

POLITECNICO DI TORINO
I FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN
INGEGNERIA ENERGETICA E NUCLEARE



*Verso il piano regolatore energetico
degli edifici
dell'Università di Torino*

CANDIDATO
Manuela Rosso

RELATORI
Prof. Stefano Paolo Corgnati
Ing. Novella Talà
Ing. Andrea Tartaglino

a.a. 2011/2012

INDICE GENERALE

INTRODUZIONE	3
CAPITOLO PRIMO	4
Il consumo energetico nell'edilizia	4
1.1. Normativa	4
1.2. Flussi Energetici di un edificio	10
1.3. Valutazione dei consumi.....	11
1.4. Gli indicatori prestazionali.....	15
1.5. Dalla Certificazione Energetica al Catasto Energetico	17
CAPITOLO SECONDO	24
Prestazioni energetiche reali degli edifici.	24
2.1. Monitoraggio	24
2.2. Analisi dei dati	25
2.3. Analisi di un complesso di edifici	33
CAPITOLO TERZO.....	36
Diagnosi edificio caratteristico	36
3.1. Identificazione generale edificio.....	36
3.2. Identificazione impiantistica edificio	37
3.3. Reperimento dati energetici edificio	55
3.4. Analisi dati	57
CAPITOLO QUARTO	62
L'Università di Torino	62
4.1. Parco edilizio dell'Università di Torino.....	62
4.2. Diagnosi edifici campione.....	67
CAPITOLO QUINTO.....	70
Analisi del complesso di edifici campione	70
5.1. Analisi Energetica – Il Catasto Energetico -	70
5.2. Analisi Economica	89
5.3. Analisi Ambientale	104
5.4. Prospettive di analisi successive	122

CAPITOLO SESTO.....	125
Conclusioni	125
BIBLIOGRAFIA	127
SITOGRAFIA	129
ALLEGATO I.....	130
Schede tecniche edifici campione	130

INTRODUZIONE

Grandi Enti, privati o pubblici, si trovano spesso ad affrontare un'attività diagnostica sull'intero parco edilizio gestito al fine di determinare quali edifici necessitino con maggiore urgenza di interventi di riqualificazione energetica. La scelta degli edifici su cui intervenire dipende normalmente dal budget economico a disposizione e dai tempi di ritorno dell'investimento. Il mezzo per operare questa scelta è una diagnosi energetica preliminare che spesso necessita di successivi approfondimenti in campo sui singoli edifici. La diagnostica puntuale è un'operazione lunga e dispendiosa: è quindi opportuno far precedere ad essa un'analisi critica dei consumi medi annui/stagionali degli edifici.

Le problematiche relative alla diagnosi energetica degli edifici esistenti risultano essere di maggiore importanza nel caso di edifici pubblici ed in particolare nel caso degli edifici scolastici, laddove un uso più efficace dei vettori energetici comporta sicuri vantaggi ai bilanci delle amministrazioni pubbliche.

La mia tesi nasce come supporto tecnico per la creazione di un catasto energetico del patrimonio edilizio dell'Università di Torino, basato su indicatori condivisi di prestazione energetica. Sono stati messi sotto osservazione ventuno strutture edilizie universitarie significative ad uso scolastico/uffici, con lo scopo di valutarne il comportamento energetico, un campione, rispetto all'intero patrimonio di edifici UniTo dislocati su tutto il patrimonio piemontese, sufficiente per cominciare a capire quali sono i problemi e le possibili soluzioni. Selezionati in collaborazione con l'Energy Manager Andrea Tartaglino, della Divisione Edilizia e Grandi Infrastrutture dell'Università di Torino, gli edifici campione dell'indagine sono stati sottoposti ad una serie di rilievi e misure, telematiche e da bollette.

Nelle pagine che seguono viene presentata la procedura generale per l'elaborazione di dati dimensionali ed energetici, raccolti da una diagnosi di primo livello, e l'applicazione della stessa sugli edifici campione. Si espone, così, ciascun edificio con una scheda completa di analisi energetica, economica ed ambientale e il catasto energetico del complesso di edifici, che individua le sedi più critiche, alle quali si dovrà predisporre un piano di monitoraggio dettagliato (di secondo livello) utile ad apportare, successivamente, interventi di riqualificazione.

Inoltre, l'indagine in oggetto si propone non solo di valutare le condizioni energetiche degli edifici analizzati, realizzandone un catasto, ma soprattutto di sperimentare una metodologia di rilievo semplificata per poterla riproporre in situazioni simili.

CAPITOLO PRIMO

Il consumo energetico nell'edilizia

Risparmiare energia è una delle strategie primarie a livello mondiale per contrastare l'esaurimento delle fonti non rinnovabili, limitare i danni ambientali derivanti dalle emissioni di gas serra, contenere l'inquinamento e stabilizzare le economie a fronte dell'eccessiva dipendenza dal petrolio e dalle fluttuazioni del suo prezzo. Negli ultimi anni, accordi internazionali (Protocollo di Kyoto del 1997), Direttive Europee (Direttiva 2002/91/CE) e decreti nazionali (Decreti 20 luglio 2004 sugli usi finali dell'energia e sul risparmio energetico), hanno stabilito la stringente necessità di ridurre il consumo di energia proveniente da fonti fossili e promuovere le fonti rinnovabili.

In termini di consumo energetico, il settore edilizio è uno dei più importanti (40 % del consumo finale di energia della Comunità) e gli edifici commerciali moderni, all'interno dei quali devono essere garantiti il condizionamento estivo, il riscaldamento invernale, la refrigerazione di merci deperibili ecc., costituiscono uno dei sistemi più complessi e a più alta intensità energetica. Nello stesso tempo sono anche edifici in cui, con opportuni accorgimenti progettuali, costruttivi, impiantistici e gestionali, è possibile risparmiare consistenti quantità di energia. Spesso le soluzioni disponibili sono complesse e onerose in termini di investimento, ma talvolta è possibile risparmiare quantità consistenti di energia anche con interventi relativamente semplici, sfruttando intelligentemente le tecnologie disponibili nel mercato.

1.1. NORMATIVA

Livello Europeo

Al fine di porre rimedio a questa situazione, l'UE ha introdotto altre misure di sostegno legale per assicurare che i suoi Paesi membri consumino meno energia. Un punto fondamentale della Normativa Europea è stata la Direttiva 2002/91/CE sul Rendimento Energetico degli Edifici, meglio conosciuta come EPBD¹, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea il 4 gennaio 2003. La normativa designa i principi per il risparmio energetico degli edifici della Comunità Europea, che devono tener conto «delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi»², individuando così nella certificazione uno strumento efficace e, allo stesso tempo, irrinunciabile per promuovere la riduzione dei consumi energetici degli edifici.

¹ "Energy Performance Buildings Directive".

² Art.1, direttiva 2002/91/CE.

