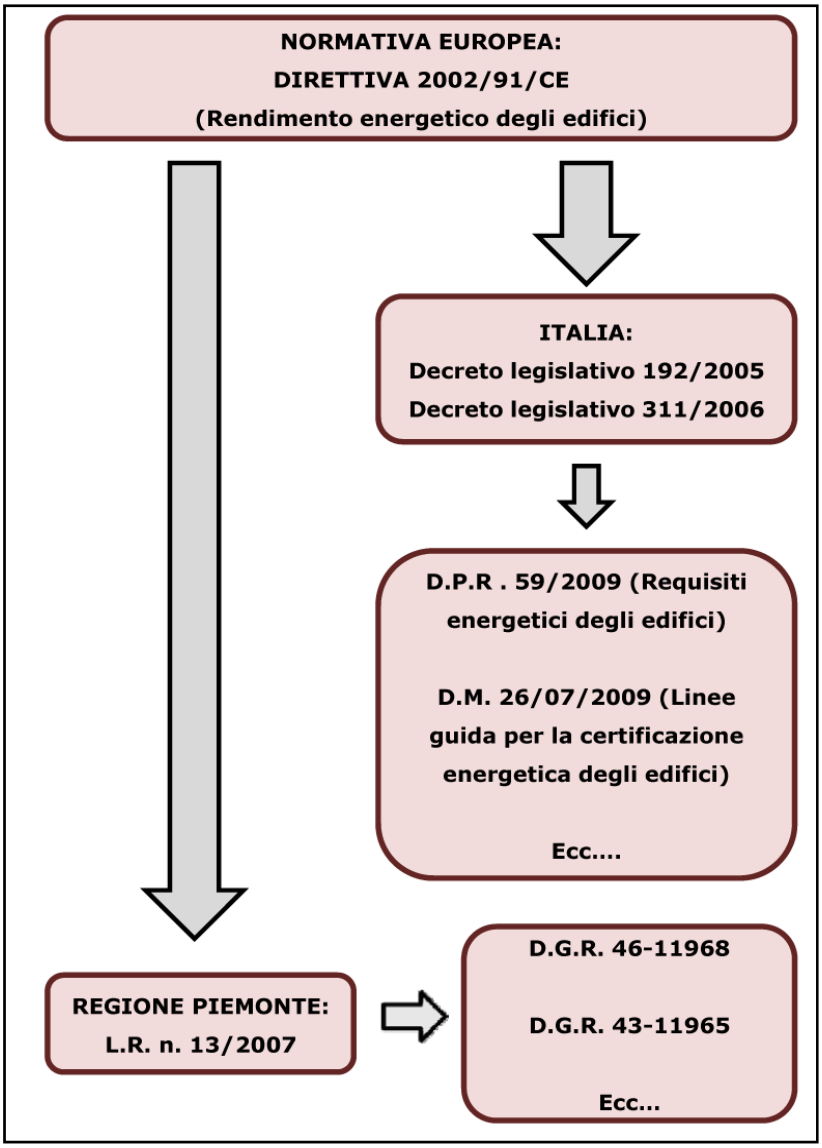


Figura 1_ Schema riassuntivo delle norme derivanti dalla 2002/91/CE.

1.7 Le UNI/TS 11300:2008

Le prime due parti della UNI/TS 11300 sono entrate in vigore proprio nel 2008 e sono state inserite nel corpo normativo nazionale. Esse sono:

- UNI/TS 11300 – 1:2008 "Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale";
- UNI/TS 11300 – 2: 2008 "Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria".

Queste norme si applicano a sistemi di nuova progettazione, ristrutturazioni o edifici esistenti.

La prima parte spiega le modalità di applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790:2008 "Prestazione energetica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento", con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per il riscaldamento e per il raffrescamento. La norma fa riferimento a diverse tipologie di calcolo:

- Calcolo di progetto (*design rating*);
- Calcolo standard (*asset rating*);
- Calcolo in particolari condizioni climatiche e d'esercizio (*tailored rating*).

La procedura di calcolo si basa sulla definizione dei confini dei volumi climatizzati e di quelli non climatizzati; quando viene richiesto, anche i confini delle diverse zona di calcolo. Vengono poi definite le condizione interne di calcolo e i dati di ingresso relativi al clima esterno. Tutte queste informazioni permettono di calcolare, mese per mese e per ogni zona climatica dell'edificio, i fabbisogni netti di energia per il riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e quelli per il raffrescamento ($Q_{C,nd}$). Si aggregano poi i risultati nei diversi mesi e delle diverse zone servite dagli stessi impianti.

Tra i dati che sono indispensabili per svolgere il calcolo, troviamo:

- Il volume lordo e quello netto dell'ambiente climatizzato;
- La superficie utile dell'ambiente climatizzato;
- La superficie e l'orientamento di tutti i componenti, opachi e trasparenti, dell'involucro e della struttura edillizia;

- Le tipologie e le entità dei ponti termici in riferimento alla UNI EN ISO 14683:2008;
- Le caratteristiche geometriche di tutti gli elementi esterni (altri edifici, aggetti e simili) che ombreggiano i componenti trasparenti dell'involucro edilizio;
- La trasmittanza termica di tutti i componenti dell'involucro delimitanti il volume riscaldato;
- La capacità termica areica dei componenti della struttura;
- I fattori di assorbimento solare e di remissività delle superfici esterne dei componenti opachi dell'involucro;
- La trasmissione globale di energia solare dei componenti trasparenti ed i fattori di riduzione della stessa in presenza di schermature mobili;
- I fattori di riduzione dovuti al telaio dei componenti trasparenti;
- I coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici.

Tra i dati climatici di ingresso citiamo le medie mensili delle temperature esterne e dell'irraggiamento solare per ciascun orientamento. Pensando invece alle diverse modalità di utilizzo ed occupazione dell'edificio, si può tenere conto dei seguenti aspetti:

- Le temperature di set-point, sia per il riscaldamento che per il raffrescamento;
- La tipologia di ventilazione, la modalità di regolazione della portata ed il numero di ricambi d'aria previsti;
- Il regime di funzionamento dell'impianto termico;
- La modalità di gestione delle chiusure oscuranti e delle schermature mobili;
- Il contributo degli apporti di calore interni.

Per quanto riguarda invece la seconda parte della UNI/TS 11300:2008, essa spiega i metodi e fornisce i dati per determinare:

- il fabbisogno di energia utile per acqua calda sanitaria;
- il rendimento e i fabbisogni di energia elettrica degli ausiliari dei sistemi di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria;
- i fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;
- il rendimento globale medio stagionale.

Anche questa seconda parte si applica a sistemi di nuova progettazione e agli edifici esistenti, per il solo riscaldamento, per la sola produzione di acqua calda sanitaria o per

entrambi. È possibile fare una valutazione in condizioni di esercizio o in condizioni di progetto, standard o effettive di utilizzo.

Per il calcolo del fabbisogno di energia primaria vengono fornite due modalità di calcolo:

- semplificata: basata su valori precalcolati riportati in tabelle in cui sono indicate le condizioni al contorno e i limiti del loro utilizzo;
- dettagliata: quando le sopra citate tabelle non possono essere applicate. Si calcolano le perdite di energia nei vari sottosistemi dell'impianto, prevedendo che alcune di esse possano essere recuperate.

Ricordiamo che oltre alla prima e alla seconda parte, esistono anche altre due parti della UNI/TS 11300:2008:

- UNI/TS 11300 - 3 (pubblicata nel marzo 2010) "Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva". Fornisce gli strumenti per calcolare il rendimento globale e quello dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione estiva, e il relativo fabbisogno annuo di energia primaria;
- UNI/TS 11300 – 4 (pubblicata il 10 maggio 2012) "Prestazioni energetiche degli edifici – Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria". Con questa norma si possono prendere in considerazione le fonti rinnovabili (solare termico, fotovoltaico e biomasse) e altri sistemi di produzione (pompe di calore, cogenerazione o teleriscaldamento).

1.8 Il calcolo delle prestazioni energetiche

Per valutare le prestazioni energetiche di un edificio è necessario definire un bilancio degli usi energetici considerati nella certificazione energetica. Come abbiamo visto nei precedenti paragrafi, le voci solitamente considerate sono: la climatizzazione invernale (riscaldamento), la climatizzazione estiva (raffrescamento/condizionamento), la ventilazione, la produzione di acqua calda sanitaria e l'illuminazione.

Per la climatizzazione invernale ed estiva la procedura contenuta nelle UNI/TS 11300:2008 prevede le seguenti fasi:

- Definizione dei confini dell'insieme degli ambienti climatizzati e non climatizzati dell'edificio;
- Qualora sia richiesta, la definizione dei confini delle diverse zone di calcolo;
- Definizione delle condizioni interne di calcolo e dei dati di ingresso relativi al clima esterno;
- Calcolo, per ogni mese e per ogni zona, dei fabbisogni netti di energia per il riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e raffrescamento ($Q_{C,nd}$);
- Aggregazione dei risultati relativi ai diversi mesi e alle diverse zone servite dagli stessi impianti.

Riportiamo ora i principali passaggi, sempre contenuti nelle procedure della UNI/TS 11300 parte 1 e parte 2.

1.8.1 Climatizzazione invernale: calcolo del fabbisogno energetico.

I fabbisogni netti di energia per la climatizzazione invernale si calcolano, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, con la seguente formula:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - (\eta_{H,gn} * Q_{gn})$$

Con:

$Q_{H,nd}$: fabbisogno netto di energia per il riscaldamento [MJ] o [kWh]

$Q_{H,ht}$: è lo scambio termico totale (trasmissione + ventilazione) [MJ]

$\eta_{H,gn}$: è il fattore di utilizzazione degli apporti termici [-]

Q_{gn}: sono gli apporti termici (gratuiti) totali [MJ]

Lo scambio termico totale è dato da:

$$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve}$$

Dove:

$Q_{H,tr}$: energia scambiata per trasmissione [MJ]

$Q_{H,ve}$: energia scambiata per ventilazione [MJ]

L'energia derivante dagli apporti energetici gratuiti si ricava dalla formula:

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}$$

Con:

Q_{int}: apporti termici interni [MJ]

Q_{sol}: apporti termici solari [MJ]

Lo scambio termico per trasmissione, calcolato sempre per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, è dato da:

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} (\theta_{int,set,H} - \theta_e) t + \{\Sigma_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k}\} t$$

Dove:

$H_{tr,adj}$: coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K]

$\theta_{int,set,H}$: temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata [°C]

θ_e: temperatura media mensile dell'ambiente esterno [°C]

t: durata del mese considerato

$F_{r,k}$: fattore di forma tra il componente edilizio k-esimo e la volta celeste [-]

$\Phi_{r,mn,k}$: extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste del componente edilizio k-esimo, mediato sul tempo [W]

Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata si calcola come:

$H_{tr,adj} = H_D + H_G + H_U + H_A$

Con:

H_D: coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno [W/K]

H_G: coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno [W/K]

H_U: coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati [W/K]

H_A: coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone (interne o meno all'edificio) climatizzate a temperatura diversa [W/K]

I sopracitati coefficienti si calcolano con le seguenti formule:

$H_D = \Sigma_{1,i} (A_{e,i} * U_{e,i})$

Con:

$A_{e,i}$: area dell'elemento i-esimo dell'involucro [m^2]

$U_{e,i}$: trasmittanza termica dell'elemento i-esimo dell'involucro (opaco o trasparente), che tiene conto degli eventuali ponti termici[14] [W/m^2K]

$H_G = \Sigma_{1,i} (A_{f,i} * U_{f,i} * b_{tr,g,i})$

Con:

$A_{f,i}$: area dell'elemento i-esimo della struttura disperdente [m^2]

$U_{f,i}$: trasmittanza termica dell'elemento i-esimo della parte sospesa del pavimento (tra l'ambiente esterno e lo spazio sottopavimento) [W/m^2K]

[14] Tale trasmittanza risulterà quindi maggiore rispetto a quella del solo elemento.

$b_{tr,g,i}$: fattore di correzione [-]

$H_U = \Sigma_{1,i} H_{iu,j} * b_{tr,x,j}$

Con:

$H_{iu,j}$: coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato [W/K]

$b_{tr,x,j}$: fattore di correzione [-]

Per quanto riguarda la trasmittanza termica dei componenti opachi, le proprietà termo-fisiche dei materiali si possono ricavare dalla UNI 10351 o da dichiarazioni del produttore, le resistenze termiche di murature e solai dalla UNI 10355 o da dichiarazioni del produttore, ed infine i coefficienti superficiali di scambio termico e le resistenze termiche delle intercapedini d'aria devono essere conformi a ciò che è riportato nella EN ISO 6946. In assenza di dati di progetto attendibili, è possibile consultare le tabelle contenute nell'appendice A della UNI/TS 11300 – 1.

Per il calcolo dei ponti termici si rimanda alla norma EN ISO 14683:2008.

Per la trasmittanza dei componenti opachi, si segue quanto indicato nella norma EN ISO 10077 – 1.

L'energia scambiata per ventilazione $Q_{H,ve}$, calcolata per ogni zona termica e per ogni mese, si calcola con la seguente formula:

$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} * (\theta_{int,set,H} - \theta_e) * t$

Dove:

$H_{ve,adj}$: coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerate, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K]

$\theta_{int,set,H}$: temperature interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerate [°C]

θ_e: temperature media mensile dell'ambiente esterno [°C]

t: durata del mese considerato

Il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata $H_{ve,adj}$ è dato da:

$H_{ve,adj} = \rho_a * c_a * [\Sigma_k q_{ve,i} * b_{ve,i}]$

Con:

$\rho_a * c_a$: capacità termica volumica dell'aria [=1'200 J/(m^3K)]

$q_{ve,i}$: portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo [m^3/s]

$b_{ve,i}$: fattore di correzione [-]

Gli apporti energetici gratuiti, per ogni zona e per ogni mese, si calcolano con le seguenti formule:

$Q_{int} = [\Sigma_i \Phi_{int,mn,i}] * t + [\Sigma_i (1 - b_{tr,j}) \Phi_{int,mn,u,j}] * t$

$Q_{sol} = [\Sigma_i \Phi_{sol,mn,i}] * t + [\Sigma_i (1 - b_{tr,j}) \Phi_{sol,mn,u,j}] * t$

Dove:

$b_{tr,j}$: fattore di riduzione [-]

$\Phi_{int,mn,i}$: flusso termico prodotto dalla i-esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo [W]

$\Phi_{int,mn,u,j}$: flusso termico prodotto dalla j-esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente *u*, mediato sul tempo [W]

$\Phi_{sol,mn,i}$: flusso termico i-esimo di origine solare, mediato sul tempo [W]

$\Phi_{sol,mn,u,j}$: flusso termico j-esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente *u*, mediato sul tempo [W]

Il flusso termico di origine solare Φ_{sol} [W] si calcola con la seguente formula:

$\Phi_{sol} = F_{sh,ob,i} * A_{sol,i} * I_{sol,i}$

Dove:

$F_{sh,ob,i}$: fattore di riduzione per ombreggiatura relativo a elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie i-esima [-]

$A_{sol,i}$: area di captazione solare effettiva della superficie i-esima con dato orientamento e angolo di inclinazione sul piano orizzontale, nella zona o ambiente considerato [m2]

$I_{sol,i}$: irradianza solare media mensile, sulla superficie i-esima, con dato orientamento e angolo di inclinazione sul piano orizzontale [W/m^2]

L'area di captazione solare si calcola in modo diverso se si tratta di una superficie opaca oppure trasparente; per una superficie opaca:

$A_{sol} = \alpha_{sol,c} * R_{se} * U_c * A_c$

Con:

$\alpha_{sol,c}$: fattore di assorbimento solare della parte opaca [-]

R_{se}: resistenza termica superficiale esterna della parete opaca[15] [m^2K/W]

A_c: area proiettata della parte opaca [m^2]

Per un componente vetrato, la formula è:

$A_{sol} = F_{sh,gl} * g_{gl} * (1 - F_F) * A_{w,p}$

Dove:

$F_{sh,gl}$: fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili [-]

g_{gl}: trasmittanza di energia solare della parte trasparente del componente[16] [-]

[15] La resistenza termica superficiale esterna di una parete opaca si ricava secondo la norma EN ISO 6946.

[16] I valori di ggl sono contenuti nella norma UNI EN ISO 410.

F_F: frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente [-]

$A_{w,p}$: area proiettata totale del componente vetrato (area del vano finestra) [m^2]

Il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili $F_{sh,gl}$ viene ricavato con la seguente formula:

$$F_{sh,gl} = [(1 - f_{sh,with}) * g_{gl} + f_{sh,with} * g_{gl+sh}] / g_{gl}$$

Dove:

g_{gl+sh}: trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata [-]

$f_{sh,with}$: frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irraggiamento solare incidente [-]

Il fattore di riduzione per ombreggiatura $F_{sh,ob}$ si calcola come:

$$F_{sh,ob} = F_{hor} * F_{ov} * F_{fin}$$

Dove:

F_{hor}: fattori di ombreggiatura relativi ad ostruzione esterne [-]

F_{ov}: fattori di ombreggiatura relativi ad aggetti orizzontali [-]

F_{fin}: fattori di ombreggiatura relativi ad aggetti verticali [-]

Per il calcolo di questi fattori si può fare riferimento all'Appendice C della UNI/TS 11300 – 1.

Il fattore di utilizzazione degli apporti energetici gratuiti, $\eta_{H,gn}$, viene calcolato sulla base di alcuni parametri; ad esempio il rapporto tra gli apporti e le perdite (γ_H) e la costante di

tempo (τ). Come ricavare il valore del fattore di riduzione, sulla base di tali parametri, è spiegato nella UNI/TS 11300 – 1[17].

1.8.2 Climatizzazione estiva: calcolo del fabbisogno energetico.

I fabbisogni netti di energia per la climatizzazione estiva si calcolano, per ogni zona termica e per ogni mese, con la seguente formula:

$Q_{C,nd} = Q_{gn} - (\eta_{C,ls} * Q_{C,ht})$

Dove:

$Q_{C,nd}$: fabbisogno netto di energia per il raffrescamento [MJ] o [kWh]

Q_{gn}: apporti termici totali [MJ]

$\eta_{C,ls}$: fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche [-]

$Q_{C,ht}$: scambio termico totale (trasmissione + ventilazione) [MJ]

Lo scambio termico totale è dato da:

$Q_{C,ht} = Q_{C,tr} + Q_{C,ve}$

Con:

$Q_{C,tr}$: energia scambiata per trasmissione [MJ]

$Q_{C,ve}$: energia scambiata per ventilazione [MJ]

L'energia dovuta agli apporti energetici Qgn è data da:

$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol}$

[17] Paragrafo 15 "Parametri dinamici" – 15.1 "Fattori di utilizzazione".

Con:

Q_{int}: apporti termici interni [MJ]

Q_{sol}: apporti termici solari [MJ]

Per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, l'energia scambiata per trasmissione $Q_{C,tr}$ e per ventilazione $Q_{C,ve}$ si calcolano con le seguenti formule:

$Q_{C,tr} = H_{tr,adj} * (\theta_{int,set,C} - \theta_e) * t + \{\Sigma_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k}\} * t$ (trasmissione)

$Q_{C,ve} = H_{ve,adj} * (\theta_{int,set,C} - \theta_e) * t$ (ventilazione)

Con:

$H_{tr,adj}$: coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K] → per il calcolo: vedi la procedura utilizzata per la climatizzazione invernale.

$H_{ve,adj}$: coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K] → per il calcolo: vedi la procedura utilizzata per la climatizzazione invernale.

$\theta_{int,set,C}$: temperatura interna di regolazione per il raffrescamento della zona considerata [°C]

θ_e: temperatura media mensile dell'ambiente esterno [°C]

$F_{r,k}$: fattore di forma tra il componente edilizio k-esimo e la volta celeste [-]

t: durata del mese considerato

$\Phi_{r,mn,k}$: extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio k-esimo, mediato sul tempo [W]

Gli apporti energetici totali vengono calcolati con le stesse formule utilizzate per la climatizzazione invernale.

Il fattore di utilizzazione degli apporti energetici gratuiti, $\eta_{C,gn}$, viene calcolato sulla base di alcuni parametri; ad esempio il rapporto tra gli apporti e le perdite (γ_C) e la costante di tempo (τ). Come ricavare il valore del fattore di riduzione, sulla base di tali parametri, è spiegato nella UNI/TS 11300 – 1[18].

1.8.3 Produzione di acqua calda sanitaria: calcolo del fabbisogno energetico.

Il calcolo del fabbisogno energetico per l'acqua calda sanitaria è riportato nella UNI/TS 11300 parte 2. Riportiamo qui di seguito la formula per calcolarlo:

$Q_w = \Sigma_i \rho * c * V_w * (\theta_e - \theta_o) * G$

Dove:

ρ: densità dell'acqua [kg/m^3]

c: calore specifico dell'acqua [Wh/kgK]

V_w: volume dell'acqua richiesta durante il periodo considerato [m^3]

θ_e: temperatura di erogazione [°C]

θ_o: temperatura di ingresso dell'acqua fredda [°C]

G: numero dei giorni del periodo di calcolo

Il volume di acqua richiesto Vw si può calcolare con la formula:

$V_w = a * N_u$

Dove:

[18] Paragrafo 15 "Parametri dinamici" – 15.1 "Fattori di utilizzazione".

a: fabbisogno giornaliero specifico di acqua calda [l/g] per unità di riferimento

N_u: parametro che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio

I valori di *a* e N_u sono ricavabili da tabelle contenute nella UNI/TS 11300 – 2.

1.8.4 Il calcolo dell'energia primaria

Abbiamo finora illustrato le principali formule per il calcolo del fabbisogno energetico di un edificio sulla base delle metodologie contenute nella UNI/TS 11300:2008. I fabbisogni sono soddisfatti da impianti che utilizzano diversi vettori energetici ed impiegano varie forme di energia.

La trasformazione dell'energia contenuta nei combustibili in energia utile per soddisfare i fabbisogni energetici comporta anche delle perdite inevitabili, causate dalle inefficienze dei sistemi impiegati. Con il termine "Energia primaria" andiamo a considerare la quantità di energia che occorre consumare per soddisfare le reali esigenze di un edificio. Il rapporto tra il fabbisogno energetico da soddisfare e l'energia primaria necessaria per soddisfare tali esigenze definisce il rendimento di trasformazione. Gli impianti più efficienti permettono di ridurre gli sprechi di energia e di soddisfare i fabbisogni con il minor quantitativo di combustibile possibile.

Uno dei principali problemi nel calcolo dell'energia primaria è la determinazione dei rendimenti degli impianti.

Volendo ottenere la certificazione energetica di un edificio, conoscere l'energia primaria presunta in condizioni standard ci permette di valutarlo da un punto di vista energetico complessivo, considerando sia l'involucro, sia gli impianti e il loro funzionamento.

Per calcolare il fabbisogno di energia primaria, i fabbisogno di energia degli impianti sono sotto forma di diversi vettori energetici. Facciamo l'esempio di un impianto per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria; il fabbisogno globale di energia primaria Q_p in kWh è dato da:

$Q_p = \Sigma(Q_{H,c,i} * f_{p,i} + Q_{H,aux} * f_{p,el}) + \Sigma(Q_{w,j} * f_{p,i} + Q_{w,aux} * f_{p,el})$

Dove:

$Q_{H,c,i}$: fabbisogno di energia dell'impianto di riscaldamento, per ciascun vettore energetico *i* [kWh]

$f_{p,i}$: fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico *i* [-]

$Q_{H,aux}$: fabbisogno di energia ausiliaria degli impianti di riscaldamento [kWh]

$f_{p,el}$: fattore di conversione in energia primaria dell'energia ausiliaria elettrica *i* [-]

$Q_{w,j}$: fabbisogno di energia degli impianti di produzione di acqua calda sanitaria per ciascun vettore energetico *j* [kWh]

$Q_{w,aux}$: fabbisogno di energia ausiliaria degli impianti di produzione di acqua calda sanitaria [kWh].

Nei capitolo 3, 4 e 5, dedicati allo studio dei tre edifici oggetto d'analisi di questa tesi, verranno presentate le tabelle con i calcoli relativi sia ai fabbisogni di energia, sia all'energia primaria. Quest'ultima risulterà uno degli elementi di paragone per lo stato energetico attuale dei tre edifici, ma anche strumento indispensabile per confrontare gli interventi proposti.

CAPITOLO 2:
PRESENTAZIONE DEGLI EDIFICI OGGETTO DI STUDIO E METODOLOGIA DI ANALISI

In questo capitolo andiamo a descrivere i tre edifici che saranno oggetto di analisi energetica nelle prossime pagine. Verrà poi fatta una panoramica sulla metodologia utilizzata per studiarli: dall'analisi dello stato attuale alla scelta degli interventi.

2.1 Il Palazzo degli Stemmi

L'edificio denominato Palazzo degli Stemmi è collocato in una zona di Torino fortemente caratterizzata dal terziario, attestandosi su una delle arterie più importanti della città: Via Po. Esso è delimitato, oltre che dalla appena citata Via Po, da Via Rossini e Via Montebello.

Via Po nacque dalla richiesta di Carlo Emanuele II[1], nel 1673, di ampliare la città verso levante. L'Architetto Amedeo di Castellamonte (1637-1680) tracciò la famosa "seconda diagonale", che congiungeva Palazzo Madama e il Ponte sul Po. Il progetto prevedeva dodici isole che si affacciavano sulla via, separate da strade non ortogonali alla

[1] Carlo Emanuele II (1637-1675).

principale[2]. Le case avrebbero dovuto essere a tre piani, affacciate sulle strade, senza giardini in vista, e le facciate in mattoni a vista[3]. La Via ottiene poi l'immagine che ha tutt'oggi quando Antonio Bertola, nel 1718, fece intonacare e pitturare le facciate. Inoltre, essendo già una via porticata, in seguito[4] furono aggiunti i terrazzi, sul lato sinistro, tra gli isolati, per garantire una copertura continua fino al fiume.

Figura 1 _ Identificazione di Palazzo degli Stemmi in una mappa di Torino.

Lo stesso Amedeo di Castellamonte si occupò della costruzione dell'Ospizio di Carità (che occupava un intero isolato), di cui il Palazzo degli Stemmi è l'unica parte rimanente. I lavori iniziarono ufficialmente nel 1673 e furono conclusi nel 1697, quando a Castellamonte subentrò l'Ingegner Carlo Morello.

[2] Questo aspetto fu fedelmente rispettato anche da chi, dopo Castellamonte, prese in mano il progetto di questa via.

[3] Le facciate originali, come erano state volute da Castellamonte, si vedono ancora tutt'oggi in alcuni tratti di Via Verdi (parallela di Via Po).

[4] Lavoro svolto da Ferdinando Bonsignore nel 1829.

L'elemento caratterizzante di questo edificio, da cui prende nome il palazzo oggetto del nostro studio, sono i 27 stemmi in stucco, collocati al di sopra delle arcate dei portici: ognuno di essi rappresenta uno dei benefattori dell'Ospizio.

Negli anni a seguire, si sono alternate diverse situazioni in questo palazzo: dapprima l'insediamento di un lanificio nel 1715, la realizzazione di un acquedotto nel 1847, e l'idea di collocarci dentro il Museo del Cinema[5]. Fino al più recente crollo che ha caratterizzato parte delle facciate interne del Palazzo.

In seguito a questi episodi venne intrapresa una campagna di recupero funzionale, che portò al passaggio di proprietà all'Università degli Studi di Torino. L'idea era di insediarci alcune attività istituzionali dell'Ateneo, col fine di restituire anche vitalità a quel tratto di Via Po che col tempo era stato messo in ombra rispetto ad altre zone limitrofe. Senza dimenticare la vicinanza col simbolo dell'Università degli Studi, ovvero Palazzo Nuovo, che dista pochissimo da quello degli Stemmi.

Il progetto (partito nel 2001) prese in considerazione quelle che erano le esigenze strutturali dell'edificio, col fine di adeguarle, e al più integrarle, per insediarci all'interno le attività amministrative dell'Ateneo. Si iniziò con l'insediamento del punto informativo dell'Università, poi degli uffici amministrativi ed infine il negozio Emporium Unito, il tutto concluso con il progetto generale di riqualificazione.

Figura 2 _ Collocazione di Palazzo degli Stemmi nel suo isolato.

[5] Poi collocato nella vicina Mole Antoneliana.

L'organizzazione finale dell'edificio prevedeva che venisse mantenuta la vocazione commerciale al piano terra, dove troviamo attualmente, oltre ai negozi, l'InfoPoint e l'Emporium Unito. Al piano ammezzato ci sono uffici e funzioni legate al punto informativo. Ai piani primo, secondo e terzo abbiamo uffici amministrativi di funzioni di Ateneo. Nel sottotetto sono stati ricavati dei minialloggi dell'Edisu per gli studenti. Tutti i servizi per la residenza si dislocano ai diversi piani, sulla parte di edificio che affaccia su Via Montebello.

Figura 3 _ Vista di Palazzo degli Stemmi da Via Po.

Figura 4 _ Dettaglio degli stemmi in facciata.

2.2 Palazzo Nuovo

Palazzo Nuovo è riconosciuto come uno dei simboli di Torino. È un edificio in acciaio e vetro, con un forte impatto visivo sulla città. È circondato da quattro vie: Via Sant'Ottavio (su cui si attesta l'ingresso principale), Corso San Maurizio, Via Roero di Cortanze e Via Verdi.

Figura 5 _ Identificazione di Palazzo Nuovo in una mappa di Torino.

Ciò che differenzia Palazzo Nuovo dagli altri edifici dell'Università degli Studi di Torino è il fatto che è stato costruito in tempi abbastanza recenti.

Il problema di base, che portò alla decisione di costruire questo edificio, era la dislocazione in troppe sedi diverse delle facoltà umanistiche. Nel 1957 venne redatto l'atto di costruzione dall'Università e dal Demanio. Nel 1961 iniziarono i lavori di costruzione, che si conclusero 5 anni dopo, nel 1966. Si occuparono del progetto due studi di progettazione: Bardelli-Moretti-Hutter e Levi Montalcini; vinsero ex-equo il concorso su invito.

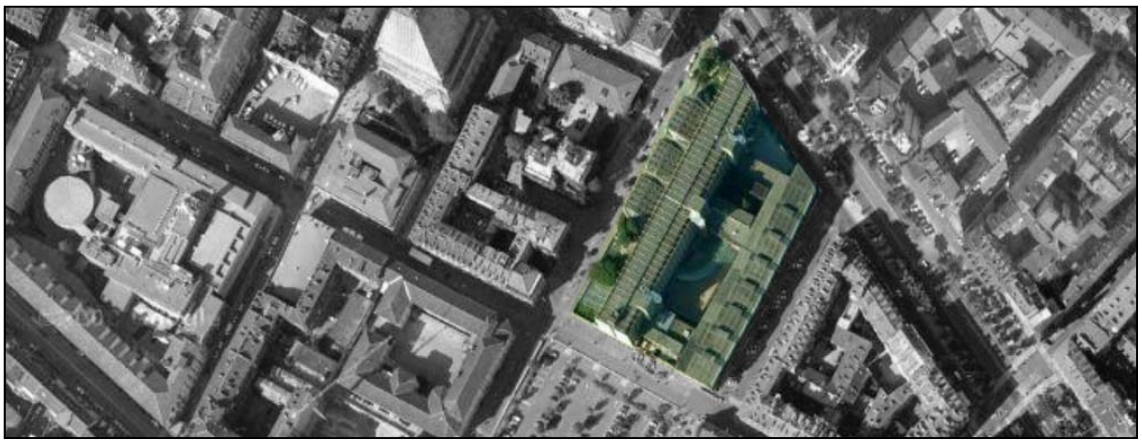


Figura 6 _ Palazzo Nuovo occupa un intero isolato della città di Torino.

C'è da sottolineare che la grande crescita di studenti, in particolare dopo il '68, ha reso inadeguato alla funzione di Polo delle Facoltà Umanistiche il "grande parallelepipedo". Nel 2001 è stata inaugurata la Biblioteca di Scienze Politiche "Gioele Solari" e la Biblioteca di Storia "G. Tabacco", con spazi e attrezzature moderne.

In tutti questi anni, il problema principale legato a Palazzo Nuovo è sempre stato lo stesso: la manutenzione. In particolare, la rimozione di pannelli pericolanti che contenevano amianto.

Figura 7 _ Immagini di Palazzo Nuovo da Via Sant'Ottavio (a sinistra) e da Corso San Maurizio (a destra).

2.3 Facoltà di Chimica e Farmacia

L'edificio che ospita le Facoltà di Chimica e Farmacia è composto da quattro corpi di fabbrica, i quali sono disposti a ferro di cavallo. Le vie che delimitano la costruzione sono: Via Giuria, Corso Raffaello, Corso Massimo d'Azeglio e Via Bidone.

Figura 8 _ Identificazione dell'edificio delle Facoltà di Chimica e Farmacia in una mappa di Torino.

La storia di questo immobile copre un arco temporale di vent'anni ed è legato alla richiesta di esponenti del corpo Accademico di nuovi edifici per gli Istituti scientifici dell'Ateneo. Nel 1876 iniziarono a richiamare l'attenzione dell'opinione pubblica sulle pessime condizioni degli ambienti di questi Istituti. I Consigli Comunale e Provinciale crearono di conseguenza un Consorzio, che iniziò la sua attività nel 1878 e diede all'Ateneo un primo intervento economico. La svolta ci fu nel 1883, quando si incontrarono a Roma il Sindaco di Torino, il Presidente della Provincia, il Rettore dell'Università e il Ministro della Pubblica Istruzione per sottoscrivere una nuova

convezione per la costruzione di quattro edifici: l'Istituto di Anatomia normale, Patologica e Medicina Legale, l'Istituto di Chimica Generale e Farmaceutica, l'Istituto di Fisica ed Igiene e l'Istituto di Fisiologia, Patologia generale e Materia Medica. Fu scelta come collocazione quella tra Corso Massimo D'Azeglio e Corso Raffaello.

Figura 9 _ Gli edifici delle Facoltà di Chimica e Farmacia occupano un intero isolato.

Nel Gennaio del 1884 la costruzione fu affidata al Cavaliere Leopoldo Mansueti del Genio Civile, che già si era occupato di costruzioni simili a Roma.

Attorno al 1960 alcuni di questi edifici subirono notevoli trasformazioni; in tempi più recenti sono stati necessari interventi sia edili sia impiantistici indispensabili, soprattutto per collocare all'interno degli ambienti dipartimenti ed uffici.

Figura 10 _ Vista delle Facoltà di Chimica e Farmacia da Via Pietro Giuria.

Figura 11 _ Vista di parte del caseggiato della Facoltà di Farmacia da Corso Massimo d'Azeglio.

2.4 Il metodo di analisi

Prima di andare ad analizzare singolarmente i tre edifici, spieghiamo qual è stato il metodo di analisi seguito.

Per ognuno dei tre edifici è stato innanzitutto svolto un sopralluogo diagnostico. Accompagnati dall'Ingegner Andrea Tartaglino dell'Università degli Studi di Torino, abbiamo visitato gli immobili e capito quali sono le principali destinazioni d'uso. Sempre durante il sopralluogo abbiamo visto (dov'era possibile) le centrali termiche, le centrali di condizionamento e le centrali elettriche. Come si vedrà nei prossimi capitoli e negli allegati, ogni impianto è stato catalogato con foto e dati[6].

Concluso il sopralluogo, i punti su cui lavorare erano i seguenti:

- Definire le criticità: ovvero le parti di involucro o gli impianti che, sulla base delle informazioni recepite durante il sopralluogo, necessitano di un intervento più o meno immediato;
- Definire i possibili interventi che si potrebbero proporre alla committenza (Università degli Studi) per migliorare il comportamento energetico degli edifici;

[6] Vedi allegati A, B e C.

- Definire le zone termiche per ogni edificio: queste sarebbero state il punto di partenza per il calcolo dei fabbisogni degli stabili.

Sviluppati questi tre punti e calcolati i fabbisogni[7], i consumi e i costi dello stato attuale degli immobili, c'è stata una prima verifica con l'Ingegner Andrea Tartaglino. Accordati con lui gli interventi che potevano idealmente essere portati avanti, siamo passati all'analisi vera e propria di ognuno di questi interventi. In particolare, alla fine del lavoro, doveva risultare chiaro:

- Il costo dell'intervento (Euro);
- Il risparmio che questo intervento avrebbe portato (Euro o kWh);
- Il tempo di ritorno dell'investimento (anni).

Sulla base di questi dati sarà poi possibile confrontare gli edifici tra di loro e il loro comportamento prima e dopo un determinato intervento.

Da sottolineare il fatto che per il terzo edificio, la Facoltà di Chimica e Farmacia, il discorso è leggermente diverso. Il sopralluogo, la definizione delle criticità e gli interventi sono stati svolti come per gli altri due edifici. Ma, come si vedrà nel Capitolo 5, non è stata fatta un'analisi approfondita dei fabbisogni; invece si è fatto un percorso a ritroso, partendo dai consumi e ricavando poi i fabbisogni. Questo per presentare un'altra possibile metodologia di indagine per edifici esistenti: un po' più "superficiale", ma allo stesso tempo significativa.

[7] Utilizzando il metodo contenuto nella UNI/TS 11300, come spiegato nel Capitolo 1.

CAPITOLO 3:

PALAZZO DEGLI STEMMI

3.1 Il sopralluogo

Il primo step di lavoro per analizzare il comportamento energetico di Palazzo degli Stemmi è stato un sopralluogo conoscitivo dell'edificio, accompagnati dall'Ingegner Andrea Tartaglino. Dapprima abbiamo visitato alcuni degli ambienti principali del Palazzo, con l'eccezione dei negozi privati al piano terra. Infine ci siamo concentrati sulla zona impianti, collocata al piano interrato. Gli ambienti visitati sono stati:

- La centrale elettrica
- La centrale termica
- La centrale di condizionamento

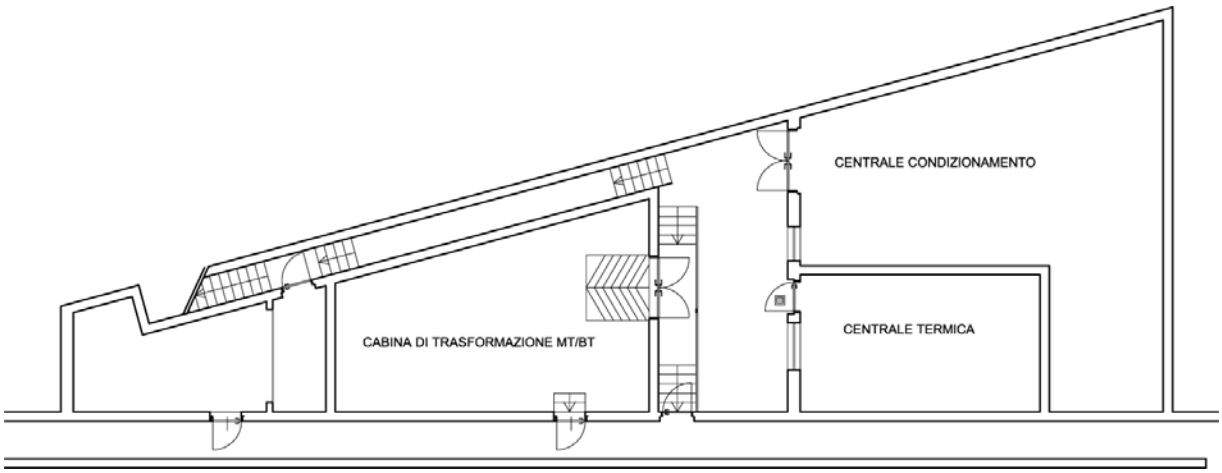


Figura 1_ stralcio della pianta del piano interrato: vista zona impianti

Per ogni vano sopraelencato è stata presa nota degli impianti presenti, delle loro principali caratteristiche, e il tutto è stato documentato con delle fotografie. Nell'allegato A è possibile visionare le schede elaborate dopo il sopralluogo a Palazzo degli Stemmi.

Figura 2_ Foto della centrale termica di Palazzo degli Stemmi

Figura 3_ Foto dei dettagli tecnici di una delle caldaie

A livello di climatizzazione, i dati relativi agli impianti che ci interessano sono i seguenti:

- 2 centrali termiche: ECOMAX N 420 2F della Ecoflam
- 2 gruppi frigoriferi condensati ad acqua: HRH/S-0612 della Climaveneta

Le due centrali termiche coprono i fabbisogni per il riscaldamento dell'intero edificio e per l'acqua calda sanitaria della residenza studentesca. I gruppi frigo coprono il fabbisogno per il raffrescamento; mentre l'acqua calda sanitaria per la zona uffici è coperta da boiler elettrici.

A seguito del sopralluogo e della descrizione dell'immobile da parte dell'Ingegner Tartaglino, veniva poi redatto un elenco di criticità, sulle quali si baseranno gli interventi.

Innanzitutto è importante sottolineare che Palazzo degli Stemmi è un edificio con una certa rilevanza storica, quindi sottoposto a forti vincoli storico-artistici. Di conseguenza è impossibile pensare a tutti quegli interventi che possono contemplare uno stravolgimento della facciata o in generale dell'involucro edilizio. Sono stati quindi esclusi a priori l'applicazione di un cappotto termico in facciata e l'utilizzo di sistemi ad energia rinnovabile applicabili sul tetto. Le parti su cui si è pensato di intervenire sono:

- Sostituzione dei serramenti
- Isolamento interno di parti dell'edificio
- Sostituzione degli impianti (generatori di calore)

3.2 Le zone termiche

Sulla base del sopralluogo svolto a Palazzo degli Stemmi e delle destinazioni d'uso in esso contenute, sono state identificate 6 diverse zone termiche, che ci serviranno per il calcolo dei fabbisogni energetici dell'edificio. Le zone termiche sono:

- ZONA 1: Zona ricreativa della residenza studentesca
- ZONA 2: Negozi
- ZONA 3: Uffici del piano ammezzato
- ZONA 4: Uffici
- ZONA 5: Locali di servizio della residenza studentesca
- ZONA 6: Stanze da letto della residenza studentesca

ZONA	Caratteristica	Piano nell'edificio
1	Zona ricreativa residenza student.	Piano interrato + P.T.
2	Negozi	P.T.
3	Uffici del piano ammezzato	Piano ammezzato
4	Uffici	Piano 1° - 2° - 3°
5	Locali servizio residenza student.	Piano 1° - 2° - 3°
6	Stanze da letto residenza student.	Sottotetto

Di seguito riportiamo una vista del modello tridimensionale con distribuzione delle zone termiche, che è stato poi utile in fase di analisi dell'involucro. Nell'allegato A sono state riportate le schede che presentano, piano per piano, la collocazione delle zone e gli ambienti considerati "non climatizzati".

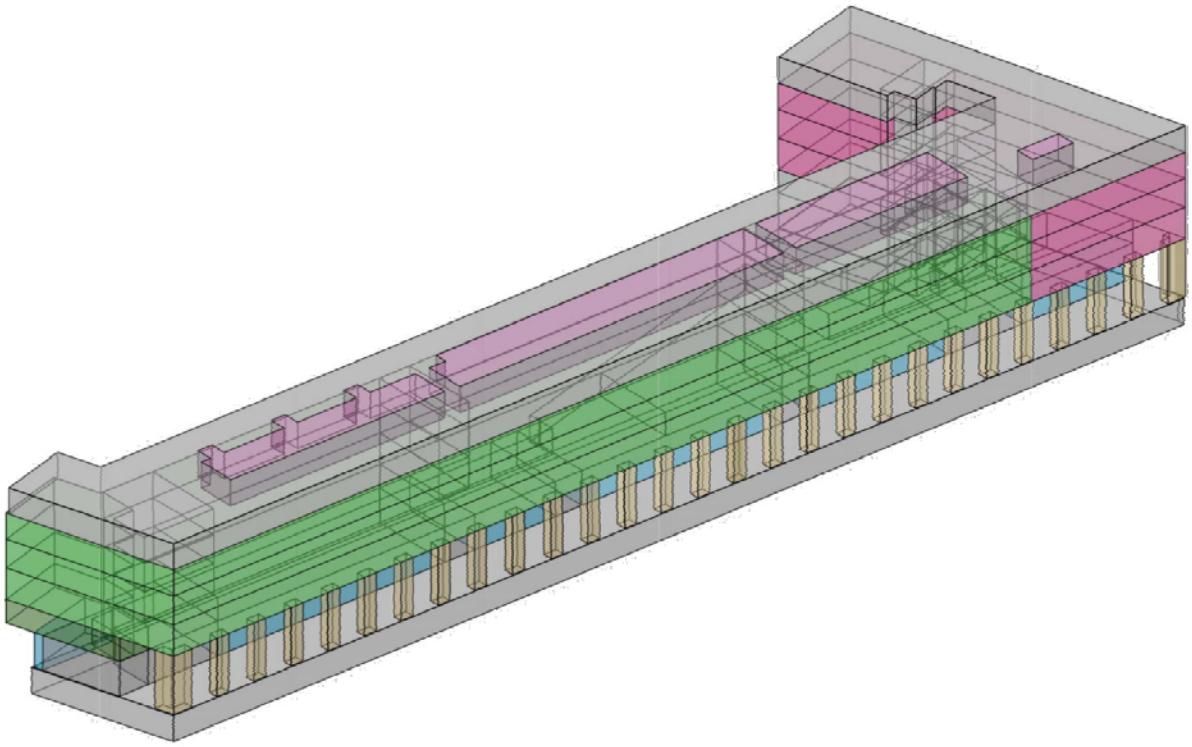


Figura 4_ Vista 3D del modello di Palazzo degli Stemmi con suddivisione zone termiche.