La Direttiva prevede un approccio olistico sul rendimento energetico degli edifici e copre il fabbisogno energetico e di acqua calda sanitaria, riscaldamento, raffreddamento e illuminazione. La direttiva stabilisce i principi e requisiti, lasciando un ampio margine agli Stati membri di stabilire i meccanismi concreti, i requisiti numerici e le modalità per la loro attuazione.

Gli Stati membri Europei, quindi la stessa Italia, sono vincolati a recepire la Direttiva sopraccitata e in particolare le disposizioni in essa contenute:

- adozione di una metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici (art.3);
- applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione esistenti di grande muratura sottoposti a importanti ristrutturazioni (artt.4, 5 e 6);
- certificazione energetica degli edifici (art.7), (*Paragrafo 1.5*);
- ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici, nonché una perizia del complesso degli impianti termici le cui caldaie abbiano più di quindici anni (artt.8 e 9).

La EPBD è una grande opportunità per mobilitare l'efficienza energetica edilizia nell'UE, ma anche una sfida formidabile e continua per molti paesi dell'Unione Europea.

Uno degli strumenti messi in atto per raggiungere tale obiettivo e per ottenere un quadro aggiornato dei consumi energetici nel settore edilizio è la certificazione energetica.

Il Consiglio europeo del marzo 2007 ha sottolineato la necessità di aumentare l'efficienza energetica nell'Unione per conseguire l'obiettivo di ridurre del 20% il consumo energetico dell'Unione entro il 2020 e ha chiesto che venga data rapida e piena attuazione alle priorità definite nella comunicazione della Commissione intitolata «Piano d'azione per l'efficienza energetica: Concretizzare le potenzialità». Tale piano d'azione ha identificato le significative potenzialità di risparmio energetico efficaci in termini di costi nel settore dell'edilizia. Nella risoluzione del 31 gennaio 2008, il Parlamento europeo ha invitato a rafforzare le disposizioni della Direttiva 2002/91/CE e in varie occasioni, da ultimo nella risoluzione del 3 febbraio 2009 sul secondo riesame strategico della politica energetica, ha chiesto di rendere vincolante l'obiettivo di migliorare l'efficienza energetica del 20% entro il 2020. Nasce, così, la nuova Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia. La sorte della precedente Direttiva 2002/91/CE è descritta nell'art. 29 "Abrogazione" che testualmente recita: «La direttiva 2002/91/CE, modificata dal regolamento indicato nell'allegato IV, parte A, è abrogata con effetto dal 1° febbraio 2012, fatti salvi gli obblighi degli Stati membri relativi ai termini di recepimento nel diritto nazionale e di applicazione della direttiva di cui all'allegato IV, parte B».

Tra le maggiori novità introdotte dalla nuova Direttiva, si citano:

- ogni Stato membro fissa i requisiti minimi di prestazione energetica sia per i nuovi edifici che per gli edifici esistenti, che devono essere rivisti a scadenze regolari non superiori ai 5 anni e aggiornati in funzione dei progressi tecnici

nel settore edilizio (art.4 – c.1). In particolare nel caso di nuove edificazioni si deve sempre valutare la fattibilità tecnica di sistemi di generazione di calore ad alta efficienza (cogenerazione, teleriscaldamento, pompe di calore, ...). Le performance richieste sono definite al fine di raggiungere livelli ottimali in funzione dei costi;

- viene introdotto il concetto di edificio a energia quasi zero³ (art.9): edificio ad altissima prestazione energetica con fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo, coperto in misura molto significativa da fonti rinnovabili. Entro il 31 dicembre 2018 tutti gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici o di loro proprietà dovranno essere a energia quasi zero, obbligo che si estenderà a tutte le nuove edificazioni a partire dal 31 dicembre 2020;
- per quanto riguarda la certificazione energetica degli edifici (artt. 11, 12, 13 e 17) il legislatore sottolinea fortemente l'importanza delle raccomandazioni per il miglioramento della prestazione energetica, che devono essere obbligatoriamente inserite in ogni attestato. Il certificato energetico deve essere rilasciato nel caso di vendita o di locazione di una singola unità immobiliare o di un intero edificio e nel caso di edifici occupati da enti pubblici e abitualmente frequentati dal pubblico qualora la loro superficie utile sia superiore a 500 metri quadri (tale valore limite a partire dal 9 luglio 2015 scenderà a 250 metri quadri). Per quanto riguarda l'obbligo dell'ACE⁴ nel caso di vendita, la Direttiva specifica che, se questa avviene prima dell'effettiva costruzione dell'edificio, il venditore è tenuto in ogni caso a fornire una valutazione della futura prestazione energetica. In tutti gli annunci immobiliari, sia di compravendita che di locazione, dovrà essere specificata la classe energetica dell'immobile. La Direttiva ribadisce l'indipendenza del Soggetto certificatore dall'edificio che certifica, così come già sancito dalla Direttiva 2002/91/CE;
- al fine di assicurare la qualità della certificazione energetica, (art. 18) ogni Stato membro deve istituire un sistema di controllo indipendente, la cui organizzazione può essere delegata a soggetto terzo. Gli ACE da sottoporre a controllo sono selezionati in modo casuale e almeno una percentuale statisticamente significativa di tutti gli attestati di prestazione energetica rilasciati nel corso di un anno deve essere sottoposta a verifica. La verifica si basa sul controllo della validità dei dati utilizzati ai fini della certificazione energetica dell'edificio e dei risultati riportati nell'attestato di prestazione energetica, oltre che delle raccomandazioni inserite. Il controllo è espletato anche effettuando una visita in loco dell'edificio.

Di seguito si riporta il programma di recepimento per i Paesi membri di tale Direttiva.

³ Lo nnZEB (nearly net Zero Energy Building) è un edificio ad alte prestazioni energetiche collegato alla rete. Questo bilancia l'uso di energia primaria in modo che l'energia primaria inviata alla rete è quasi uguale all'energia primaria consegnata allo nnZEB da reti energetiche.

⁴ Attestato Certificazione Energetica.

Riferimento articolo Direttiva 2010/31/UE	Data ultima di recepimento
Gli Stati membri adottano e pubblicano le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi agli articoli da 2 a 18 e agli articoli 20 e 27	9 luglio 2012
Essi applicano le disposizioni relative agli articoli 2, 3, 9, 11, 12, 13, 17, 18, 20 e 27 al più tardi a decorrere dal 9 gennaio 2013.	9 gennaio 2013
Essi applicano le disposizioni relative agli articoli 4, 5, 6, 7, 8, 14, 15 e 16 agli edifici occupati da enti pubblici al più tardi a decorrere dal 9 gennaio 2013 e agli altri edifici al più tardi a decorrere dal 9 luglio 2013	9 gennaio 2013 (EE.PP.) 9 luglio 2013 (altri edifici)
Essi possono rinviare fino al 31 dicembre 2015 l'applicazione dell'articolo 12, paragrafi 1 e 2, a singole unità immobiliari in locazione.	31 dicembre 2015

Tabella 1. 1 Programma di recepimento degli Stati Membri della Direttiva Europea 2010/31/UE (art. 28).

Livello nazionale

In Italia, il concetto di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili è stato sancito nel gennaio 1991 con la legge quadro 10/91, con l'intento di razionalizzare l'uso dell'energia per il riscaldamento. Nonostante già negli anni Ottanta ci fossero linee di pensiero che convergevano verso questa direzione, questa è la prima legge che mette una pietra miliare su quella che sarà in futuro tutta la politica del risparmio energetico.

Nel contesto di un piano energetico nazionale, il legislatore comincia a dividere l'Italia per aree geografiche le diverse zone climatiche classificandole con periodi precisi di esercizio (A, B, C, D, E, F): ogni periodo prevede determinate temperature. Le zone climatiche sono classificate anche in base alle velocità dei venti, con coefficienti di esposizione. La classe A è quella a più alto risparmio, la classe G è quella che praticamente non ha risparmio energetico.

Il DPR 412/93 e il DPR 551/99 sono due decreti che regolamentano l'attuazione di questa legge e disciplinano i vari calcoli, tra cui quello del fabbisogno energetico normalizzato (FEN), facendo riferimento a molte norme UNI, tra cui UNI EN 15603, UNI EN 152117, UNI 5364, UNI 8065, UNI 9182, UNI CIG 7129 etc.

La legge propone un percorso per la valutazione del bilancio energetico invernale di un edificio in cui vi sono apporti di calore e dispersioni di calore: la loro somma algebrica rappresenta il bilancio energetico. Per far sì che questo bilancio sia attivo (cioè l'interno dell'edificio sia più caldo dell'esterno) è necessario spendere dell'energia (primaria) per ottenere una determinata temperatura prefissata (20 °C). La legge impone anche la verifica della "tenuta" dell'isolamento di pareti e tetto al fine di non disperdere calore inutilmente: l'obiettivo è proprio quello di mantenere il più possibile il calore senza disperderlo, per risparmiare energia.

Un ulteriore punto in cui la legge è molto rigorosa è il rendimento: al di sotto di certi valori non avviene il risparmio energetico prefissato.

Questa legge introduceva, tra l'altro, l'obbligo della certificazione energetica degli edifici, ben prima della Direttiva 2002/91/CE, ma mai recepito.

Attualmente, la L.10/1991 è stata integrata da successivi provvedimenti, importanti per stabilire lo stato dell'arte della certificazione energetica sul territorio italiano:

- Decreto Legislativo 19.08.2005, n. 192;
- Decreto Legislativo 28.12.2006, n. 311;
- Decreto Legislativo 30.05.2008, n. 115;
- Decreto Ministeriale 26.06.2009

Il D.Lgs 192 del 2005 recepisce la Direttiva europea 2002/91/CE, introducendo così la metodologia per il calcolo della prestazione energetica degli edifici, i criteri per la certificazione energetica e stabilisce i criteri per l'ispezione delle caldaie. Viene inoltre sancita l'obbligatorietà dell'attestato di certificazione energetica per tutti i nuovi edifici, per le ristrutturazioni globali di edifici esistenti e in tutti gli atti di compravendita e locazione; il soggetto certificatore deve essere diverso dagli altri attori del processo edilizio, estraneo tanto alla committenza, quanto alle attività di progettazione e direzione dei lavori.

Mentre erano attesi i decreti attuativi e i criteri generali per la certificazione energetica, è stato invece emanato il D.Lgs 311/06 recante "Disposizioni correttive ed integrative al Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192", tramite il quale vengono apportate delle modifiche alle prescrizioni già presenti nel primo decreto, soprattutto a quelle inerenti i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici. Per gli edifici di nuova costruzione viene introdotta, a partire da subito, l'obbligatorietà di un Attestato di Qualificazione Energetica (AQE) da presentare al Comune contestualmente alla dichiarazione di fine lavori. È responsabilità del direttore lavori asseverare sia l'attestato di qualificazione energetica, sia la conformità delle opere realizzate al progetto e alla relazione tecnica. La procedura per il calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento da dichiarare nell'attestato deve fare riferimento a norme tecniche, in particolare ai metodi elaborati in ambito CEN, elencati nell'allegato M, e in particolare alla norma UNI EN 832 per gli edifici residenziali e alla norma UNI EN ISO 13790 per gli altri edifici. Questo nuovo documento viene asseverato dal direttore dei lavori ed è richiesto contestualmente alla dichiarazione di fine lavori e alla dichiarazione di conformità delle opere rispetto al progetto. Secondo l'art. 5 del presente decreto fino alla data di entrata in vigore delle Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica degli edifici, l'attestato di certificazione energetica degli edifici è sostituito a tutti gli effetti dall'attestato di qualificazione energetica. Ecco che tale decreto instaura un dualismo sul territorio italiano, poiché, accanto all'ACE viene introdotto l'AQE: tale dualismo non è stato ancora risolto a livello nazionale, in quanto le Linee Guida Nazionali non sono ancora state pubblicate.

Il D.Lgs. 115 del 2008 stabilisce che, per il calcolo del fabbisogno di energia primaria per il condizionamento, ci si deve attenere alla metodologia prevista dalla norma UNI/TS 11300:2008 e non più alle norme precedenti UNI 832:2001 e 13790:2007.

Con il Decreto Ministeriale del 26 giugno 2009, in tutte quelle regioni che ancora non si erano dotate di strumenti propri in materia sono entrate in vigore le Linee Guida Nazionali sulla Certificazione. La classificazione energetica finale dell'edificio considera i fabbisogni energetici per riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria, calcolati secondo quanto previsto nelle Norme UNI/TS 11300. Fino a quando, però, non sarà emanata la normativa utile al calcolo del fabbisogno energetico primario per raffrescamento, questa valutazione sarà svolta in modo qualitativo.