3.3 Il calcolo dei fabbisogni

Per svolgere l'analisi dell'involucro edilizio e ricavare i dati relativi al fabbisogno dell'edificio sono state seguite le metodologie di calcolo contenute nella UNI/TS 11300 parte 1. Elenchiamo i principali dati (per zona termica) da considerare nei calcoli:

- Superficie lorda di pavimento $\mathbf{A_{f,l}}$ [m^2]
- Superficie utile di pavimento $\mathbf{A_f}$ [m^2]
- Volume lordo $\mathbf{V_l}$ [m^3]
- Volume netto $\mathbf{V}$ [m^3]
- Capacità termica per unità di superficie di involucro $\boldsymbol{\kappa_e}$ [kJ/m^2K]
- Flusso termico prodotto dalle sorgenti di calore interne, per unità di superficie utile di pavimento $\mathbf{\Phi_{int,mn}/A_f}$ [W/m^2]
- Portata mediata sul tempo del flusso d'aria $\mathbf{q_{ve,mn}}$ [m^3/h]
- Fattore di correzione della temperatura $\mathbf{b_{ve}}$ [-]
- Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento → $\boldsymbol{\theta_{int,set,H}}$ = 20°C
- Temperatura interna di regolazione per il raffrescamento → $\boldsymbol{\theta_{int,set,C}}$ = 26°C
- Elementi disperdenti dell'involucro:
    - Elemento trasparente → dati richiesti:
        - Area del vano finestra $\mathbf{A_{w,p}}$ [m^2]
        - Rapporto tra area del telaio e area del vano finestra $\mathbf{F_F}$ [-]
        - Angolo azimutale $\boldsymbol{\Phi}$ [°]
        - Angolo di inclinazione sull'orizzonte $\boldsymbol{\Sigma}$ [°]
        - Fattore di riduzione per ombreggiatura $\mathbf{F_{sh,ob,dif}}$ [-]
        - Trasmittanza termica della finestra $\mathbf{U_w}$ [W/m^2K]
        - Trasmittanza termica della finestra e chiusura oscurante insieme $\mathbf{U_{w+shut}}$ [W/m^2K]
        - Trasmittanza di energia solare totale della finestra $\mathbf{g_{gl}}$ [-]
        - Trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata $\mathbf{g_{gl+sh}}$ [-]
        - Emissività della finestra $\boldsymbol{\varepsilon}$ [-]
        - Fattore di riduzione per ombreggiatura mensile, relativo ad elementi esterni $\mathbf{F_{sh,ob}}$ [-]

- Elemento opaco confinante verso l'esterno:
  - Area del componente opaco $\mathbf{A_c}$ [m^2]
  - Spessore del componente opaco delimitante la zona termica $\mathbf{d_c}$ [m]
  - Angolo azimutale **Φ** [°]
  - Angolo di inclinazione sull'orizzonte **Σ** [°]
  - Trasmittanza termica del componente opaco $\mathbf{U_c}$ [W/m^2K]
  - Fattore di assorbimento solare del componente opaco $\boldsymbol{\alpha_{sol,c}}$ [-]
  - Emissività del componente opaco **ε** [-]
- Elemento opaco non confinante con l'ambiente esterno:
  - Tipologia di ambiente confinante (es. terreno, ambiente non climatizzato, ambiente climatizzato a temperatura diversa)
  - Area del componente opaco $\mathbf{A_c}$ [m^2]
  - Spessore del componente opaco delimitante la zona termica $\mathbf{d_c}$ [m]
  - Trasmittanza termica del componente opaco $\mathbf{U_c}$ [W/m^2K]
  - Fattore di correzione per temperature degli ambienti confinanti diverse dalla temperatura esterna $\mathbf{b_{tr}}$ [-]
- Ponti termici:
  - Tipologia di ambiente confinante (es. esterno, terreno, ambiente non climatizzato, ambiente climatizzato a temperatura diversa)
  - Fattore di correzione per temperature degli ambienti confinanti diverse dalla temperatura esterna $\mathbf{b_{tr}}$ [-]
  - Lunghezza del ponte termico **l** [m]
  - Trasmittanza termica lineare del ponte termico **ψ** [W/mK]

- Dati climatici: Città, Gradi Giorno, Zona Climatica, Temperatura Esterna di Progetto invernale [°C], Irraggiamento solare globale giornaliero medio mensile, Irradianza solare globale giornaliera media mensile.

Il metodo da utilizzare per calcolare i fabbisogni dell'edificio ed in generale gli argomenti contenuti nella UNI/TS 11300 parte 1 e seguenti, sono presentati nel Capitolo 1 della tesi.

Qui di seguito riportiamo alcuni dei valori principali che abbiamo usato nel calcolo del fabbisogno attuale di Palazzo degli Stemmi:

DATI GENERALI PALAZZO DEGLI STEMMI	
Classe destinazione d'uso	E.1 (edificio adibito ad albergo e similari); E.5 (edificio adibito ad attività commerciali e similari); E.2 (edificio adibito ad uffici e assimilabili)
Tipologia costruttiva	Muratura portante (pesante)
Periodo di riscaldamento convenzionale	15 ottobre – 15 aprile
Gradi Giorno Torino	2617
Zona climatica	E
Temperatura esterna di progetto invernale	-8 °C
ZONA 1: zona ricreativa residenza studentesca	
Descrizione del dato	**Valore [unità di misura]**
K_e	165 kJ/m^{2}K
$\Phi_{int,mn}/A_f$	6 W/m^2
U_w (principale)	5 W/m^{2}K
U_c pareti (s = 0,91 - 0,45 m)	0,70 – 1,28 W/m^{2}K
U_c solaio contro terra (s = 0,35 m)	1,50 W/m^{2}K
ZONA 2: negozi	
Descrizione del dato	**Valore [unità di misura]**
K_e	165 kJ/m^{2}K
$\Phi_{int,mn}/A_f$	8 W/m^2
U_w (principale)	5 W/m^{2}K
U_c pareti (s = 0,80 - 0,89 m)	0,75 – 0,79 W/m^{2}K

U_c solaio (s = 0,63 m)	0,98 W/m^{2}K
ZONA 3: uffici del piano ammezzato	
Descrizione del dato	**Valore [unità di misura]**
K_e	165 kJ/m^{2}K
$\Phi_{int,mn}/A_f$	6 W/m^2
U_w (principale)	5 W/m^{2}K
U_c pareti (s = 0,80 - 0,89 m)	0,65 – 1,07 W/m^{2}K
ZONA 4: uffici	
Descrizione del dato	**Valore [unità di misura]**
K_e	165 kJ/m^{2}K
$\Phi_{int,mn}/A_f$	6 W/m^2
U_w (principale)	5 W/m^{2}K
U_c pareti (s = 0,60 – 1,00 m)	0,65 – 1,00 W/m^{2}K
U_c solaio su portici (s = 0,71 m)	0,90 W/m^{2}K
ZONA 5: Locali di servizio residenza studentesca	
Descrizione del dato	**Valore [unità di misura]**
K_e	165 kJ/m^{2}K
$\Phi_{int,mn}/A_f$	6 W/m^2
U_w (principale)	5 W/m^{2}K
U_c pareti (s = 0,53 – 0,85 m)	0,75 – 1,12 W/m^{2}K
ZONA 6: Stanze da letto residenza studentesca	
Descrizione del dato	**Valore [unità di misura]**
K_e	165 kJ/m^{2}K

$\Phi_{int,mn}/A_f$	6 W/m^2
U_w (principale)	3,10 W/m^{2}K
U_c **pareti** (s = 0,30 m)	1,77 W/m^{2}K
U_c **tetto** (s = 0,35 m)	0,60 W/m^{2}K

3.3.1 I risultati del calcolo: il fabbisogno netto per il riscaldamento

Vengono di seguito riportate le tabelle e i grafici con i dati finali dei calcoli del fabbisogno netto per il riscaldamento.

FABBISOGNO NETTO PER RISCALDAMENTO Q_H [kWh] di Palazzo degli Stemmi _ STATO ATTUALE						
MESI	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6
	ricreativa residenza studentesca	negozi	uffici ammezzato	uffici	locali servizio residenza	stanze residenza studentesca
gennaio	9673	39692	23129	98581	39831	13396
febbraio	7310	29394	17065	72254	29263	9641
marzo	5354	20498	11733	48599	20080	5930
aprile	1385	4713	2602	10435	4510	1126
maggio	0	0	0	0	0	0
giugno	0	0	0	0	0	0
luglio	0	0	0	0	0	0
agosto	0	0	0	0	0	0
settembre	0	0	0	0	0	0
ottobre	1663	5944	3402	13987	5994	1651
novembre	6032	24085	13914	58371	24100	7873
dicembre	8814	35990	20945	88813	36174	12159
TOTALE	**40230**	**160315**	**92789**	**391040**	**159952**	**51775**
Superficie netta [mq]	183	715	714	3440	998	492
$Q_{H,nd}$ TOTALE [kWh/mq]	**220**	**224**	**130**	**114**	**160**	**105**
Volume netto [mc]	724	2830	1927	10723	3107	1148
$Q_{H,nd}$ TOTALE [kWh/mc]	**56**	**57**	**48**	**36**	**51**	**45**

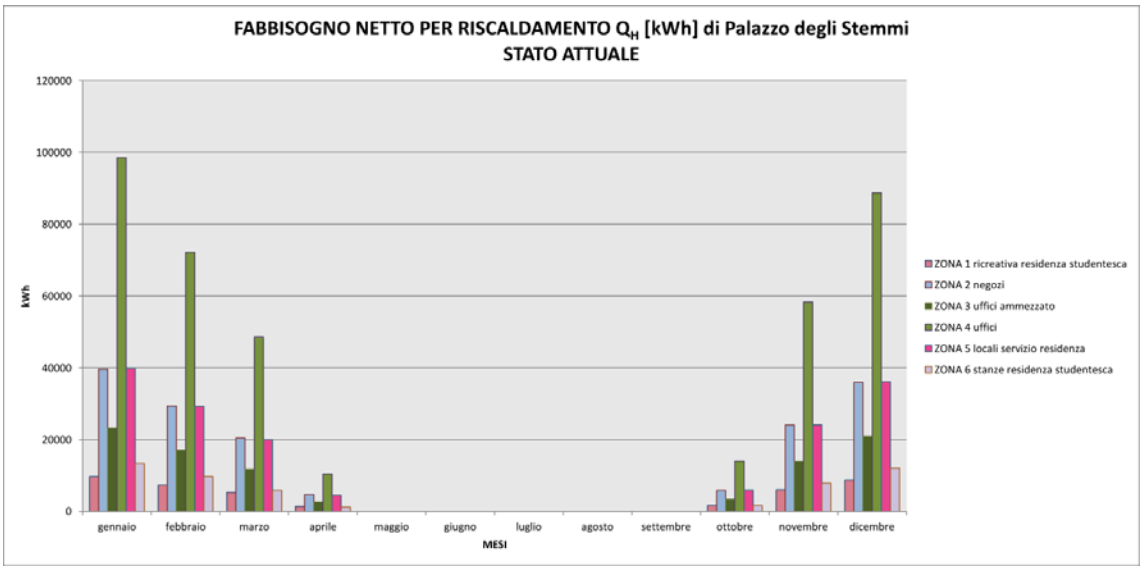


Grafico 3 _ Fabbisogno netto mensile [kWh] per il riscaldamento per lo stato attuale di Palazzo degli Stemmi

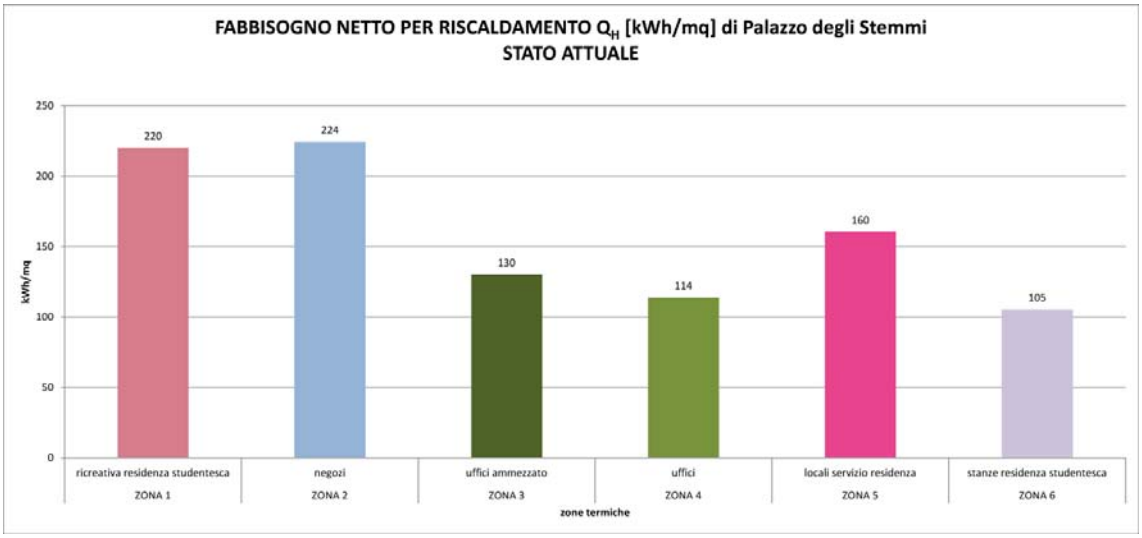


Grafico 2 _ Fabbisogno netto per il riscaldamento diviso per zone termiche in kWh/m^2.

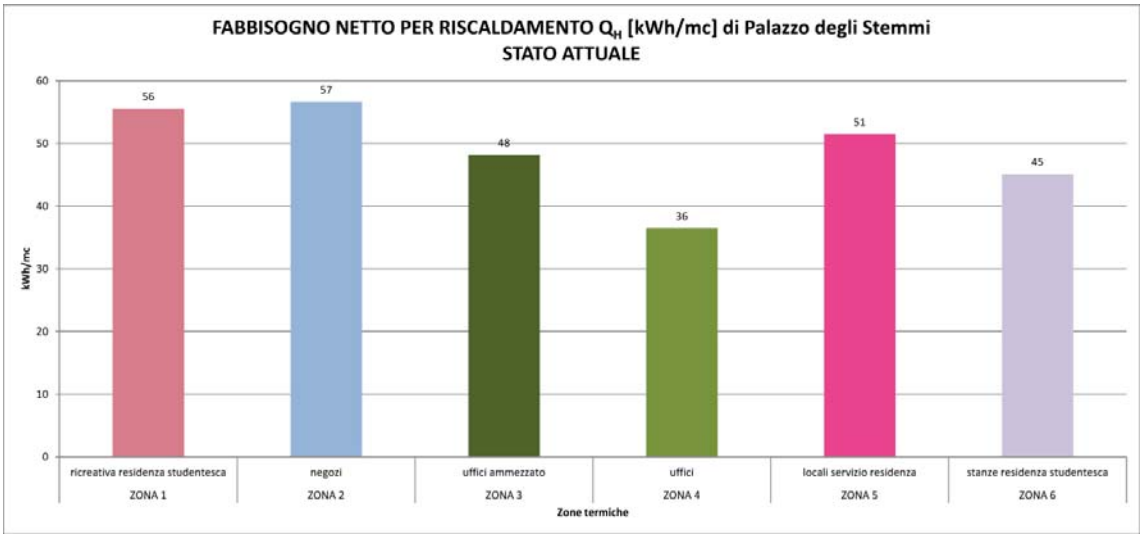


Grafico 1 _ Fabbisogno netto per il riscaldamento diviso per zone termiche in kWh/m^3.

Come si può notare dai grafici, le zone maggiormente disperdenti per quanto riguarda il riscaldamento sono:

- la zona ricreativa della residenza studentesca (ZONA 1): in parte è interrata e affaccia, per i due lati principali, su zone spesso in ombra.
- I negozi (ZONA 2): affacciano da un lato principale sui portici, e dall'altro lato sull'interno cortile (spesso in ombra); inoltre nel calcolo abbiamo considerato l'intero piano interrato come non riscaldato, quindi c'è molta dispersione anche in questo senso.

3.3.2 I risultati del calcolo: il fabbisogno netto per il raffrescamento

Vengono di seguito riportate le tabelle e i grafici con i dati finali dei calcoli del fabbisogno netto per il raffrescamento.

FABBISOGNO NETTO PER RAFFRESCAMENTO Q_c [kWh] di Palazzo degli Stemmi _ STATO ATTUALE						
MESI	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6
	ricreativa residenza studentesca	negozi	uffici ammezzato	uffici	locali servizio residenza	stanze residenza studentesca
gennaio	0	0	0	0	0	0
febbraio	0	0	0	0	0	0
marzo	0	0	0	0	0	0
aprile	0	0	0	0	0	0
maggio	0	0	0	0	0	0
giugno	0	0	177	1398	0	1567
luglio	0	2672	2352	12403	3521	3647
agosto	0	0	406	2890	588	2124
settembre	0	0	0	0	0	0
ottobre	0	0	0	0	0	0
novembre	0	0	0	0	0	0
dicembre	0	0	0	0	0	0
TOTALE	**0**	**2672**	**2935**	**16692**	**4109**	**7338**

Superficie netta [mq]	183	715	714	3440	998	492
$Q_{C,nd}$ TOTALE [kWh/mq]	**0**	**4**	**4**	**5**	**4**	**15**
Volume netto [mc]	724	2830	1927	10723	3107	1148
$Q_{C,nd}$ TOTALE [kWh/mc]	**0**	**1**	**2**	**2**	**1**	**6**

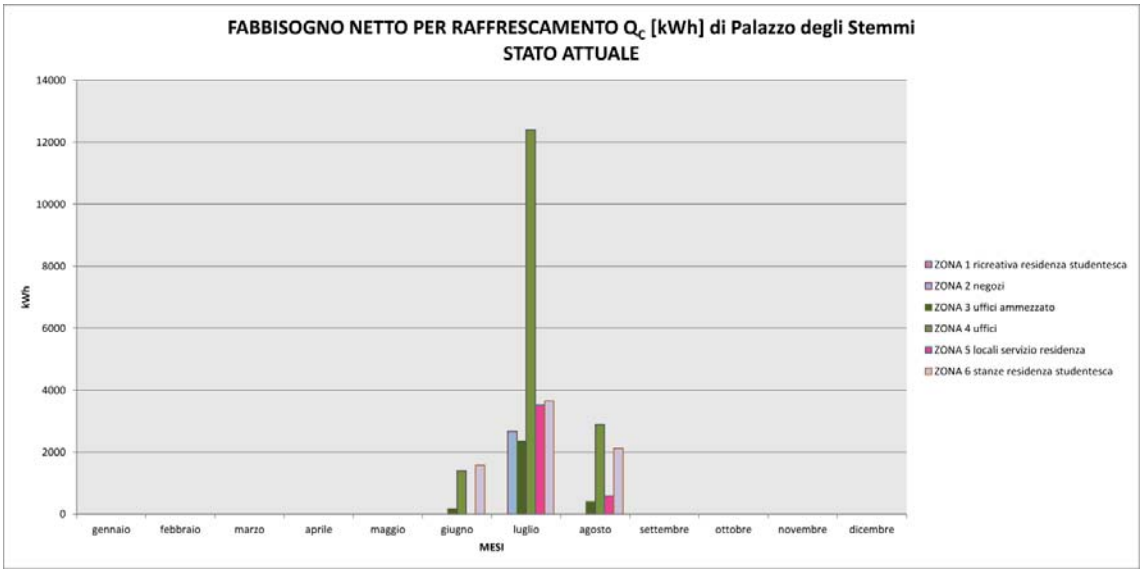


Grafico 4 _ Fabbisogno netto mensile [kWh] per il raffrescamento per lo stato attuale di Palazzo degli Stemmi

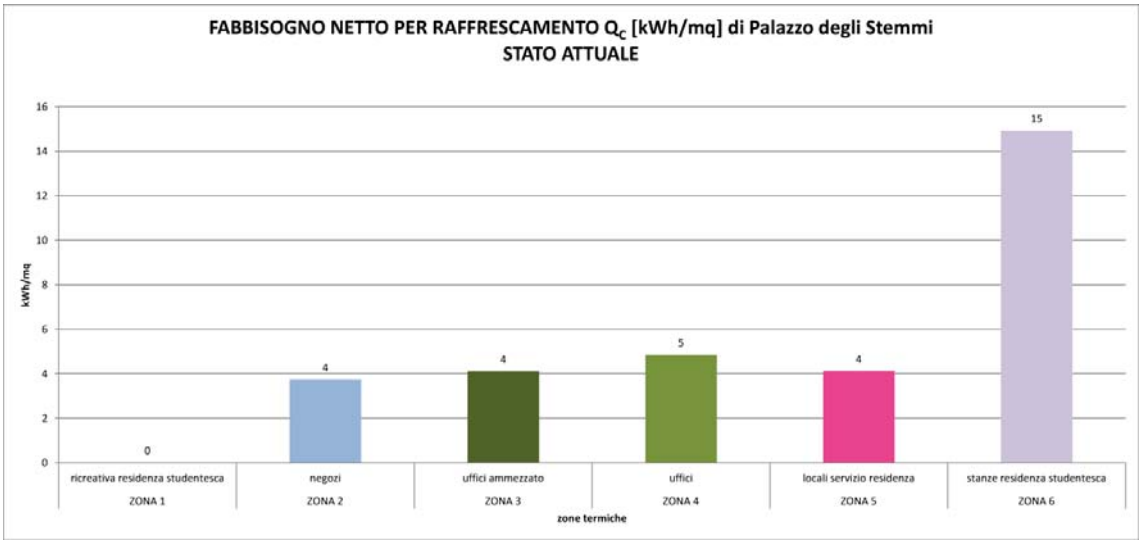


Grafico 6 _ Fabbisogno netto per il raffrescamento diviso per zone termiche in kWh/m^2.

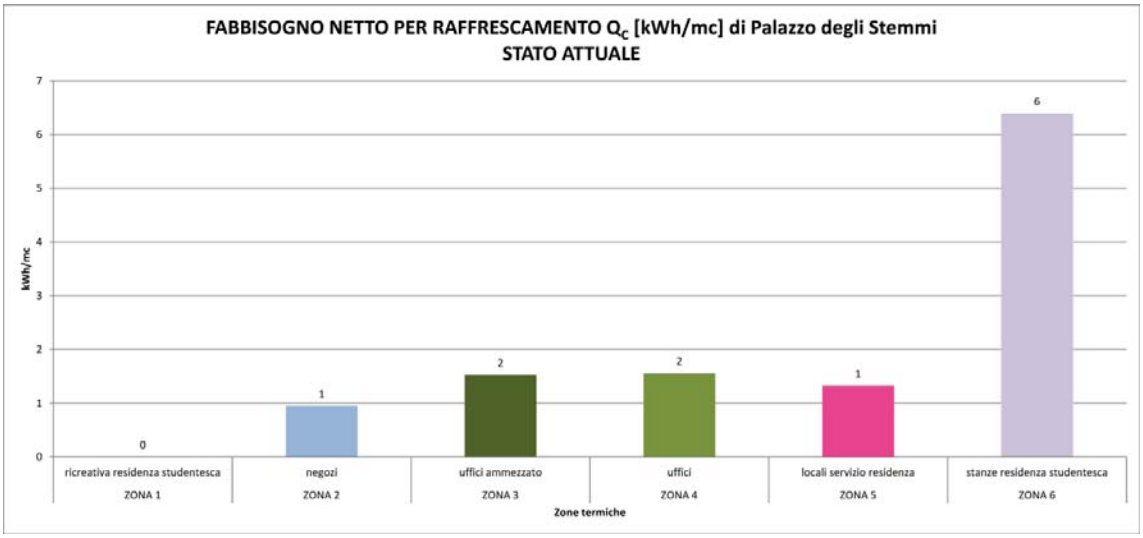


Grafico 5 _ Fabbisogno netto per il raffrescamento diviso per zone termiche in kWh/m^3.

La zona maggiormente disperdente per quanto riguarda il raffrescamento è la parte di edificio adibita alle stanze da letto della residenza studentesca; si tratta del sottotetto e qui, soprattutto d'estate, possono raggiungersi temperature al di fuori dei valori di comfort termico.

3.3.3 I risultati del calcolo: il fabbisogno di acqua calda sanitaria

Nella UNI/TS 11300 parte 2 viene spiegato il metodo di calcolo per ricavare il fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria. Nella tabella di seguito riportata abbiamo calcolato questi valori di fabbisogno, sia per quanto riguarda l'ACS necessaria alla residenza studentesca, sia quella per gli uffici (ricavata da boiler elettrici).

	Fabbisogno di energia per la produzione di Acqua Calda Sanitaria		
Residenza studentesca	$Q_{h,w}$ =	Σ_i (ρ * c * V_w * (θ_{er} - θ_o) * G)	[Wh]
	ρ	massa volumica dell'acqua [kg/mc]	1000
	c	calore specifico dell'acqua [Wh/kg°C]	1,162
	V_w	volume di acqua richiesto [mc/G]	308
	θ_{er}	temperatura di erogazione [°C]	40
	θ_o	temperatura di ingresso dell'ACS [°C]	15
	G	numero di giorni del periodo di calcolo	365
	$Q_{h,w}$ [Wh]	3265801	
	$Q_{h,w}$ [kWh]	**3266**	
uffici (boiler elettrici)	$Q_{h,w}$ =	Σ_i (ρ * c * V_w * (θ_{er} - θ_o) * G)	[Wh]
	ρ	massa volumica dell'acqua [kg/mc]	1000
	c	calore specifico dell'acqua [Wh/kg°C]	1,162
	V_w	volume di acqua richiesto [mc/G]	830,8
	θ_{er}	temperatura di erogazione [°C]	40
	θ_o	temperatura di ingresso dell'ACS [°C]	15
	G	numero di giorni del periodo di calcolo	365
	$Q_{h,w}$ [Wh]	8809180,1	
	$Q_{h,w}$ [kWh]	**8809**	

3.4 I consumi, il fabbisogno di energia primaria e i costi

Sulla base dei dati mensili ricavati otteniamo il fabbisogno annuale di energia per il riscaldamento e per il raffrescamento.

Fabbisogno annuale di energia per il riscaldamento dell'edificio [kWh]	Fabbisogno annuale di energia per il raffrescamento dell'edificio [kWh]
896101	33746

Per quanto riguarda invece l'analisi degli impianti, conoscendo le centrali termiche e i gruppi frigoriferi presenti nell'edificio, e utilizzando la UNI/TS 11300 parte 2, abbiamo ricavato i dati utili al fine del calcolo dei consumi. Per le caldaie abbiamo ottenuto i seguenti valori:

Rendimento medio globale stagionale dell'impianto di riscaldamento		
η_g =	$\eta_e * \eta_{rg} * \eta_d * \eta_{gn}$	
η_e :	rendimento di emissione	0,94
η_{rg} :	rendimento di regolazione	0,97
η_d :	rendimento di distribuzione	0,99
η_{gn} :	rendimento di generazione	0,93
η_g [-]	**0,84**	

Mentre per i bollitori elettrici (che producono ACS per gli uffici) e i gruppi frigo che coprono il fabbisogno di energia per il raffrescamento, sono stati considerati i seguenti valori:

- Rendimento del bollitore elettrico → ηb = 0,75 [-]
- Rendimento del gruppo frigorifero → ESEER = 2

Conoscendo questi dati, possiamo ricavare i consumi di combustibile (gas) e i consumi elettrici dovuti alla climatizzazione; ed infine, applicando i giusti fattori di conversione, l'Energia Primaria.

PALAZZO DEGLI STEMMI		STATO ATTUALE			
	Fabbisogni [kWh]	**Consumi elettrici [kWh]**	**Consumi combustibile [kWh]**	**Fattori di conversione**	**Consumi energia primaria [kWh]**
riscaldamento	896101	-	1066787	1,00	1066787
raffrescamento	33746	16873	-	2,1748	36695
ACS res stud	3266	-	3512	1,00	3512
ACS uffici	8809	11745	-	2,1748	25544
		28618	***1070299***	TOTALE EP_e [kWh]	***62239***
				TOTALE EP_t [kWh]	***1070299***
				TOTALE EP [kWh]	***1132538***

Dal totale dei consumi di energia elettrica e di combustibile, ricaviamo i costi annuali (elettrici e del gas) per la climatizzazione e la produzione di acqua calda sanitaria:

costo totale energia elettrica [€]	costo totale energia termica [€]	**costo totale energia [€]**
4817	87872	92689

Gli schemi riassunti sui collegamenti tra i fabbisogni, gli impianti, i consumi, l'Energia Primaria e i costi sono inseriti nell'Allegato A.

3.5 Le proposte di intervento

Come abbiamo già accennato precedentemente, gli interventi che abbiamo proposto per questo edificio sono basati sui sopralluoghi in campo e sulle criticità che ne erano emerse. Andiamo di seguito ad analizzare singolarmente ognuno degli interventi, mostrando i miglioramenti ottenuti e i costi. Gli schemi che presentano le proposte di intervento sono presenti nell'allegato A.

3.5.1 La sostituzione dei serramenti

Il primo intervento proposto per Palazzo degli Stemmi è la sostituzione dei serramenti[1]. Questi i dati relativi ai nuovi infissi:

- TELAIO → U_f = 2,05 W/m^{2}K
- VETRI:
  - Composizione: 6 + 15 (argon 90%) + 6
  - Spessore: 27 mm
  - Fattore solare g: 0,61
  - Coefficiente shading: 0,70
  - U_g: 1,3 W/m^{2}K

Ricaviamo una trasmittanza del serramento[2] pari a:

U_w = 1,7 W/m^{2}K

Rifacendo i calcoli per ottenere i fabbisogni di energia, applicando i nuovi valori relativi ai serramenti, ricaviamo i seguenti dati:

	PALAZZO DEGLI STEMMI		**SOSTITUZIONE DEI SERRAMENTI**		
	Fabbisogni [kWh]	**Consumi elettrici [kWh]**	**Consumi combustibile [kWh]**	**Fattori di conversione**	**Consumi energia primaria [kWh]**
riscaldamento	542236	-	645519	1,00	645519
raffrescamento	58149	29075	-	2,1748	63231
ACS res stud	3266	-	3512	1,00	3512
ACS uffici	8809	11745	-	2,1748	25544
		40820	***649031***	TOTALE EP_e [kWh]	***88775***
				TOTALE EP_t [kWh]	***649031***
				TOTALE EP [kWh]	***737806***

[1] Sulla base dei dati raccolti durante il sopralluogo, sono stati utilizzati i seguenti dati per caratterizzare gli attuali infissi:

- U_w = 5 W/m^{2}K
- g_{gl} = 0,85
- g_{gl+sh} = 0,26
- ε = 0,89

[2] Dalla tabella del prospetto C.3 (pag. 46) della UNI/TS 11300 – 1.

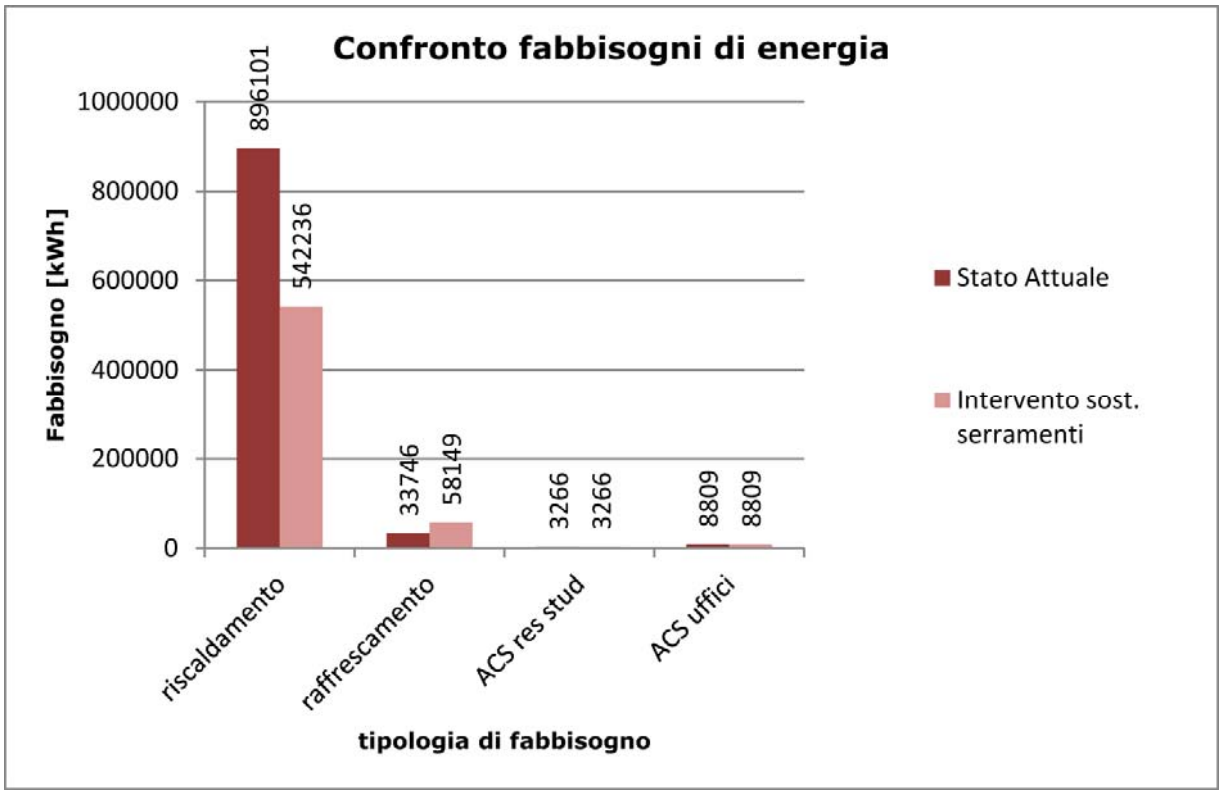


Grafico 7 _ Confronto dei fabbisogni di energia tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

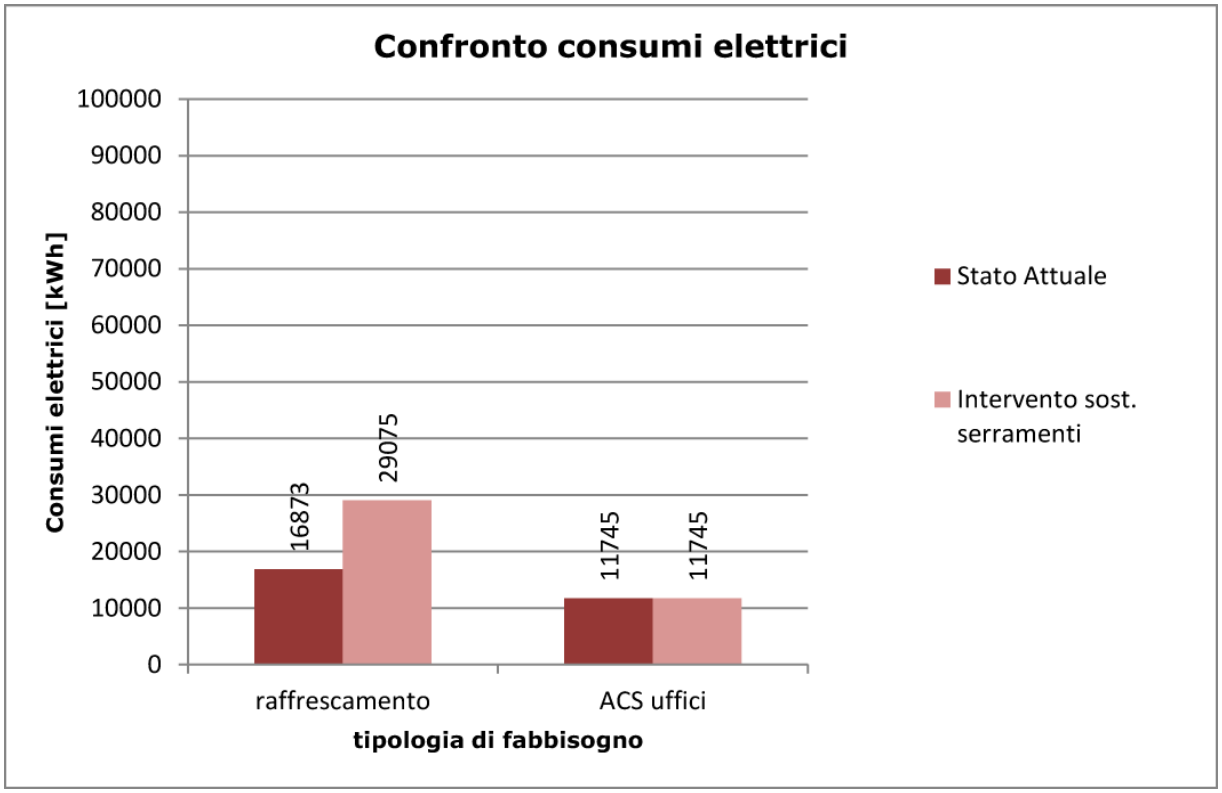


Grafico 8 _ Confronto dei consumi elettrici tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

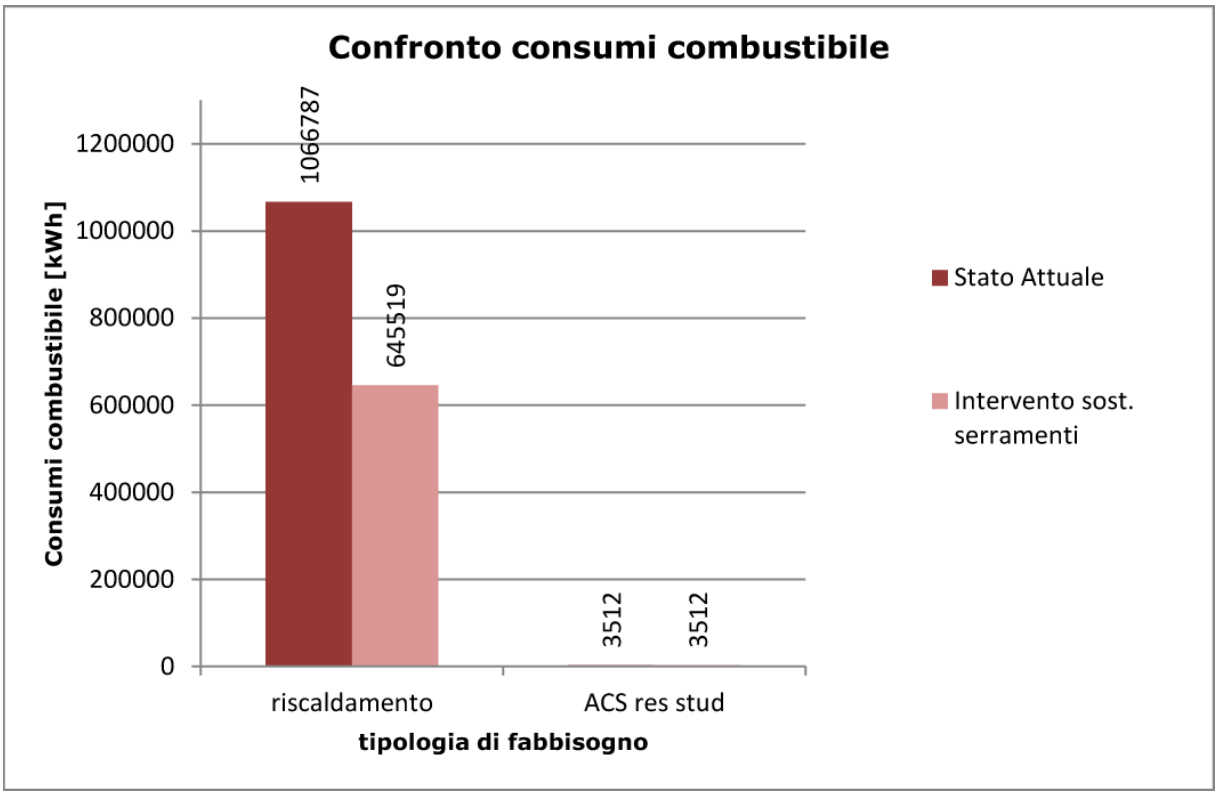


Grafico 10 _ Confronto dei consumi di combustibile tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

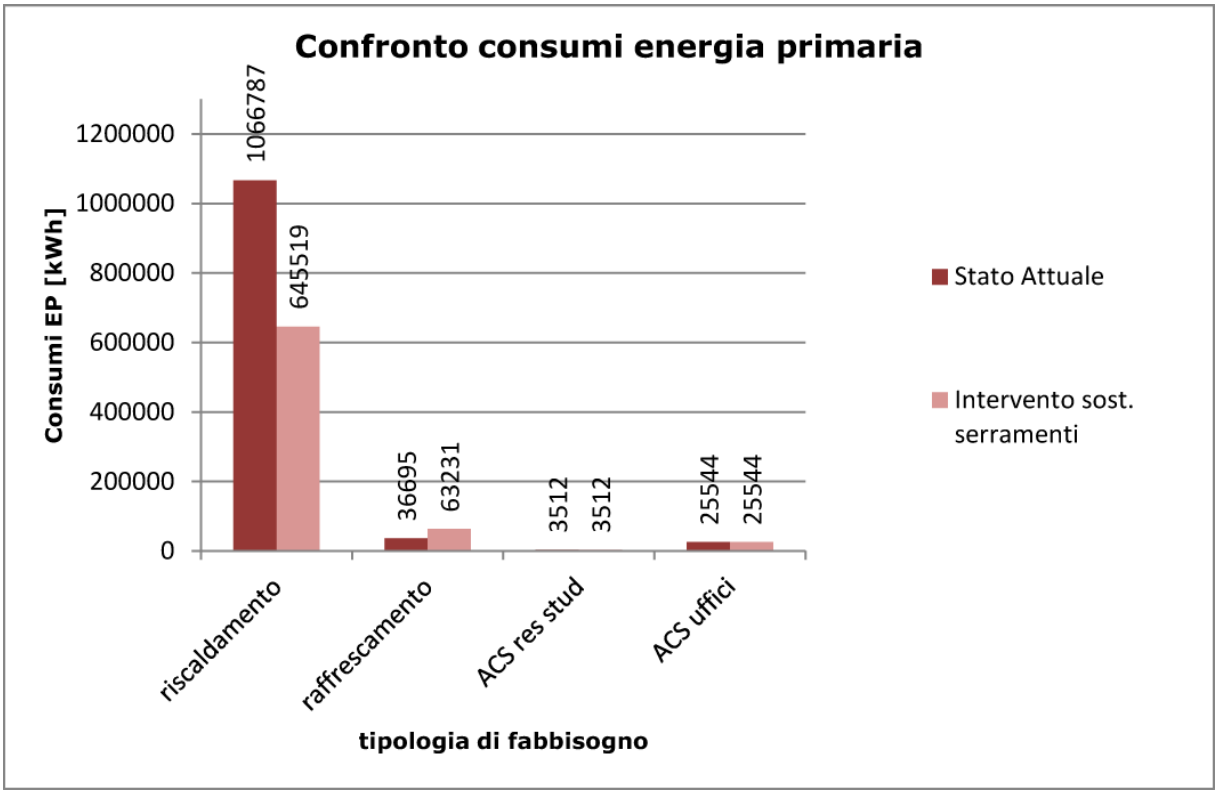
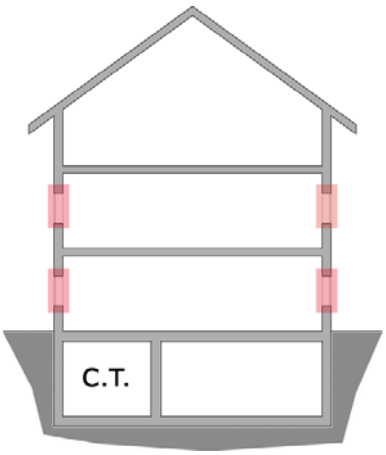


Grafico 9 _ Confronto dei consumi di energia primaria tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

Dai dati sopra presentati ricaviamo:



COSTO DELL'INTERVENTO:

164'148 Euro

COSTO ENERGIA ELETTRICA:

6'871 Euro

COSTO CARBURANTE:

53'286 Euro

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RISCALDAMENTO:

34'586 Euro

Tempo di ritorno dell'investimento:

5 anni

L'intervento di sostituzione dei serramenti ha un forte impatto sul fabbisogno per il riscaldamento di Palazzo degli Stemmi. Questo fatto lo si riscontra anche osservando nei grafici la diminuzione nei consumi di combustibile e nell'energia primaria.

Il costo dell'intervento è stato ricavato dal Prezzario della Regione Piemonte. Riportiamo qui di seguito le voci considerate e i relativi calcoli.