Nelle Linee Guida, a seconda della dimensione dell'edificio, sono previste varie metodologie per la determinazione della prestazione energetica degli edifici differenti per utilizzo e complessità:

1. "Metodo calcolato di progetto", che prevede la valutazione della prestazione energetica a partire dai dati di ingresso del progetto energetico dell'edificio come costruito e dei sistemi impiantistici a servizio dell'edificio come realizzati. Questo metodo è di riferimento per gli edifici di nuova costruzione e per quelli completamente ristrutturati di cui all'articolo 3, comma 2, lettera a), del Decreto Legislativo, per la predisposizione dell'Attestato di Qualificazione Energetica e della relazione tecnica di rispondenza del progetto alle prescrizioni per il contenimento dei consumi energetici, previsti ai sensi del Decreto Legislativo, fermo restando le relative flessibilità (vedi i Decreti di cui all'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), e l'articolo 8, commi 1 e 2, del decreto legislativo);
2. "Metodo di calcolo da rilievo sull'edificio o standard", che prevede la valutazione della prestazione energetica a partire dai dati di ingresso ricavati da indagini svolte direttamente sull'edificio esistente. In questo caso le modalità di approccio possono essere:
 - i. mediante procedure di rilievo, anche strumentali, sull'edificio e/o sui dispositivi impiantistici effettuate secondo le normative tecniche di riferimento, previste dagli organismi normativi nazionali, europei e internazionali, o, in mancanza di tali norme dalla letteratura tecnico-scientifica;
 - ii. per analogia costruttiva con altri edifici e sistemi impiantistici coevi, integrata da banche dati o abachi nazionali, regionali o locali;
 - iii. sulla base dei principali dati climatici, tipologici, geometrici ed impiantistici.

Nel recepimento delle direttive comunitaria, tuttavia, l'Italia si mostra ancora indisciplinata. Il 29 settembre 2011 è partito un nuovo "warning" dalla Commissione europea sull'adeguamento della legislazione alla Direttiva europea del 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia. Si tratta del secondo avviso. Il 24 novembre 2010 l'Italia era già stata richiamata al rispetto delle norme della direttiva 2002/91/Ce (recepita con Dlgs 192/2005). Nel nuovo richiamo la Commissione sottolinea che, nonostante qualche aggiustamento, la Legge italiana continua ad consentire ai proprietari l'autocertificazione del rendimento energetico dell'immobile (nella

classe peggiore), privando il nuovo acquirente di informazioni adeguate sul rendimento e su come migliorarlo. Rimane anche disatteso l'obbligo di garantire controlli regolari degli impianti di condizionamento. Se l'Italia non si adegnerà rischierà il deferimento alla Corte di Giustizia.

Nel frattempo è stata varata una nuova direttiva sull'efficienza energetica in edilizia (direttiva 2010/31/UE) che andrà recepita entro luglio 2012.

1.2. FLUSSI ENERGETICI DI UN EDIFICIO

Il comportamento energetico di un edificio è definito dal *Fabbisogno Energetico Convenzionale*, o “rendimento energetico di un edificio”. Con questa espressione, si esprime la quantità di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria a fronte di un utilizzo standard dell'edificio, compresi il riscaldamento ambientale, il riscaldamento dell'acqua, il raffreddamento, la ventilazione e l'illuminazione. È, quindi, l'energia che un edificio consuma complessivamente in un determinato periodo di tempo e viene misurata in kWh o MJ (1 kWh = 3,6 MJ).

Il calcolo di tale parametro è funzione di una serie di indicatori che tengono conto delle caratteristiche dell'edificio e del relativo impianto, nonché delle caratteristiche climatiche del luogo. Il Fabbisogno Energetico Convenzionale, calcolato in conformità con la normativa specifica, con riferimento ad un comportamento dell'utente e ad una stagione standard, esprime una caratteristica oggettiva dell'insieme “edificio impianto”. Il suo valore sarà prossimo o coincidente con quello reale, e quindi con il suo consumo, qualora il comportamento dell'utente e l'andamento stagionale corrispondano a quelli standard previsti dalle norme.

Di seguito, si è creato uno schema a blocchi che mostra il percorso dei flussi energetici che vanno a soddisfare la richiesta energetica dell'edificio.

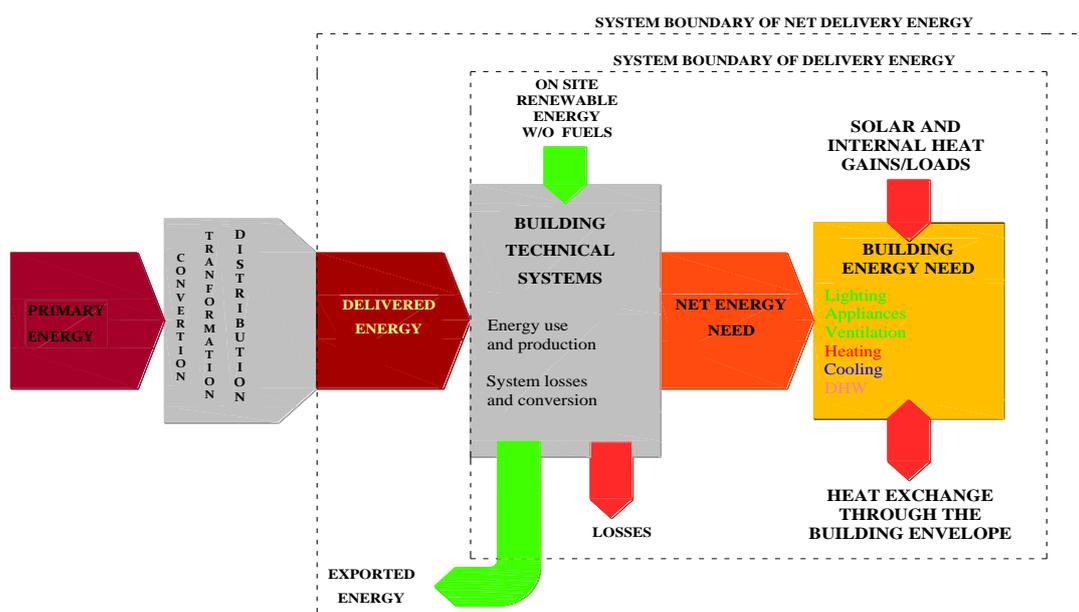


Figura 1. 1 Schema a blocchi dei flussi energetici di un edificio.

Ogni edificio, infatti, può essere rappresentato con un blocco includente i bisogni energetici (BUILDING ENERGY NEED) per illuminazione e elettricità per elettrodomestici, ventilazione, riscaldamento, raffreddamento, acqua calda sanitaria. Inevitabilmente, una parte dell'energia termica dell'edificio viene dissipata dalle superfici disperdenti (HEAT EXCHANGE THROUGH THE BUILDING ENVELOPE), ma che si riduce grazie agli apporti termici solari e gratuiti (SOLAR AND INTERNAL HEAT GAINS/LOADS).

Un altro blocco riproduce il sistema tecnico, necessario per la produzione, uso e/o conversione dell'energia (BUILDING TECHNICAL SYSTEMS); tale sistema fornisce il fabbisogno netto di energia per il riscaldamento, raffreddamento e energia elettrica (NET ENERGY NEED) al blocco edificio. Per fornire questi vettori, il sistema tecnico usa dell'energia e presenta tipicamente perdite e conversioni di energia di alcuni sistemi (pompe di calore, celle a combustibile). L'energia utilizzata dal BUILDING TECHNICAL SYSTEM proviene da DELIVERED ENERGY⁵ e/o ON-SITE RENEWABLE ENERGY W/O FUELS. La prima è l'energia elettrica della rete nazionale, l'energia termica e di raffreddamento da teleriscaldamento e i combustibili rinnovabili e non rinnovabili, mentre la seconda è l'energia prodotta dall'energia solare, eolica e idroelettrica se disponibile. I combustibili rinnovabili non sono considerati in questo termine, poiché sono trattati come DELIVERED ENERGY, cioè come rinnovabili off-site.