01.A02.C00	Rimozione di infissi di qualsiasi natura,in qualunque piano di fabbricato, comprese la discesa o la salita dei materiali, lo sgombro dei detriti, il trasporto degli stessi alle discariche, compreso la rimozione e l'accatastamento dei vetri nel caso di serramenti, computando le superfici prima della demolizione	€/m²	m²	€
01.A02.C00.005	Con una superficie di almeno m² 0,50	€ 11,83	899,94	€ 10'646,29
TOTALE				**€ 10'646,29**

01.A17.L00	Posa in opera di serramenti esterni, finestre e portefinestre, completi di vetrata isolante e sistema telaio in legno, in legno/alluminio o in legno/pvc/alluminio	€/m²	m²	€
01.A17.L00.005	Per qualsiasi dimensione, battenti e tipo di apertura	€ 38,01	899,94	€ 34'206,72
TOTALE				**€ 34'206,72**

01.P20.I00	Telaio per serramenti esterni in alluminio realizzati con profilati in lega primaria di alluminio 6060 (UNI9006/1); sistema completo per finestre in profilati a taglio termico, comprensivo di profili fermavetro, gocciolatoio, ferramenta e maniglia in alluminio; compreso il montaggio della vetrata, ma esclusa la fornitura; trasmittanza termica dei telai Uf= =<2,6 e >2,0 W/m2K (UNI EN ISO 10077-2)					
			€/m²		m²	€
01.P20.I00.005	finestra fissa; di superficie fino a 2,0 m²	€	120,20			
01.P20.I00.010	finestra fissa; di superficie oltre 2,0 m²	€	98,56			
01.P20.I00.015	finestra a battente; di superficie fino a 2,0 m²	€	216,28			
01.P20.I00.020	finestra a battente; di superficie oltre 2,0 m²	€	190,18			
01.P20.I00.025	finestra ad anta e ribalta; di superficie fino a 2,0 m²	€	238,66			
01.P20.I00.030	finestra ad anta e ribalta; di superficie oltre 2,0 m²	€	207,58			
01.P20.I00.035	finestra a vasistas; di superficie fino a 2,0 m²	€	242,39			
01.P20.I00.040	finestra a vasistas; di superficie oltre 2,0 m²	€	211,31			
01.P20.I00.045	finestra a due ante anta-anta; di superficie fino a 3,5 m²	€	229,96			
01.P20.I00.050	finestra a due ante anta-anta; di superficie oltre 3,5 m²	€	200,12		287,77	€ 57'588,53
01.P20.I00.055	finestra a due ante anta-anta/ribalta; superficie fino a 3,5 m²	€	248,60			
01.P20.I00.060	finestra a due ante anta-anta/ribalta; superficie oltre 3,5 m²	€	216,28			
TOTALE						**€ 57'588,53**

01.P20.B04	Vetrate isolanti tipo vetrocamera con basso emissivo; formate da due lastre di vetro, normale o stratificata, con interposta intercapedine d'aria o gas; complete di profilati distanziatori, giunti elastici, sali disidratanti etc.; i vetri antisfondamento sono costituiti da due lastre con interposta pellicola di polivinilbutirrale. (Per vetri con altre caratteristiche vedere 01.P20.B06)					
			€/m²		m²	€
01.P20.B04.095	3+3/15/3+3 magnetronico (B.E. 1 lastra)+aria; U= 1,4 W/m2K e Rw= c.a 36dB	€	94,90		612,17	€ 58'094,93
TOTALE						**€ 58'094,93**

01.P20.B06	Variazione del prezzo per vetrate isolanti tipo vetro camera (01.P20.B04 e 01.P20.B05)					
			€/m²		m²	€
01.P20.B06.005	supplemento con gas argon 90%	€	5,90		612,17	€ 3'611,80
TOTALE						**€ 3'611,80**

SOSTITUZIONE SERRAMENTI			**€ 164'148,28**
		Euro/$mq_{climatizzata}$	**25,09**

3.5.2 La sostituzione delle caldaie e l'isolamento della soletta verso il piano interrato

Il secondo intervento proposto per Palazzo degli Stemmi si concentra sugli impianti e sull'isolamento. Anche se le due caldaie attualmente in funzione erano state sostituite da poco, è stato proposto di metterne in funzione due nuove più performanti rispetto alle attuali a condensazione. Inoltre, l'isolamento del solaio va a limitare le

dispersioni verso il piano interrato, da noi ipotizzato completamente non riscaldato in fase di zonizzazione termica.

Le caldaie nuove, da sostituire alle attuali[3], hanno le seguenti caratteristiche:

- Potenzialità utile
  - T_M/T_R = 40/30 °C → 635 kW
  - T_M/T_R = 80/60 °C → 575 kW
- Potenzialità al focolare: 599 kW
- Rendimento stagionale: 98%

L'applicazione dell'isolamento termico (pannello di polistirene espanso, spessore 10 cm, λ[4] = 0,035 W/mK) sull'intradosso del solaio verso l'interrato modifica il valore della trasmittanza termica di questo elemento[5], che diventa:

U = 0,22 W/m^{2}K

Rifacendo i calcoli per ottenere i fabbisogni di energia, applicando i nuovi valori relativi alle caldaie e al solaio verso l'interrato, ricaviamo i seguenti dati:

[3] Le caldaie attualmente in funzione hanno le seguenti caratteristiche:

- Potenza termica massima: 420 kW
- Potenza termica minima: 210 kW
- Rendimento: 93%

[4] Conduttività utile di calcolo [W/mK].

[5] Il valore della trasmittanza del solaio verso l'interrato, nello stato attuale, è stato ipotizzato come U = 0,98 W/m^{2}K.

	PALAZZO DEGLI STEMMI		SOSTITUZIONE CALDAIE + ISOLAMENTO		
	Fabbisogni [kWh]	**Consumi elettrici [kWh]**	**Consumi combustibile [kWh]**	**Fattori di conversione**	**Consumi energia primaria [kWh]**
riscaldamento	871867	-	990758	1,00	990758
raffrescamento	35194	17597	-	2,1748	38270
ACS res stud	3266	-	3333	1,00	3333
ACS uffici	8809	11745	-	2,1748	25544
		29342	***994091***	TOTALE EP_e [kWh]	***63814***
				TOTALE EP_t [kWh]	***994091***
				TOTALE EP [kWh]	***1057905***

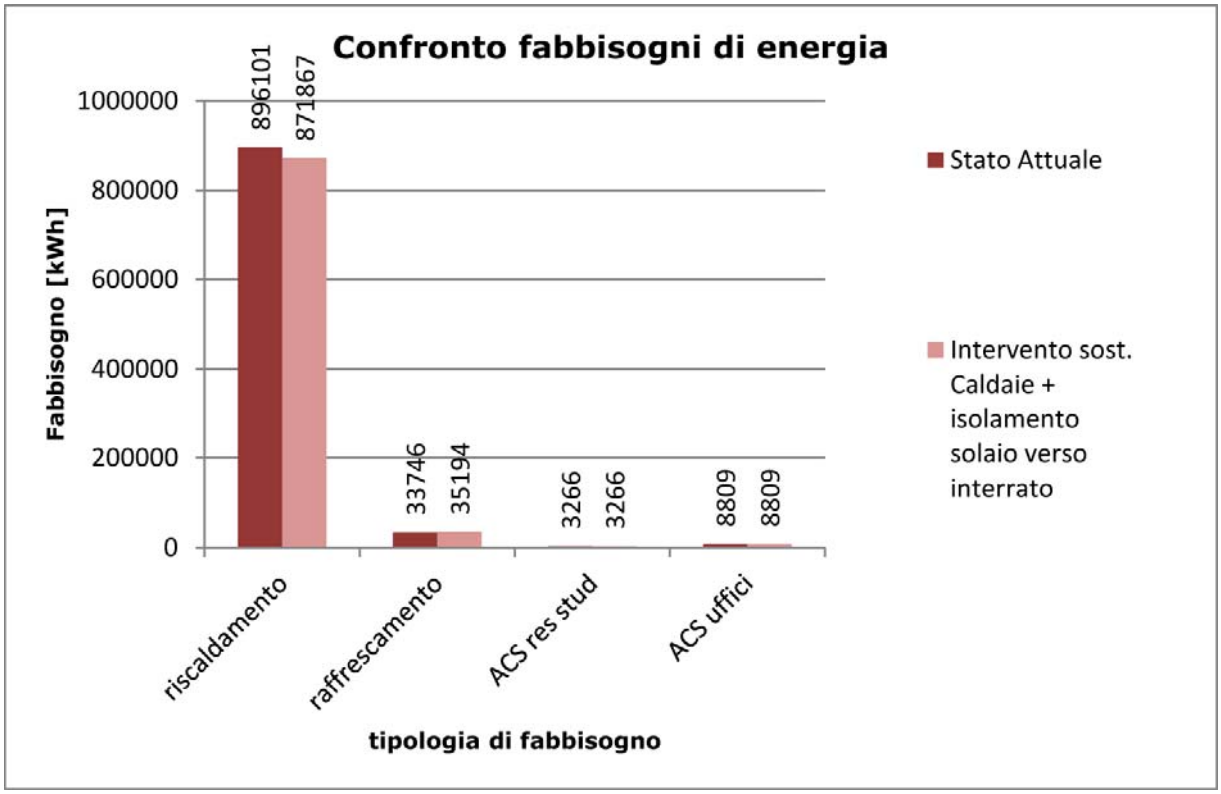


Grafico 12 _ Confronto dei fabbisogni di energia tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

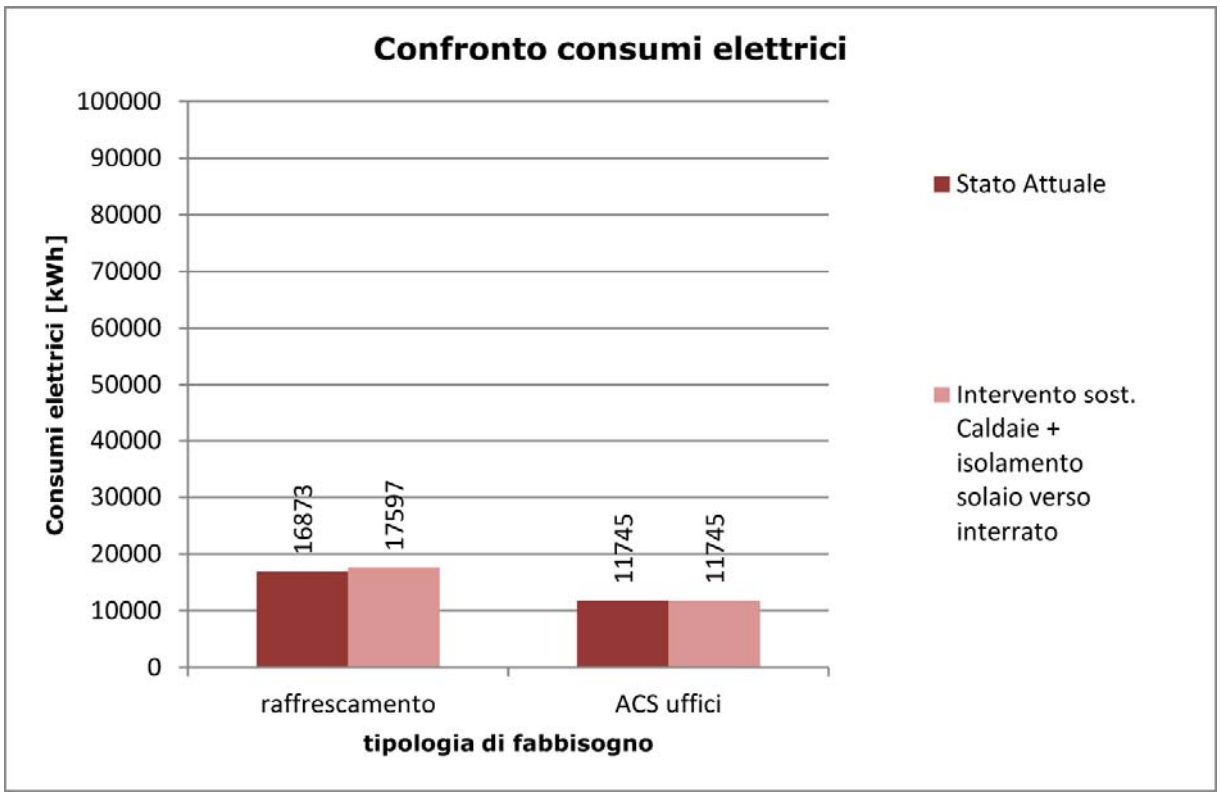


Grafico 11 _ Confronto dei consumi elettrici tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

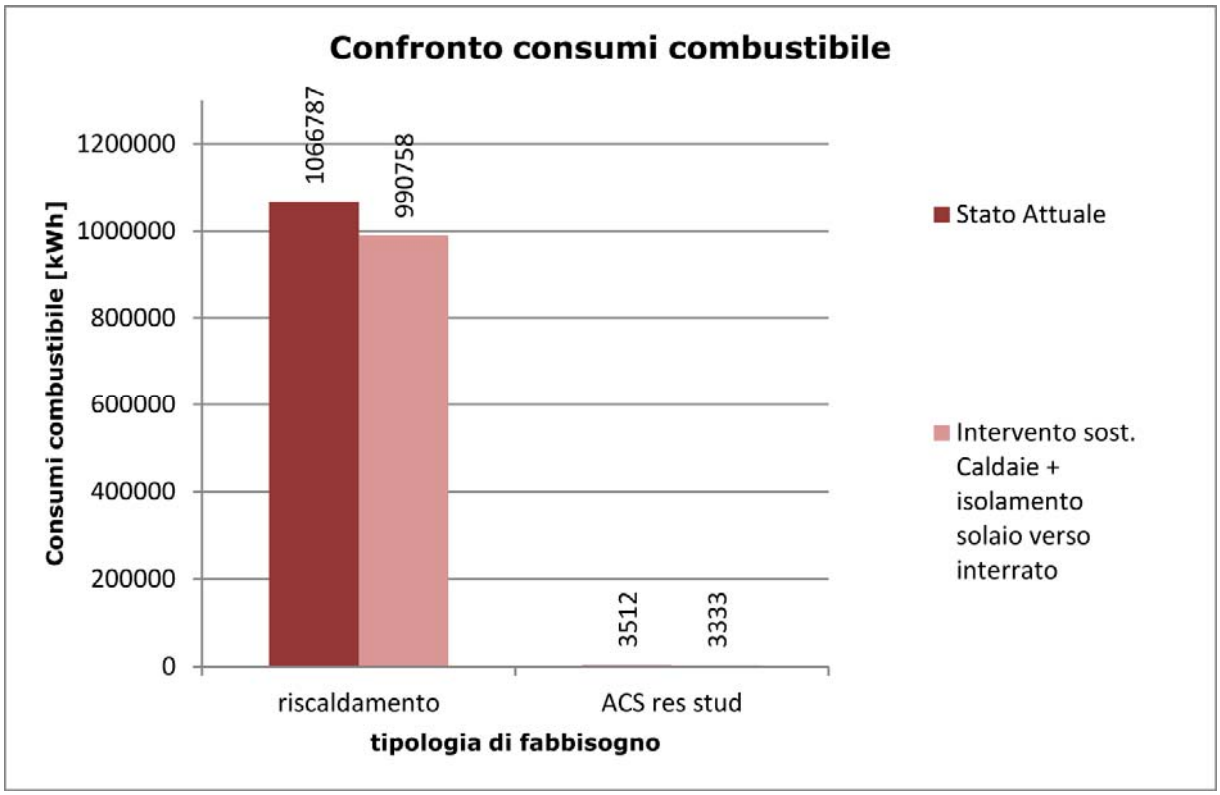


Grafico 14 _ Confronto dei consumi di combustibile tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

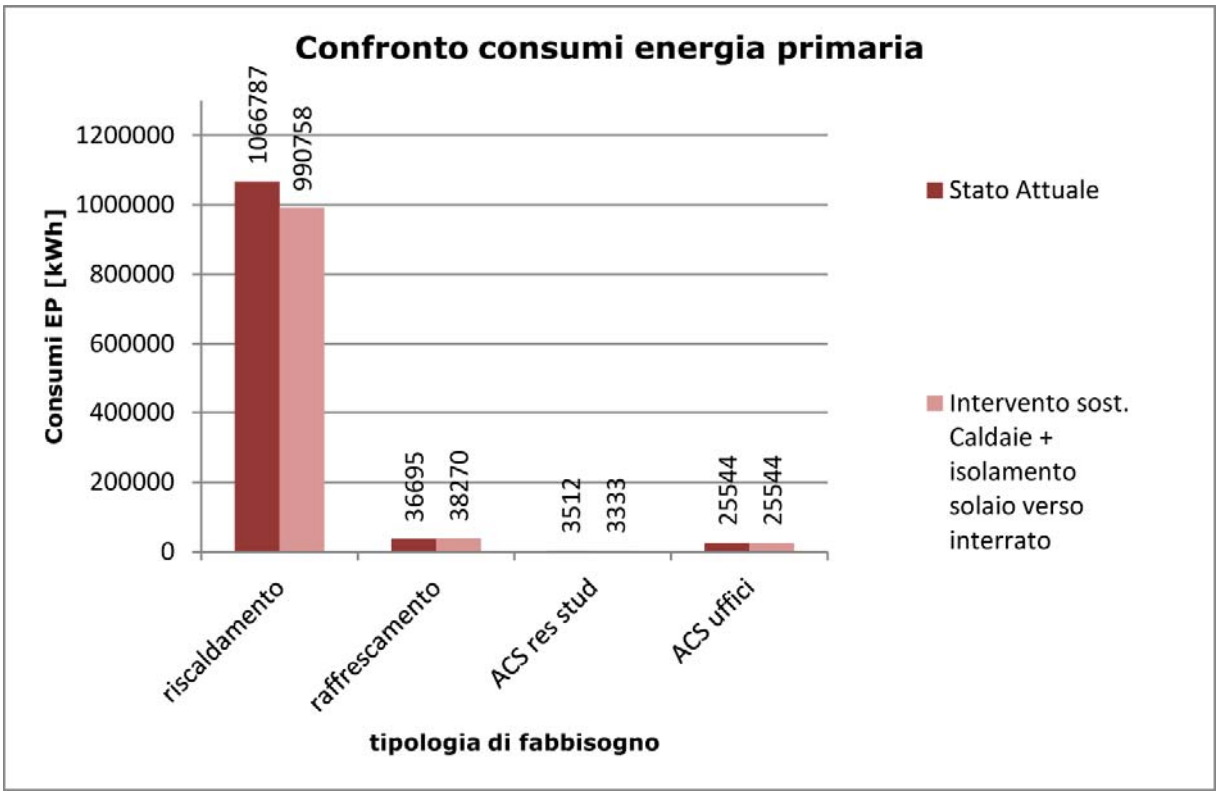
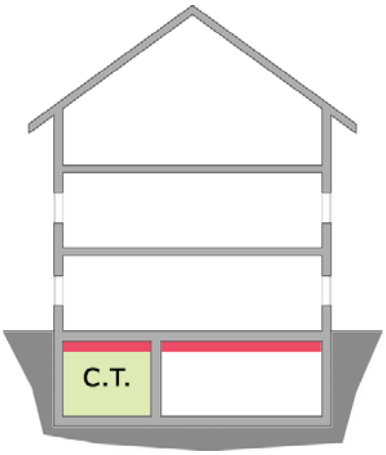


Grafico 13 _ Confronto dei consumi di energia primaria tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

Dai dati sopra presentati ricaviamo:



COSTO DELL'INTERVENTO:

80'258 Euro

COSTO ENERGIA ELETTRICA:

4'939 Euro

COSTO CARBURANTE:

81'615 Euro

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RISCALDAMENTO:

6'257 Euro

Tempo di ritorno dell'investimento:

13 anni

La sola sostituzione delle caldaie e l'isolamento del solaio verso il piano interrato ha un impatto decisamente inferiore sul fabbisogno per il riscaldamento; di conseguenza anche i consumi di combustibile e di energia primaria risento pochissimo del miglioramento apportato all'edificio. I dati relativi al raffrescamento sono quasi invariati.

Il costo dell'intervento è stato ricavato dal Prezzario della Regione Piemonte. Riportiamo qui di seguito le voci considerate e i relativi calcoli.

- Sostituzione delle due caldaie a condensazione:

05.P58.B20	Caldaia in acciaio per impianti acqua calda di qualunque tipo, marca, forma e dimensioni, completa di collettori di andata e ritorno, mantello isolante, portine, ecc; a tubi da fumo, pressurizzata, con turbolatori in ghisa	€/kw (cad.)	kW	€
05.P58.B20.005	Sinoa 240 kW rese all'acqua	€ 16,33		
05.P58.B20.010	Sinoa 500 kW rese all'acqua	€ 13,92		
05.P58.B20.015	Sinoa 700 kW rese all'acqua	€ 10,89	635	€ 6'915,15
05.P58.B20.020	Sinoa 990 kW rese all'acqua	€ 9,55		
05.P58.B20.025	Oltre a 990 kW rese all'acqua	€ 8,81		
TOTALE (2 caldaie)				**€ 13'830,30**

05.P68.D10	Smontaggio per demolizione di caldaia in acciaio a tubi d'acqua compresi imateriali di consumo					
			€ (cad.)	n. caldaie		€
05.P68.D10.005	Per caldaie sino kW 240	€	310,50			
05.P68.D10.010	Per caldaie oltre kW 240	€	415,04	2	€	830,08
TOTALE (2 caldaie)					**€**	**830,08**

05.P69.A03	Posa in opera di caldaia per impianti acqua calda in acciaio o acciaio inox con focolare pressurizzato (escluso bruciatore) anche a condensazione, completa, inclusa di basamento e strumentazione di corredo. Verifica circolazione idraulica, impostazione parametri di funzionamento, analisi della combustione, compilazione di libretto di centrale.					
			€ (cad.)	n. caldaie		€
05.P69.A03.005	sino a 116 kW al focolare	€	634,65			
05.P69.A03.010	sino a 500 kW al focolare	€	1'273,14			
05.P69.A03.015	oltre 500 kWal focolare	€	1'937,59	2	€	3'875,18
TOTALE (2 caldaie)					**€**	**3'875,18**

SOSTITUZIONE DI 2 CALDAIE A CONDENSAZIONE CON NUOVE (SEMPRE A CONDENSAZIONE) PIU' PERFORMANTI			**€**	**18'535,56**
		Euro/$mq_{climatizzata}$		**2,83**

- Isolamento del solaio verso l'interrato:

01.P09.A06	Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC, resistenza a compressione pari a 100 kpa e densità compresa tra 18-28 kg/m3 (secondo la norma UNI EN 13163), euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,035 W/mK. Per isolamento termico di pareti e solai					
			€/m^2	m^2		€
01.P09.A06.005	spessore 30 mm	€	1,79			
01.P09.A06.010	spessore 40 mm	€	2,39			
01.P09.A06.015	spessore 50 mm	€	2,98			
01.P09.A06.020	spessore 60 mm	€	3,58			
01.P09.A06.025	spessore 70 mm	€	4,18			
01.P09.A06.030	spessore 80 mm	€	4,77			
01.P09.A06.035	spessore 100 mm	€	5,97	806,5	€	4'814,81
TOTALE					**€**	**4'814,81**

03.A07.A01	Realizzazione di isolamento termico a cappotto con lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato. Sono compresi inoltre gli oneri relativi a: incollaggio e/o tassellatura e sagomatura dei pannelli, rasatura, stesura di fissativo, applicazione del rasante a base di calce idraulica naturale steso con spatola d'acciaio, compresa la posa di rete d'armatura e di ogni altro onere necessario per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte. (esclusa la fornitura dell'isolante)					
			€/m^2	m^2		€
03.A07.A01.005	Su superfici esterne verticali	€	41,63			
03.A07.A01.010	Su superfici esterne orizzontali (intradosso solaio)	€	39,06			
03.A07.A01.015	Su superfici interne verticali	€	50,59			
03.A07.A01.020	Su superfici interne orizzontali (intradosso solaio)	€	39,06	806,5	€	31'501,89
TOTALE					**€**	**31'501,89**

01.P09.E23	Controsoffitto o rivestimento verticale in doghe dello spessore di 5/10 di mm, completo di struttura portante	€/m²	m²	€
01.P09.E23.005	in alluminio opaco colori vari- passo 100	€ 13,52	806,5	€ 10'903,88
01.P09.E23.010	in alluminio metallizzato colori vari - passo 100	€ 14,46		
01.P09.E23.015	in alluminio - colori vari - passo 200	€ 14,75		
01.P09.E23.020	in acciaio - passo 200	€ 11,90		
TOTALE				**€ 10'903,88**

01.A09.L80	Posa in opera di controsoffitto costituito da doghe metalliche, completo di struttura portante	€/m²	m²	€
01.A09.L80.005	Con doghe della lunghezza fino a cm 200	€ 17,72	806,5	€ 14'291,18
TOTALE				**€ 14'291,18**

01.P25.A35	Nolo di castello leggero di alluminio su ruote, prefabbricato, delle dimensioni di m 1,00x2,00, compreso trasporto, montaggio e smontaggio, escluso il nolo della base	€/m	altezza [m]	€
01.P25.A35.005	Per m di altezza-al mese	€ 8,13	2	€ 16,26
TOTALE (per 2 castelli e per 3 mesi)				**€ 97,56**

01.P25.A40	Nolo di base per castello leggero - al mese	€/cad.	n. castelli	€
01.P25.A40.005	=	€ 18,79	2	€ 37,58
TOTALE (per 2 castelli e per 3 mesi)				**€ 112,74**

ISOLAMENTO SOLAIO VERSO INTERRATO		**€ 61'722,06**
	Euro/$mq_{climatizzata}$	**9,43**

3.5.3 La sostituzione dei serramenti, delle caldaie e l'isolamento della soletta verso il piano interrato

Il terzo intervento proposto va a combinare i due interventi appena esposti, concentrando l'attenzione quindi sia sull'involucro edilizio (serramenti e isolamento termico) sia sugli impianti (le caldaie a condensazione).

Per i serramenti si adotteranno i seguenti criteri:

- TELAIO → U_f = 2,05 W/m^{2}K
- VETRI:
  - Composizione: 6 + 15 (argon 90%) + 6
  - Spessore: 27 mm
  - Fattore solare g: 0,61
  - Coefficiente shading: 0,70
  - U_g: 1,3 W/m^{2}K

Ricaviamo una trasmittanza del serramento[6] pari a:

U_w = 1,7 W/m^{2}K

Per le caldaie:

- Potenzialità utile
  - T_M/T_R = 40/30 °C → 635 kW
  - T_M/T_R = 80/60 °C → 575 kW
- Potenzialità al focolare: 599 kW
- Rendimento stagionale: 98%

L'isolamento termico (pannello in polistirene, spessore 10 cm, λ[7] = 0,035 W/mK) porta la trasmittanza del solaio in questione a:

U = 0,22 W/m^{2}K

Rifacendo i calcoli per ottenere i fabbisogni di energia, applicando i nuovi valori relativi ai serramenti, alle caldaie e al solaio verso l'interrato, ricaviamo i seguenti dati:

	PALAZZO DEGLI STEMMI		**SERRAMENTI+CALDAIE+ISOLAMENTO**		
	Fabbisogni [kWh]	**Consumi elettrici [kWh]**	**Consumi combustibile [kWh]**	**Fattori di conversione**	**Consumi energia primaria [kWh]**
riscaldamento	518696	-	589428	1,00	589428
raffrescamento	61432	30716	-	2,1748	66801
ACS res stud	3266	-	3333	1,00	3333
ACS uffici	8809	11745	-	2,1748	25544
		42461	***592760***	TOTALE EP_e [kWh]	***92345***
				TOTALE EP_t [kWh]	***592760***
				TOTALE EP [kWh]	***685105***

[6] Dalla tabella del prospetto C.3 (pag. 46) della UNI/TS 11300 – 1.

[7] Conduttività utile di calcolo [W/mK].

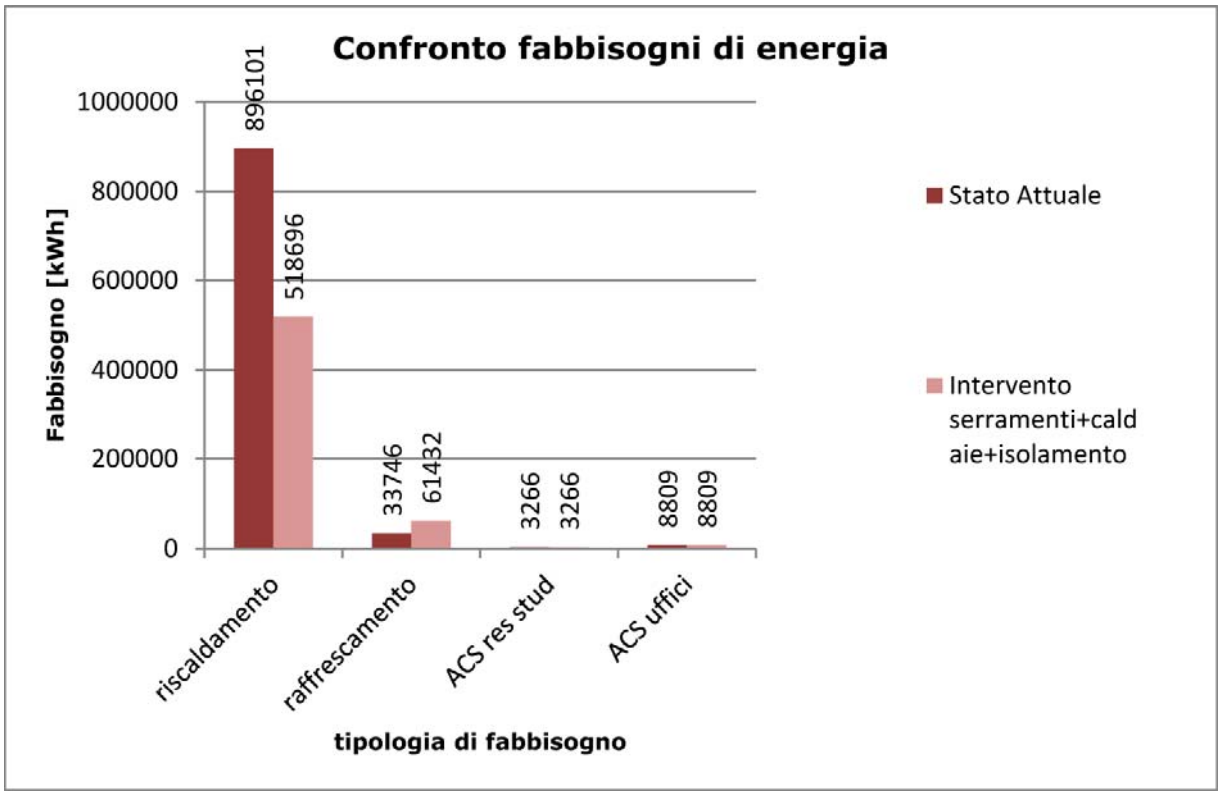


Grafico 16 _ Confronto dei fabbisogni di energia tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

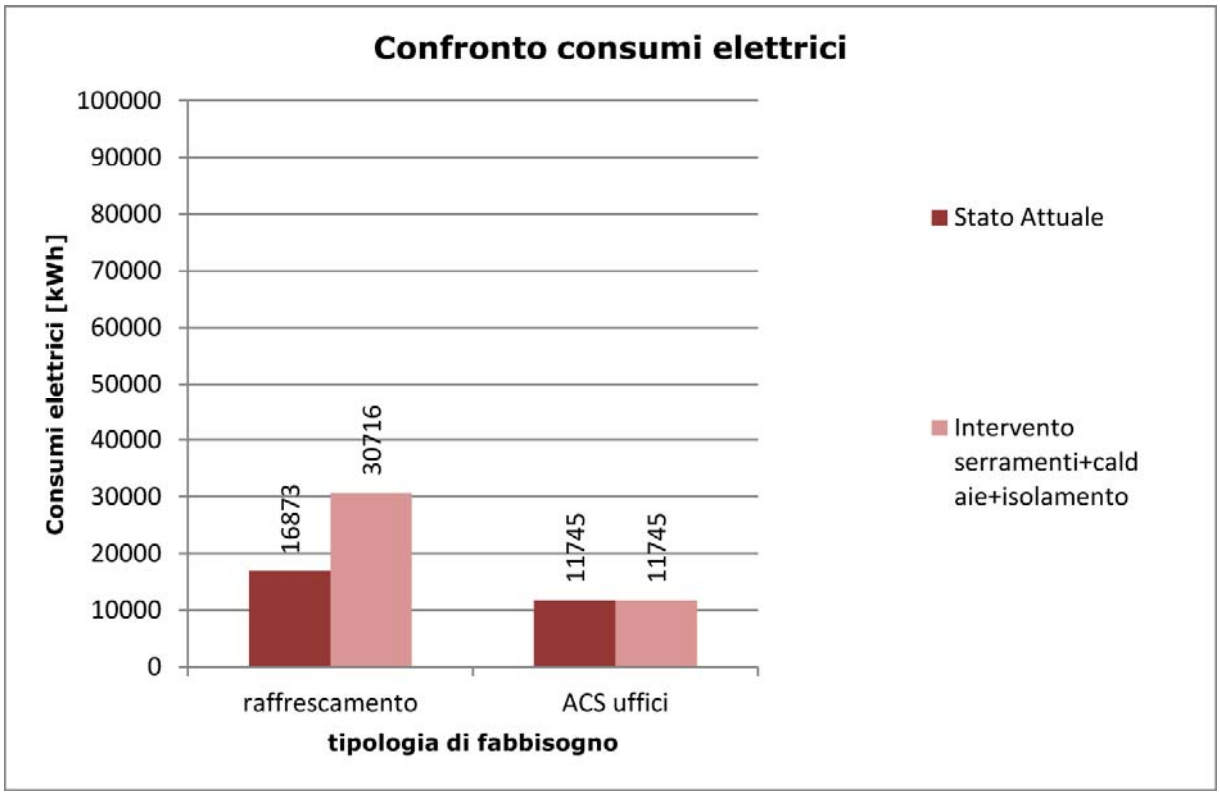


Grafico 15 _ Confronto dei consumi elettrici tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

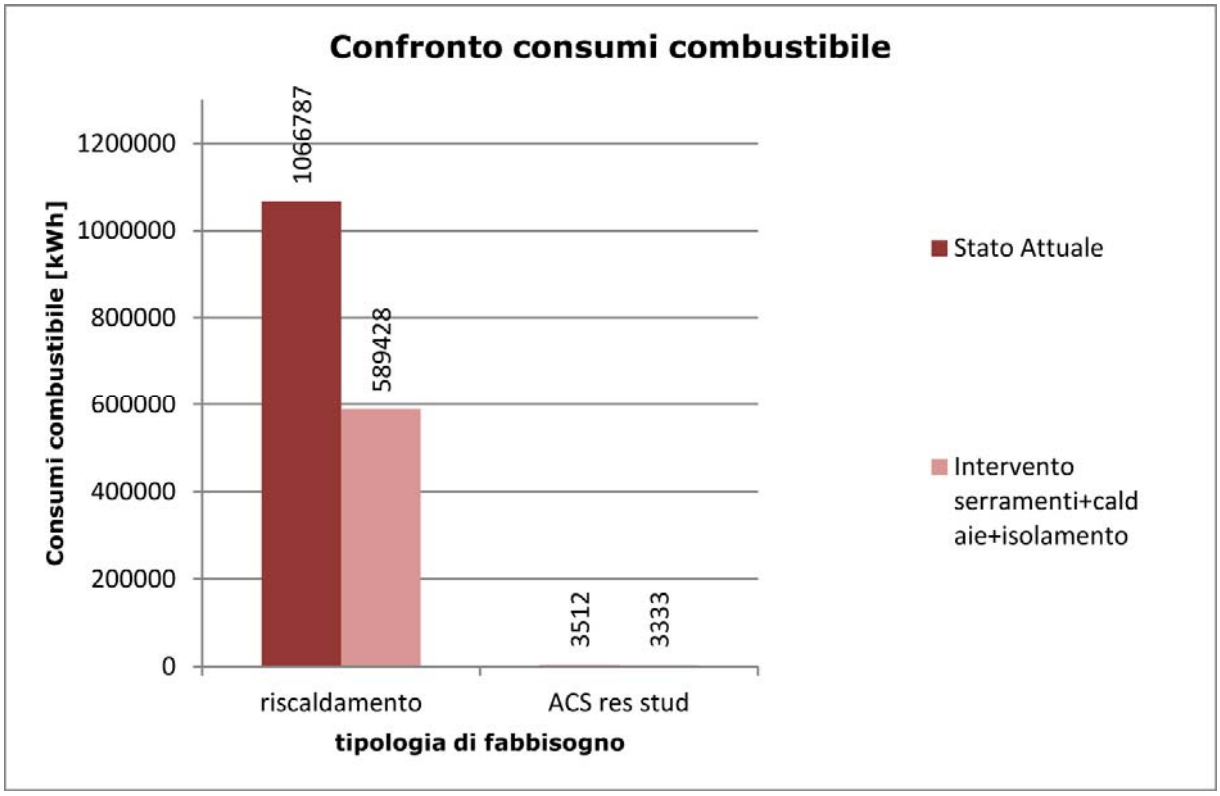


Grafico 18 _ Confronto dei consumi di combustibile tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

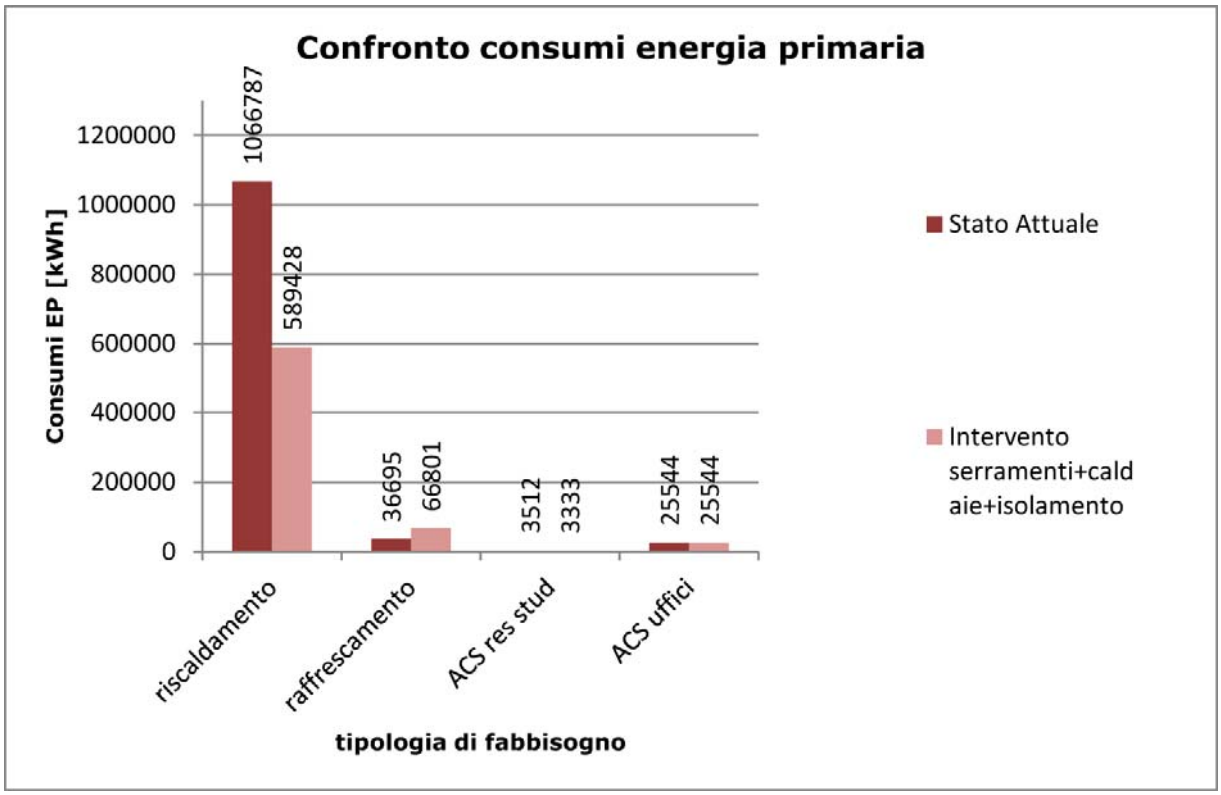
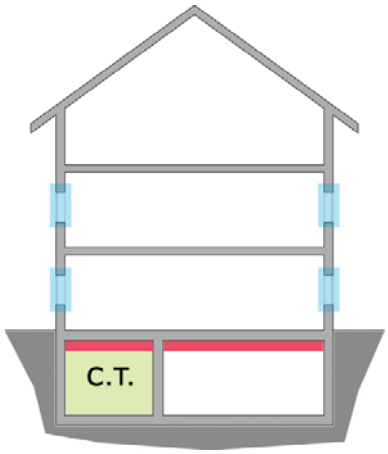


Grafico 17 _ Confronto dei consumi di energia primaria tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

Dai dati sopra presentati ricaviamo:



COSTO DELL'INTERVENTO:

244'406 Euro

COSTO ENERGIA ELETTRICA:

7'147 Euro

COSTO CARBURANTE:

48'666 Euro

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RISCALDAMENTO:

39'206 Euro

Tempo di ritorno dell'investimento:

minore di 7 anni

L'intervento globale, che va ad incorporare i primi due appena esposti, ci dà buoni risultati in termini di risparmio per il riscaldamento (come già accadeva con la sola sostituzione dei serramenti). Abbiamo un incremento del fabbisogno di energia per il raffrescamento, e quindi dei consumi legati, che si può ricollegare alla sostituzione dei serramenti e all'isolamento del solaio verso l'interrato.

Il costo dell'intervento è stato ricavato dal Prezzario della Regione Piemonte. Nei due sottoparagrafi precedenti sono state presentate le tabelle con le voci di costo considerate.

CAPITOLO 4:

PALAZZO NUOVO

4.1 Il sopralluogo

Il sopralluogo conoscitivo a Palazzo Nuovo è stato fondamentale, trattandosi di un edificio non così scontato dal punto di vista dell'organizzazione interna. Sempre accompagnati dall'Ingegner Andrea Tartaglino, abbiamo visitato le zone impianti di questo edificio, in particolare le centrali termiche e le UTA. Come nel caso della visita a Palazzo degli Stemmi, è stata presa nota degli impianti presenti, delle loro caratteristiche e il tutto è stato documentato con delle fotografie. Nell'allegato B si trovano le schede degli impianti elaborate a seguito del sopralluogo.

Figura 1_ Foto di una delle caldaie con (a destra) scheda delle caratteristiche dell'impianto.

Figura 2_ Foto del pannello di spiegazione per l'impianto di trigenerazione esposto a Palazzo Nuovo

A Palazzo Nuovo è attualmente in funzione un impianto di trigenerazione (avviato nel giugno 2011). Sono comunque presenti tre generatori di calore a condensazione e uno ad altro rendimento, che, qualora il cogeneratore fosse in riparazione o comunque non funzionante, lo sostituirebbero nella produzione del calore. Per quanto riguarda invece il raffrescamento, il gruppo frigorifero ad assorbimento e il Chiller coprono il fabbisogno solamente delle aule e della biblioteca. In particolare, quando il sistema di trigenerazione è funzionante, l'assorbitore copre entrambi questi fabbisogni; quando invece l'assorbitore è fuori servizio, il Chiller garantisce la copertura solamente del fabbisogno della biblioteca. Gli uffici e i dipartimenti non prevedono un impianto per il raffrescamento.

Riportiamo qui di seguito i dati relativi agli impianti:

- CALDAIE:
  - 3 caldaia a gas a condensazione: 945 kW
  - 1 caldaia in acciaio pressurizzata ad alto rendimento, a gas: 1520 kW

- TRIGENERAZIONE:
    - Gruppo di cogenerazione a gas: 1169 kWh_e e 1159 kWh_{th}
    - 1 assorbitore ad acqua calda a singolo stadio

A seguito del sopralluogo è stata redatta una lista di criticità, utile a definire i possibili interventi da svolgere su Palazzo Nuovo.

È stato sin da subito chiaro che il grosso problema di questo edificio risiede nell'inadeguato (se non totalmente mancante) isolamento termico; sia a livello di assenza di strati di coibentazione, sia nella presenza di infissi esterni assolutamente inadeguati. Dobbiamo però sottolineare che sono già state avviate delle proposte di miglioramento per Palazzo Nuovo da parte dell'Università degli Studi di Torino, con la Regione Piemonte. Il progetto prevedeva l'installazione di un impianto di trigenerazione: questo punto è già stato attuato. Inoltre si è pensato di impiegare tecnologie per il risparmio energetico e la produzione di energia con l'utilizzo di fonti ecocompatibili. In questo senso, sui fronti maggiori verrebbero sostituiti gli attuali serramenti con una facciata a doppia pelle; mentre sui due fronti minori, quelli attualmente caratterizzati da disegni in stile murales, si andrebbe ad applicare una facciata ventilata. Inoltre, l'applicazione di pannelli fotovoltaici sul tetto andrebbe ulteriormente a migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio.

A livello di interventi immediati da applicare a Palazzo Nuovo, queste sono state le nostre proposte:

- Sostituzione dei serramenti
- Isolamento dei tetti piani
- Isolamento dei due fronti minori.

4.2 Le zone termiche

A seguito del sopralluogo a Palazzo Nuovo, sono state definite 5 zone termiche, oltre agli ambienti non climatizzati. Questa suddivisione ci sarà utile al fine del calcolo dei fabbisogni energetici dell'intero edificio. Le zone termiche considerate sono:

- ZONA 1: Biblioteca
- ZONA 2: Aule 1
- ZONA 3: Aule 2
- ZONA 4: Dipartimenti 1
- ZONA 5: Dipartimenti 2

ZONA	Caratteristica	Piano nell'edificio
1	Biblioteca	Piano interrato -1
2	Aule 1	P. interrato -1 + P. rialzato
3	Aule 2	Piano rialzato + Piano 1°
4	Dipartimenti 1	Piano rialzato
5	Dipartimenti 2	Piano 2°- 3°- 4°- 5°- 6°

Riportiamo qui di seguito una vista del modello tridimensionale con la dislocazione delle zone termiche; esso ci sarà poi utile in fase di analisi dell'involucro edilizio. Nell'allegato B sono inserite le schede di ogni piano dell'edificio, con l'identificazione delle zone termiche presenti.