I sistemi di produzione di energia rinnovabile on-site possono alimentare il BUILDING TECHNICAL SYSTEM, riducendo così il bisogno di DELIVERED ENERGY, o collegati direttamente alle reti energetiche possono esportare la loro produzione (EXPORTED ENERGY⁶).

L'energia primaria (PRIMARY ENERGY) è una forma di energia presente in natura che non è stata sottoposta ad alcun processo di conversione o trasformazione. Il suo consumo è calcolato a partire dal NET DELIVERED ENERGY⁷, per vettore, come prodotto con un fattore d'energia primaria.

1.3. VALUTAZIONE DEI CONSUMI

Il primo passo per una qualsiasi indagine energetica è quello della diagnosi: uno strumento utile a documentare lo "stato di salute" del sistema edificio-impianto, con l'obiettivo di comprendere in che modo l'energia venga utilizzata, quali siano le cause degli sprechi ed eventualmente quali interventi possano essere suggeriti all'utente/proprietario.

⁵ Delivered Energy è l'energia, espressa per vettore energetico, fornita al Building Technical System per soddisfare gli usi finali presi in considerazione (riscaldamento, raffreddamento, ventilazione, acqua sanitaria, illuminazione, elettricità per elettrodomestici,...) o per produrre elettricità.

⁶ Exported Energy è l'energia, espressa come vettore energetico, consegnata dal Technical Building System e utilizzata al di fuori del confine del sistema edificio/impianto.

⁷ Net Delivered Energy è la differenza tra Delivered Energy e Exported Energy, espressi entrambi come vettori energetici. Tali valori sono espressi separatamente per ogni vettore energetico, cioè per energia elettrica, combustibili, teleriscaldamento, ecc.

La diagnosi energetica è quindi l'insieme sistematico di rilievo, raccolta ed analisi dei parametri relativi ai consumi specifici e alle condizioni di esercizio dell'edificio e dei suoi impianti, che si pone i seguenti obiettivi:

- definire il bilancio energetico dell'edificio,
- individuare gli interventi di riqualificazione tecnologica,
- valutare per ciascun intervento le opportunità tecniche ed economiche,
- migliorare le condizioni di comfort,
- ridurre le spese di gestione.

La procedura di analisi può essere di due tipi: *asset rating* o *operational rating*. In generale, un rating è la valutazione del rendimento energetico di un edificio. Ciò che distingue sostanzialmente i due approcci è che l'*operational rating* tiene conto della quantità di energia effettivamente consumata e non soltanto della quantità di energia che si prevede possa essere necessaria, come l'*asset rating*.

L'*asset rating* ha lo scopo di esprimere la quantità di energia che si prevede possa essere necessaria per soddisfare il fabbisogno energetico connesso ad un uso standard dell'edificio, a seconda della fascia climatica di appartenenza ed in funzione della destinazione d'uso⁸ dello stesso. Sarà quindi fondamentale uno studio preliminare dell'edificio per poter raccogliere dati geometrici (superfici e volumi) e termofisici (stratigrafia dell'involucro e trasmittanza), che permettono di definire le caratteristiche energetiche dell'immobile.

L'*operational rating* si basa, invece, sull'analisi dei consumi reali, attraverso la contabilizzazione delle bollette, al fine di risalire al valore del consumo reale energetico specifico, cioè riferito all'unità di superficie o di volume riscaldato.

⁸ Classificazione degli edifici adottata nel DPR 412/93:

E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili:

E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme;

E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili;

E.1 (3) edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari;

E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico;

E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossicodipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici;

E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili:

E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi;

E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto;

E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo;

E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni;

E.6 Edifici adibiti ad attività sportive:

E.6 (1) piscine, saune e assimilabili;

E.6 (2); palestre e assimilabili

E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive;

E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;

E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.

Vengono raccolti i dati di consumo e i costi energetici ed inoltre i dati sulle utenze elettriche, termiche, frigorifere, di acqua (potenza, fabbisogno/consumo orario, fattore di utilizzo, ore di lavoro, etc.).

Le tecniche di analisi sono varie e si differenziano per complessità e costo; è opportuno stabilire accuratamente la scelta a seconda dello scopo per cui si realizza la diagnosi energetica.

Metodologie per la diagnosi energetica

Attualmente, sulla carta, sono permesse almeno quattro diverse metodologie.

I. Metodologia rigorosa.

Questa prima metodologia prevede l'utilizzo di metodi di calcolo complessi, ne sono esempi i software BLAST, DOE-2 o ENERGYPLUS, il cui obiettivo è di prevedere il consumo energetico a partire da una ricca serie di dati in input.

Queste applicazioni sono attualmente utilizzate in ambiente accademico e professionale, poiché sono basate su algoritmi di calcolo a carattere deterministico che considerano il modello fisico matematico dell'edificio e che presumono la conoscenza non solo dei diversi fenomeni elementari, ma anche dei fenomeni prodotti dall'interazione delle diverse grandezze.

Il programma dispone di una libreria di condizioni climatiche per ogni località (temperatura, umidità, vento, pressione, irraggiamento,...) e partendo da una serie di dati di input inerenti alle caratteristiche statiche e dinamiche dell'immobile (dimensioni, trasmittanze, carichi endogeni, profili di occupazione,...), ai sistemi impiantistici (impianti elettrici, di climatizzazione,...), a dati economici (costi di energia primaria, di investimento, di manutenzione,...), si arriva a calcolare i valori dei carichi istantanei (potenze termiche e elettriche) e dei consumi di energia termica ed elettrica giornalieri, mensili, annuali.

Nel tempo questi programmi diventano sempre più sofisticati e precisi, tanto che il loro costo è elevato. Così, non è pensabile che questi possano essere utilizzati per la certificazione energetica su larga scala proprio a causa della loro complessità e del loro costo.

II. Metodologia pragmatica.

Una serie di norme tecniche, redatte in sede CEN e/o CTI/UNI, mostrano un metodo di calcolo semplificato che permette di valutare il fabbisogno energetico di un edificio in condizioni standard. Tuttavia, tale procedimento non garantisce l'esattezza del risultato in termini di valutazione del consumo reale dell'edificio, poiché gli intervalli dei valori di input entro cui il calcolatore può intervenire sono tali da portare risultati significativamente diversi.

Risulta chiaro quindi che tale metodologia può essere utile nel caso di progetto di un nuovo edificio o di ristrutturazione di un edificio esistente, in modo da confrontare le prestazioni ottenibili con diverse alternative

tecnologiche o tra i valori ottenuti con i requisiti minimi di legge. Al contrario, non si può utilizzare per stimare con buona approssimazione i consumi energetici reali dell'edificio.

III. Metodologia estimativa.

Una terza metodologia riguarda sostanzialmente il patrimonio immobiliare costruito e si basa su una valutazione davvero semplificata rivolta specificamente all'utente finale, sia esso il proprietario o il locatario dell'immobile.

Già diffusa in alcuni Paesi europei, come Danimarca, Olanda, Inghilterra, anche l'Italia ha sviluppato tale procedura nel 2003 dal Consip⁹ (società per azioni al servizio dello Stato che fornisce consulenza, assistenza e soluzioni informatiche per l'innovazione nella Pubblica Amministrazione). La società ha proposto una formula che computa le dispersioni termiche dell'edificio attraverso un coefficiente di dispersione termica per trasmissione Cd ottenuto per via semi-empirica e che tiene conto degli apporti gratuiti, del regime di funzionamento dell'impianto e dell'andamento climatico sulla base dei Gradi Giorno¹⁰ reali.

IV. Metodologia storicista.

Solo nel caso di edifici già costruiti si può applicare quest'ultima metodologia.

Infatti, per un immobile esistente, sono disponibili, grazie alle bollette, i dati relativi al consumo energetico annuale, sotto forma di consumo di combustibile, di consumo di energia termica o di costi di esercizio, utili per certificare la prestazione energetica dello stesso.

⁹ Consip è una società per azioni del Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF), che ne è l'azionista unico, ed opera secondo i suoi indirizzi strategici, lavorando al servizio esclusivo delle pubbliche amministrazioni. Tale società stipula convenzioni con le imprese fornitrici che risultano vincitrici di appositi bandi di gara. Le Pubbliche Amministrazioni emettono ordinativi di acquisto che le imprese fornitrici sono tenute a soddisfare, al prezzo e alle condizioni prestabilite. Le convenzioni sono valide per un arco temporale definito e sono soggette a esaurimento, qualora i quantitativi complessivamente acquistati superino il limite massimo concordato con Consip.

¹⁰ I Gradi Giorno (GG) sono un'unità di misura che indica il fabbisogno termico per il riscaldamento delle abitazioni in una determinata località. I GG sono calcolati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle differenze (solo quelle positive) giornaliere tra la temperatura convenzionale ideale per l'ambiente riscaldato (20°C), e la temperatura media giornaliera all'esterno dell'abitazione. Se il valore della differenza è negativo, non viene preso in considerazione perché, in base alle convenzioni stabilite, non occorre riscaldare l'ambiente abitativo. Un valore di GG basso indica che le temperature esterne sono molto vicine alla temperatura convenzionalmente stabilita per l'ambiente riscaldato (20 °C) e che quindi non occorre un riscaldamento intenso e prolungato per equilibrare la differenza. Un valore di GG elevato indica, invece, che le temperature giornaliere si discostano di molto dai 20 °C e che quindi il riscaldamento deve essere maggiore e più prolungato per sopperire al clima più rigido.

1.4. GLI INDICATORI PRESTAZIONALI

Quanto consuma energeticamente, quanto costa e quanto inquina un edificio sono domande a cui è necessario rispondere per descriverlo in modo completo.

Indicatore energetico.

Descrivere un edificio in termini energetici significa valutarne il consumo in termini di energia elettrica, termica, di raffrescamento, combustibili, acqua potabile. Tuttavia, la sola conoscenza di kWh elettrici o m³ d'acqua in termini assoluti, ad esempio di un appartamento, non sono sufficienti per definire se consuma tanto o poco rispetto ad un altro.

La comparazione dei consumi con altri edifici, così come il consumo dello stesso edificio in anni diversi, può essere realizzata solo attraverso una normalizzazione dei valori dei consumi energetici, ovvero con degli indicatori o indici prestazionali. È la stessa norma europea EPBD che stabilisce che il rendimento energetico di un edificio può essere espresso con un indicatore di uso primario dell'energia, sulla base di fattori di energia primaria per vettore energetico, sulle medie ponderate annuali nazionali o regionali o un valore specifico per la produzione on-site.

Due sono le informazioni indispensabili per creare questi indicatori:

1. *Informazioni statiche dell'immobile.*

Per informazioni statiche si intendono tutte le grandezze che non variano nel tempo e che caratterizzano in modo univoco l'immobile: la superficie e il volume riscaldato, il numero medio degli abitanti, etc.

2. *Informazioni dinamiche dell'immobile.*

La dinamicità di un immobile, invece, è evidenziata dai consumi energetici. A seconda che l'immobile sia già esistente o di nuova costruzione, il consumo energetico è inteso come energia primaria effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria a fronte di un utilizzo standard dell'edificio, compresi il riscaldamento ambientale, il riscaldamento dell'acqua, il raffreddamento, la ventilazione e l'illuminazione.

Si tratterà quindi di consumi teorici o reali a seconda della metodologia per il calcolo/misura definiti nel paragrafo precedente.

Non meno importante è l'ubicazione fisica dell'immobile e quindi il clima locale, che influenza la richiesta di energia per la climatizzazione. Questo dato è tenuto conto attraverso i Gradi Giorno.

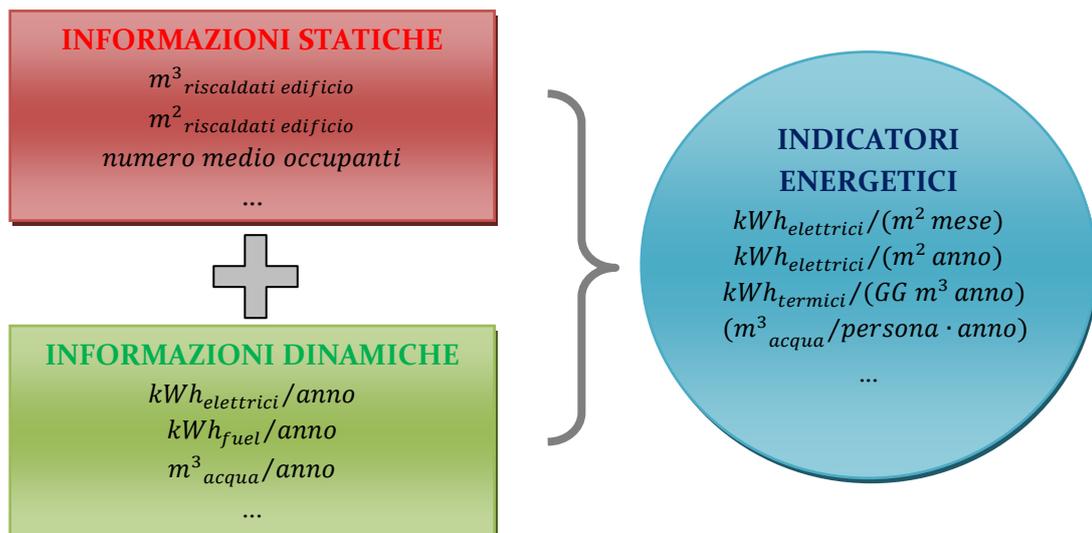


Figura 1. 2 Schema di definizione di indicatori energetici.