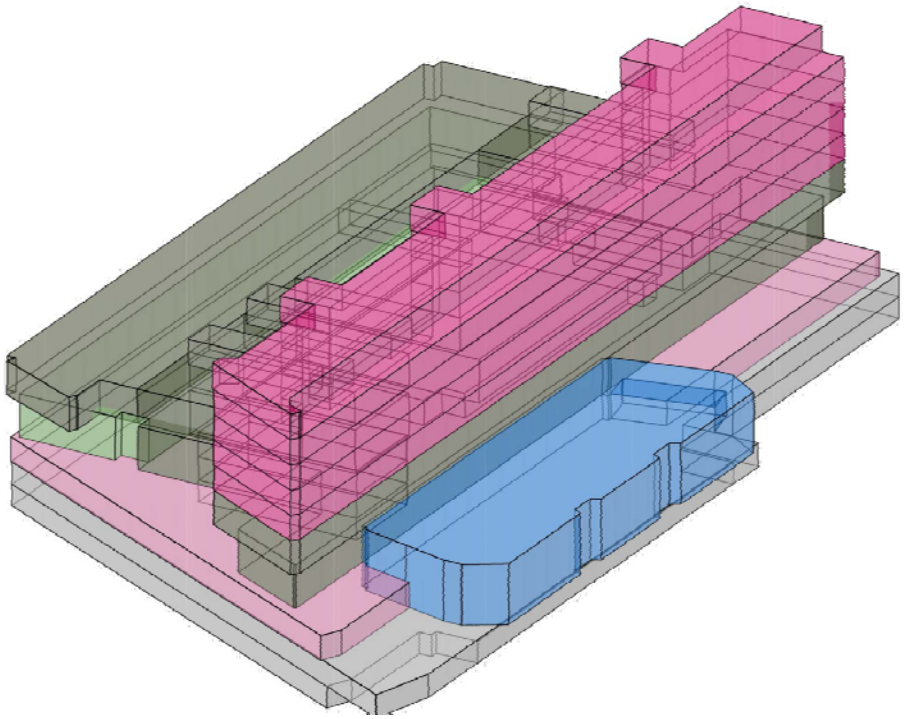


Figura 3_ Vista 3D del modello di Palazzo degli Stemmi con suddivisione zone termiche

4.3 Il calcolo dei fabbisogni

Per svolgere l'analisi dell'involucro edilizio e ricavare i dati relativi al fabbisogno dell'edificio sono state seguite le metodologie di calcolo contenute nella UNI/TS 11300 parte 1. Di seguito riportiamo i principali dati (per zona termica) da considerare nei calcoli:

- Superficie lorda di pavimento $\mathbf{A_{f,l}}$ [m^2]
- Superficie utile di pavimento $\mathbf{A_f}$ [m^2]
- Volume lordo $\mathbf{V_l}$ [m^3]
- Volume netto $\mathbf{V}$ [m^3]
- Capacità termica per unità di superficie di involucro $\boldsymbol{\kappa_e}$ [kJ/m^2K]
- Flusso termico prodotto dalle sorgenti di calore interne, per unità di superficie utile di pavimento $\mathbf{\Phi_{int,mn}/A_f}$ [W/m^2]
- Portata mediata sul tempo del flusso d'aria $\mathbf{q_{ve,mn}}$ [m^3/h]
- Fattore di correzione della temperatura $\mathbf{b_{ve}}$ [-]
- Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento → $\boldsymbol{\theta_{int,set,H}}$ = 20°C
- Temperatura interna di regolazione per il raffrescamento → $\boldsymbol{\theta_{int,set,C}}$ = 26°C
- Elementi disperdenti dell'involucro:
    - Elemento trasparente → dati richiesti:
        - Area del vano finestra $\mathbf{A_{w,p}}$ [m^2]
        - Rapporto tra area del telaio e area del vano finestra $\mathbf{F_F}$ [-]
        - Angolo azimutale $\boldsymbol{\Phi}$ [°]
        - Angolo di inclinazione sull'orizzonte $\boldsymbol{\Sigma}$ [°]
        - Fattore di riduzione per ombreggiatura $\mathbf{F_{sh,ob,dif}}$ [-]
        - Trasmittanza termica della finestra $\mathbf{U_w}$ [W/m^2K]
        - Trasmittanza termica della finestra e chiusura oscurante insieme $\mathbf{U_{w+shut}}$ [W/m^2K]
        - Trasmittanza di energia solare totale della finestra $\mathbf{g_{gl}}$ [-]
        - Trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata $\mathbf{g_{gl+sh}}$ [-]
        - Emissività della finestra $\boldsymbol{\varepsilon}$ [-]
        - Fattore di riduzione per ombreggiatura mensile, relativo ad elementi esterni $\mathbf{F_{sh,ob}}$ [-]

- Elemento opaco confinante verso l'esterno:
  - Area del componente opaco $\mathbf{A_c}$ [m^2]
  - Spessore del componente opaco delimitante la zona termica $\mathbf{d_c}$ [m]
  - Angolo azimutale $\mathbf{\Phi}$ [°]
  - Angolo di inclinazione sull'orizzonte $\mathbf{\Sigma}$ [°]
  - Trasmittanza termica del componente opaco $\mathbf{U_c}$ [W/m^2K]
  - Fattore di assorbimento solare del componente opaco $\mathbf{\alpha_{sol,c}}$ [-]
  - Emissività del componente opaco $\mathbf{\varepsilon}$ [-]
- Elemento opaco non confinante con l'ambiente esterno:
  - Tipologia di ambiente confinante (es. terreno, ambiente non climatizzato, ambiente climatizzato a temperatura diversa)
  - Area del componente opaco $\mathbf{A_c}$ [m^2]
  - Spessore del componente opaco delimitante la zona termica $\mathbf{d_c}$ [m]
  - Trasmittanza termica del componente opaco $\mathbf{U_c}$ [W/m^2K]
  - Fattore di correzione per temperature degli ambienti confinanti diverse dalla temperatura esterna $\mathbf{b_{tr}}$ [-]
- Ponti termici:
  - Tipologia di ambiente confinante (es. esterno, terreno, ambiente non climatizzato, ambiente climatizzato a temperatura diversa)
  - Fattore di correzione per temperature degli ambienti confinanti diverse dalla temperatura esterna $\mathbf{b_{tr}}$ [-]
  - Lunghezza del ponte termico **l** [m]
  - Trasmittanza termica lineare del ponte termico $\mathbf{\psi}$ [W/mK]

- Dati climatici: Città, Gradi Giorno, Zona Climatica, Temperatura Esterna di Progetto invernale [°C], Irraggiamento solare globale giornaliero medio mensile, Irradianza solare globale giornaliera media mensile.

Il metodo da utilizzare per calcolare i fabbisogni dell'edificio ed in generale gli argomenti contenuti nella UNI/TS 11300 parte 1 e seguenti, sono presentati nel Capitolo 1 della tesi.

Qui di seguito riportiamo alcuni dei valori principali che abbiamo usato nel calcolo del fabbisogno attuale di Palazzo Nuovo:

DATI GENERALI PALAZZO NUOVO	
Classe destinazione d'uso	E.4 (edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili, quali mostre, musei e biblioteche); E.7 (edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili); E.2 (edificio adibito ad uffici e assimilabili)
Tipologia costruttiva	Ferro e vetro (leggera - poco isolata)
Periodo di riscaldamento convenzionale	15 ottobre – 15 aprile
Gradi Giorno Torino	2617
Zona climatica	E
Temperatura esterna di progetto invernale	-8 °C
ZONA 1: biblioteca	
Descrizione del dato	**Valore [unità di misura]**
$\mathbf{K_e}$	165 kJ/m^{2}K
$\mathbf{\Phi_{int,mn}/A_f}$	8 W/m^2
$\mathbf{U_w}$ (principale)	6 W/m^{2}K
$\mathbf{U_c}$ **pareti** (s = 0,24 - 0,79 m)	0,63 – 1,68 W/m^{2}K
$\mathbf{U_c}$ **solaio** (s = 0,3 m)	1,16 W/m^{2}K
ZONA 2: aule 1	
Descrizione del dato	**Valore [unità di misura]**
$\mathbf{K_e}$	165 kJ/m^{2}K
$\mathbf{\Phi_{int,mn}/A_f}$	4 W/m^2
$\mathbf{U_w}$ (principale)	6 W/m^{2}K

U_c pareti (s = 0,25 m)	1,20 W/m^{2}K
U_c solaio (s = 0,30 m)	1,16 W/m^{2}K
ZONA 3: aule 2	
Descrizione del dato	**Valore [unità di misura]**
K_e	165 kJ/m^{2}K
$\Phi_{int,mn}/A_f$	4 W/m^2
U_w (principale)	6 W/m^{2}K
U_c pareti (s = 0,30 m)	1,40 W/m^{2}K
U_c solaio (s = 0,20 m)	1,85 W/m^{2}K
ZONA 4: dipartimenti 1	
Descrizione del dato	**Valore [unità di misura]**
K_e	165 kJ/m^{2}K
$\Phi_{int,mn}/A_f$	6 W/m^2
U_w (principale)	6 W/m^{2}K
U_c pareti (s = 0,13 m)	2,54 W/m^{2}K
ZONA 5: dipartimenti 2	
Descrizione del dato	**Valore [unità di misura]**
K_e	165 kJ/m^{2}K
$\Phi_{int,mn}/A_f$	6 W/m^2
U_w (principale)	6 W/m^{2}K
U_c pareti (s = 0,13 – 0,30 m)	1,40 – 2,54 W/m^{2}K
U_c solaio (s = 0,20 m)	1,85 W/m^{2}K

4.3.1 I risultati del calcolo: il fabbisogno netto per il riscaldamento

Vengono di seguito riportate le tabelle e i grafici con i dati finali dei calcoli del fabbisogno netto per il riscaldamento.

FABBISOGNO NETTO DI RISCALDAMENTO Q_H [kWh] di Palazzo Nuovo _ STATO ATTUALE					
MESI	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5
	Biblioteca	Aule 1	Aule 2	Dipartimenti 1	Dipartimenti 2
gennaio	195330	97077	472622	84768	470935
febbraio	144299	74725	342824	62082	334571
marzo	98001	57272	228145	42785	221267
aprile	21664	16589	53686	10140	57822
maggio	0	0	0	0	0
giugno	0	0	0	0	0
luglio	0	0	0	0	0
agosto	0	0	0	0	0
settembre	0	0	0	0	0
ottobre	27399	19675	75447	13474	71990
novembre	115399	63097	292510	51729	283087
dicembre	176934	89172	435756	77373	426281
TOTALE	**779025**	**417608**	**1900990**	**342352**	**1865953**

Superficie netta [mq]	5856	1226	6430	1670	9937

$Q_{H,nd}$ TOTALE [kWh/mq]	**133**	**341**	**296**	**205**	**188**

Volume netto [mc]	18739	8091	34850	8015	32950

$Q_{H,nd}$ TOTALE [kWh/mc]	**42**	**52**	**55**	**43**	**57**

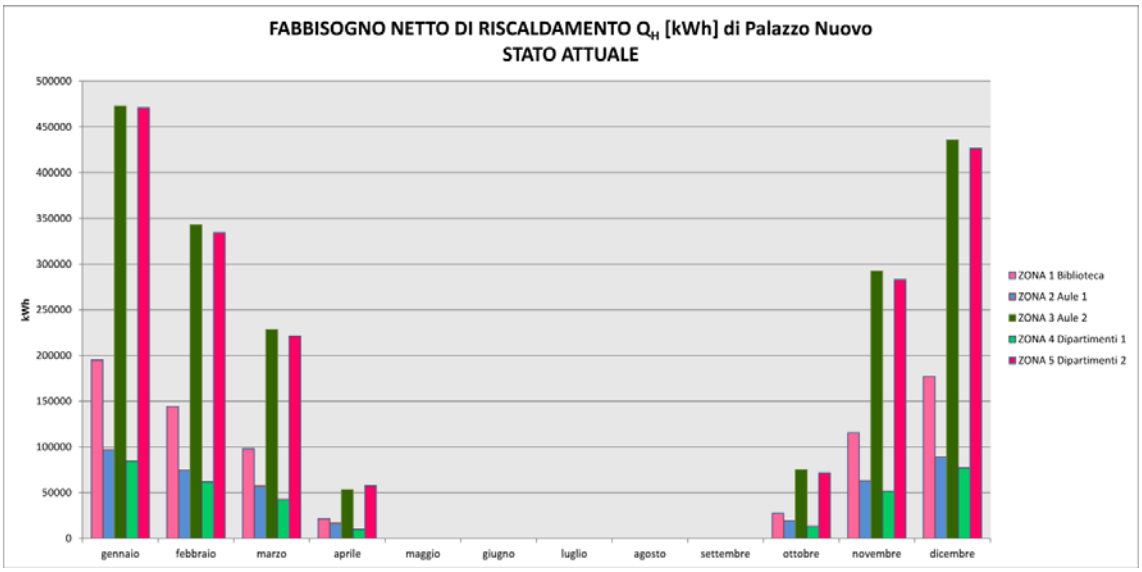


Grafico 1 _ Fabbisogno netto mensile [kWh] per il riscaldamento per lo stato attuale di Palazzo Nuovo

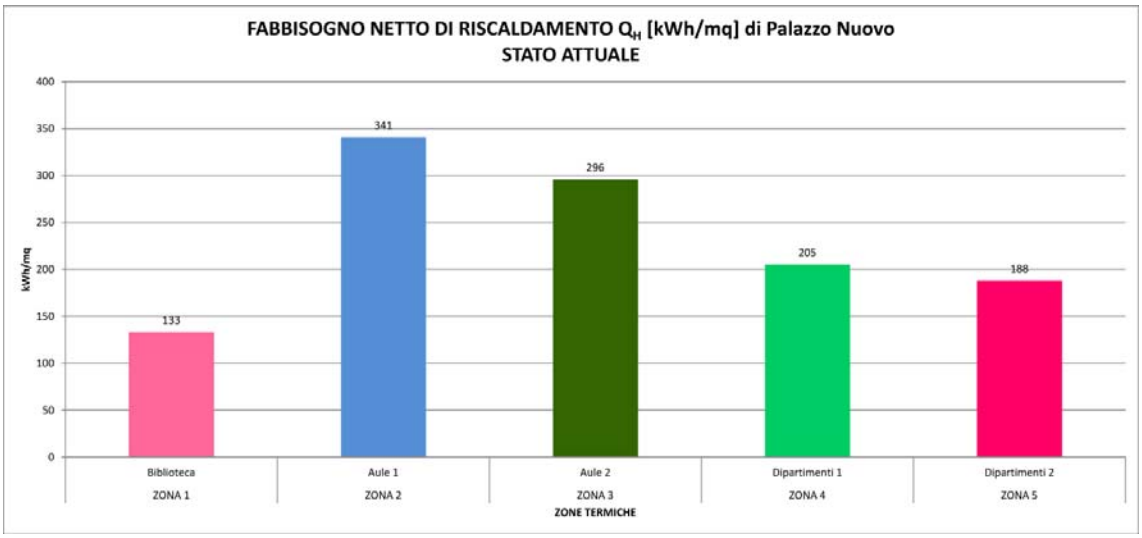


Grafico 3 _ Fabbisogno netto per il riscaldamento diviso per zone termiche in kWh/m^2.

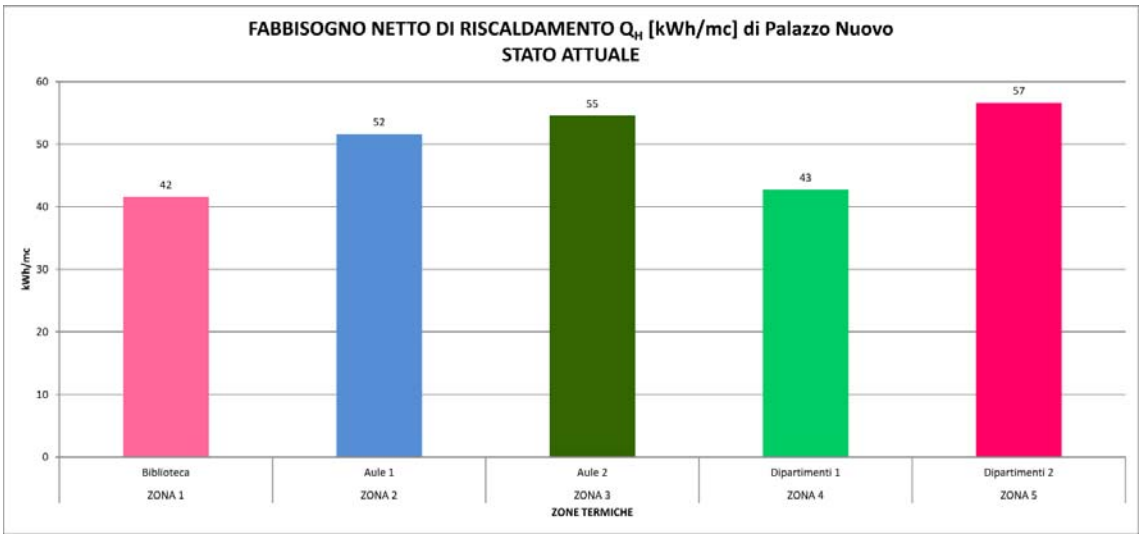


Grafico 2 _ Fabbisogno netto per il riscaldamento diviso per zone termiche in kWh/m^3.

Le zone maggiormente disperdenti, per quanto riguarda il fabbisogno per il riscaldamento, sono le aule su Via Sant'Ottavio e l'ala dei dipartimenti che affaccia sempre sulla stessa via. Consideriamo che sono anche le zone termiche con più volumetria, ed essendo l'involucro mal isolato, i fabbisogni crescono esponenzialmente.

4.3.1 I risultati del calcolo: il fabbisogno netto per il raffrescamento

Vengono di seguito riportate le tabelle e i grafici con i dati finali dei calcoli del fabbisogno netto per il raffrescamento.

FABBISOGNO NETTO DI RAFFRESCAMENTO Q_C [kWh] di Palazzo Nuovo _ STATO ATTUALE					
MESI	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5
	Biblioteca	Aule 1	Aule 2	Dipartimenti 1	Dipartimenti 2
gennaio	0	0	0	0	0
febbraio	0	0	0	0	0
marzo	0	0	0	0	0
aprile	0	0	0	0	0
maggio	0	0	0	0	0
giugno	1097	0	57884	2755	63986
luglio	20508	0	110892	12846	130872
agosto	4439	0	110892	4725	81375
settembre	0	0	71722	0	0
ottobre	0	0	0	0	0
novembre	0	0	0	0	0
dicembre	0	0	0	0	0
TOTALE	**26044**	**0**	**351391**	**20326**	**276233**

Superficie netta [mq]	5856	1226	6430	1670	9937
$Q_{C,nd}$ TOTALE [kWh/mq]	**4**	**0**	**55**	**12**	**28**
Volume netto [mc]	18739	8091	34850	8015	32950
$Q_{C,nd}$ TOTALE [kWh/mc]	**1**	**0**	**10**	**3**	**8**

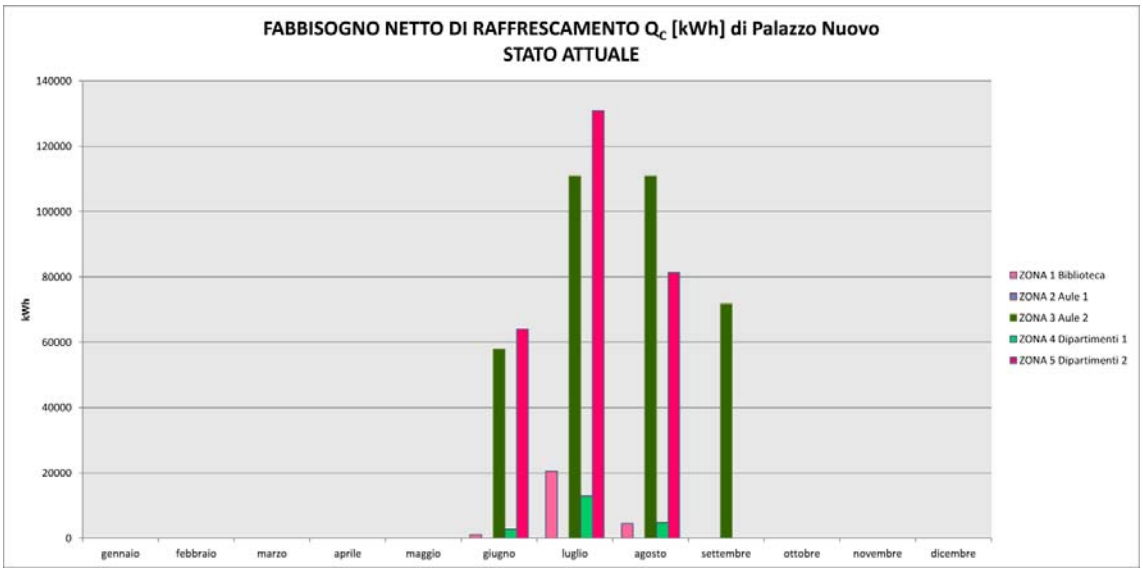


Grafico 6 _ Fabbisogno netto mensile [kWh] per il raffrescamento per lo stato attuale di Palazzo Nuovo

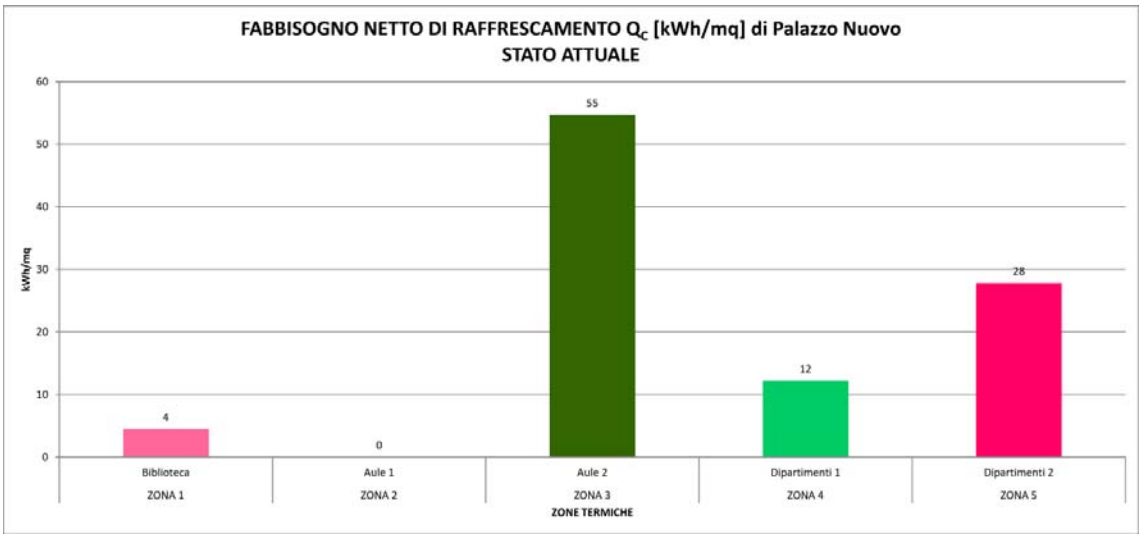


Grafico 5 _ Fabbisogno netto per il raffrescamento diviso per zone termiche in kWh/m^2.

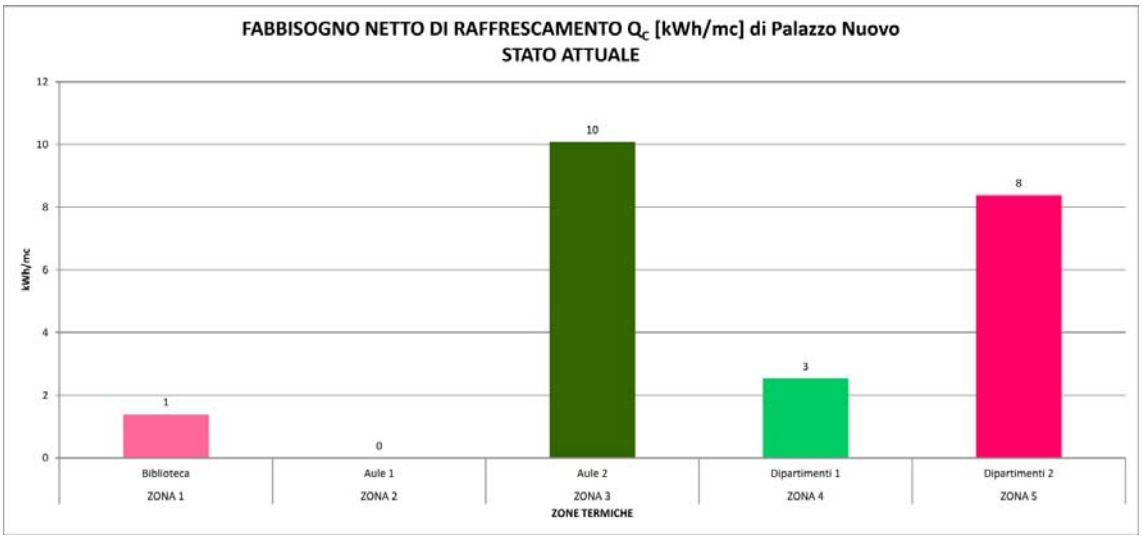


Grafico 4 _ Fabbisogno netto per il raffrescamento diviso per zone termiche in kWh/m^3.

Come per il caso del riscaldamento, sono le aule e i dipartimenti su Via Sant'Ottavio ad avere i fabbisogni per il raffrescamento più alti.

4.3.3 I risultati del calcolo: il fabbisogno di acqua calda sanitaria

Nella UNI/TS 11300 parte 2 viene spiegato il metodo di calcolo per ricavare il fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria. Nella tabella di seguito riportata abbiamo calcolato di energia per l'ACS dei dipartimenti, prodotta da boiler elettrici.

	Fabbisogno di energia per la produzione di Acqua Calda Sanitaria		
dipartimenti	$Q_{h,w}$ =	Σ_i (ρ * c * V_w * (θ_{er} - θ_o) * G)	[Wh]
	ρ	massa volumica dell'acqua [kg/mc]	1000
	c	calore specifico dell'acqua [Wh/kg°C]	1,162
	V_w	volume di acqua richiesto [mc/G]	2321,4
	θ_{er}	temperatura di erogazione [°C]	40
	θ_o	temperatura di ingresso dell'ACS [°C]	15
	G	numero di giorni del periodo di calcolo	365
	$Q_{h,w}$ [Wh]	24614384,55	
	$Q_{h,w}$ [kWh]	**24614**	

4.4 I consumi, il fabbisogno di energia primaria e i costi

Sulla base dei dati mensili ricavati otteniamo il fabbisogno annuale di energia per il riscaldamento e per il raffrescamento.

Fabbisogno annuale di energia per il riscaldamento dell'edificio [kWh]	**Fabbisogno annuale di energia per il raffrescamento dell'edificio [kWh]**
5305928	673995

Per quanto riguarda il fabbisogno annuale di energia per il raffrescamento, nel calcolo dei consumi non andremo a considerare il valore sopra riportato (673'995 kWh). Questo perché, com'è stato già precedentemente spiegato, l'impianto per il raffrescamento copre solamente la biblioteca e le aule. Il fabbisogno di cui noi terremo conto per il calcolo dei consumi è quindi:

ZONA TERMICA	Fabbisogno raffrescamento [kWh]
Biblioteca	26'044
Aule 1	0
Aule 2	351'391
TOTALE	**377'435**

Per quanto riguarda invece l'analisi degli impianti, conoscendo le caratteristiche dell'impianto di trigenerazione, del chiller e delle caldaie, e utilizzando la UNI/TS 11300 parte 2, abbiamo ricavato i dati utili al fine del calcolo dei consumi. Per le centrale di cogenerazione abbiamo ottenuto i seguenti valori:

Rendimento medio globale stagionale dell'impianto di riscaldamento		
η_g =	$\eta_e * \eta_{rg} * \eta_d * \eta_{gn}$	
η_e :	rendimento di emissione	0,92
η_{rg} :	rendimento di regolazione	0,97
η_d :	rendimento di distribuzione	0,99
η_{gn} :	rendimento di generazione	0,97
η_g [-]	**0,86**	

Mentre per l'assorbitore, i chiller e i boiler elettrici consideriamo i seguenti dati:

- Rendimento dell'assorbitore → COP = 0,76 [-]
- Rendimento del chiller → COP = 2,5 [-]
- Rendimento del bollitore elettrico → η_b = 0,75 [-]

I boiler elettrici coprono il fabbisogno di ACS dei dipartimenti.

Conoscendo questi dati, possiamo ricavare i consumi di combustibile (gas) e i consumi elettrici dovuti alla climatizzazione; ed infine, applicando i giusti fattori di conversione, l'Energia Primaria.

	PALAZZO NUOVO		STATO ATTUALE		
	Fabbisogni [kWh]	**Consumi elettrici [kWh]**	**Consumi combustibile [kWh]**	**Fattori di conversione**	**Consumi energia primaria [kWh]**
riscaldamento	5305928	-	6198514	1,00	6198514
raffrescamento	377435	45292	-	2,1748	98501
ACS dipartimenti	7755	10340	-	2,1748	22488
		55632	***6198514***	TOTALE EP_e [kWh]	***120990***
				TOTALE EP_t [kWh]	***6198514***
				TOTALE EP [kWh]	***6319504***

Dal totale dei consumi di energia elettrica e di combustibile, ricaviamo i costi annuali (elettrici e del gas) per la climatizzazione e la produzione di acqua calda sanitaria:

costo totale energia elettrica [€]	costo totale energia termica [€]	**Costo totale energia [€]**
9364	508899	518263

Gli schemi riassunti sui collegamenti tra i fabbisogni, gli impianti, i consumi, l'Energia Primaria e i costi sono inseriti nell'Allegato B.

4.5 Le proposte di intervento

Come abbiamo già accennato precedentemente, gli interventi che abbiamo proposto per questo edificio sono basati sui sopralluoghi in campo e sulle criticità che ne erano emerse. Andiamo di seguito ad analizzare singolarmente ognuno degli interventi, mostrando i miglioramenti ottenuti e i costi. Gli schemi che presentano le proposte di intervento sono presenti nell'allegato B.

4.5.1 La sostituzione dei serramenti

Il primo intervento proposto per Palazzo Nuovo è la sostituzione dei serramenti[1]. I dati relativi ai nuovi infissi sono:

- TELAIO → U_f = 2,05 W/m^{2}K
- VETRI:
  - Composizione: 6 + 15 (argon 90%) + 6
  - Spessore: 27 mm
  - Fattore solare g: 0,61
  - Coefficiente shading: 0,70
  - U_g: 1,3 W/m^{2}K

Ricaviamo una trasmittanza del serramento pari a:

U_w = 1,7 W/m^{2}K

Rifacendo i calcoli per ottenere i fabbisogni di energia, applicando i nuovi valori relativi ai serramenti, ricaviamo i seguenti dati:

	PALAZZO NUOVO		SOSTITUZIONE SERRAMENTI		
	Fabbisogni [kWh]	**Consumi elettrici [kWh]**	**Consumi combustibile [kWh]**	**Fattori di conversione**	**Consumi energia primaria [kWh]**
riscaldamento	2311078	-	2642315	1,00	2642315
raffrescamento	456473	54777	-	2,1748	119128
ACS dipartimenti	7755	10340	-	2,1748	22488
		65117	***2642315***	TOTALE EP_e [kWh]	***141617***
				TOTALE EP_t [kWh]	***2642315***
				TOTALE EP [kWh]	***2783932***

[1] Sulla base dei dati raccolti durante il sopralluogo, sono stati utilizzati i seguenti dati per caratterizzare gli attuali infissi:

- U_w = 6 W/m^{2}K
- g_{gl} = 0,85
- g_{gl+sh} = 0,26
- ε = 0,84

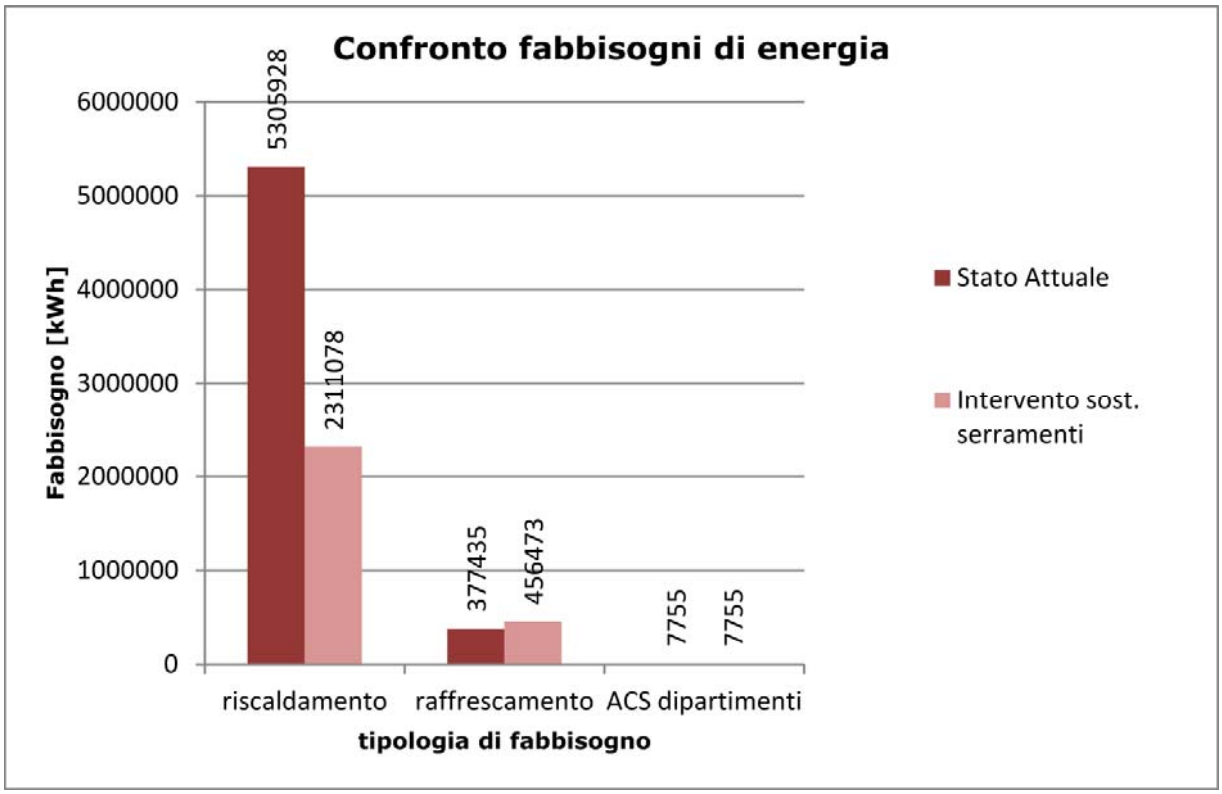


Grafico 8 _ Confronto dei fabbisogni di energia tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

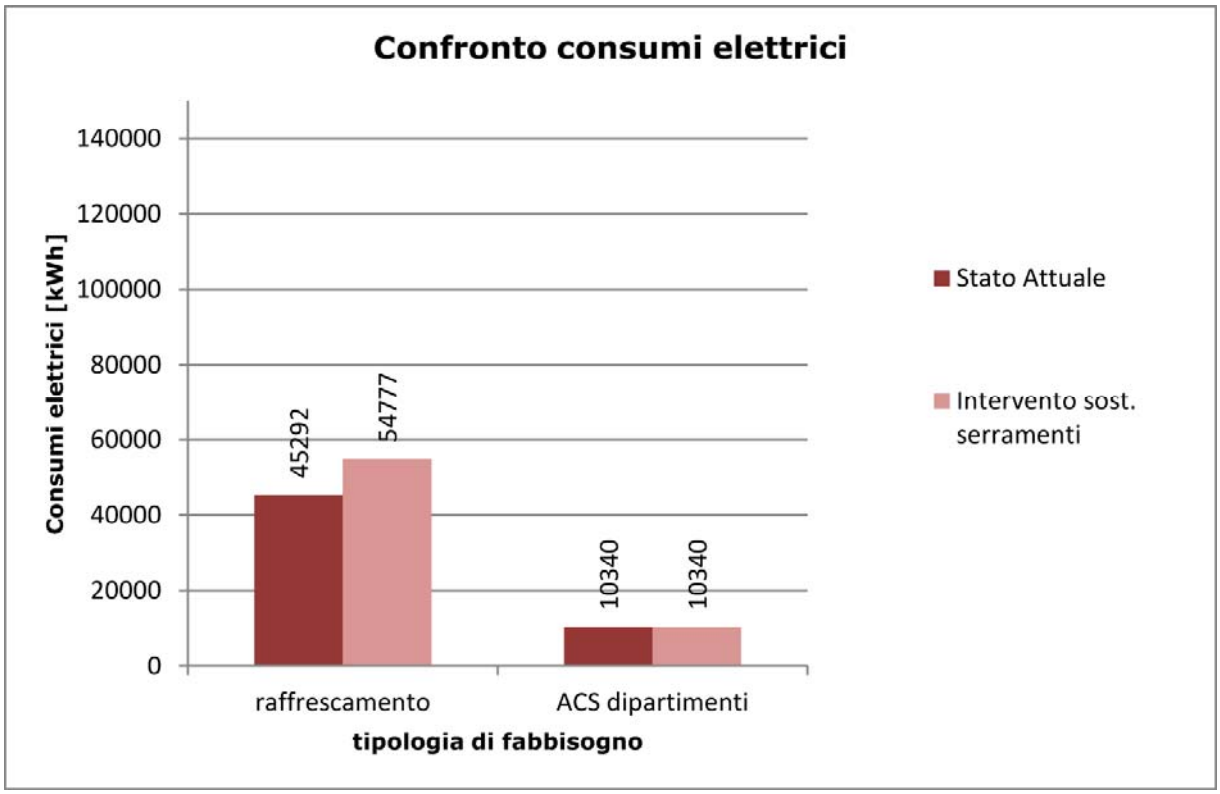


Grafico 7 _ Confronto dei consumi elettrici tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

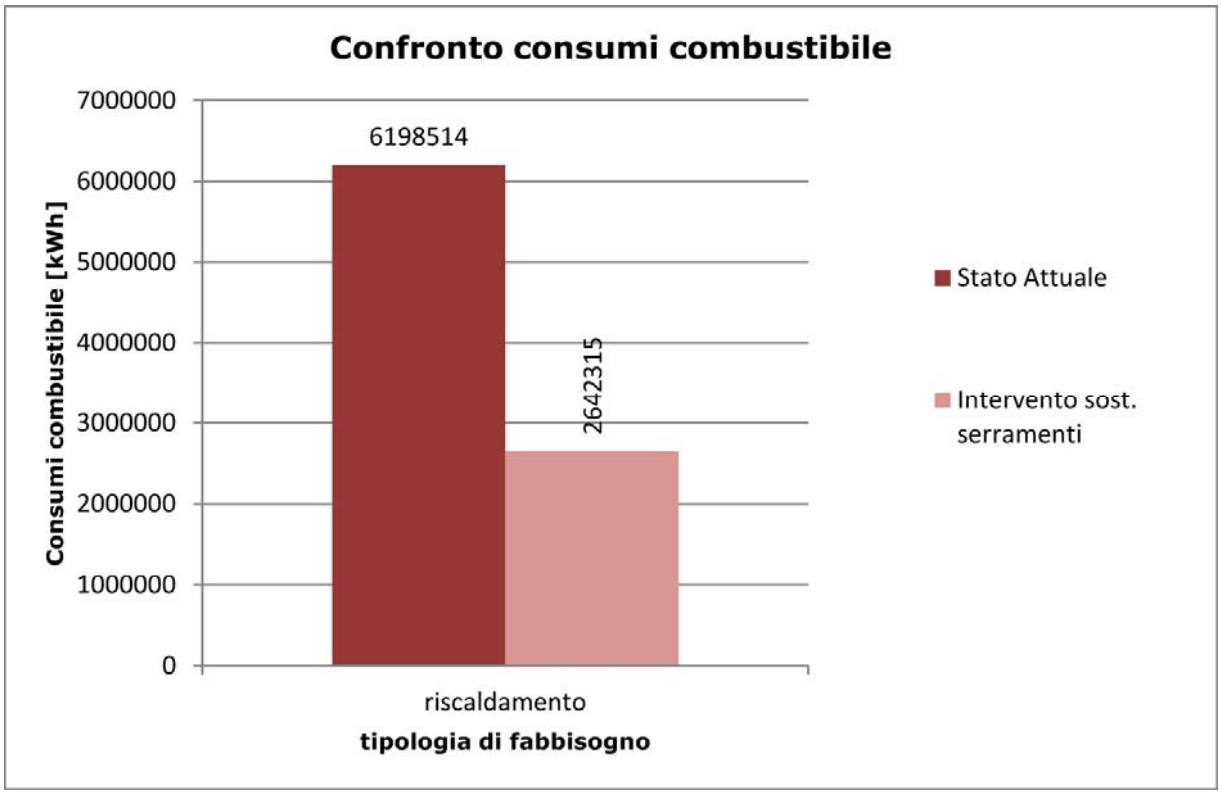


Grafico 10 _ Confronto dei consumi di combustibile tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

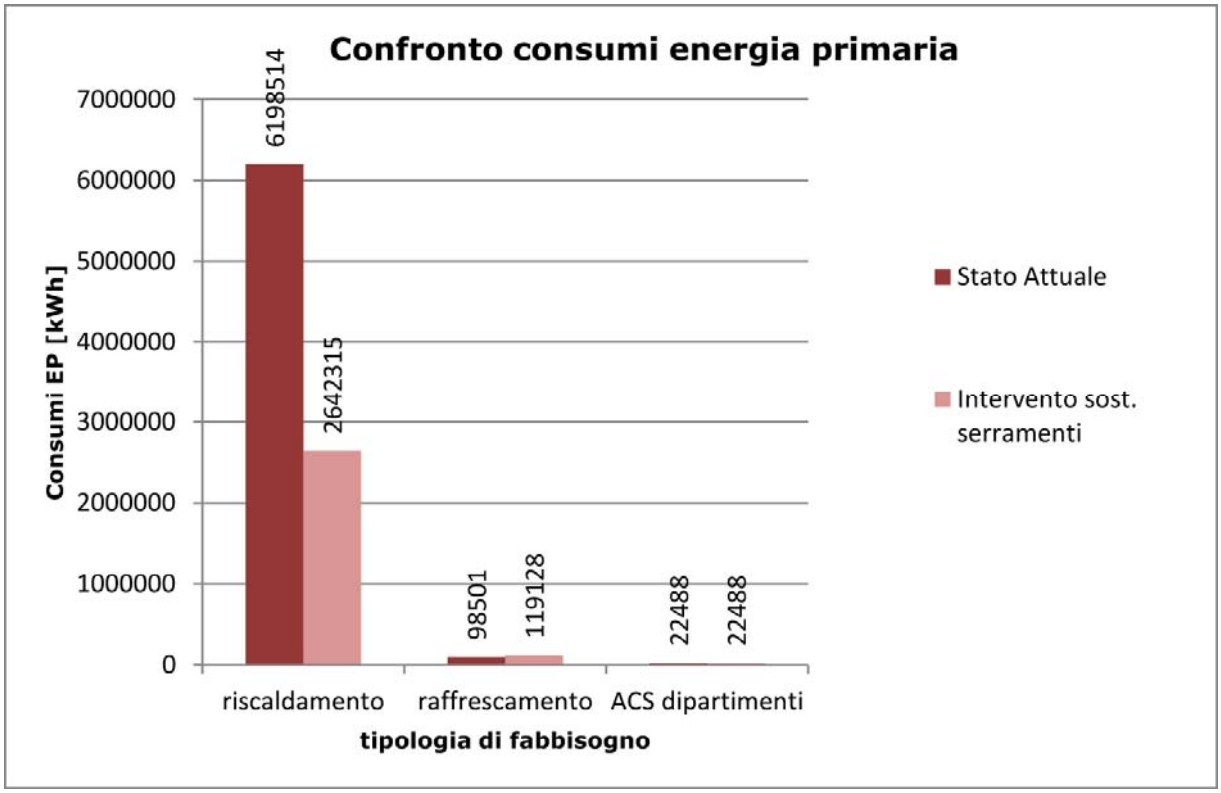
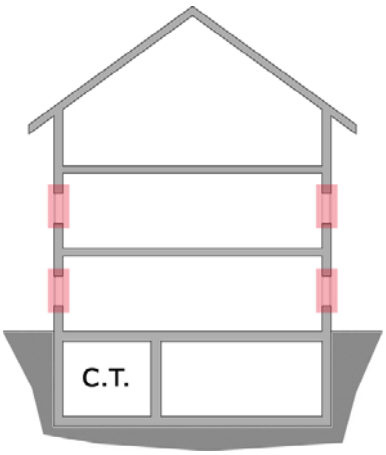


Grafico 9 _ Confronto dei consumi di energia primaria tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

Dai dati sopra presentati ricaviamo:



COSTO DELL'INTERVENTO:

1'192'552 Euro

COSTO ENERGIA ELETTRICA:

10'960 Euro

COSTO CARBURANTE:

216'935 Euro

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RISCALDAMENTO:

291'965 Euro

Tempo di ritorno dell'investimento:

3 anni

Come già era stato rilevato per Palazzo degli Stemmi, la sostituzione dei serramenti ha sul fabbisogno e sui consumi per il riscaldamento un impatto notevole. Questo va ulteriormente ha sottolineare quanto sia scarso il comportamento attuale, energeticamente parlando, dello stabile.

Il costo dell'intervento è stato ricavato dal Prezzario della Regione Piemonte. Riportiamo qui di seguito le voci considerate e i relativi calcoli.