Indicatore economico.

Strettamente legato all'aspetto energetico è l'ambito economico: quanto costa economicamente un edificio per mantenere al suo interno delle condizioni di comfort?

Ad ogni vettore energetico "entrante" nell'immobile è associato un costo unitario ($\text{€}/kWh_{\text{elettrico}}$, $\text{€}/Sm^3_{\text{gas}}$, $\text{€}/m^3_{\text{acqua}}$, ...), quindi determinato il consumo di questi vettori si può calcolarne il costo assoluto.

Come per l'aspetto energetico, anche qui si creano degli indicatori economici che permettono un rapido confronto economico con altri immobili o con lo stesso immobile in anni diversi.

Ne sono esempi:

$$\begin{aligned} & \text{€}_{\text{elettrici}}/(m^2 \text{ anno}) \\ & \text{€}_{\text{termici}}/(\text{persona} \cdot \text{anno}) \\ & \text{€}_{\text{acqua}}/(\text{persona} \cdot \text{anno}) \\ & \dots \end{aligned}$$

Inoltre, gli indicatori permettono di valutare qual è il vettore energetico che più pesa economicamente sul comfort dell'immobile.

Indicatore ambientale.

Un tema indiscusso di questi ultimi anni riguarda le emissioni inquinanti. Come tutte le macchine convenzionali che producono un vettore energetico, anche negli edifici sono presenti fonti di emissioni inquinanti: si pensi al gasolio che alimenta una caldaia, al gas metano che alimenta i fornelli della cucina o all'energia elettrica che viene prodotta da combustibili fossili che arriva nelle nostre case.

In modo analogo agli indicatori precedenti, un indicatore numerico di emissioni di CO₂ può essere calcolato con gli appositi coefficienti di emissioni di CO₂ associati ad ogni combustibile. L'indicatore ambientale fornisce un'ulteriore informazione sulle conseguenze dell'uso dell'energia, in termini di CO₂ emessa in atmosfera.

1.5. DALLA CERTIFICAZIONE ENERGETICA AL CATASTO ENERGETICO

Certificazione energetica

Il risultato di una diagnosi energetica è l'attestato di certificazione energetica: un documento redatto da un professionista specializzato, il "certificatore energetico", o da un organismo preposto, sulla base di criteri generali e di apposite metodologie di calcolo che attesta la prestazione e le caratteristiche energetiche di un edificio, in modo da consentire al cittadino una valutazione di confronto di tali caratteristiche rispetto ai valori di riferimento previsti dalla legge, unitamente ad eventuali suggerimenti per il miglioramento della resa energetica dell'edificio.

La certificazione energetica persegue le seguenti finalità ed obiettivi previsti dalla normativa comunitaria recepita dai singoli Stati membri ed anche dall'Italia:

- migliorare la trasparenza del mercato immobiliare mediante dati oggettivi e pubblici delle caratteristiche e delle spese energetiche dell'immobile;
- informare e rendere consapevoli i proprietari degli immobili del costo energetico relativo all'uso del proprio immobile e incentivare così interventi migliorativi dell'efficienza energetica della propria abitazione;
- permettere di ottenere dal fornitore / venditore di un immobile informazioni affidabili e oggettive sui costi di conduzione;
- permettere all'acquirente di poter valutare se gli conviene spendere di più per un immobile migliore dal punto di vista dei costi di gestione e manutenzione;
- sollecitare il confronto tra i produttori ed i progettisti in tema di qualità edilizia offerta;
- permettere ai proprietari che apportano miglioramenti energetici importanti ma poco visibili, come isolamenti termici di muri, tetti, ecc. di veder riconosciuti i loro investimenti;
- definire un indicatore del consumo energetico dell'edificio nell'interesse dell'utente;
- associare il valore dell'edificio nel mercato immobiliare al suo consumo energetico;
- rendere più trasparenti i rapporti con i fornitori di energia e di servizi energetici;
- identificare gli edifici che necessitano di interventi di efficienza più approfonditi;
- fornire elementi per l'implementazione di interventi di risparmio energetico.

L'attestato di certificazione energetica ha validità per dieci anni e deve essere aggiornato quando vi siano interventi che modifichino la prestazione energetica dell'edificio o degli impianti termici.

Il documento è obbligatorio per tutte le categorie di edifici, secondo la seguente scadenza temporale e nei seguenti casi:

- dal 1° settembre 2007:

- edifici di nuova costruzione, interventi di demolizione e ricostruzione in ristrutturazione, ristrutturazioni edilizie superiori al 25%, recupero dei sottotetti a fini abitativi e ampliamenti volumetrici superiori al 20%;
 - per tutti gli edifici, nel caso di trasferimento a titolo oneroso dell'intero che avvenga mediante la cessione di tutte le unità immobiliari che lo compongono effettuata con un unico contratto;
 - a decorrere dal 1° settembre 2007 ed entro il 1° luglio 2010, nel caso di edifici di proprietà pubblica o adibiti ad uso pubblico, la cui superficie utile superi i 1000 m²;
 - per accedere agli incentivi ed alle agevolazioni di qualsiasi natura, sia come sgravi fiscali o contributi a carico di fondi pubblici o della generalità degli utenti, finalizzati al miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio o degli impianti.
- dal 1° gennaio 2008:
- contratti Servizio Energia e Servizio Energia, nuovi o rinnovati, relativi ad edifici pubblici o privati;
- dal 1° luglio 2009:
- trasferimento a titolo oneroso delle singole unità immobiliari.
- dal 1° luglio 2010:
- contratti di locazione, di locazione finanziaria e di affitto di azienda comprensivo di immobili, siano essi nuovi o rinnovati, riferiti a una o più unità immobiliari.

Dal 1° luglio 2009, è d'obbligo allegare l'attestato di certificazione energetica agli atti di trasferimento a titolo oneroso di interi immobili o di singole unità immobiliari, tra i quali rientrano, oltre alla compravendita, la permuta, il conferimento in società, le assegnazioni ai soci in sede di liquidazione; e, comunque, tutte le altre ipotesi che prevedono l'immissione del bene nel mercato immobiliare e la sua successiva commercializzazione.

L'attestato di certificazione energetica (o di qualificazione energetica in caso di carenze normative da parte delle Regioni e delle Provincie) è necessario per accedere alle agevolazioni fiscali in tema di risparmio energetico.