01.A02.C00	Rimozione di infissi di qualsiasi natura,in qualunque piano di fabbricato, comprese la discesa o la salita dei materiali, lo sgombro dei detriti, il trasporto degli stessi alle discariche, compreso la rimozione e l'accatastamento dei vetri nel caso di serramenti, computando le superfici prima della demolizione	€/m²	m²	€
01.A02.C00.005	Con una superficie di almeno m² 0,50	€ 11,83	7291,59	€ 86'259,51
TOTALE				**€ 86'259,51**

01.A17.L00	Posa in opera di serramenti esterni, finestre e portefinestre, completi di vetrata isolante e sistema telaio in legno, in legno/alluminio o in legno/pvc/alluminio	€/m²	m²	€
01.A17.L00.005	Per qualsiasi dimensione, battenti e tipo di apertura	€ 38,01	7291,59	€ 277'153,34
TOTALE				**€ 277'153,34**

01.P20.I00	Telaio per serramenti esterni in alluminio realizzati con profilati in lega primaria di alluminio 6060 (UNI9006/1); sistema completo per finestre in profilati a taglio termico, comprensivo di profili fermavetro, gocciolatoio, ferramenta e maniglia in alluminio; compreso il montaggio della vetrata, ma esclusa la fornitura; trasmittanza termica dei telai Uf= =<2,6 e >2,0 W/m2K (UNI EN ISO 10077-2)	€/m²	m²	€
01.P20.I00.005	finestra fissa; di superficie fino a 2,0 m²	€ 120,20		
01.P20.I00.010	finestra fissa; di superficie oltre 2,0 m²	€ 98,56		
01.P20.I00.015	finestra a battente; di superficie fino a 2,0 m²	€ 216,28		
01.P20.I00.020	finestra a battente; di superficie oltre 2,0 m²	€ 190,18		
01.P20.I00.025	finestra ad anta e ribalta; di superficie fino a 2,0 m²	€ 238,66		
01.P20.I00.030	finestra ad anta e ribalta; di superficie oltre 2,0 m²	€ 207,58		
01.P20.I00.035	finestra a vasistas; di superficie fino a 2,0 m²	€ 242,39		
01.P20.I00.040	finestra a vasistas; di superficie oltre 2,0 m²	€ 211,31		
01.P20.I00.045	finestra a due ante anta-anta; di superficie fino a 3,5 m²	€ 229,96		
01.P20.I00.050	finestra a due ante anta-anta; di superficie oltre 3,5 m²	€ 200,12	947,91	€ 189'695,75
01.P20.I00.055	finestra a due ante anta-anta/ribalta; superficie fino a 3,5 m²	€ 248,60		
01.P20.I00.060	finestra a due ante anta-anta/ribalta; superficie oltre 3,5 m²	€ 216,28		
TOTALE				**€ 189'695,75**

01.P20.B04	Vetrate isolanti tipo vetrocamera con basso emissivo; formate da due lastre di vetro, normale o stratificata, con interposta intercapedine d'aria o gas; complete di profilati distanziatori, giunti elastici, sali disidratanti etc.; i vetri antisfondamento sono costituiti da due lastre con interposta pellicola di polivinilbutirrale. (Per vetri con altre caratteristiche vedere 01.P20.B06)	€/m²	m²	€
01.P20.B04.095	3+3/15/3+3 magnetronico (B.E. 1 lastra)+aria; U= 1,4 W/m2K e Rw= c.a 36dB	€ 94,90	6343,68	€ 602'015,23
TOTALE				**€ 602'015,23**

01.P20.B06	Variazione del prezzo per vetrate isolanti tipo vetro camera (01.P20.B04 e 01.P20.B05)	€/m²	m²	€
01.P20.B06.005	supplemento con gas argon 90%	€ 5,90	6343,68	€ 37'427,71
TOTALE				**€ 37'427,71**

SOSTITUZIONE SERRAMENTI			**€ 1'192'551,54**
		Euro/mq$_{climatizzata}$	**47,48**

4.5.2 L'isolamento dei tetti piani e dei fronti minori opachi

Il secondo intervento proposto per Palazzo Nuovo va ad intervenire sull'isolamento di alcune delle parti più critiche dell'edificio: i tetti piani e i due fronti minori opachi attualmente caratterizzati da murales.

L'applicazione dell'isolante ha portato ad ottenere delle nuove trasmittanze, sia per i solai di chiusura sia per i fronti opachi:

- Tetti piani[2] → U = 0,26 W/m^{2}K
- Fronti minori opachi[3] → U = 0,27 W/m^{2}K

Sia sui tetti che sui fronti opachi sono stati applicati pannelli in polistirene di spessore 10 cm (λ[4] = 0,035 W/mK).

Nelle immagini qui di seguito riportate vengono indicate sull'edificio le parti che sono state isolate.

Figura 4 _ Indicazione delle parti isolate: a sinistra i fronti minori opachi, a destra i tetti piani.

[2] Valore della trasmittanza del tetto piano nello stato attuale → U = 1,16 W/m^{2}K oppure U = 1,85 W/m^{2}K.

[3] Valore della trasmittanza dei fronti minori opachi nello stato attuale → U = 1,40 W/m^{2}K.

[4] Conduttività utile di calcolo [W/mK].

Rifacendo i calcoli per ottenere i fabbisogni di energia, applicando i nuovi valori relativi ai tetti piani e ai fronti minori opachi, ricaviamo i seguenti dati:

	PALAZZO NUOVO		ISOLAMENTO TETTI PIANI+FRONTI MINORI		
	Fabbisogni [kWh]	**Consumi elettrici [kWh]**	**Consumi combustibile [kWh]**	**Fattori di conversione**	**Consumi energia primaria [kWh]**
riscaldamento	4606499	-	5266730	1,00	5266730
raffrescamento	302968	36356	-	2,1748	79067
ACS dipartimenti	7755	10340	-	2,1748	22488
		46696	***5266730***	TOTALE EP_e [kWh]	***101555***
				TOTALE EP_t [kWh]	***5266730***
				TOTALE EP [kWh]	***5368285***

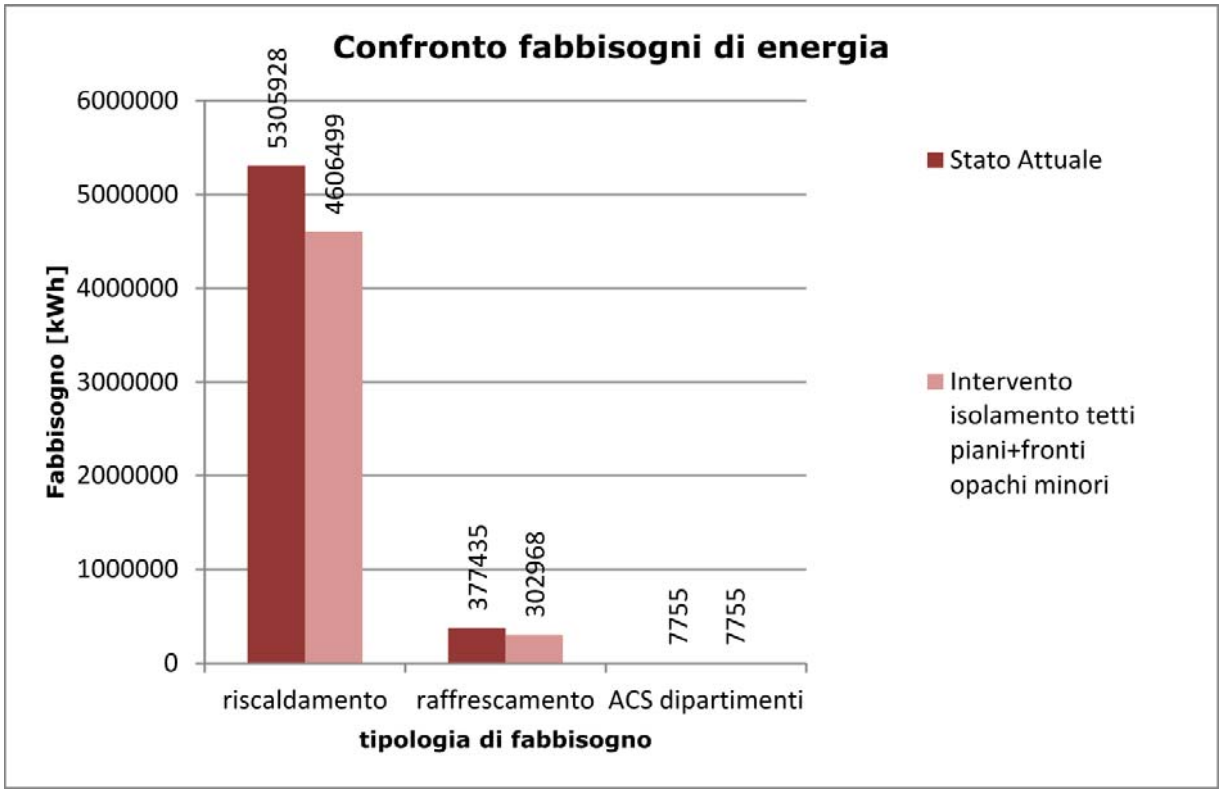


Grafico 11 _ Confronto dei fabbisogni di energia tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

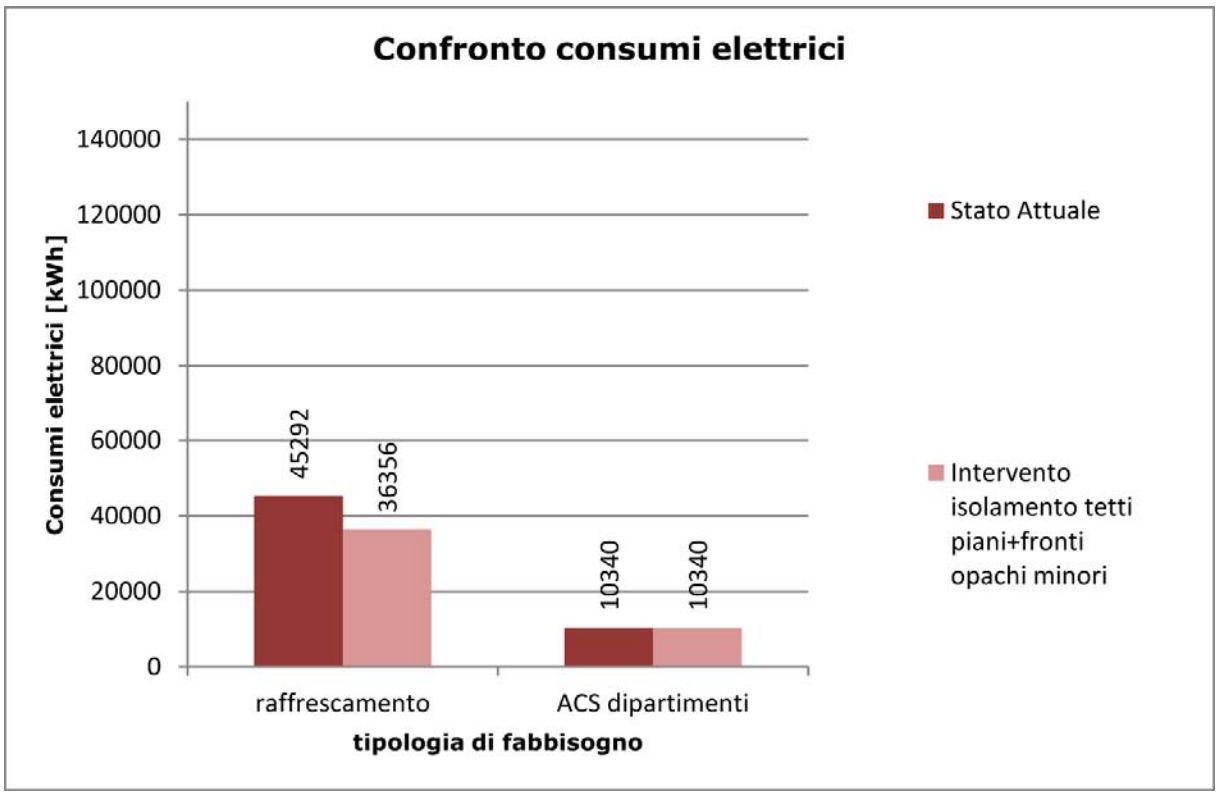


Grafico 13 _ Confronto dei consumi elettrici tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

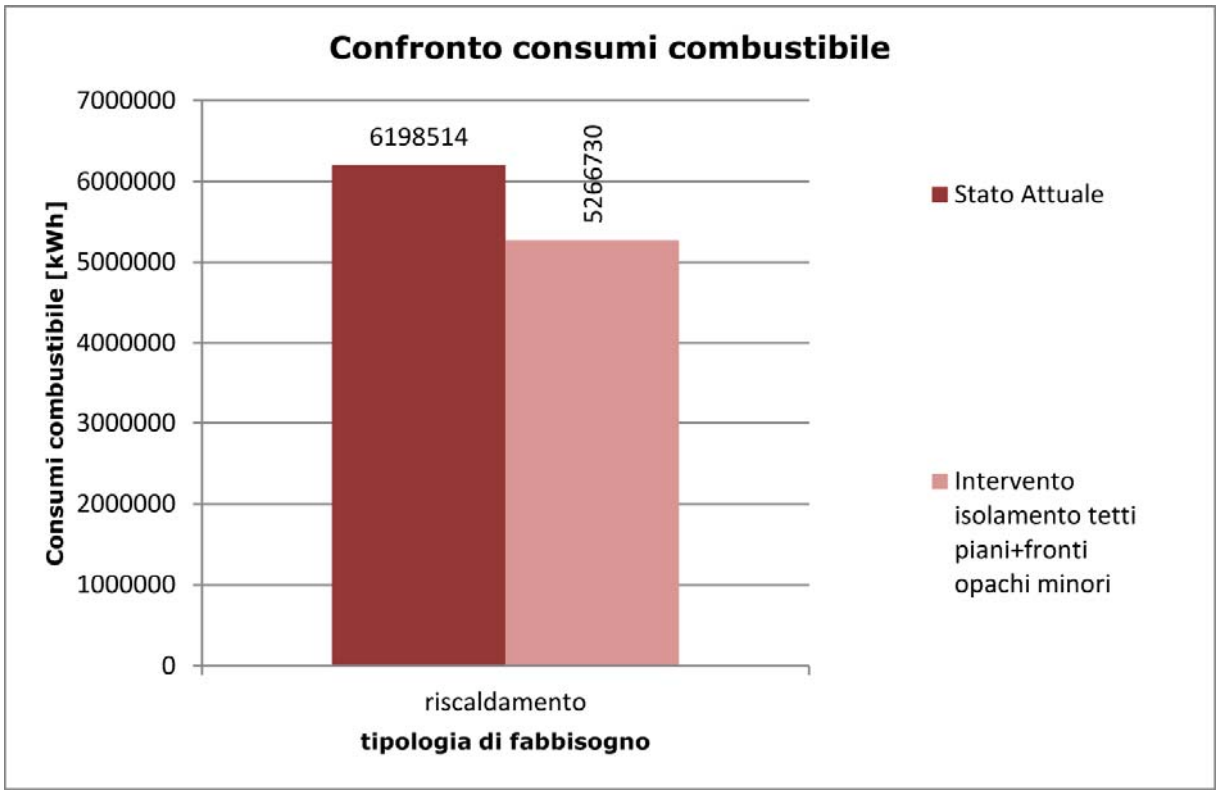


Grafico 12 _ Confronto dei consumi di combustibile tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

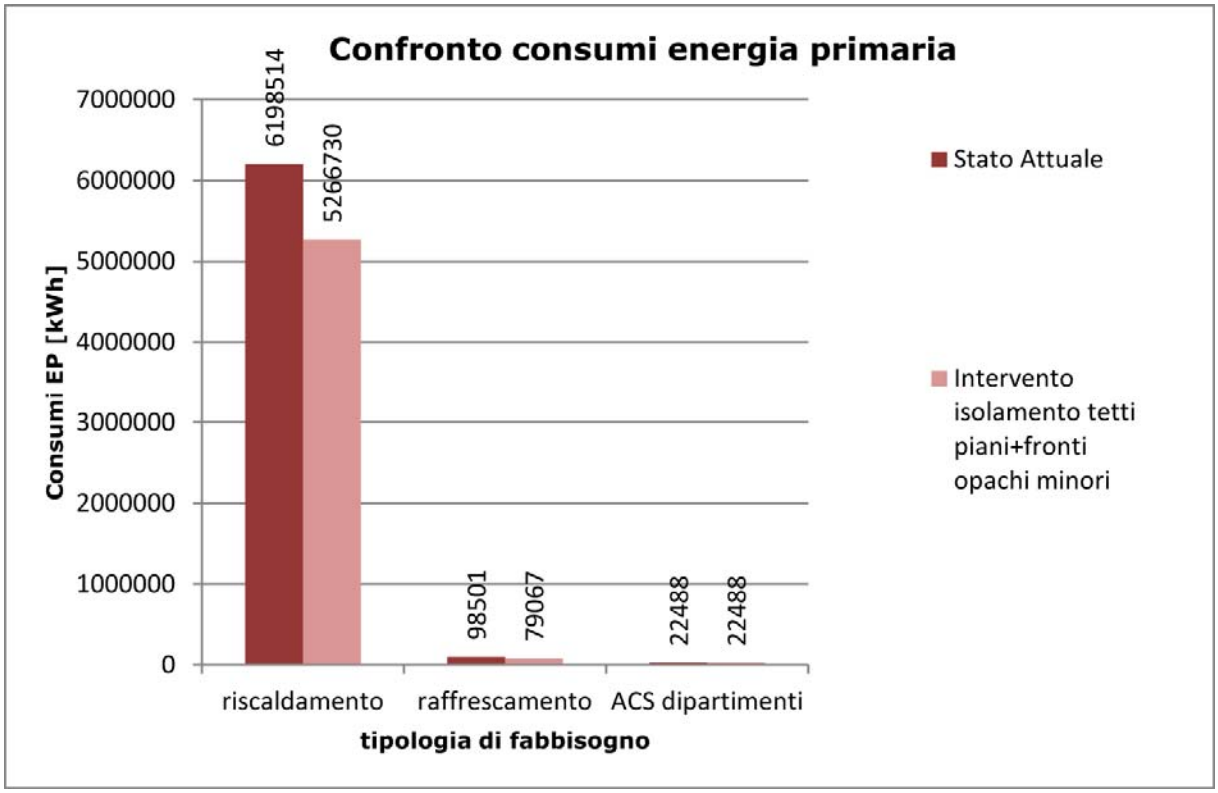
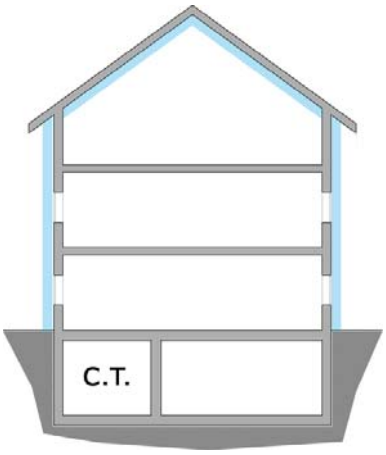


Grafico 14 _ Confronto dei consumi di energia primaria tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

Dai dati sopra presentati ricaviamo:



COSTO DELL'INTERVENTO:

707'573 Euro

COSTO ENERGIA ELETTRICA:

7'860 Euro

COSTO CARBURANTE:

432'400 Euro

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RISCALDAMENTO:

76'500 Euro

Tempo di ritorno dell'investimento:

minore di 5 anni e mezzo

L'isolamento solamente dei solai di copertura e dei fronti minori opachi ha un impatto sui consumi e sui fabbisogno non così forte. Nonostante il costo elevato dell'intervento, non si avrebbe un miglioramento tale da giustificare la spesa sostenuta.

Il costo dell'intervento è stato ricavato dal Prezzario della Regione Piemonte. Riportiamo qui di seguito le voci considerate e i relativi calcoli.

- Cappotto esterno per i fronti minori opachi

01.P25.A60	Nolo di ponteggio tubolare esterno eseguito con tubo - giunto, compreso trasporto, montaggio, smontaggio, nonchè ogni dispositivo necessario per la conformita' alle norme di sicurezza vigenti, comprensivo della documentazione per l'uso (Pi.M.U.S.) e della progettazione della struttura prevista dalle norme, escluso i piani di lavoro e sottopiani da compensare a parte (la misurazione viene effettuata in proiezione verticale).		€/m²		m²		€
01.P25.A60.005	Per i primi 30 giorni	€	9,60		1230,6	€	11'813,76
01.P25.A60.010	Per ogni mese oltre al primo	€	1,64		2461,2	€	4'036,37
TOTALE per 3 mesi						**€**	**15'850,13**

01.P25.C15	Nolo di piano di lavoro costituito da assito realizzato con tavoloni dello spessore di cm 5, sottopiano formato da struttura in tubo - giunto di qualsiasi forma e progetto, appoggiata su strade veicolari, ferrate, piani campagna o all'interno di manufatti stradali, compreso ogni onere per il trasporto, montaggio e smontaggio. La misurazione viene effettuata in proiezione orizzontale per l'effettiva superficie del piano di lavoro		€/m²		m²		€
01.P25.C15.005	Fino a m5 di altezza per i primi 30 giorni	€	23,27				
01.P25.C15.010	Fino a m5 di alt. per ogni mese oltre il primo	€	2,70				
01.P25.C15.015	Fino a m10 di altezza per i primi 30 giorni	€	37,17				
01.P25.C15.020	Fino a m10 di h - per ogni mese oltre il primo	€	4,25				
01.P25.C15.025	Fino a m20 di altezza per i primi 30 giorni	€	50,28		1413,72	€	71'081,84
01.P25.C15.030	Fino a m20 di h per ogni mese oltre il primo	€	6,55		2827,44	€	18'519,73
TOTALE per 3 mesi						**€**	**89'601,57**

01.P09.A06	Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC, resistenza a compressione pari a 100 kpa e densità compresa tra 18-28 kg/m3 (secondo la norma UNI EN 13163), euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,035 W/mK. Per isolamento termico di pareti e solai		€/m²		m²		€
01.P09.A06.005	spessore 30 mm	€	1,79				
01.P09.A06.010	spessore 40 mm	€	2,39				
01.P09.A06.015	spessore 50 mm	€	2,98				
01.P09.A06.020	spessore 60 mm	€	3,58				
01.P09.A06.025	spessore 70 mm	€	4,18				
01.P09.A06.030	spessore 80 mm	€	4,77				
01.P09.A06.035	spessore 100 mm	€	5,97		1001,3	€	5'977,76
TOTALE						**€**	**5'977,76**

03.A07.A01	Realizzazione di isolamento termico a cappotto con lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato. Sono compresi inoltre gli oneri relativi a: incollaggio e/o tassellatura e sagomatura dei pannelli, rasatura, stesura di fissativo, applicazione del rasante a base di calce idraulica naturale steso con spatola d'acciaio, compresa la posa di rete d'armatura e di ogni altro onere necessario per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte. (esclusa la fornitura dell'isolante)		€/m²	m²	€
03.A07.A01.005	Su superfici esterne verticali	€	41,63	1001,3	€ 41'684,12
03.A07.A01.010	Su superfici esterne orizzontali (intradosso solaio)	€	39,06		
03.A07.A01.015	Su superfici interne verticali	€	50,59		
03.A07.A01.020	Su superfici interne orizzontali (intradosso solaio)	€	39,06		
TOTALE					**€ 41'684,12**

02.P02.A58	Rimozione manto di copertura compresa la cernita e l'accatastamento in cantiere del materiale riutilizzabile:	smontaggio facciate murales: parte metallica di copertura			
			€/m²	m²	€
02.P02.A58.040	in lastre ondulate	€	15,34	1001,3	€ 15'359,94
TOTALE					**€ 15'359,94**

01.A18.C02	Posa in opera di pareti mobili in pannelli metallici monoblocco autoportanti, sia fissi che apribili, ad uno o piu' battenti, compresa ogni opera accessoria per il fissaggio, la regolazione dei piedini e delle battute e l'eventuale sagomatura in sito di pezzi speciali	rimontaggio facciate murales: parte metallica di copertura			
			€/m²	m²	€
01.A18.C02.005	In pannelli pieni o vetrati	€	28,53	1001,3	€ 28'567,09
TOTALE					**€ 28'567,09**

CAPPOTTO TERMICO PER PARETI "MURALES"		**€ 197'040,61**
	Euro/mq$_{climatizzata}$	**7,84**

- Isolamento tetti piani

01.P09.A06	Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC, resistenza a compressione pari a 100 kpa e densità compresa tra 18-28 kg/m3 (secondo la norma UNI EN 13163), euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,035 W/mK. Per isolamento termico di pareti e solai		€/m²	m²	€
01.P09.A06.005	spessore 30 mm	€	1,79		
01.P09.A06.010	spessore 40 mm	€	2,39		
01.P09.A06.015	spessore 50 mm	€	2,98		
01.P09.A06.020	spessore 60 mm	€	3,58		
01.P09.A06.025	spessore 70 mm	€	4,18		
01.P09.A06.030	spessore 80 mm	€	4,77		
01.P09.A06.035	spessore 100 mm	€	5,97	6691	€ 39'945,27
TOTALE					**€ 39'945,27**

03.A07.A01	Realizzazione di isolamento termico a cappotto con lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato. Sono compresi inoltre gli oneri relativi a: incollaggio e/o tassellatura e sagomatura dei pannelli, rasatura, stesura di fissativo, applicazione del rasante a base di calce idraulica naturale steso con spatola d'acciaio, compresa la posa di rete d'armatura e di ogni altro onere necessario per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte. (esclusa la fornitura dell'isolante)		€/m²	m²	€
03.A07.A01.005	Su superfici esterne verticali	€	41,63		
03.A07.A01.010	Su superfici esterne orizzontali (intradosso solaio)	€	39,06	6691	€ 261'350,46
03.A07.A01.015	Su superfici interne verticali	€	50,59		
03.A07.A01.020	Su superfici interne orizzontali (intradosso solaio)	€	39,06		
TOTALE					**€ 261'350,46**

01.P09.E23	Controsoffitto o rivestimento verticale in doghe dello spessore di 5/10 di mm, completo di struttura portante	€/m²	m²	€
01.P09.E23.005	in alluminio opaco colori vari- passo 100	€ 13,52	6691	€ 90'462,32
01.P09.E23.010	in alluminio metallizzato colori vari - passo 100	€ 14,46		
01.P09.E23.015	in alluminio - colori vari - passo 200	€ 14,75		
01.P09.E23.020	in acciaio - passo 200	€ 11,90		
TOTALE				**€ 90'462,32**

01.A09.L80	Posa in opera di controsoffitto costituito da doghe metalliche, completo di struttura portante	€/m²	m²	€
01.A09.L80.005	Con doghe della lunghezza fino a cm 200	€ 17,72	6691	€ 118'564,52
TOTALE				**€ 118'564,52**

01.P25.A35	Nolo di castello leggero di alluminio su ruote, prefabbricato, delle dimensioni di m 1,00x2,00, compreso trasporto, montaggio e smontaggio, escluso il nolo della base	€/m	altezza [m]	€
01.P25.A35.005	Per m di altezza-al mese	€ 8,13	2	€ 16,26
TOTALE (per 2 castelli e per 3 mesi)				**€ 97,56**

01.P25.A40	Nolo di base per castello leggero - al mese	€/cad.	n. castelli	€
01.P25.A40.005	=	€ 18,79	2	€ 37,58
TOTALE (per 2 castelli e per 3 mesi)				**€ 112,74**

ISOLAMENTO SOLAIO VERSO INTERRATO			**€ 510'532,87**
		Euro/$mq_{climatizzata}$	**20,32**

4.5.3 La sostituzione dei serramenti, l'isolamento termico dei tetti piani e dei fronti minori opachi

Il terzo intervento proposto va ad inglobare i primi due appena esposti, lavorando interamente sull'involucro edilizio (serramenti, solai di chiusura e pareti opache).

Dati utilizzati per i nuovi serramenti da porre in opera:

- TELAIO → U_f = 2,05 W/m^{2}K
- VETRI:
  - Composizione: 6 + 15 (argon 90%) + 6
  - Spessore: 27 mm
  - Fattore solare g: 0,61
  - Coefficiente shading: 0,70
  - U_g: 1,3 W/m^{2}K

Ricaviamo una trasmittanza del serramento pari a:

U_w = 1,7 W/m^{2}K

Per i tetti piani otteniamo una nuova trasmittanza termica dovuta all'applicazione dell'isolamento termico (pannello in polistirene, spessore 10 cm, λ[5] = 0,035 W/mK):

U = 0,26 W/m^{2}K

Sui fronti minori opachi, con l'applicazione del cappotto esterno (pannello in polistirene, spessore 10 cm, λ = 0,035 W/mK), ricaviamo un valore della trasmittanza termica di:

U = 0,27 W/m^{2}K

Rifacendo i calcoli per ottenere i fabbisogni di energia, applicando i nuovi valori relativi ai serramenti, ai tetti piani e ai fronti minori opachi, ricaviamo i seguenti dati:

	PALAZZO NUOVO		**SOSTITUZIONE SERRAMENTI+ISOLAMENTO**		
	Fabbisogni [kWh]	**Consumi elettrici [kWh]**	**Consumi combustibile [kWh]**	**Fattori di conversione**	**Consumi energia primaria [kWh]**
riscaldamento	1624492	-	1857323	1,00	1857323
raffrescamento	395225	47427	-	2,1748	103144
ACS dipartimenti	7755	10340	-	2,1748	22488
		57767	***1857323***	TOTALE EP_e [kWh]	***125632***
				TOTALE EP_t [kWh]	***1857323***
				TOTALE EP [kWh]	***1982956***

[5] Conduttività utile di calcolo [W/mK].

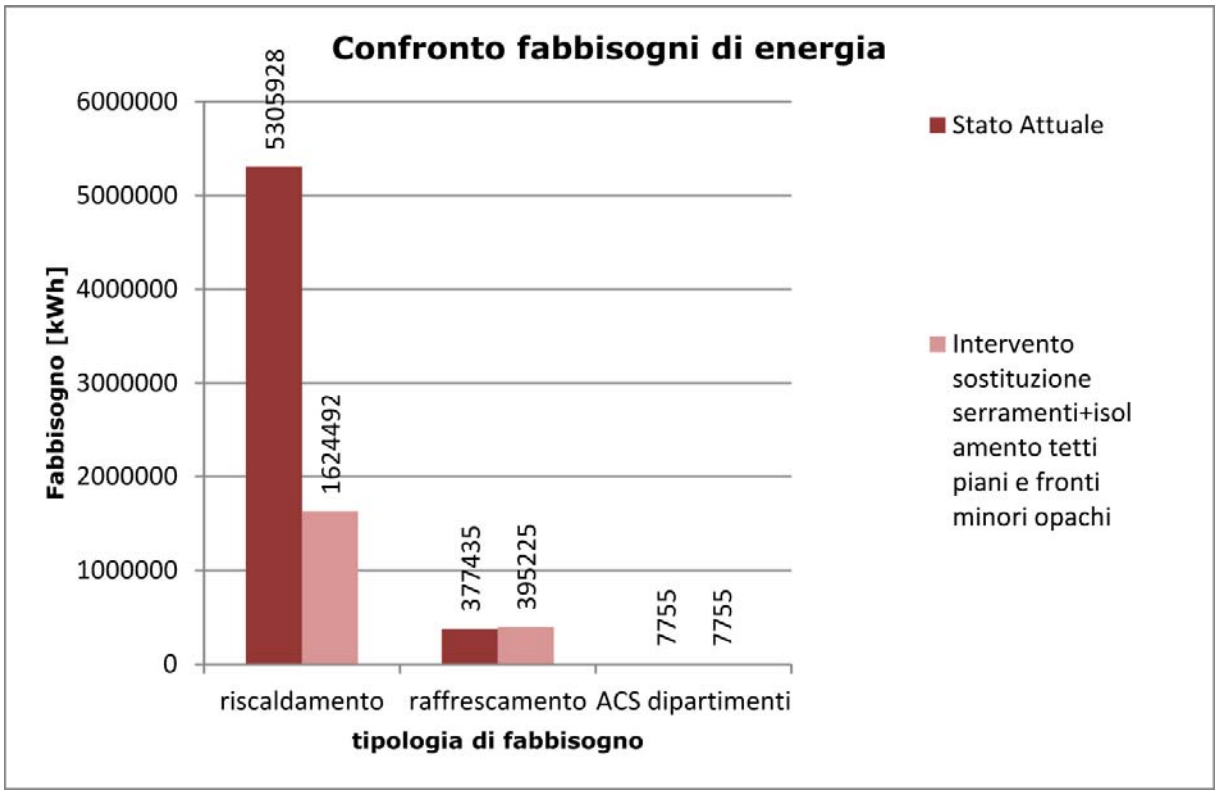


Grafico 16 _ Confronto dei fabbisogni di energia tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

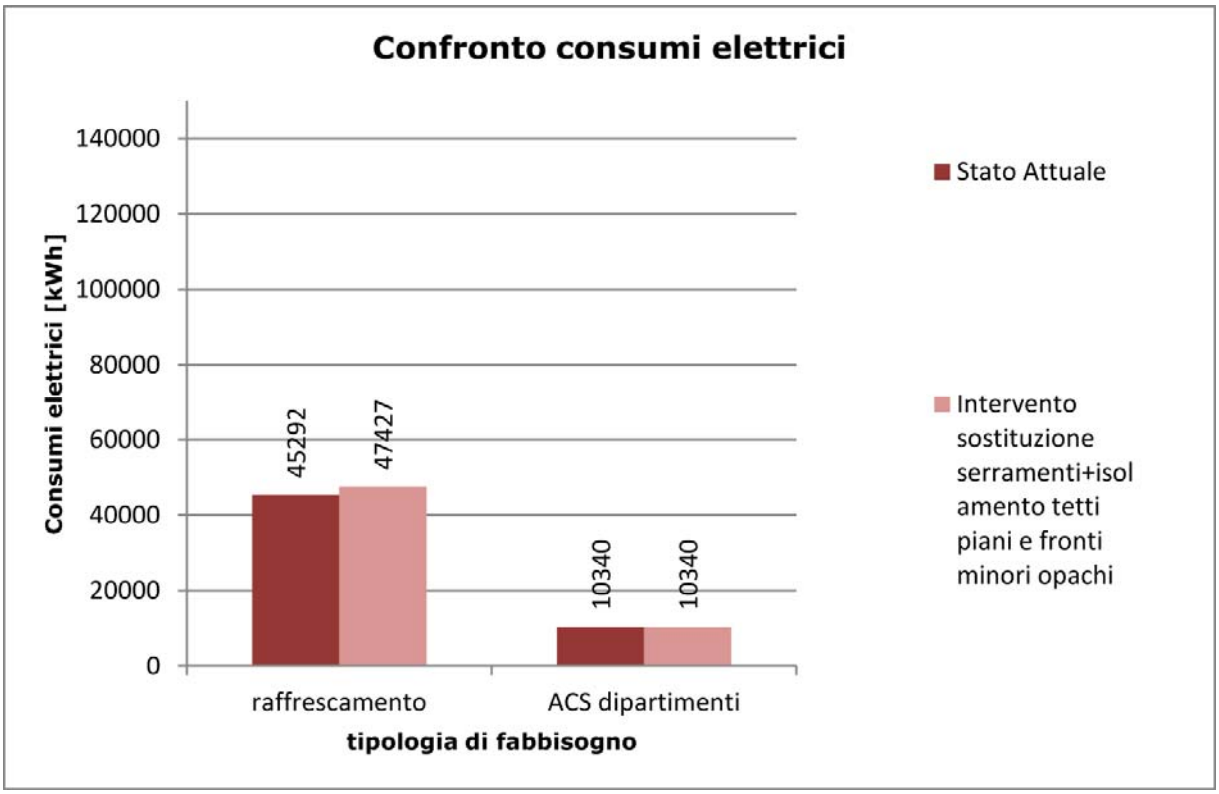


Grafico 15 _ Confronto dei consumi elettrici tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

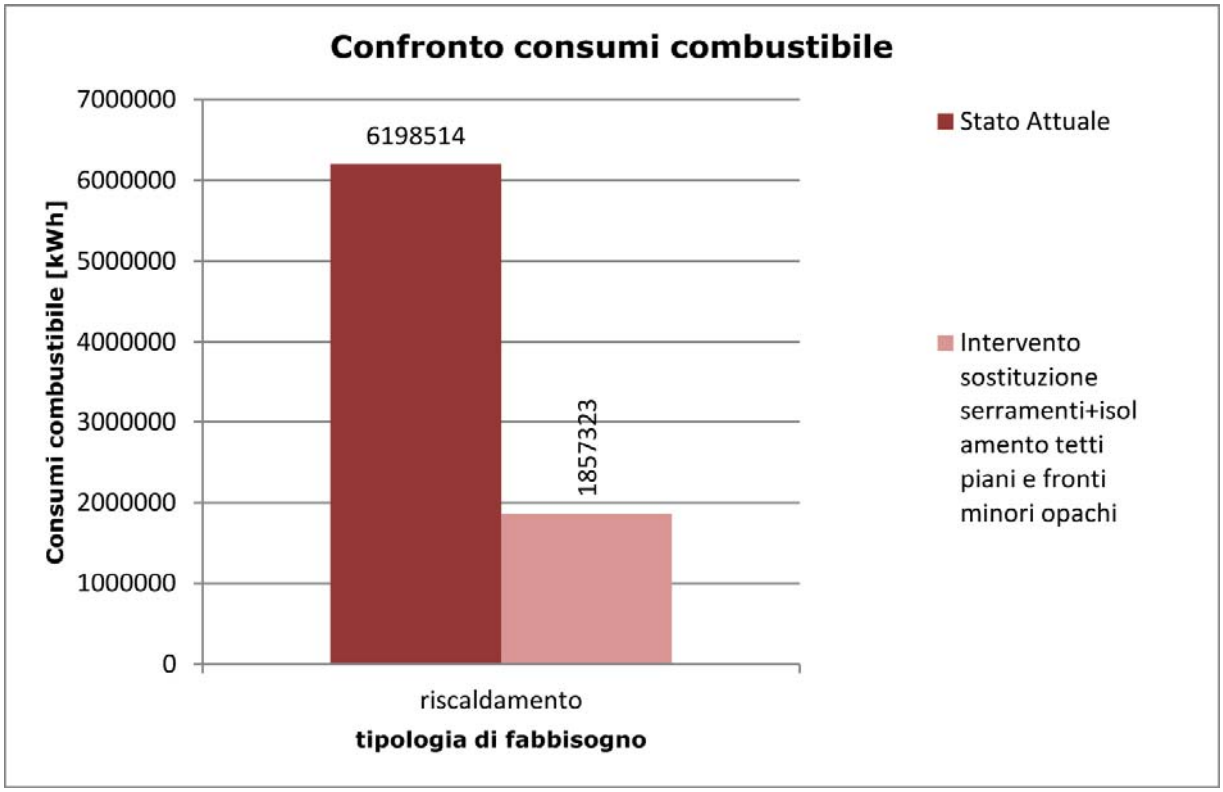


Grafico 17 _ Confronto dei consumi di combustibile tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

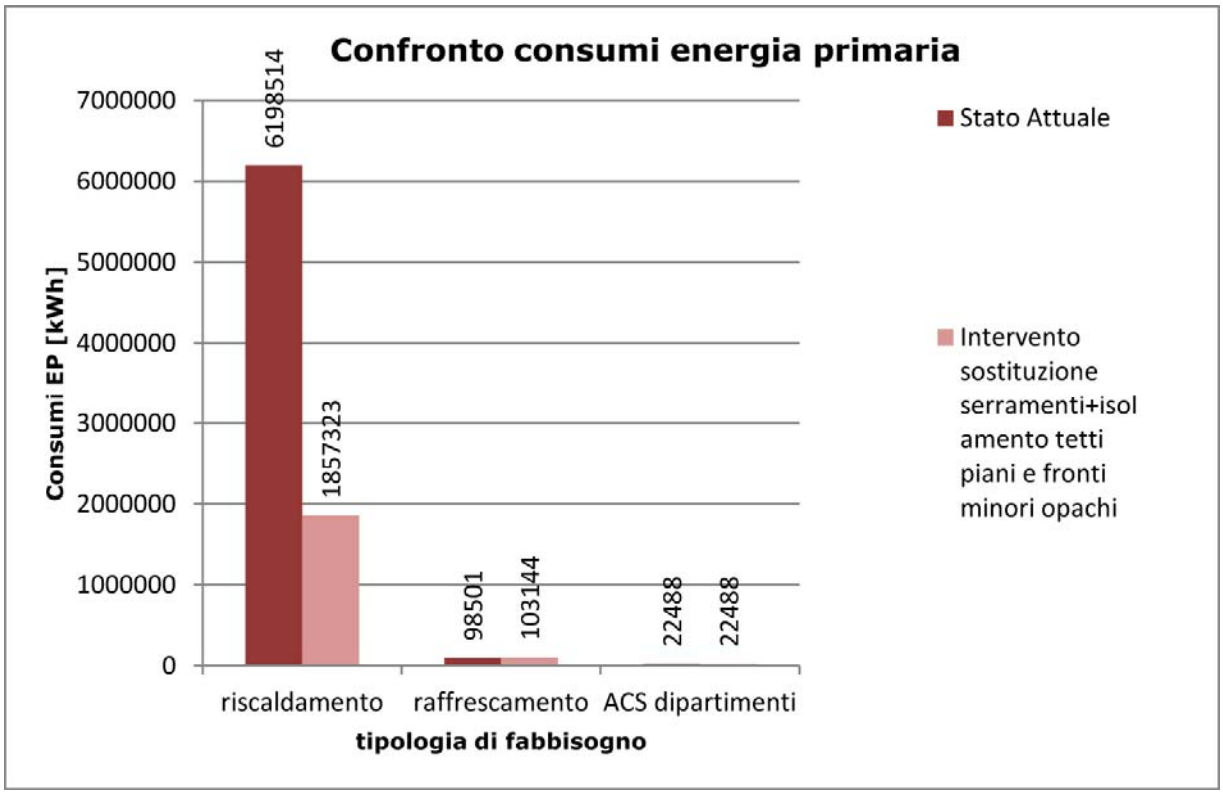
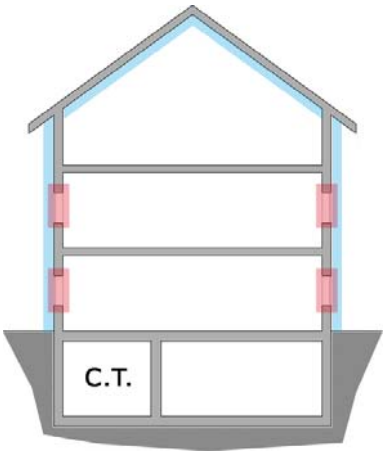


Grafico 18 _ Confronto dei consumi di energia primaria tra lo stato attuale e l'intervento (kWh annui).

Dai dati sopra riportati ricaviamo:



COSTO DELL'INTERVENTO:

1'900'125 Euro

COSTO ENERGIA ELETTRICA:

9'723 Euro

COSTO CARBURANTE:

152'487 Euro

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RISCALDAMENTO:

356'413 Euro

Tempo di ritorno dell'investimento:

minore di 4 anni

L'intervento globale, che va ad intervenire sui serramenti e sull'isolamento termico di alcune parti dell'edificio, ha un impatto notevole sui consumi e sui fabbisogni per il riscaldamento dell'edificio, rispetto allo stato attuale. I valori sono più che dimezzati.

Il costo dell'intervento è stato ricavato dal Prezzario della Regione Piemonte. Nei due sottoparagrafi precedenti sono state presentate le tabelle con le voci di costo considerate.

CAPITOLO 5:

LA FACOLTA' DI CHIMICA E FARMACIA

La sede delle Facoltà di Chimica e Farmacia è stata analizzata in maniera del tutto diversa rispetto ai primi due edifici: Palazzo degli Stemmi e Palazzo Nuovo.

È stato comunque svolto un sopralluogo diagnostico, atto alla definizione delle criticità e degli interventi più urgenti; inoltre è stato utile per capire il collegamento tra gli impianti e il soddisfacimento dei diversi fabbisogni. Ma l'analisi prosegue al contrario rispetto agli altri due edifici. I dati di partenza, in questo caso, sono i consumi annuali elettrici e di combustibile. Da qui, conoscendo le caratteristiche degli impianti, siamo risaliti ai fabbisogni.

5.1 Il sopralluogo

Il sopralluogo delle Facoltà di Chimica e Farmacia ci ha permesso di visitare i principali locali degli impianti e alcuni degli ambienti interni. Per ogni impianto è stata presa nota delle caratteristiche principali, con documentazione fotografica, e le schede riassuntive del sopralluogo sono contenute nell'allegato C.

Figura 1_ Foto della centrale termica della Facoltà di Chimica e (a destra) pannello con caratteristiche dell'impianto

Per quanto riguarda le centrali termiche, sono attualmente in funzione (da novembre 2007):

- Per la Facoltà di Chimica → 2 generatori di calore a condensazione a gas: ELCO R3604 (945 kW l'uno)
- Per la Facoltà di Farmacia → 2 generatori di calore a condensazione a gas: ELCO R3601 (638 kW l'uno)

A seguito del sopralluogo, è risultata ancor più chiara la somiglianza di questo edificio con un altro di quelli analizzati in questa tesi: Palazzo degli Stemmi. Questa somiglianza verrà più avanti utilizzata per completare l'analisi dello stato attuale dell'edificio.

Le criticità emerse durante la visita delle due Facoltà riguardano principalmente lo stato dell'involucro dell'edificio. Da sottolineare, come già era accaduto per Palazzo degli Stemmi, le grandi limitazioni legate all'importanza storico-architettonica dei palazzi. Da ciò ne deriva l'impossibilità di applicare un cappotto esterno in facciata e tecnologie ad energia rinnovabile sui tetti del fabbricato. Sono stati presi in considerazione i seguenti interventi, in analogia con quelli proposti per Palazzo degli Stemmi:

- Sostituzione dei serramenti
- Isolamento termico dei solai di copertura

- Isolamento dei solai verso il piano interrato.

5.2 Il percorso contrario: dai consumi ai fabbisogni

Come è stato già accennato precedentemente, per questo edificio non è stata seguita la metodologia d'analisi utilizzata per gli altri due palazzi.

Il punto di partenza sono i dati sui consumi energetici desunti dalla tesi di Manuela Rosso "Verso il piano regolatore energetico degli edifici dell'Università di Torino"[1].

DATO	VALORE[2]	Unità di misura
Superficie utile	23'784	m^2
Energia elettrica assoluta	2'102'461	kWh
Energia termica assoluta	2'286'602	kWh
Costo energia elettrica assoluta	351'697	Euro
Costo energia termica assoluta	187'731	Euro
Costo TOTALE energia assoluta	539'427	Euro

Dai valori dell'energia (elettrica e termica) ricaviamo i valori di Energia primaria, utilizzando i giusti fattori di conversione:

- Fattore di conversione per l'energia termica da combustibile = 1
- Fattore di conversione per l'energia elettrica = 2,1748

[1] Anno Accademico: 2011/2012. Relatori: Prof. Stefano Paolo Corgnati, Ing. Novella Talà, Ing. Andrea Tartaglino.

[2] I dati desunti dalla tesi di Manuela Rosso riguardano il periodo 2010/2011.

Tipologia consumi	Valore consumi [kWh]	Fattore convers.	EP [kWh]
Elettrici	2'102'461	2,1748	4'572'432
Combustibile	2'286'602	1	2'286'602
TOTALE Energia Primaria [kWh]			6'859'034

Oltre a ricavare i consumi di energia primaria, possiamo ottenere i valori dei fabbisogni, utilizzando i dati relativi agli impianti. La scelta è stata quella di utilizzare gli stessi valori dei rendimenti adottati per Palazzo degli Stemmi.

Per i generatori di calore:

- Rendimento medio globale stagionale dell'impianto di riscaldamento → η_g = 0,84
- Rendimento di generazione → η_{gn} = 0,93

Per i gruppi frigoriferi (che coprono il fabbisogno di energia per il raffrescamento):

- Rendimento → COP = 2

Per i boiler elettrici (che coprono il fabbisogno di ACS):

- Rendimento → η_b = 0,75

Inoltre dobbiamo tenere in considerazione che i consumi totali di energia elettrica vanno a coprire due fabbisogni: quelli per il raffrescamento e quelli per l'Acqua Calda Sanitaria. Come ulteriore valore di paragone con Palazzo degli Stemmi, andiamo a considerare i consumi elettrici dovuti ai boiler elettrici, al metro quadro (vedi allegato A); tale valore è 0,65 kWh/m^2. Facendo le dovute proporzioni otteniamo:

- Consumi elettrici derivanti dai boiler elettrici = 15'530 kWh
- Consumi elettrici derivanti dal fabbisogno di energia per il raffrescamento = 2'086'931 kWh

A questo punto abbiamo tutti i dati per ricavare i fabbisogni dell'edificio:

Tipologia consumi	Valore consumi [kWh]	Rendimento di riferimento	Fabbisogno [kWh]	Tipologia fabbisogno
Elettrici per raffrescamento	2'086'931	2	4'172'862	Raffrescamento
Elettrici per ACS	15'530	0,75	11'684	ACS
Combustibile	2'286'602	0,84	1'920'746	Riscaldamento

È possibile visionare le schede relative ai fabbisogni, ai consumi e ai costi nell'allegato C.

5.3 Le proposte di intervento

Viste le criticità più importanti del fabbricato, ed in analogia con le proposte fatte per Palazzo degli Stemmi, per l'edificio delle Facoltà di Chimica e Farmacia gli interventi vanno ad agire solamente sull'involucro edilizio; questo poiché gli impianti termici sono piuttosto recenti.

5.3.1 La sostituzione dei serramenti

Il primo intervento proposto è la sostituzione degli attuali infissi del fabbricato; questi i dati dei nuovi serramenti:

- TELAIO → U_f = 2,05 W/m^{2}K
- VETRI:
  - Composizione: 6 + 15 (argon 90%) + 6
  - Spessore: 27 mm
  - Fattore solare g: 0,61
  - Coefficiente shading: 0,70

- U_g: 1,3 W/m^{2}K

Ricaviamo una trasmittanza del serramento pari a:

U_w = 1,7 W/m^{2}K

Dai disegni forniti dall'Università degli Studi di Torino abbiamo ricavato le superfici di vetri e telai, per il calcolo della spesa di intervento:

01.A02.C00	Rimozione di infissi di qualsiasi natura,in qualunque piano di fabbricato, comprese la discesa o la salita dei materiali, lo sgombro dei detriti, il trasporto degli stessi alle discariche, compreso la rimozione e l'accatastamento dei vetri nel caso di serramenti, computando le superfici prima della demolizione	€/m^2	m^2	€
01.A02.C00.005	Con una superficie di almeno m^2 0,50	€ 11,83	1367,52	€ 16'177,76
TOTALE				**€ 16'177,76**

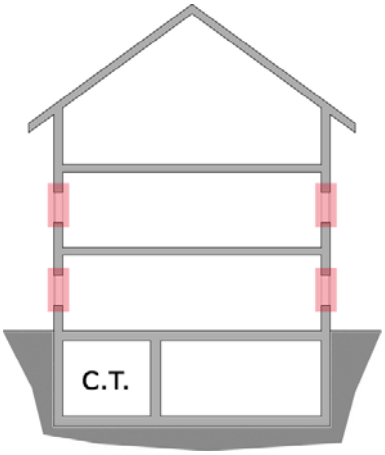
01.A17.L00	Posa in opera di serramenti esterni, finestre e portefinestre, completi di vetrata isolante e sistema telaio in legno, in legno/alluminio o in legno/pvc/alluminio	€/m^2	m^2	€
01.A17.L00.005	Per qualsiasi dimensione, battenti e tipo di apertura	€ 38,01	1367,52	€ 51'979,44
TOTALE				**€ 51'979,44**

01.P20.I00	Telaio per serramenti esterni in alluminio realizzati con profilati in lega primaria di alluminio 6060 (UNI9006/1); sistema completo per finestre in profilati a taglio termico, comprensivo di profili fermavetro, gocciolatoio, ferramenta e maniglia in alluminio; compreso il montaggio della vetrata, ma esclusa la fornitura; trasmittanza termica dei telai Uf= =<2,6 e >2,0 W/m2K (UNI EN ISO 10077-2)	€/m^2	m^2	€
01.P20.I00.005	finestra fissa; di superficie fino a 2,0 m^2	€ 120,20		
01.P20.I00.010	finestra fissa; di superficie oltre 2,0 m^2	€ 98,56		
01.P20.I00.015	finestra a battente; di superficie fino a 2,0 m^2	€ 216,28		
01.P20.I00.020	finestra a battente; di superficie oltre 2,0 m^2	€ 190,18		
01.P20.I00.025	finestra ad anta e ribalta; di superficie fino a 2,0 m^2	€ 238,66		
01.P20.I00.030	finestra ad anta e ribalta; di superficie oltre 2,0 m^2	€ 207,58		
01.P20.I00.035	finestra a vasistas; di superficie fino a 2,0 m^2	€ 242,39		
01.P20.I00.040	finestra a vasistas; di superficie oltre 2,0 m^2	€ 211,31		
01.P20.I00.045	finestra a due ante anta-anta; di superficie fino a 3,5 m^2	€ 229,96		
01.P20.I00.050	finestra a due ante anta-anta; di superficie oltre 3,5 m^2	€ 200,12	177,78	€ 35'577,33
01.P20.I00.055	finestra a due ante anta-anta/ribalta; superficie fino a 3,5 m^2	€ 248,60		
01.P20.I00.060	finestra a due ante anta-anta/ribalta; superficie oltre 3,5 m^2	€ 216,28		
TOTALE				**€ 35'577,33**

01.P20.B04	Vetrate isolanti tipo vetrocamera con basso emissivo; formate da due lastre di vetro, normale o stratificata, con interposta intercapedine d'aria o gas; complete di profilati distanziatori, giunti elastici, sali disidratanti etc.; i vetri antisfondamento sono costituiti da due lastre con interposta pellicola di polivinilbutirrale. (Per vetri con altre caratteristiche vedere 01.P20.B06)	€/m²	m²	€
01.P20.B04.095	3+3/15/3+3 magnetronico (B.E. 1 lastra)+aria; U= 1,4 W/m2K e Rw= c.a 36dB	€ 94,90	1189,74	€ 112'906,33
TOTALE				**€ 112'906,33**

01.P20.B06	Variazione del prezzo per vetrate isolanti tipo vetro camera (01.P20.B04 e 01.P20.B05)	€/m²	m²	€
01.P20.B06.005	supplemento con gas argon 90%	€ 5,90	1189,74	€ 7'019,47
TOTALE				**€ 7'019,47**

SOSTITUZIONE SERRAMENTI		**€ 223'660,32**
	Euro/mq$_{climatizzata}$	**9,40**



COSTO DELL'INTERVENTO:

223'660 Euro

5.3.2 L'isolamento dei solai di copertura e della soletta verso l'interrato

L'applicazione di pannelli in polistirene espanso (spessore 10 cm, λ[3] = 0,035 W/mK) sia sui solai di copertura che sulle solette verso il piano interrato va a migliorarne il comportamento termico.

Tramite il Prezzario della Regione Piemonte è stato valutato il costo per l'intervento; qui di seguito riportiamo le tabelle con i dati per il calcolo:

[3] Conduttività utile di calcolo [W/mK].

01.P09.A06	Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC, resistenza a compressione pari a 100 kpa e densità compresa tra 18-28 kg/m3 (secondo la norma UNI EN 13163), euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,035 W/mK. Per isolamento termico di pareti e solai			
		€/m²	m²	€
01.P09.A06.005	spessore 30 mm	€ 1,79		
01.P09.A06.010	spessore 40 mm	€ 2,39		
01.P09.A06.015	spessore 50 mm	€ 2,98		
01.P09.A06.020	spessore 60 mm	€ 3,58		
01.P09.A06.025	spessore 70 mm	€ 4,18		
01.P09.A06.030	spessore 80 mm	€ 4,77		
01.P09.A06.035	spessore 100 mm	€ 5,97	10980	€ 65'550,60
TOTALE				**€ 65'550,60**

03.A07.A01	Realizzazione di isolamento termico a cappotto con lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato. Sono compresi inoltre gli oneri relativi a: incollaggio e/o tassellatura e sagomatura dei pannelli, rasatura, stesura di fissativo, applicazione del rasante a base di calce idraulica naturale steso con spatola d'acciaio, compresa la posa di rete d'armatura e di ogni altro onere necessario per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte. (esclusa la fornitura dell'isolante)			
		€/m²	m²	€
03.A07.A01.005	Su superfici esterne verticali	€ 41,63		
03.A07.A01.010	Su superfici esterne orizzontali (intradosso solaio)	€ 39,06		
03.A07.A01.015	Su superfici interne verticali	€ 50,59		
03.A07.A01.020	Su superfici interne orizzontali (intradosso solaio)	€ 39,06	10980	€ 428'878,80
TOTALE				**€ 428'878,80**

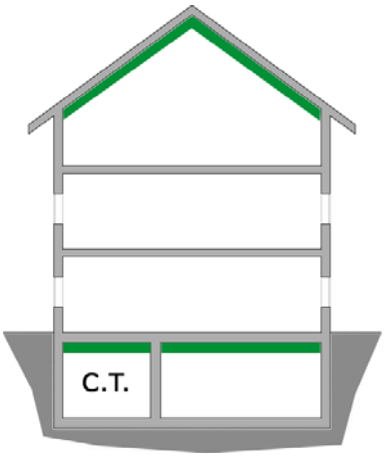
01.P09.E23	Controsoffitto o rivestimento verticale in doghe dello spessore di 5/10 di mm, completo di struttura portante			
		€/m²	m²	€
01.P09.E23.005	in alluminio opaco colori vari- passo 100	€ 13,52	10980	€ 148'449,60
01.P09.E23.010	in alluminio metallizzato colori vari - passo 100	€ 14,46		
01.P09.E23.015	in alluminio - colori vari - passo 200	€ 14,75		
01.P09.E23.020	in acciaio - passo 200	€ 11,90		
TOTALE				**€ 148'449,60**

01.A09.L80	Posa in opera di controsoffitto costituito da doghe metalliche, completo di struttura portante			
		€/m²	m²	€
01.A09.L80.005	Con doghe della lunghezza fino a cm 200	€ 17,72	10980	€ 194'565,60
TOTALE				**€ 194'565,60**

01.P25.A35	Nolo di castello leggero di alluminio su ruote, prefabbricato, delle dimensioni di m 1,00x2,00, compreso trasporto, montaggio e smontaggio, escluso il nolo della base			
		€/m	altezza [m]	€
01.P25.A35.005	Per m di altezza-al mese	€ 8,13	2	€ 16,26
TOTALE (per 2 castelli e per 3 mesi)				**€ 97,56**

01.P25.A40	Nolo di base per castello leggero - al mese	€/cad.	n. castelli	€
01.P25.A40.005	=	€ 18,79	2	€ 37,58
TOTALE (per 2 castelli e per 3 mesi)				**€ 112,74**

ISOLAMENTO SOLAIO VERSO INTERRATO E ULTIMO SOLAIO VERSO IL TETTO		**€ 837'654,90**
	Euro/$mq_{climatizzata}$	**35,22**



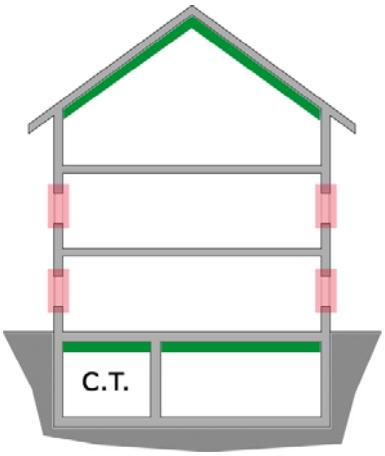
COSTO DELL'INTERVENTO:

837'655 Euro

5.3.3 La sostituzione dei serramenti, l'isolamento dei solai di copertura e della soletta verso l'interrato

Il terzo intervento, come si vede anche nei precedenti capitoli, va ad inglobare i primi due proposti. Si tratterà quindi di sostituire tutti i serramenti e andare ad isolare i solai di copertura e le solette verso l'interrato con pannelli in polistirene.

Il costo dell'intervento è stato ricavato dal Prezzario della Regione Piemonte; per le tabelle di riferimento, vedi i precedenti sottoparagrafi.



COSTO DELL'INTERVENTO:

1'061'315 Euro

CAPITOLO 6:

ANALISI COMPARATIVA

Concluse le analisi sullo stato di fatto di ogni edificio e sui possibili interventi da proporre per migliorarne il comportamento energetico, possiamo concentrarci su una valutazione comparativa dei risultati che abbiamo ottenuto.

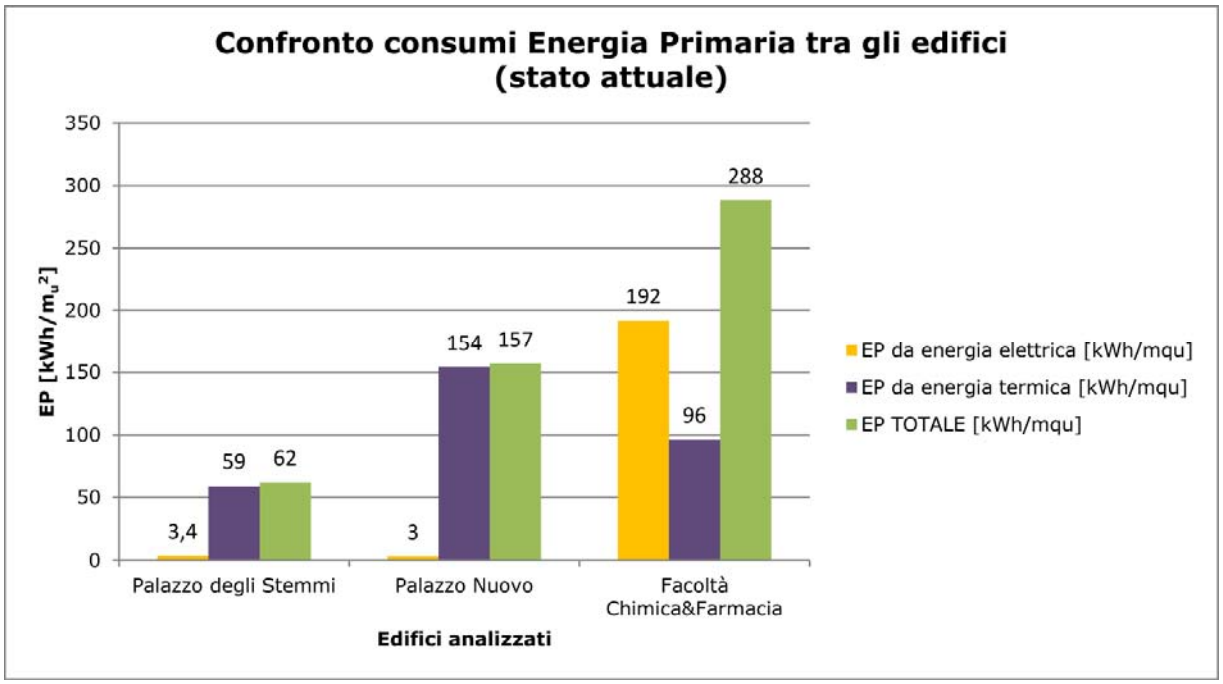


Grafico 1 _ Grafico per il confronto dei consumi di energia primaria tra i tre edifici (i kWh/m^2 sono riferiti all'anno).

Come si vede dal grafico qui sopra riportato, Palazzo degli Stemmi e Palazzo Nuovo risentono maggiormente dei consumi di energia termica da combustibile rispetto a quelli di energia elettrica. Sappiamo infatti che la loro situazione a livello di involucro è critica; per questo sono stati proposti degli interventi col fine di risolvere alcuni dei problemi emersi durante l'analisi. Per quanto riguarda invece la Facoltà di Chimica e Farmacia, è nettamente visibile quanto i consumi di energia elettrica siano quasi il doppio rispetto a quelli per il riscaldamento. In quest'ottica, oltre a provvedimenti a livello di involucro ed eventualmente impiantistico, sarà necessario trovare un metodo per controllare i consumi elettrici di questo edificio.

Andiamo di seguito a presentare le valutazioni conclusive derivanti dalle analisi svolte su ognuno dei tre edifici.

6.1 Palazzo degli Stemmi

Le proposte di intervento che sono state fatte per Palazzo degli Stemmi possono avere una rilevanza diversa a seconda che si considerino i costi d'intervento o il risparmio ottenuto. Anche in quest'ultimo caso, si può considerare il risparmio in termini di risparmio in bolletta, come anche di risparmio nei consumi di combustibile.

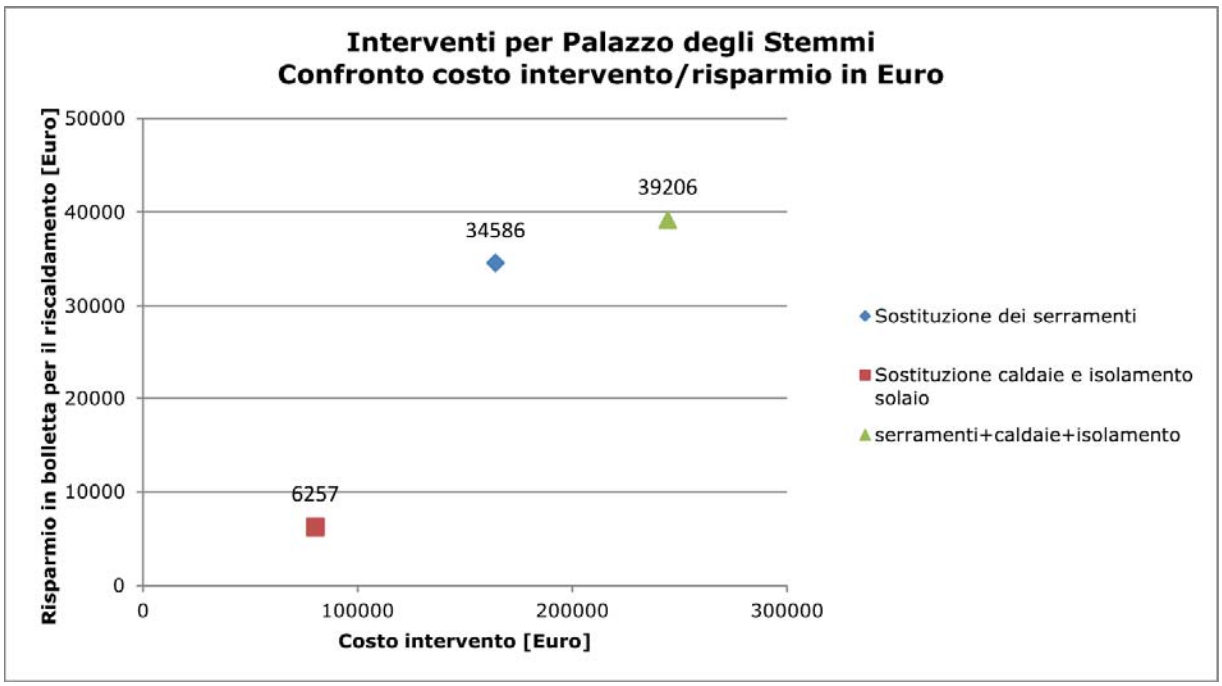


Grafico 2 _ Confronto degli interventi in Euro all'anno.

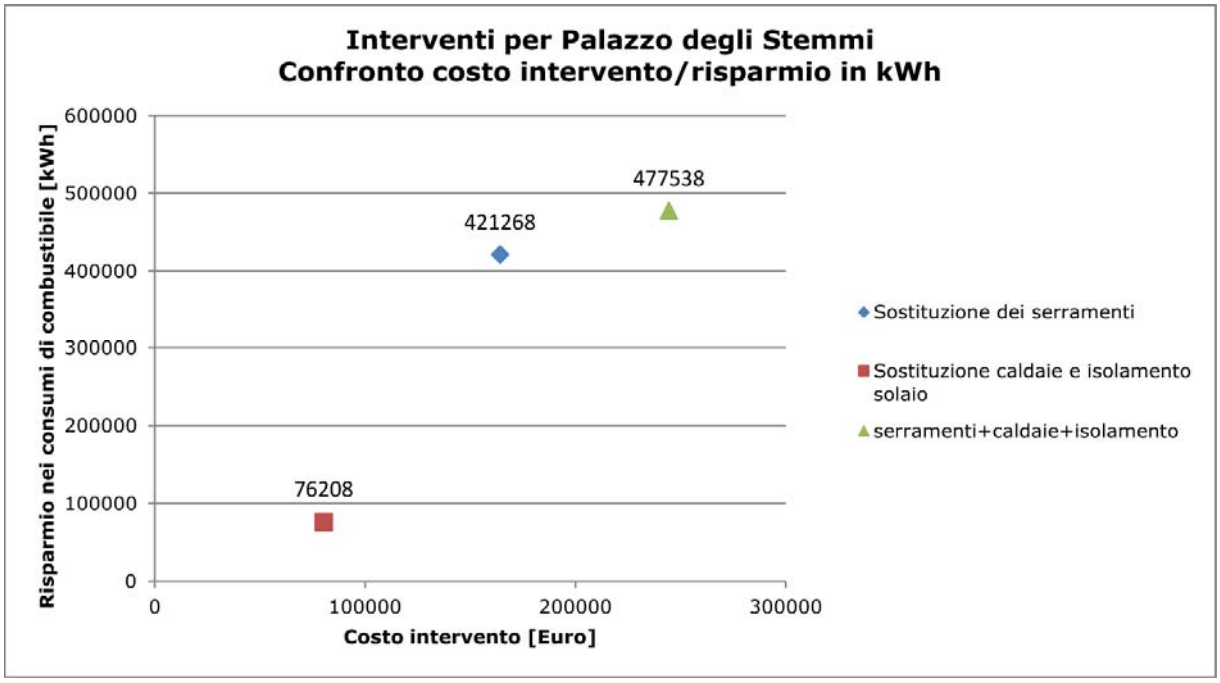


Grafico 3 _ Confronto degli interventi in kWh all'anno.

Come si vede dai grafici sopra riportati, si possono confrontare i costi per ogni intervento con il risparmio in bolletta (Euro) per il riscaldamento o con il risparmio di combustibile (kWh), ma le considerazioni rimangono a grandi linee le stesse. La sostituzione dei serramenti di Palazzo degli Stemmi, che ha un costo inferiore ai 200'000 Euro, porta ad un risparmio in termini di riscaldamento e di combustibile paragonabile a quello che si avrebbe con un intervento globale. Con intervento globale si intendono tutti gli interventi proposti assieme; in questo caso: sostituzione dei serramenti, sostituzione della caldaia e isolamento del solaio verso l'interrato. Se invece andiamo a considerare solamente un intervento di sostituzione delle caldaie (ricordando che le caldaie sono state sostituite negli ultimi anni[1]), con isolamento del solaio, a fronte di un prezzo dimezzato rispetto alla sola sostituzione dei serramenti, abbiamo invece un risparmio in termini di consumo di combustibile e in bolletta molto basso. In questo caso sarebbe quindi più adeguato considerare di sostituire solamente i serramenti, o in alternativa considerare di andare ad intervenire su tutti e tre gli ambiti.

[1] Nelle proposte di intervento di Palazzo degli Stemmi, la sostituzione della caldaia viene fatta nell'ottica di potenziarne l'efficacia, essendo le attuali in funzione già recenti.

6.2 Palazzo Nuovo

La situazione di Palazzo Nuovo si presenta leggermente diversa da quella di Palazzo degli Stemmi. Se nel caso precedente avevamo un struttura pesante in muratura piena, con una notevole inerzia termica, in questo caso troviamo una struttura leggera in acciaio e vetro, con livelli di isolamento molto bassi. I grafici qui di seguito riportati mostrano i risultati a cui hanno portato i diversi interventi apportati alla struttura.

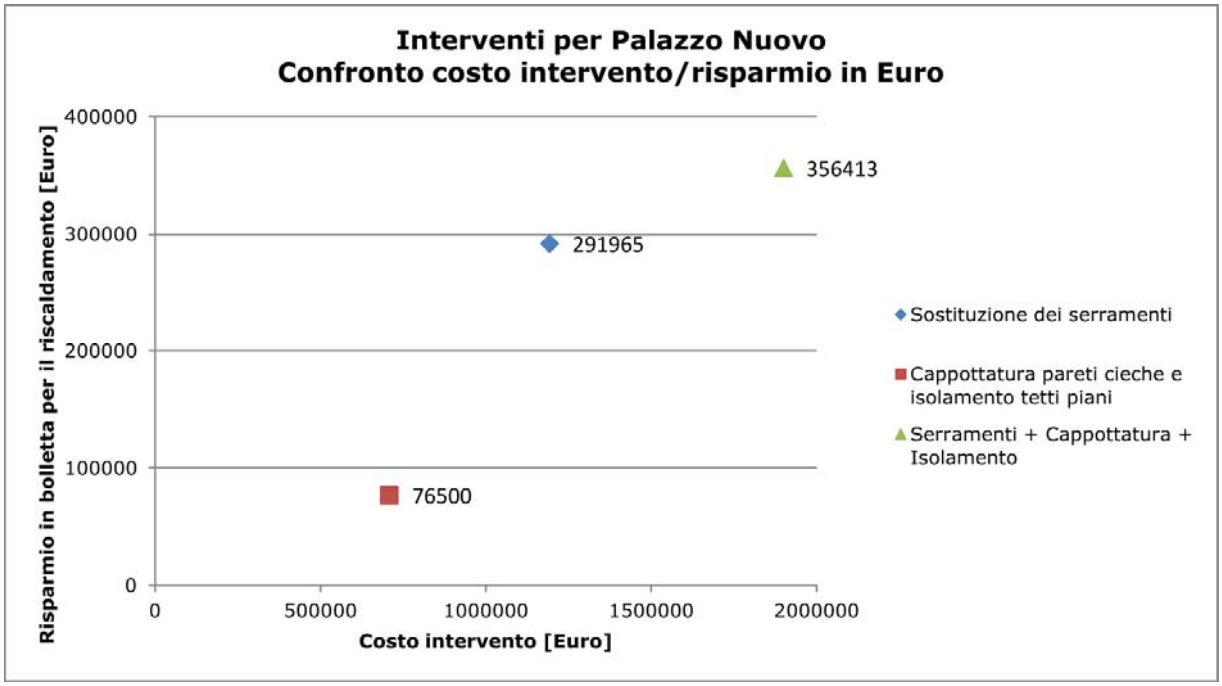


Grafico 4 _ Confronto degli interventi in Euro all'anno.

Anche in questo caso notiamo come la sostituzione dei serramenti risulti l'intervento che da solo garantisce un miglioramento maggiore del comportamento energetico dell'edificio. Trattandosi, come abbiamo già accennato prima, di un edificio con bassissima inerzia termica, l'isolamento delle pareti cieche e dei tetti va a risolvere solo parzialmente la situazione attuale. Considerando che nell'intervento che accorpa la sostituzione dei serramenti e l'isolamento termico, il prezzo dell'intervento va quasi a raddoppiare rispetto alla sola sostituzione dei serramenti, su Palazzo Nuovo si può pensare in prima ipotesi di intervenire sugli infissi. In un secondo tempo, l'attenzione potrebbe spostarsi su un isolamento termico di tutte le zone critiche dell'edificio. Da sottolineare il fatto che l'Università degli Studi si è già attivata in questo senso,

prevedendo delle modifiche all'involucro edilizio e agli impianti (è già in funzione un impianto di trigenerazione che copre i fabbisogni per il riscaldamento e il raffrescamento).

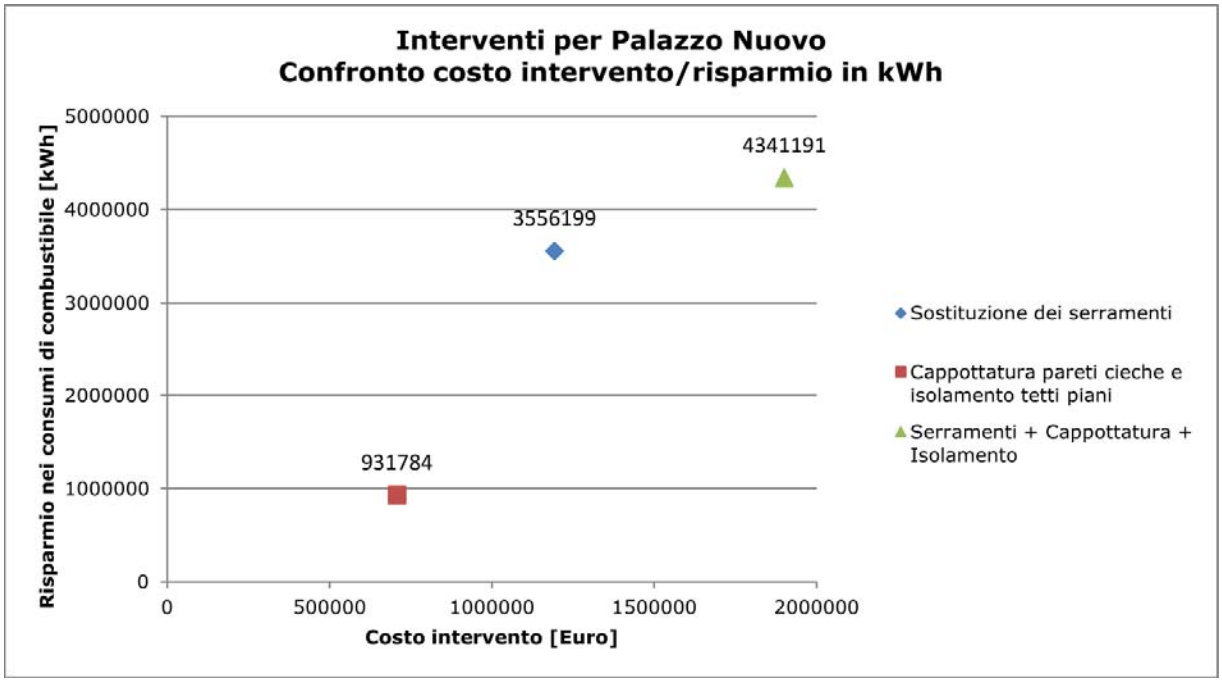


Grafico 5 _ Confronto degli interventi in kWh all'anno.

Sebbene l'involucro di Palazzo Nuovo rappresenti una delle criticità più grandi di questo edificio, sono state prese in considerazione anche tipologie di intervento più mirate (ma non approfondite in questa tesi). Ad esempio: una bussola d'ingresso sull'ingresso principale di Via Sant'Ottavio; oppure il ribassamento di alcuni soffitti per diminuire la volumetria riscaldata delle aule.

6.2.1 La sostituzione dei serramenti: confronto tra Palazzo degli Stemmi e Palazzo Nuovo

Nei grafici di seguito riportati sono stati paragonati i risparmi in bolletta per il riscaldamento (misurati in Euro al metro quadro climatizzato) e il risparmio in Energia Primaria (misurato in chilowattora al metro quadro climatizzato), con i costi relativi alla sostituzione dei serramenti per Palazzo Nuovo e Palazzo degli Stemmi. Come ulteriore dato di paragone, è stato indicato il Tempo di Ritorno dell'Investimento (TRI).

E' subito evidente che, a fronte di un raddoppio sia del prezzo sia dei risparmi ottenuti, abbiamo dei TRI sostanzialmente simili. Palazzo Nuovo, pur avendo costi maggiori rispetto a Palazzo degli Stemmi, ha anche risparmi maggiori. Essendo il suo tempo di ritorno dell'investimento addirittura inferiore a quello dell'altro edificio, ciò implica che per Palazzo Nuovo la sola sostituzione degli infissi andrebbe a migliorare di molto una situazione alquanto critica dell'involucro edilizio attuale.

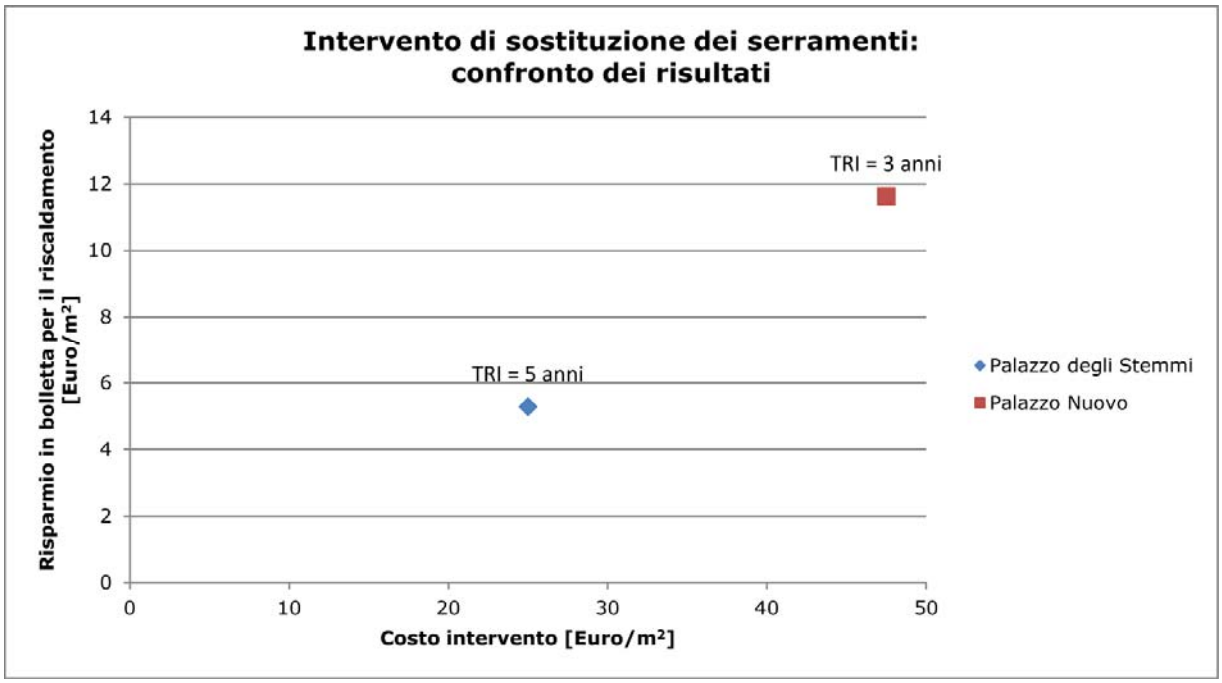


Grafico 6 _ Confronto dei risultati per la sostituzione dei serramenti (in Euro/m^2 all'anno).

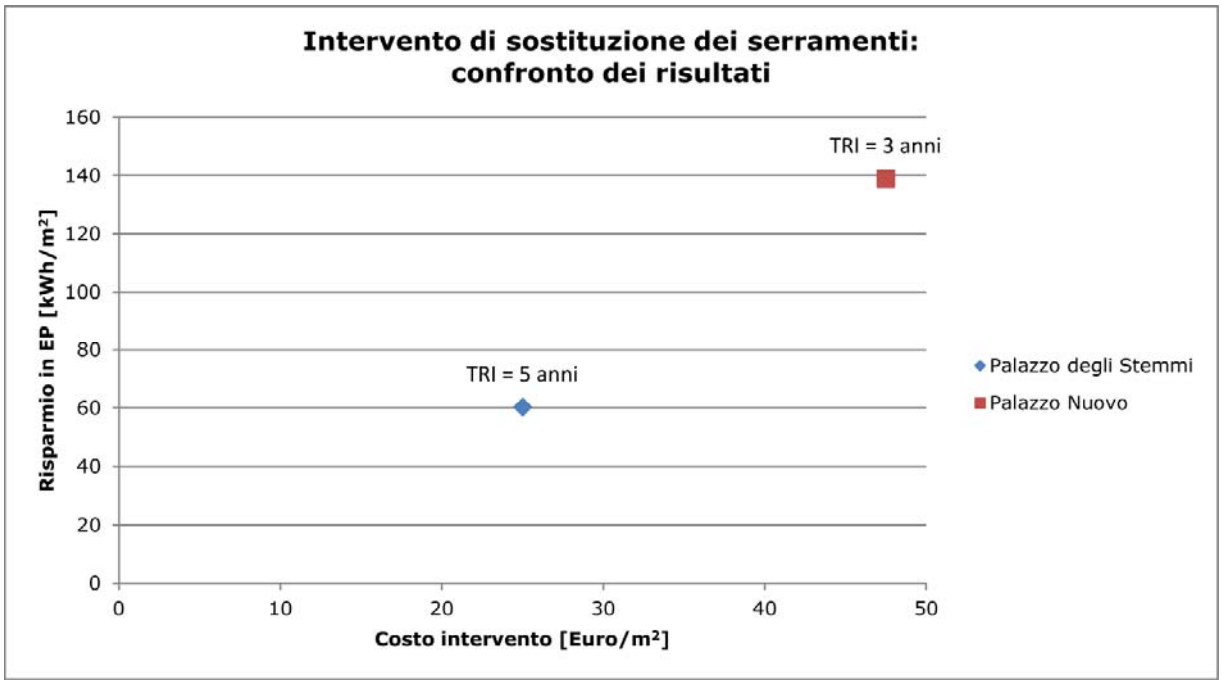


Grafico 7 _ Confronto dei risultati per la sostituzione dei serramenti (in kWh/m^2 all'anno).

6.3 Facoltà di Chimica e Farmacia

La tipologia di analisi che è stata portata avanti per l'edificio delle Facoltà di Chimica e Farmacia, più "superficiale" rispetto agli altri due edifici e "comparativa" con Palazzo degli Stemmi, ha comunque portato alla luce degli argomenti interessanti. Al di là del discorso sulla comparazione dei prezzi degli interventi con i miglioramenti che ne conseguono, l'attenzione in questo caso deve soffermarsi su altri punti. Dobbiamo considerare che si tratta di facoltà che necessitano di attrezzature particolari e ambienti con determinate caratteristiche termiche.

Ciò che ci ha permesso di accomunare Palazzo degli Stemmi a questo edificio è soprattutto la tipologia di costruzione: d'epoca e quindi con pareti dotate di una certa inerzia termica. Anche in questo caso quindi hanno pesato molto sulla scelta dei possibili interventi le limitazioni derivanti dai vincoli storico-architettonici. A livello di involucro è quindi risultato immediato pensare ad interventi come, appunto, la sostituzione degli infissi esterni datati e l'isolamento dei solai più critici. E' importante però prendere in considerazione interventi legati alle destinazioni d'uso interne all'edificio. Parlando per

esempio dei laboratori di analisi o di chimica, sarebbe opportuno creare delle compartimentazioni che isolino meglio ognuno di questi ambienti dagli altri adiacenti. Inoltre, predisponendo un sistema di monitoraggio dei consumi elettrici per ogni laboratorio, o comunque per gli ambienti con macchinari particolari, si potrebbero evitare sprechi inutili di energia elettrica e un conseguente risparmio.

CAPITOLO 7:

CONCLUSIONI

Questa tesi è partita da un lavoro precedente[1], che aveva come oggetto la diagnosi energetica di edifici esistenti. Si voleva creare un supporto tecnico per la definizione di un catasto energetico del patrimonio edilizio dell'Università degli Studi di Torino. Concetto che dovrebbe poi essere allargato anche ad altri enti, o in generale, ad altri ambiti del settore edilizio. In questo precedente lavoro furono analizzate ventuno strutture edilizie universitarie, tra scuole/università ed uffici, e i rilievi e le misure si basarono principalmente su dati telematici e bollette. La diagnosi di primo livello avrebbe portato all'elaborazione di dati dimensionali ed energetici; questi sarebbero poi stati inseriti in schede, ognuna delle quali riportava 3 tipologie di analisi: energetica, economica e ambientale. Le schede di tutti gli edifici dell'Unito andavano a creare il catasto energetico. A questo punto risultava più facile individuare le sedi più critiche; per queste sarebbero poi stati predisposti dei piani di monitoraggio dettagliato (un'analisi di secondo livello), che avrebbero portato alla definizione di interventi di riqualificazione.

Il lavoro esposto in questa tesi vuole occuparsi proprio di questa analisi di secondo livello. Sono stati scelti tre edifici, in media tra i peggiori a livello di comportamento energetico tra i ventuno analizzati nell'altra tesi: Palazzo degli Stemmi, Palazzo Nuovo e la sede delle Facoltà di Chimica e Farmacia. A seguito di sopralluoghi sono state individuate le criticità principali e gli interventi più urgenti da svolgere. È seguita un'analisi dei fabbisogni di energia dello stato attuale, dei consumi elettrici e di combustibile, e il calcolo dell'energia primaria. Questo procedimento è poi stato ripetuto

[1] Tesi di Manuela Rosso, dal titolo "Verso il piano regolatore energetico degli edifici dell'Università di Torino".

a seguito dell'attuazione degli interventi proposti; il fine era poter confrontare quanto questi interventi fossero efficaci o meno, nell'ottica di un risparmio energetico.

Alcuni risultati erano abbastanza scontati; come il fatto che Palazzo Nuovo, tra i tre edifici analizzati, è quello che disperde di più a livello di riscaldamento. Tra i due interventi proposti, sostituzione dei serramenti e l'isolamento di alcune parti dell'edificio, è indubbiamente il primo a portare i vantaggi maggiori. Sarebbe però consigliabile considerare di isolare adeguatamente anche tutte le parti opache esterne dell'edificio, e non solamente quelle considerate in questo lavoro; così si otterrebbe un risultato migliore a livello di risparmio.

Palazzo degli Stemmi e le Facoltà di Chimica e Farmacia (in parte) hanno dalla loro il fatto di essere costruiti con spessi muri esterni in muratura. Ma per il primo la sostituzione degli infissi è necessario, non essendo possibile intervenire diversamente sull'involucro per i vincoli storico-artistici delle facciate. Per il secondo, oltre ai serramenti, sarebbe necessario pensare ad un rinnovamento degli impianti (in particolare le UTA e i condotti di distribuzione dell'aria) e ad una riorganizzazione degli spazi interni, oltre ad un controllo dei consumi elettrici molto alti.

ALLEGATO A

Palazzo degli Stemmi:

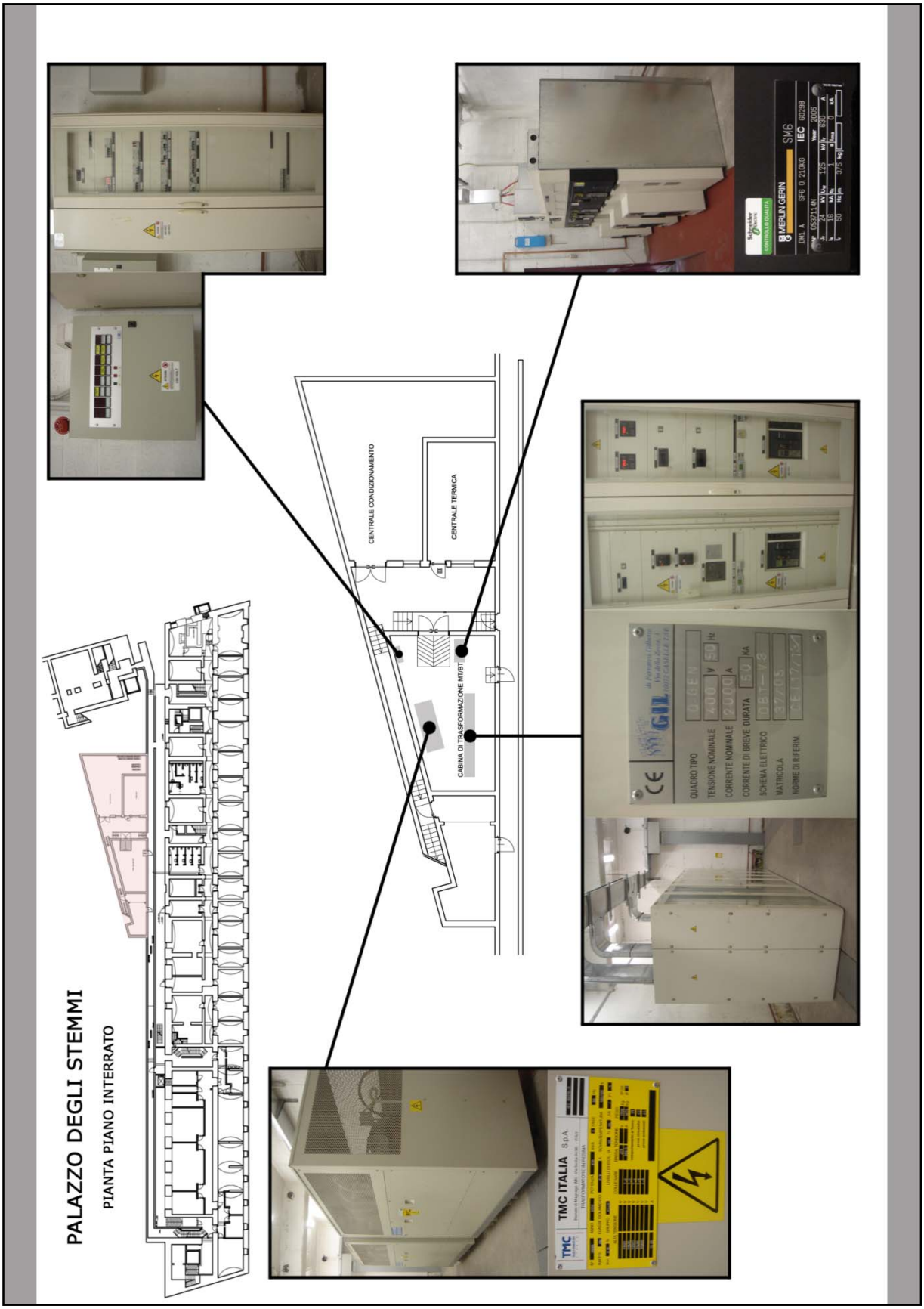
SCHEDE IMPIANTI «

SCHEDE ZONE TERMICHE «

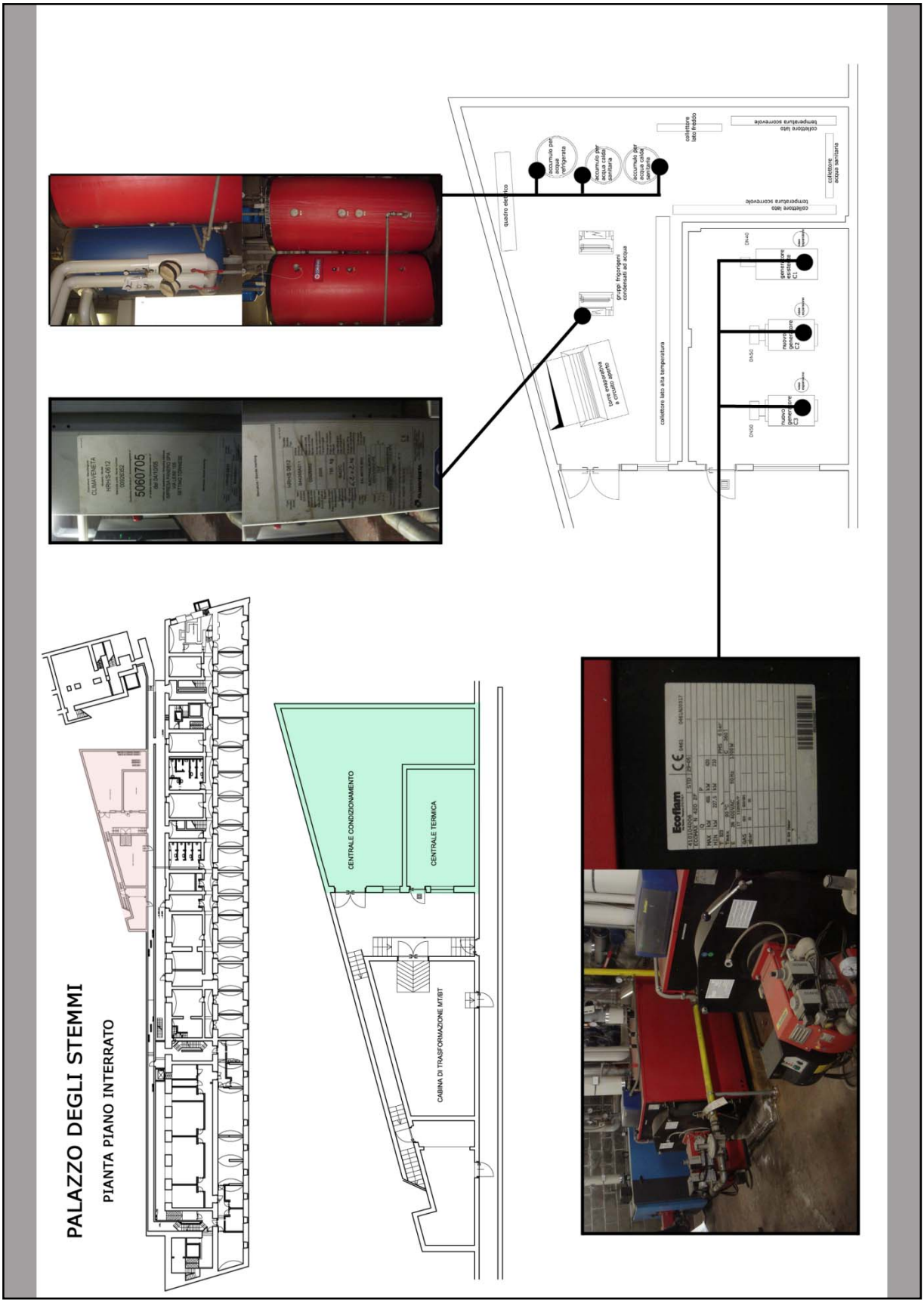
SCHEDA STATO ATTUALE FABBISOGNI-CONSUMI-COSTI «

SCHEDA INTERVENTI «

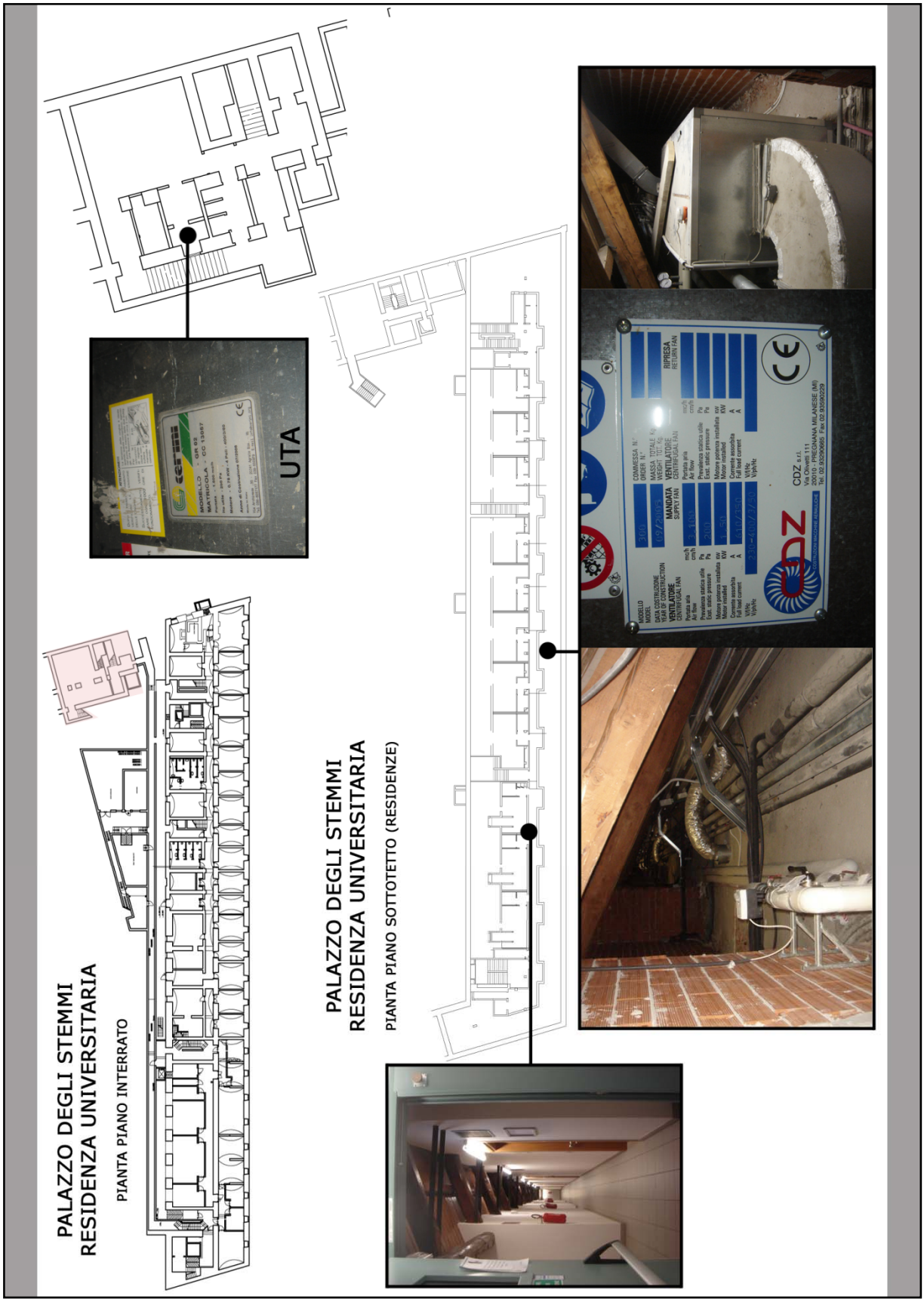
SCHEDE IMPIANTI



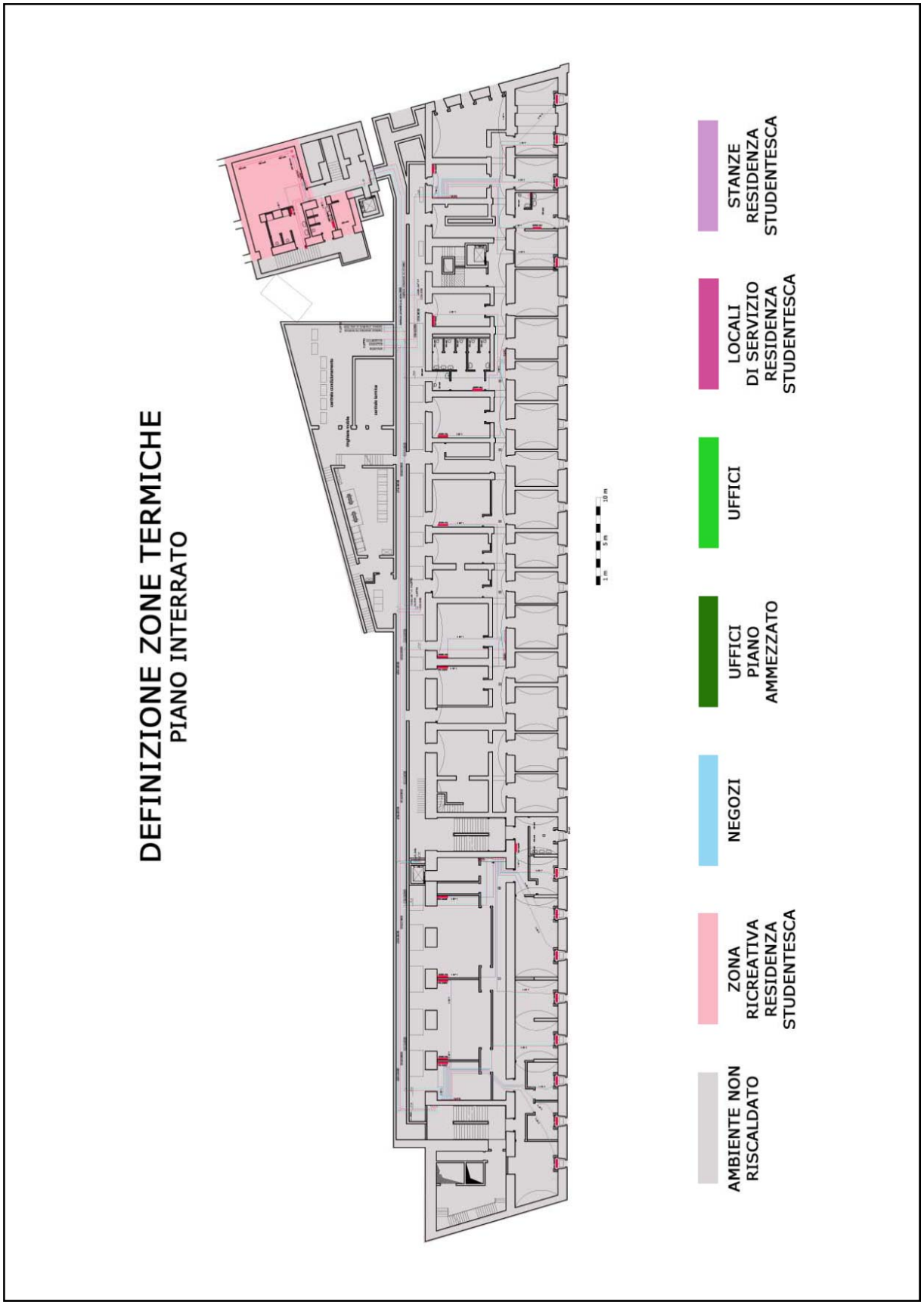
SCHEDE IMPIANTI



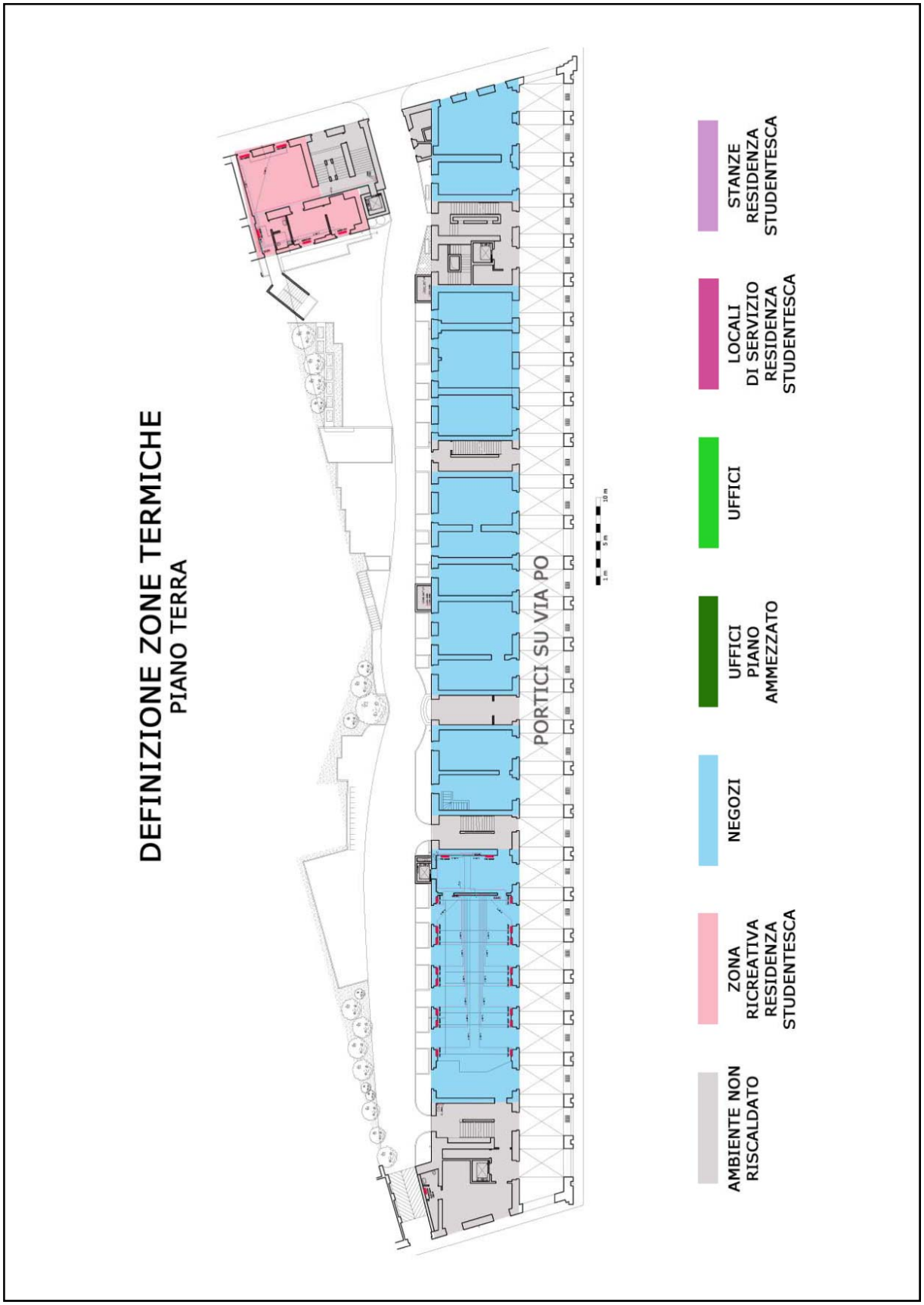
SCHEDE IMPIANTI



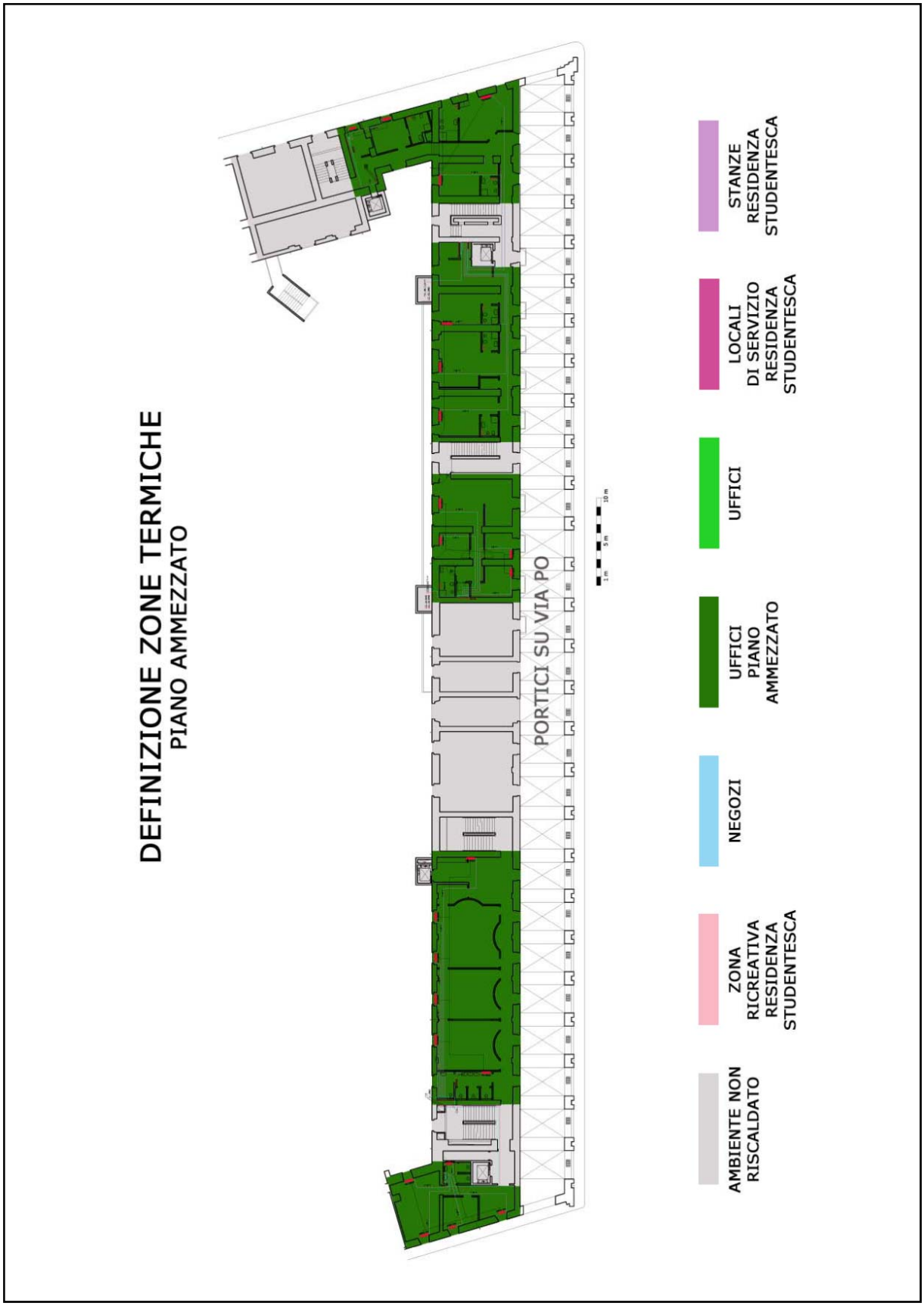
SCHEDE ZONE TERMICHE



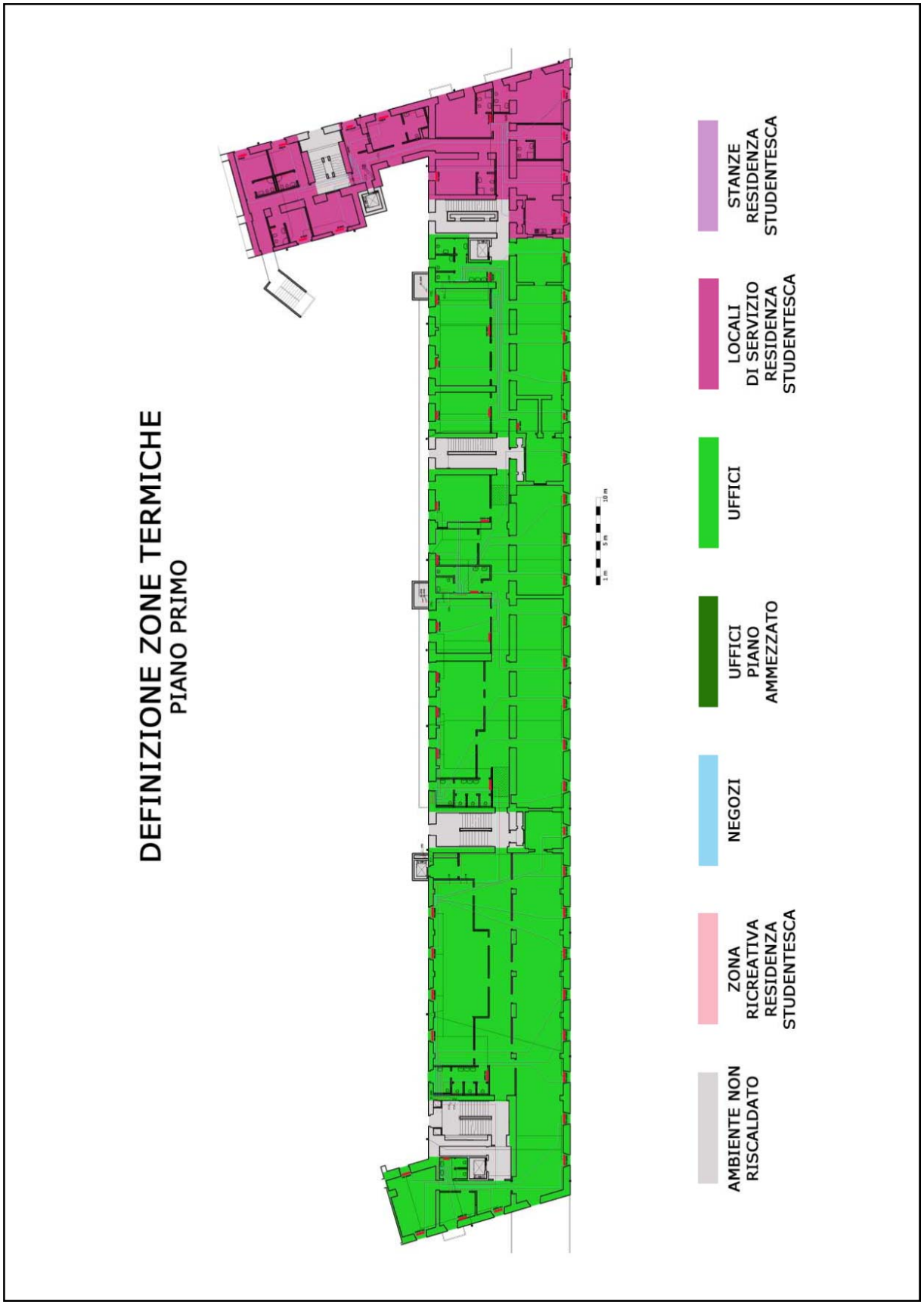
SCHEDE ZONE TERMICHE



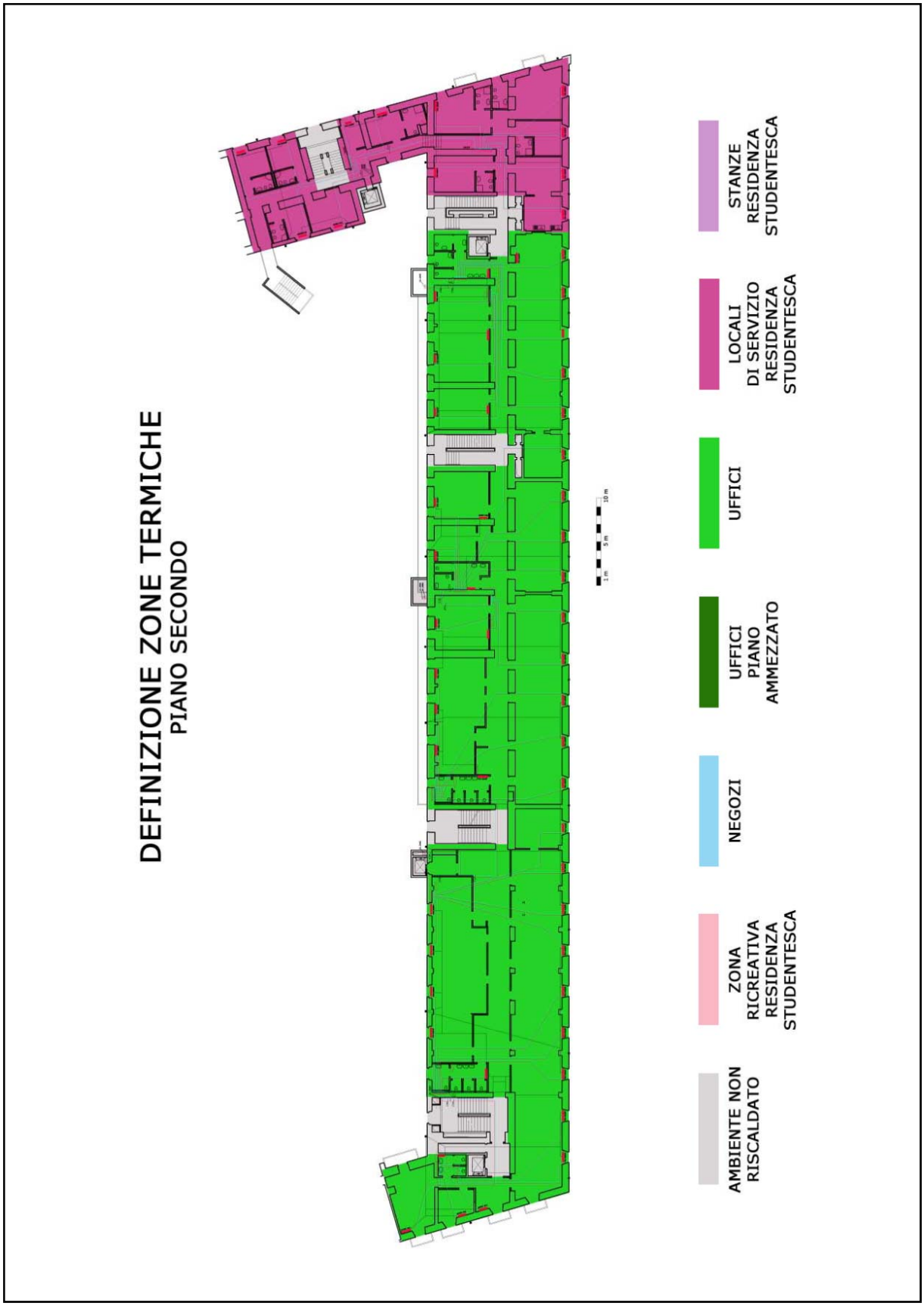
SCHEDE ZONE TERMICHE



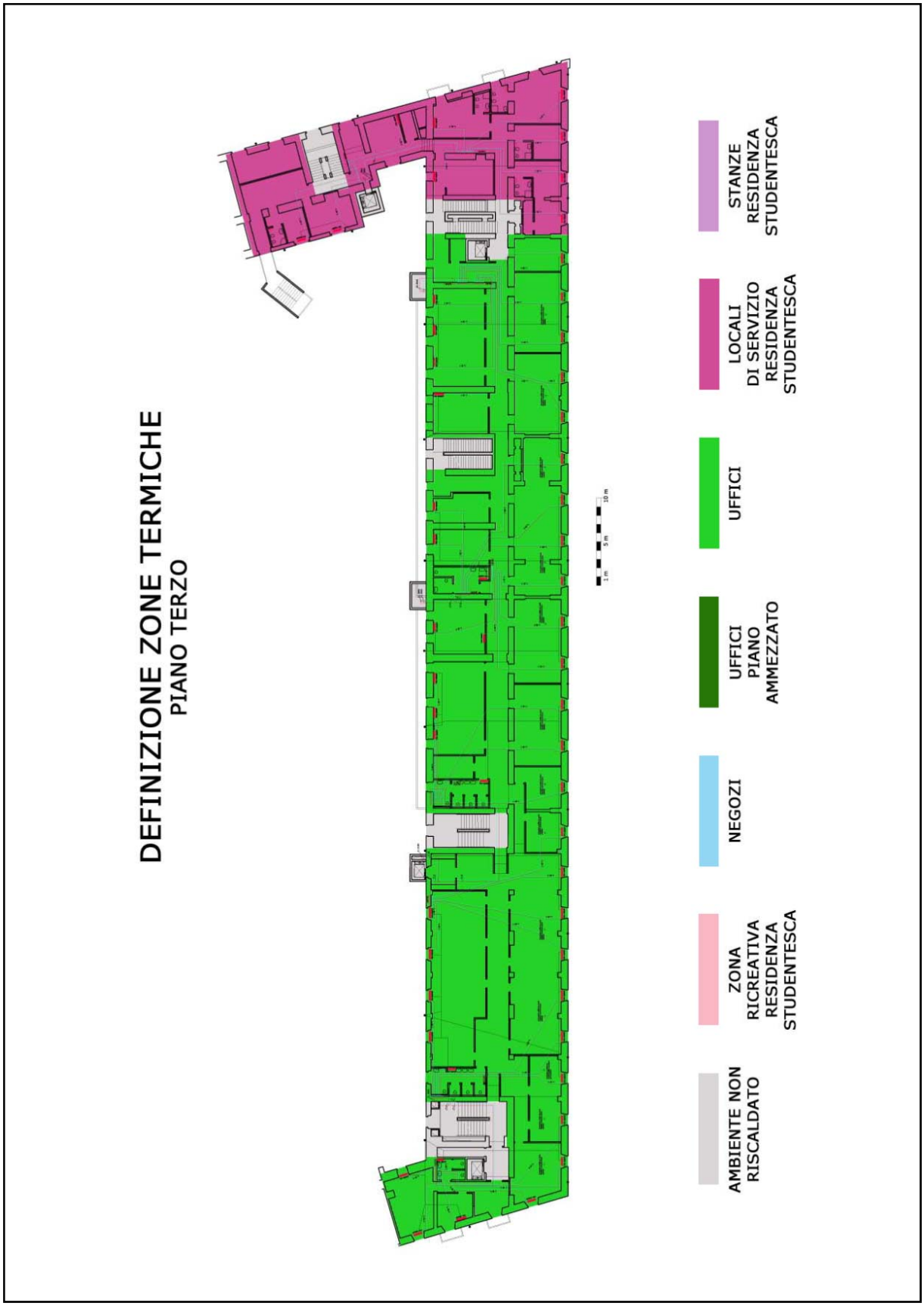
SCHEDE ZONE TERMICHE



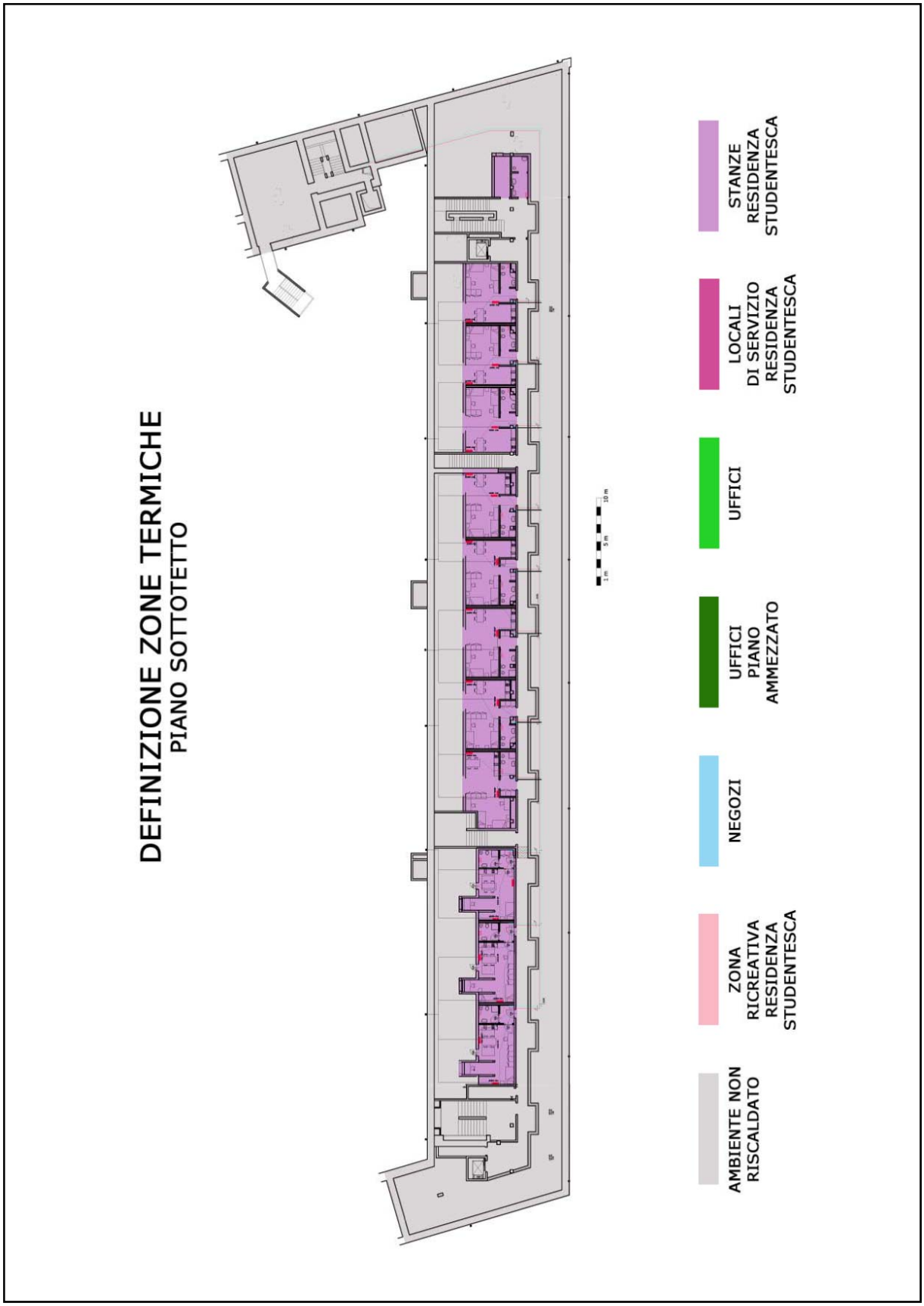
SCHEDE ZONE TERMICHE



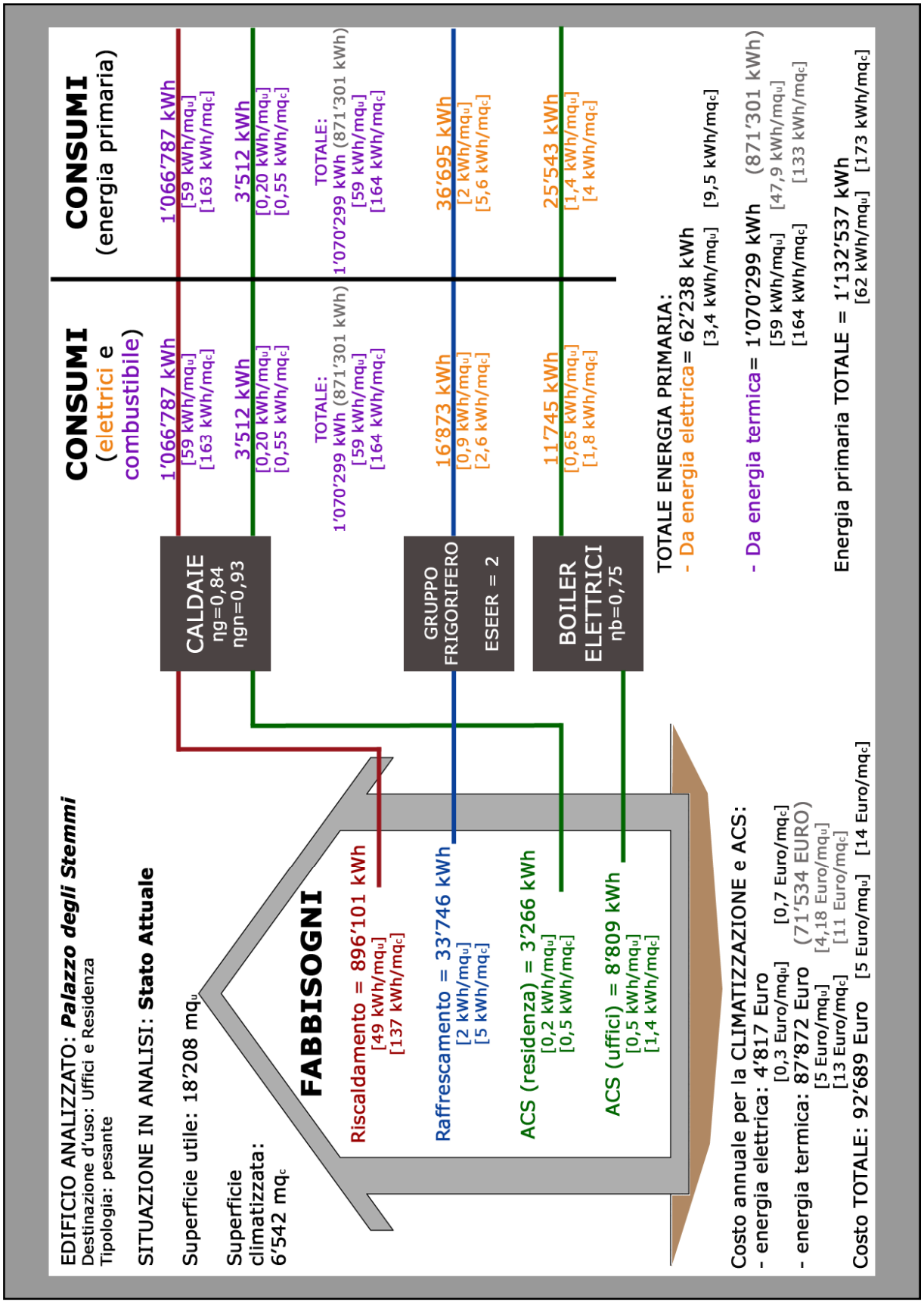
SCHEDE ZONE TERMICHE



SCHEDE ZONE TERMICHE



STATO ATTUALE: FABBISOGNI, CONSUMI E COSTI



(Le scritte in grigio rappresentano i valori da bolletta presi dalla tesi di Manuela Rosso)

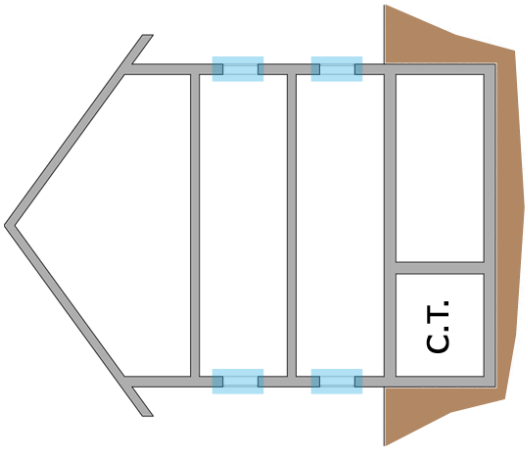
INTERVENTI

EDIFICIO ANALIZZATO: ***Palazzo degli Stemmi***
Destinazione d'uso: Uffici e Residenza
Tipologia: pesante
SITUAZIONE IN ANALISI: **Interventi**

Superficie utile: 18'208 mq_u

Superficie climatizzata: 6'542 mq_c

INTERVENTO 1:
sostituzione serramenti

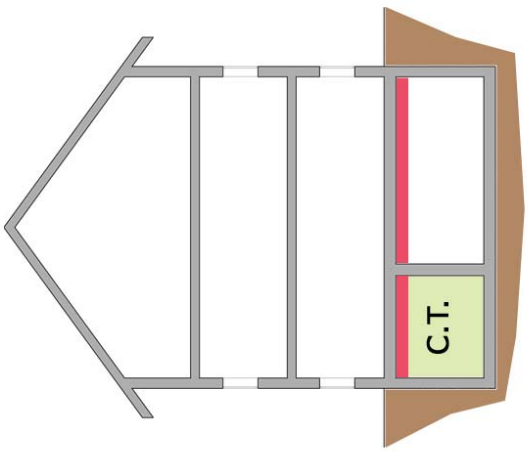


COSTO INTERVENTO:
164'148 EURO
[9 Euro/mq_u]
[25 Euro/mq_c]

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RISCALDAMENTO:
34'586 Euro

TRI: 5 anni

INTERVENTO 2:
sostituzione caldaie + isolamento soletta verso interrato

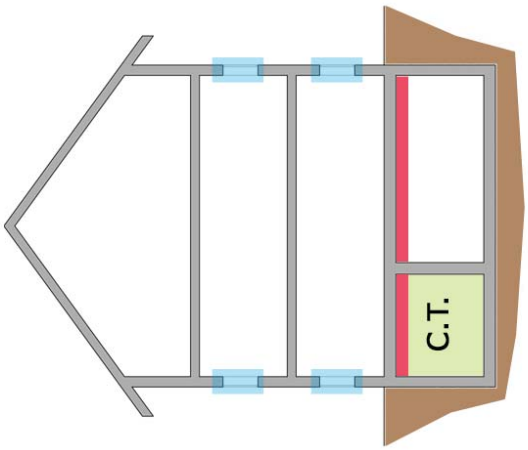


COSTO INTERVENTO:
80'258 EURO
[4,4 Euro/mq_u]
[12,3 Euro/mq_c]

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RISCALDAMENTO:
6'257 Euro

TRI: 13 anni

INTERVENTO 3:
sostituzione serramenti + caldaie + isolamento soletta verso interrato



COSTO INTERVENTO:
244'406 EURO
[13 Euro/mq_u]
[37,4 Euro/mq_c]

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RISCALDAMENTO:
39'206 Euro

TRI: minore di 7 anni

ALLEGATO B

Palazzo Nuovo:

SCHEDE IMPIANTI «

SCHEDE ZONE TERMICHE «

SCHEDA STATO ATTUALE FABBISOGNI-CONSUMI-COSTI «

SCHEDA INTERVENTI «

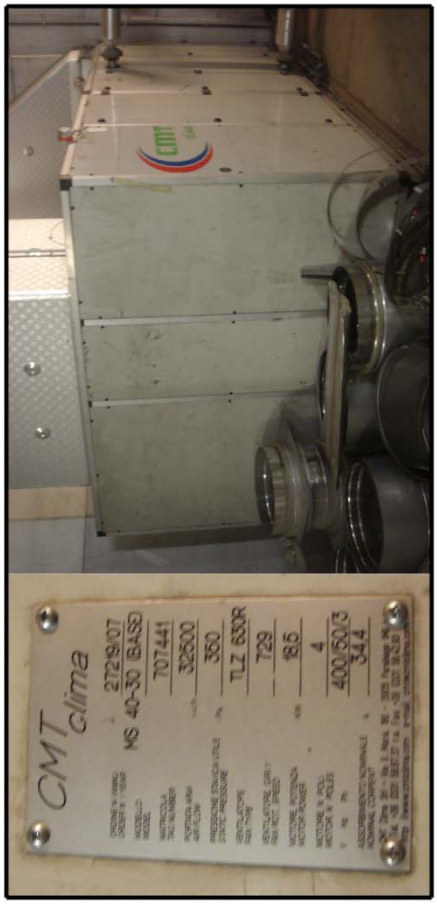
SCHEDE IMPIANTI

SCHEDE IMPIANTI

PALAZZO NUOVO

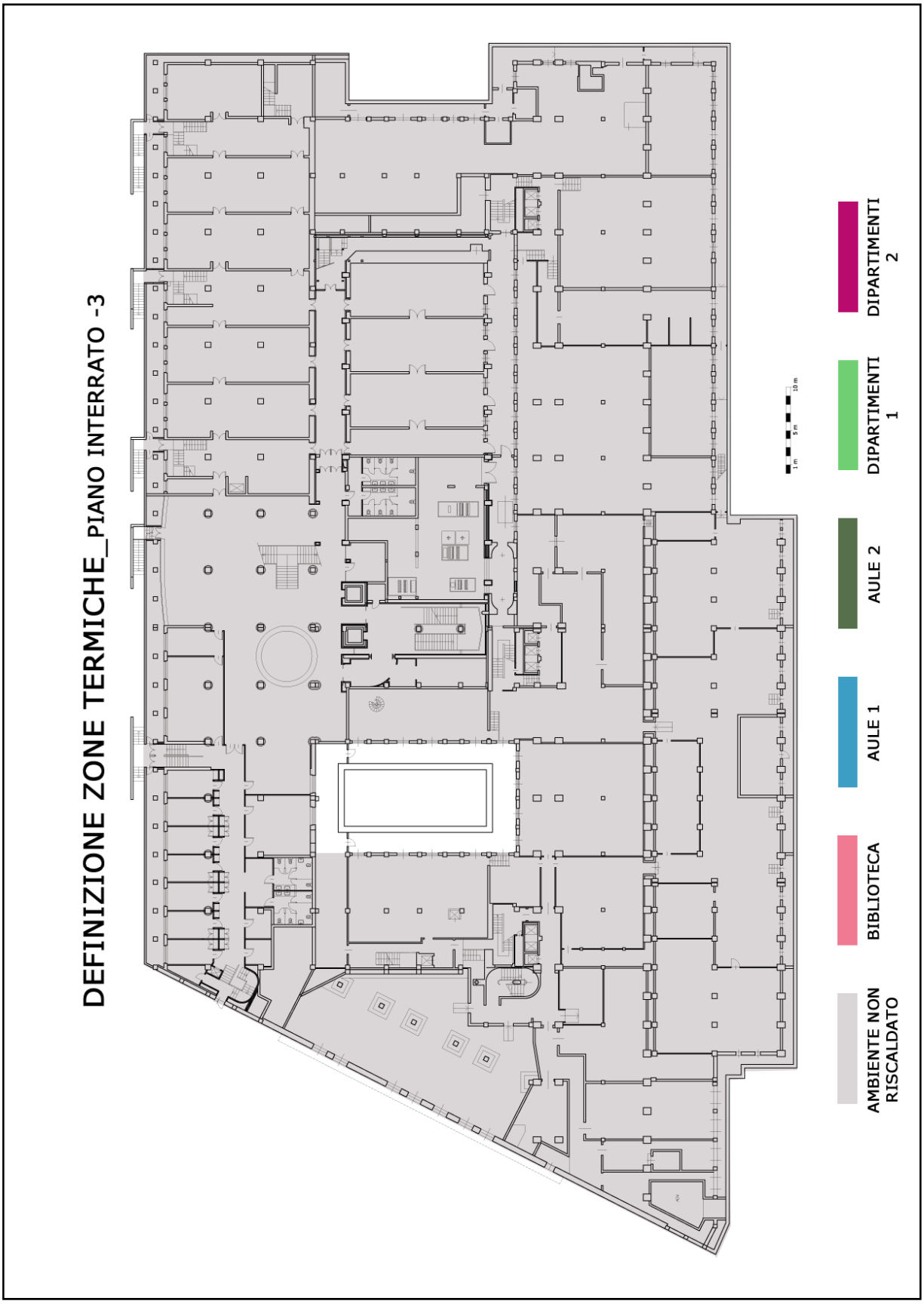
ASSORBITORE AD ACQUA CALDA A SINGOLO STADIO

FOTO IMPIANTO UTA

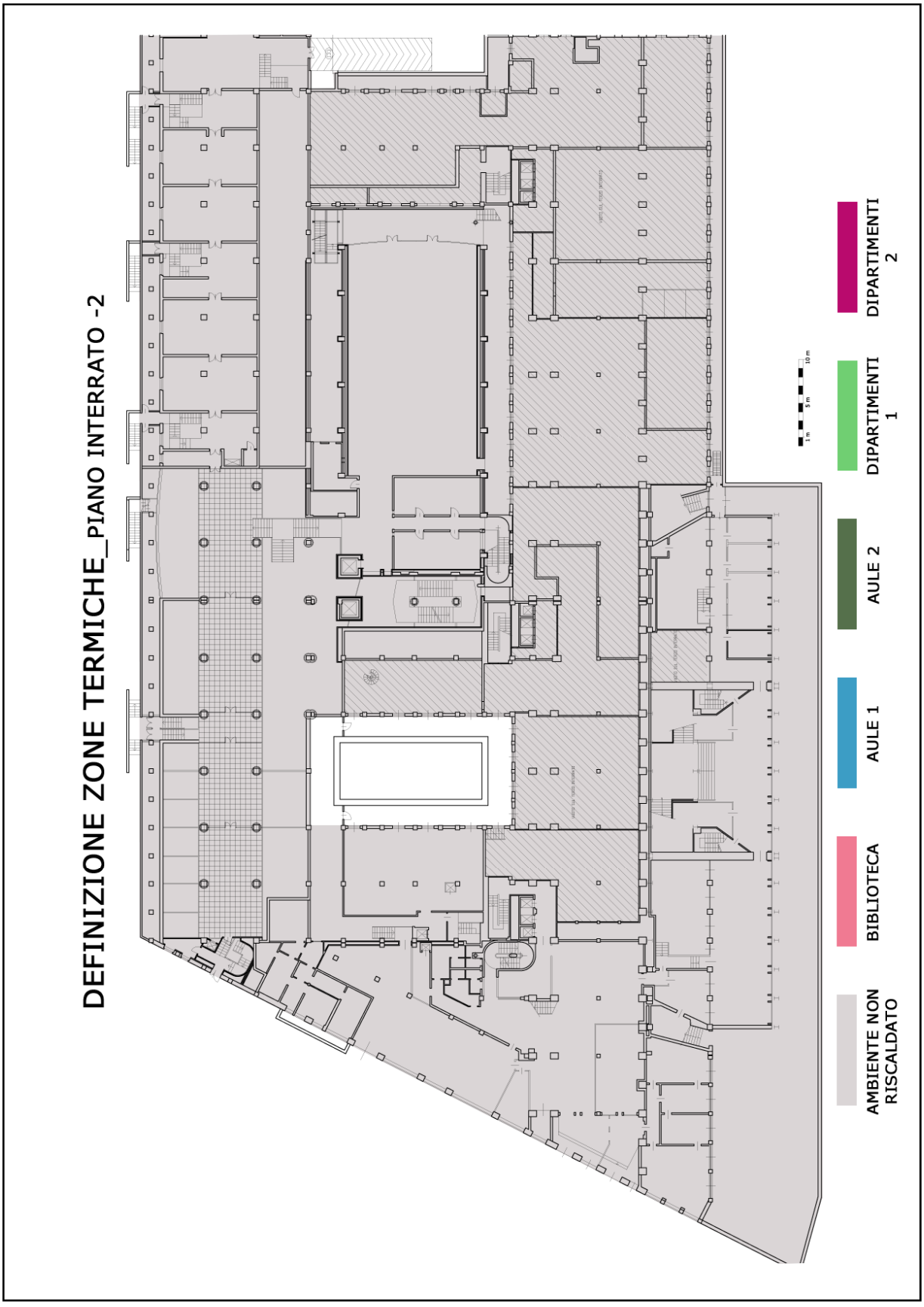


ESEMPI IMPIANTO UTA

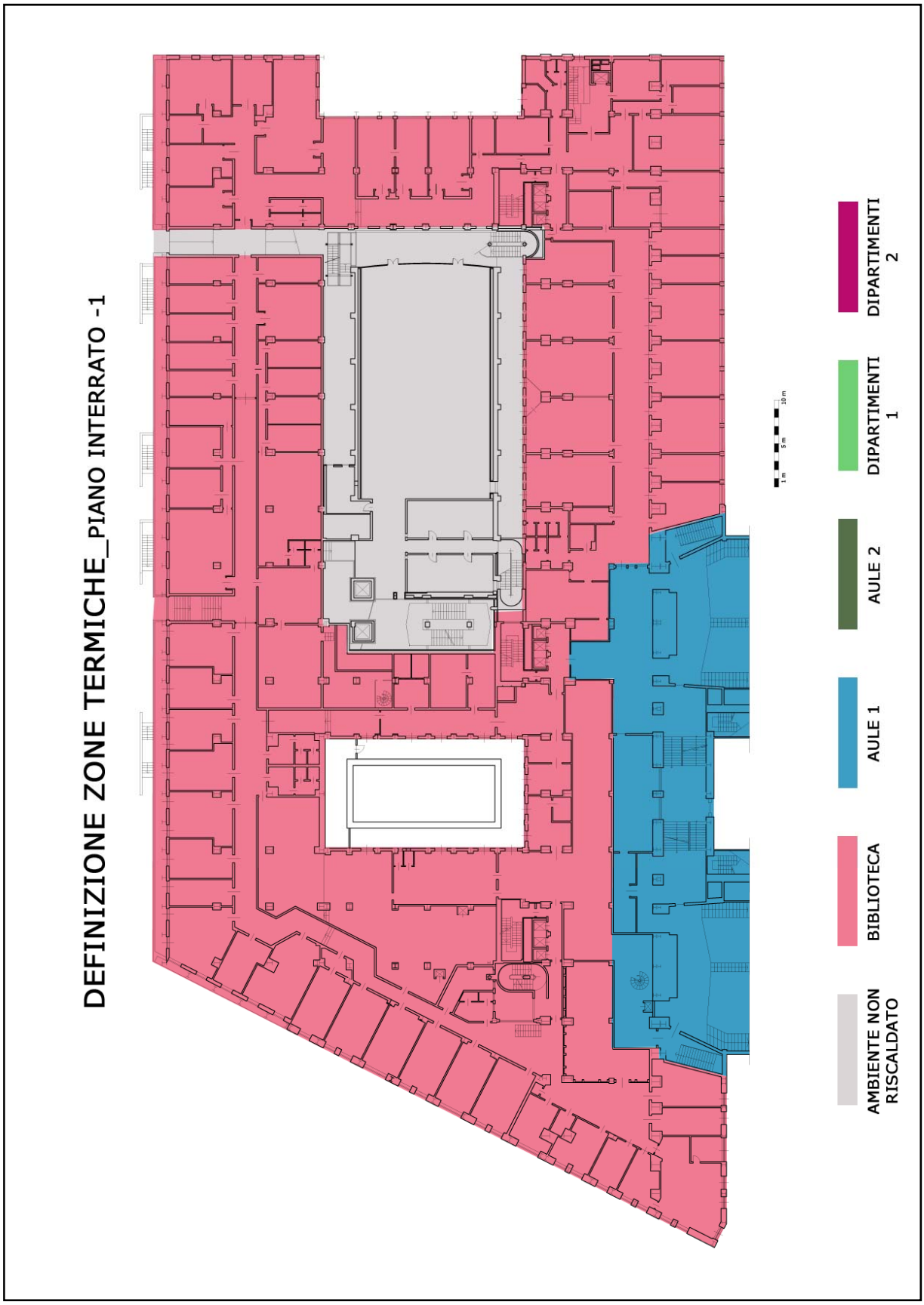
SCHEDE ZONE TERMICHE



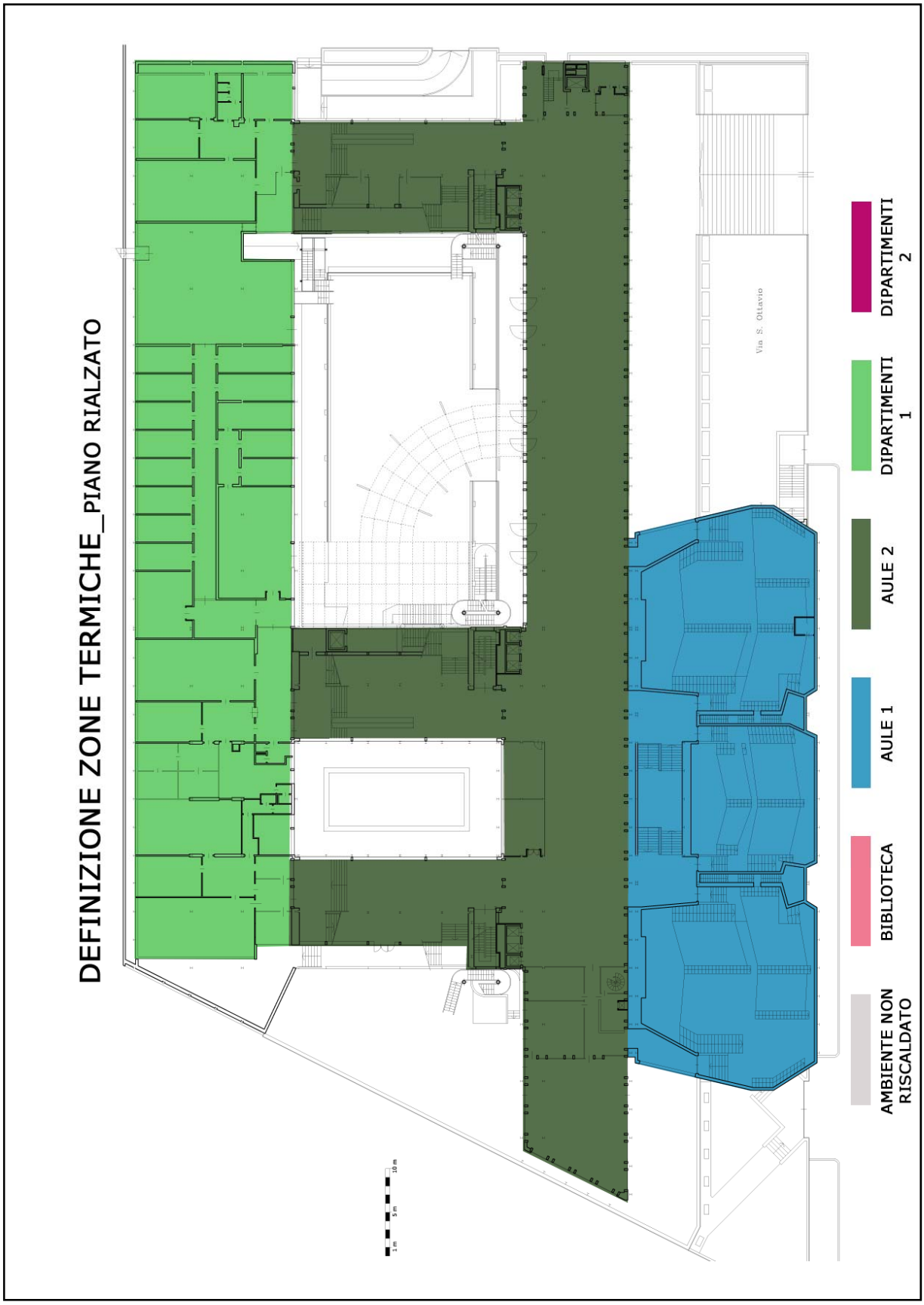
SCHEDE ZONE TERMICHE



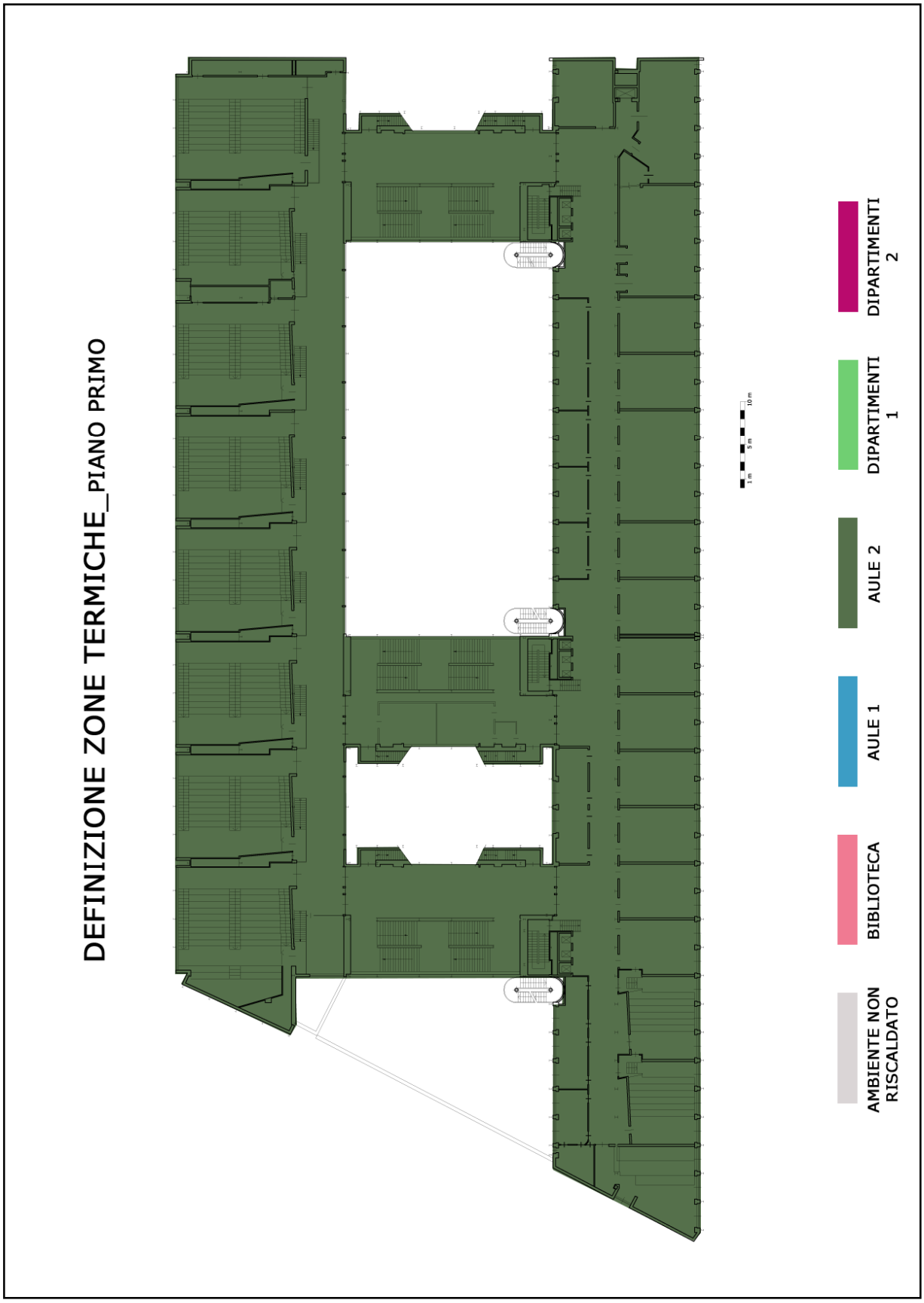
SCHEDE ZONE TERMICHE



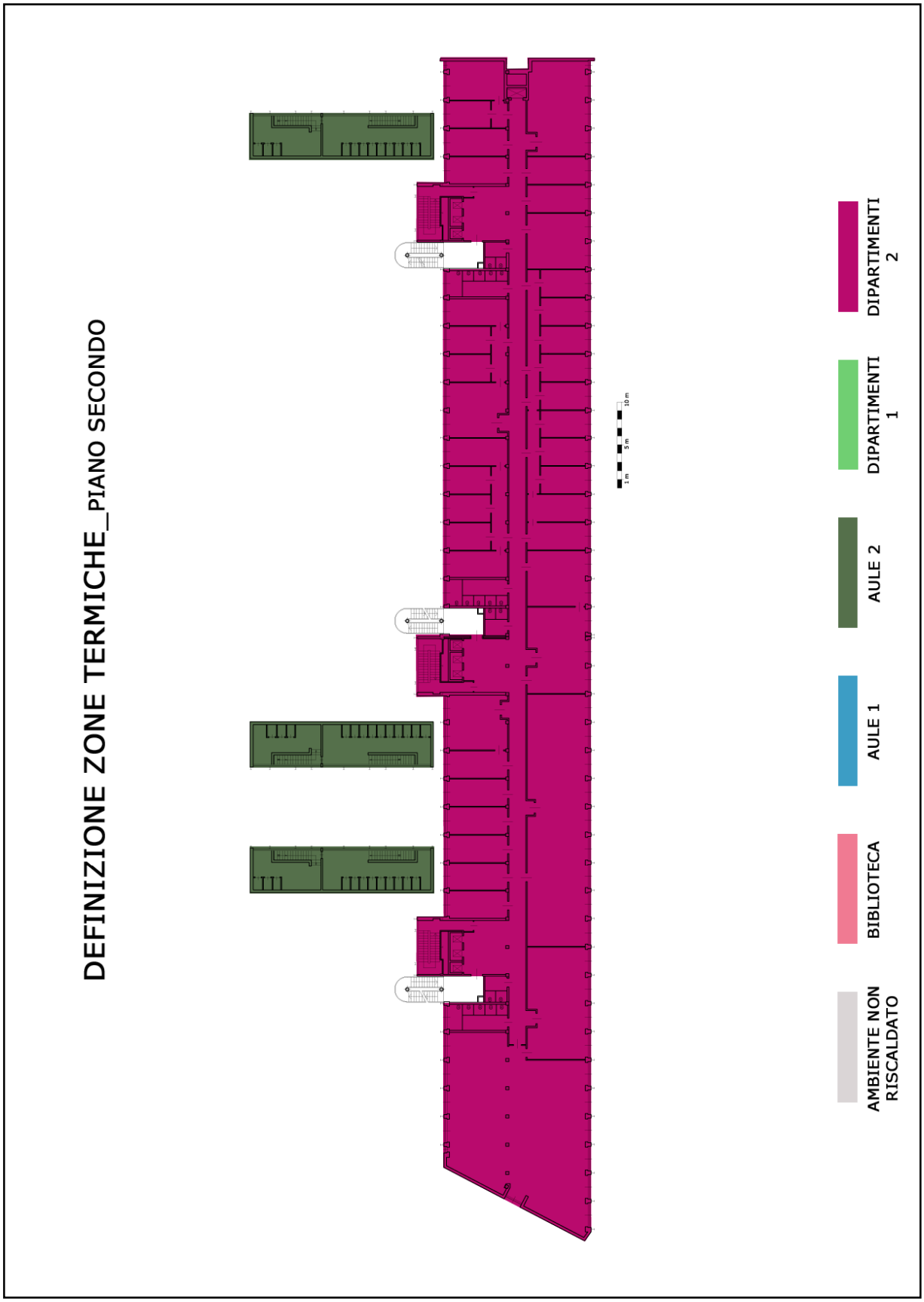
SCHEDE ZONE TERMICHE



SCHEDE ZONE TERMICHE



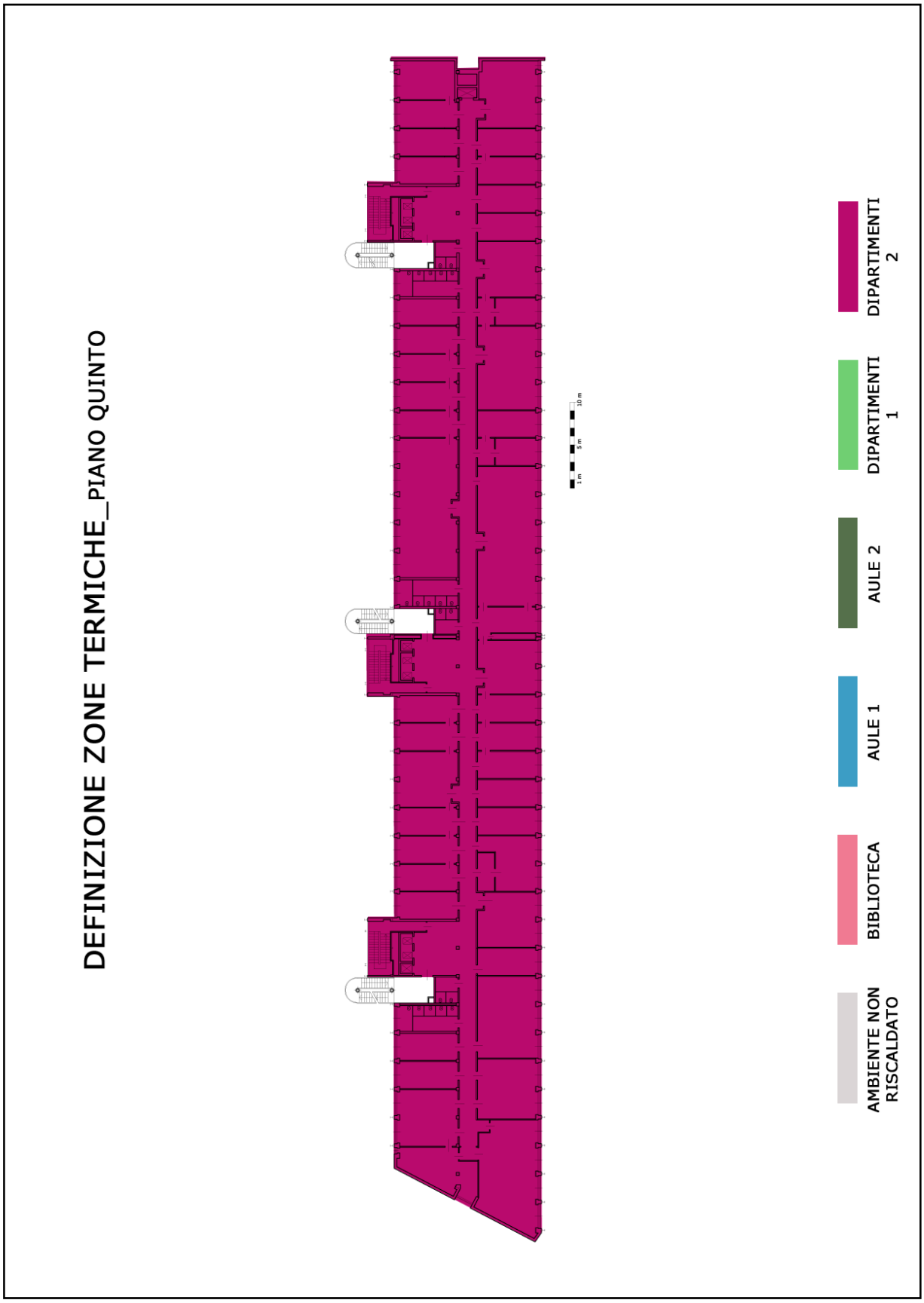
SCHEDE ZONE TERMICHE



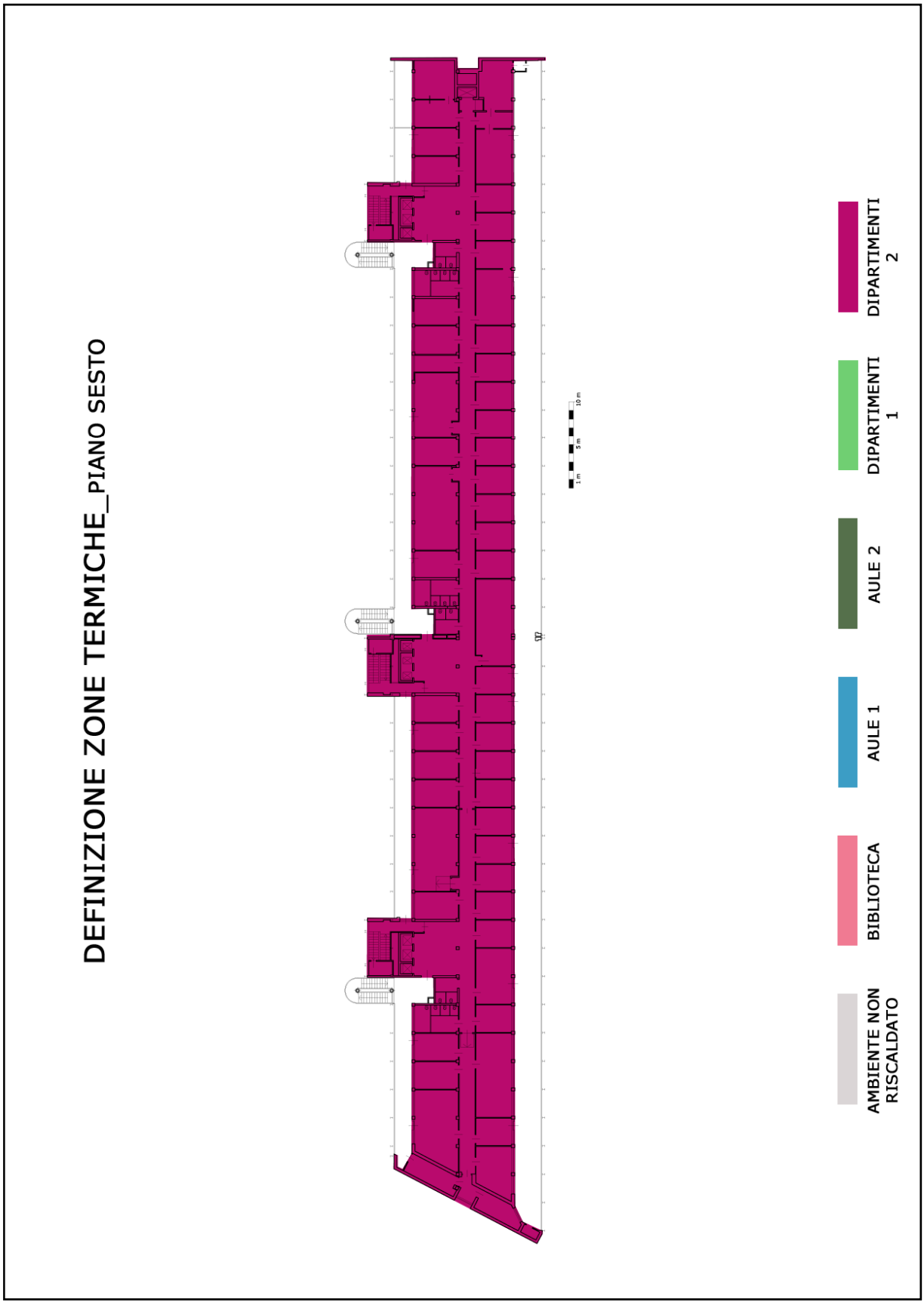
SCHEDE ZONE TERMICHE

SCHEDE ZONE TERMICHE

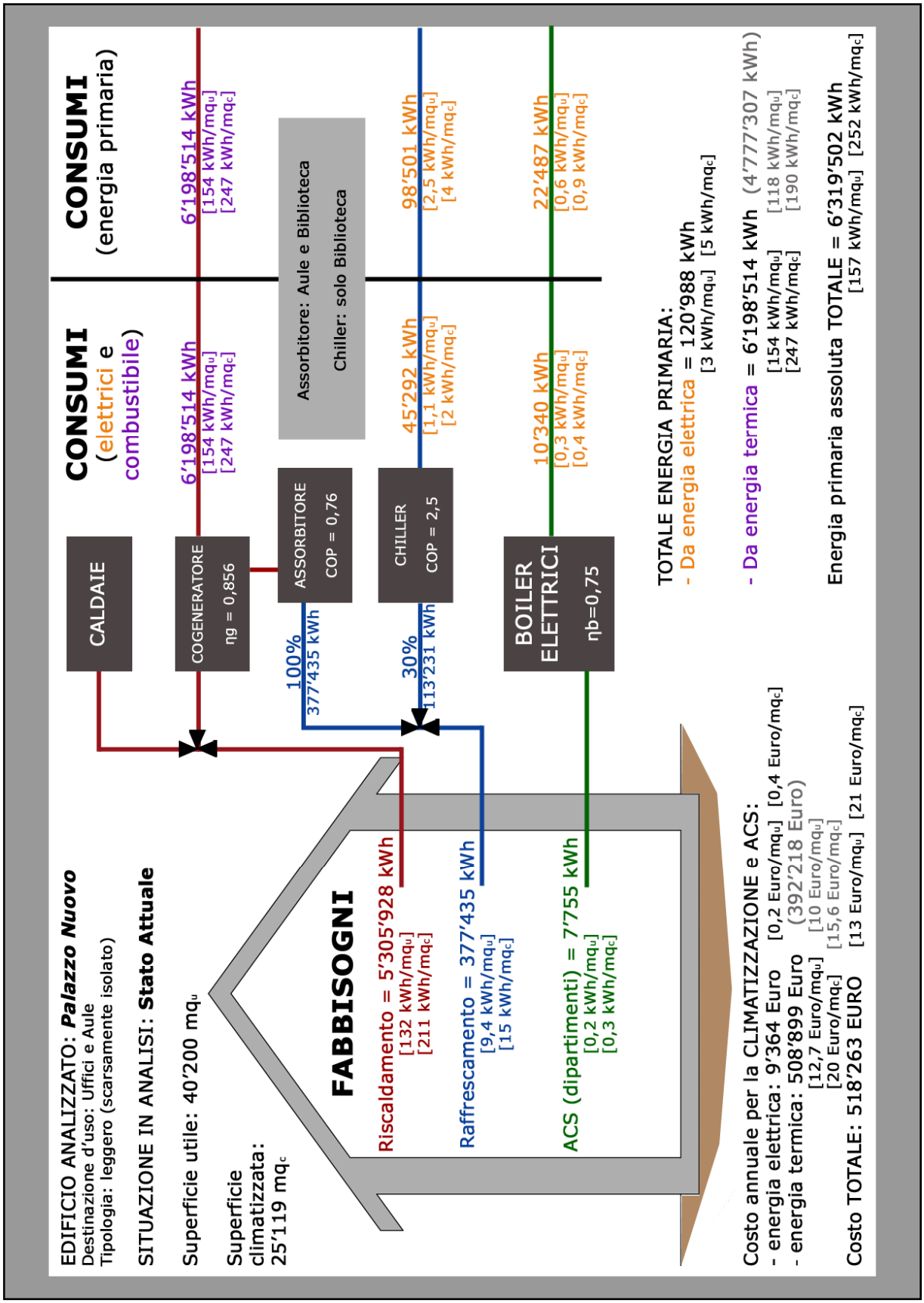
SCHEDE ZONE TERMICHE



SCHEDE ZONE TERMICHE



STATO ATTUALE: FABBISOGNI, CONSUMI E COSTI



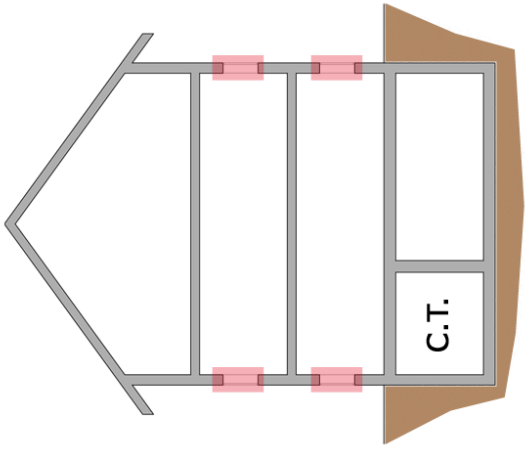
(Le scritte in grigio rappresentano i valori da bolletta presi dalla tesi di Manuela Rosso)

INTERVENTI

EDIFICIO ANALIZZATO: ***Palazzo Nuovo***
Destinazione d'uso: Uffici e Aule
Tipologia: leggero (scarsamente isolato)
SITUAZIONE IN ANALISI: **Interventi**

Superficie utile: 40'200 mq_u
Superficie climatizzata: 25'119 mq_c

INTERVENTO 1:
sostituzione serramenti

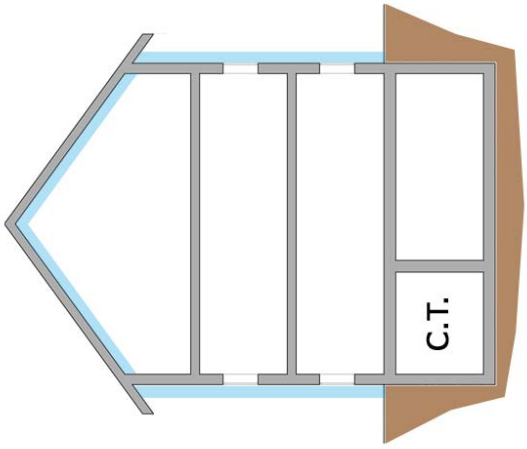


COSTO INTERVENTO:
1'192'552 Euro
[30 Euro/mq_u]
[47,5 Euro/mq_c]

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RISCALDAMENTO:
291'965 Euro

TRI: 3 anni

INTERVENTO 2:
isolamento coperture e facciate opache

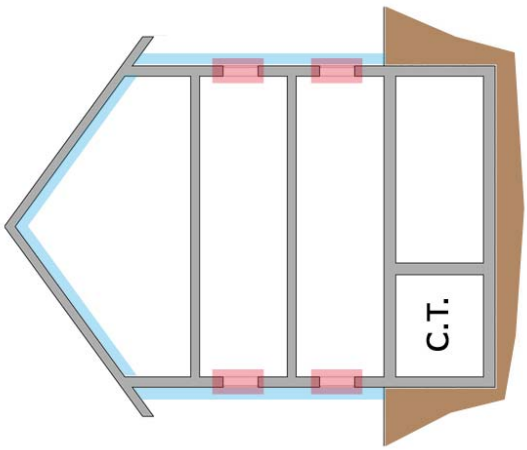


COSTO INTERVENTO:
707'573 Euro
[18 Euro/mq_u]
[28 Euro/mq_c]

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RISCALDAMENTO:
76'500 Euro

TRI: minore di 5 anni e mezzo

INTERVENTO 3:
sostituzione serramenti + isolamento coperture e facciate opache



COSTO INTERVENTO:
1'900'125 Euro
[47 Euro/mq_u]
[76 Euro/mq_c]

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RISCALDAMENTO:
356'413 Euro

TRI: minore di 4 anni

ALLEGATO C

Facoltà di Chimica e Farmacia:

SCHEDE IMPIANTI «

SCHEDA STATO ATTUALE FABBISOGNI-CONSUMI-COSTI «

SCHEDA INTERVENTI «

SCHEDE IMPIANTI

FACOLTA' DI CHIMICA E FARMACIA

SEDE DI CHIMICA

CALDAIE A GAS A CONDENSAZIONE ELCO RENDAMAX 3604

ESEMPIO DI UTA

ESEMPIO VENTILCONVETTORE

ESEMPIO GRUPPO FRIGO

FACOLTA' DI CHIMICA E FARMACIA

SEDE DI FARMACIA

CALDAIE (2) A GAS A CONDENSAZIONE ELCO RENDAMAX 3601

IMPIANTO PER IL RICIRCOLO DELL'ARIA, PRESENTE DAL TERZO PIANO IN POI

CRITICITA' INDIVIDUATE DURANTE IL SOPRALLUOGO IN SITO

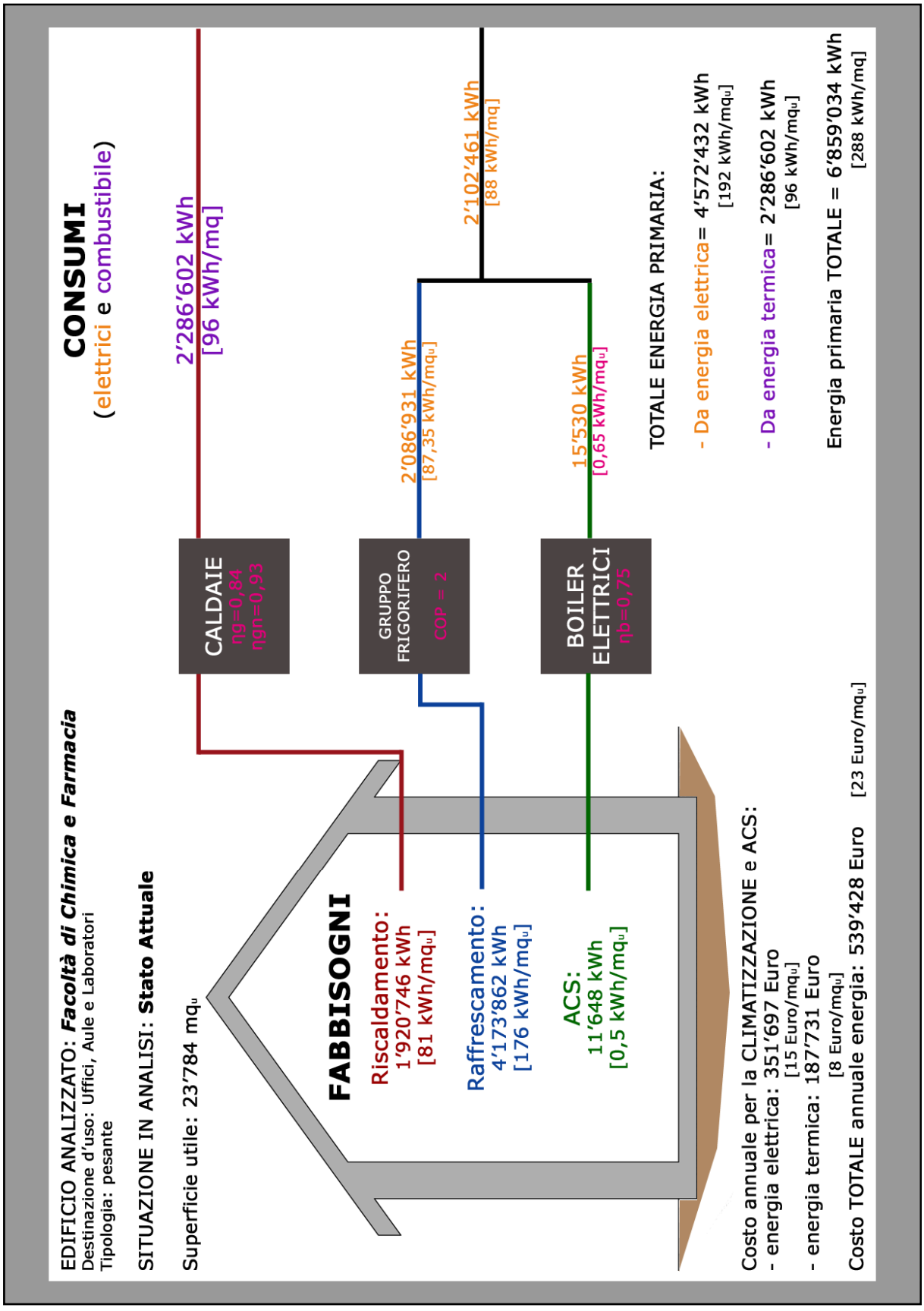
- Per entrambi i fabbricati: sostituzione dei serramenti semplici con telai a taglio termico e vetrocamera bassoemissivi.
  --> Problematiche: vincoli storico-architettonici dell'edificio.

- Per entrambi i fabbricati: impossibilità di predisporre un cappotto esterno, sempre per ragioni di tipo storico-architettonico.

- Per entrambi i fabbricati: impianti UTA datati
  --> Sarebbe necessario sostituire non soltanto le singole unità UTA, ma anche i condotti di distribuzione dell'aria. Inoltre, negli ambienti destinati ai laboratori di analisi, si potrebbe pensare ad una compartimentazione dei singoli laboratori.

- Per entrambi i fabbricati: controllo dei terminali d'impianto ed eventuale sostituzione.

STATO ATTUALE: FABBISOGNI, CONSUMI E COSTI



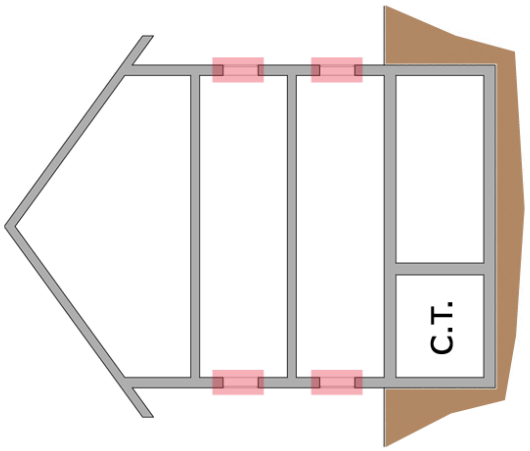
(Le scritte in grigio rappresentano i valori da bolletta presi dalla tesi di Manuela Rosso)

INTERVENTI

EDIFICIO ANALIZZATO: ***Facoltà di Chimica e Farmacia***
Destinazione d'uso: Uffici, Aule e Laboratori
Tipologia: pesante
SITUAZIONE IN ANALISI: **Interventi**

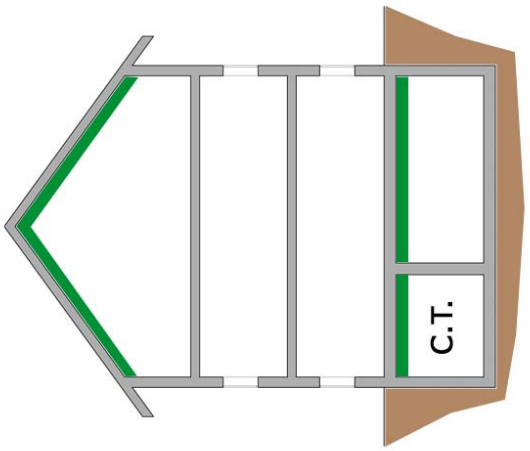
Superficie utile: 23'784 mq_u

INTERVENTO 1:
sostituzione serramenti



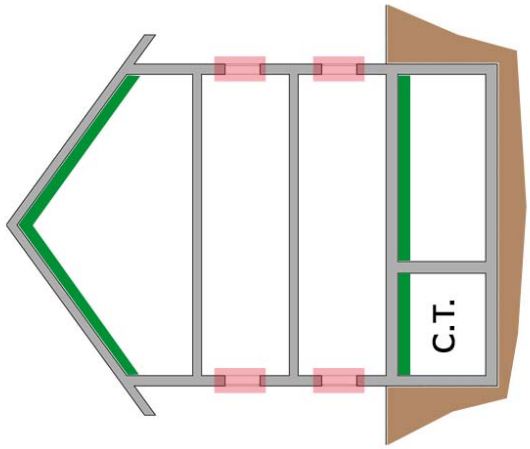
COSTO INTERVENTO:
223'660 Euro
[9,4 Euro/mq_u]

INTERVENTO 2:
isolamento tetto e soletta verso interrato



COSTO INTERVENTO:
837'655 Euro
[35 Euro/mq_u]

INTERVENTO 3:
sostituzione serramenti + isolamento tetto e soletta verso interrato



COSTO INTERVENTO:
1'061'315 Euro
[45 Euro/mq_u]

RISPARMIO IN BOLLETTA PER IL RI-SCALDAMENTO (%):
39%

BIBLIOGRAFIA

AA.VV, *I luoghi della conoscenza – l'Università in movimento*, Università degli Studi di Torino, gennaio 2012.

AA.VV, *I luoghi dell'università,* Università degli Studi di Torino, 2007.

Corgnati Stefano Paolo, *La procedura di certificazione energetica degli edifici in Piemonte*, CELID, Torino, gennaio 2010.

AA.VV, *La riqualificazione energetica nel real estate*, GRUPPO 24 ORE, Milano, Febbraio 2010.

Lupica Spagnolo Sonia, *Guida alla certificazione energetica*, Maggioli editore, marzo 2010.

Dall'O' Giulliano, Gamberale Mario, Silvestrini Gianni, *Manuale della certificazione energetica degli edifici. Norme procedure e strategie di intervento*, Edizioni Ambiente, febbraio 2010.

Ponzini Carlo, *L'edificio energeticamente sostenibile. Materiali contemporanei per il risparmio energetico*, Maggioli Editore, luglio 2009.

Regione Piemonte, *Prezzario della Regione Piemonte 2012. Prezzi di riferimento per Opere e Lavori Pubblici nella Regione Piemonte.*

SITOGRAFIA

www.unito.it

www.certificazione-energetica.com

www.cert-energy.com

www.architetturaecosostenibile.it