L'ACE contiene dunque tutte le informazioni legate al rendimento energetico, in particolare include:

- a. dati amministrativi:
- riferimento allo schema di certificazione;
 - nome del certificatore;
 - dati identificativi dell'edificio (dati catastali, indirizzo);
 - data di emissione e periodo di validità dell'ace;
 - dati di efficienza energetica dell'edificio;
- b. dati tecnici:
- indicatore globale di prestazione energetica¹¹, normalizzato da consentire il confronto tra diversi edifici;
 - tipo di valutazione energetica (consumi reali o calcolati);
 - valori di riferimento;
 - classe di prestazione energetica presentata su una scala: sono individuate sette classi di prestazione energetica (dalla A alla G). La classe di appartenenza viene definita in relazione alla percentuale di consumo con riferimento al consumo per un edificio di nuova costruzione, considerando i valori delle tabelle valide dal 2010. Se il consumo di progetto è inferiore al 30% del consumo massimo ammesso la classe di appartenenza è la A, per percentuali compresi tra il 30 ed il 70% è di classe B, ecc;
 - informazioni su componenti edilizi e impiantistici;
- c. raccomandazioni per il miglioramento del rendimento energetico in termini di costi-benefici.

Figura 1. 3 Modello di attestato di certificazione energetica adottato in Piemonte.

¹¹ L'Indice globale di prestazione energetica è il fabbisogno energetico annuo per il riscaldamento specifico, che in termini pratici quantifica il consumo dell'edificio permettendo di compiere valutazioni sia tecniche che economiche: è espresso in kWh·m²/a per gli edifici residenziali e in kWh·m³/a per tutte le altre destinazioni d'uso.

Catasto energetico

Per raggiungere obiettivi di risparmio energetico davvero significativi per l'ambiente, per ridurre i rischi connessi alla salute del pianeta e per diminuire le spese di gestione energetica degli edifici pubblici e privati, è necessario un passaggio di scala: dalla certificazione della singola unità immobiliare alla certificazione energetica diffusa.

Tale estensione della procedura di certificazione richiede una riformulazione delle modalità di acquisizione e elaborazione dei dati. Così come per il catasto edile, è necessario costruire un sistema di raccolta e di archiviazione dati efficiente al loro utilizzo: il catasto energetico.

Per catasto energetico s'intende quindi la schedatura dei dati che caratterizzano la prestazione energetica degli edifici di un territorio. Si asserisce che la realizzazione di tale catasto sia fondamentale per dirigere in modo efficace gli impegni tecnico-economici e per controllare nel tempo la corrispondenza fra le attese ed i risultati ottenuti. Inoltre, questo strumento può essere associato al catasto edile, in modo da costruire un'integrazione delle informazioni che descrivono tipologie e proprietà degli immobili.

Tuttavia, come per diverse forme di catalogazione dati, un catasto energetico può presentare una certa complessità di implementazione e gestione, in relazione al numero di informazioni che vengono introdotte e schedate. Ogni amministrazione ha il compito di pianificare la realizzazione di un catasto energetico più o meno articolato e completo, a seconda della grandezza del patrimonio edilizio da censire, dalle competenze disponibili e dalle possibilità tecniche.

L'organizzazione di un catasto energetico deve essere tale da rendere la sua lettura più comprensibile possibile, sia per una semplice conoscenza statistica delle caratteristiche del parco edilizio, sia alla diagnosi più specifica dei problemi energetici di una tipologia edilizia. Ecco quindi che la sua stesura avviene su due livelli:

1. *matrici di sintesi;*
2. *schede di dettaglio.*

Una *matrice di sintesi* è una tabella che riassume gli indicatori fondamentali della prestazione energetica per ogni destinazione d'uso degli edifici; tale matrice permette di descrivere la qualità energetica di un immobile.

Per una maggiore leggibilità, ogni aspetto dell'immobile (dimensione, qualità dell'involucro, qualità degli impianti, consumo) può essere valutato e rappresentato con una classe all'edificio ed esprimendone l'appartenenza mediante un indicatore sintetico, quale un numero o una lettera, quantificabile in modo semplice tale da consentire un giudizio globale sull'edificio per ciascun aspetto considerato. Questa operazione di classificazione permette di semplificare la descrizione delle prestazioni energetiche e di evidenziare in modo immediato i casi più critici sulla matrice di sintesi.

ID	NOME EDIFICIO	COMUNE	CLASSE DIMENSIONALE	CLASSE DI QUALITÀ INVOLUCRO		CLASSE DI QUALITÀ IMPIANTI	CLASSE DI CONSUMO	
				Involucro opaco	Involucro trasparente		Consumo termico	Consumo elettrico
1	Uffici 1	Torino	II	3	3	b	C	B
2	Uffici 2	Torino	I	3	2	a	A	B
3	...	...	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...	...	...

Tabella 1. 2 Esempio di matrice di sintesi degli indicatori di prestazione energetica.

È importante individuare delle classi dimensionali sul parco edilizio, per poter riconoscere in modo immediato i casi che presentano situazioni critiche di maggiore incidenza. L'indice proposto è valutato semplicemente sulla base della superficie riscaldata;

un esempio è di seguito riportato:

CLASSE	SUPERFICIE RISCALDATA
I	$\geq 1000 \text{ m}^2$
II	$500 \text{ m}^2 \div 1000 \text{ m}^2$
III	$\leq 500 \text{ m}^2$

Tabella 1. 3 Esempio di classi dimensionali degli edifici.

La classificazione seguenti si basano sugli aspetti di qualità energetiche degli immobili, attraverso gli indici di qualità dell'involucro, opaco e trasparente, di qualità degli impianti, di consumo. Tali indici possono essere individuati sulla base di elementi quantitativi, oppure, come di seguito riportato, per un livello di prima approssimazione qualitativo.

Gli indici di qualità dell'involucro, degli impianti e di consumo possono essere definiti nel modo seguente:

CLASSE QUALITÀ INVOLUCRO OPACO	1	Involucro isolato (pareti esterne e solaio di copertura)
	2	Involucro parzialmente isolato
	3	Involucro non isolato
CLASSE DI QUALITÀ INVOLUCRO TRASPARENTE	1	Serramenti con prestazioni energetiche buone
	2	Serramenti con prestazioni discrete
	3	Serramenti con prestazioni scarse
CLASSE DI QUALITÀ IMPIANTI	a	Generatore di calore installato dopo l'anno 2000
	b	Generatore di calore installato prima dell'anno 2000
CLASSE DI CONSUMO TERMICO ¹²	A	Edificio con consumo termico molto inferiore alla media dei consumi relativi al campione statistico di riferimento
	B	Edificio con consumo termico inferiore alla media dei consumi relativi al campione statistico di riferimento
	C	Edificio con consumo termico superiore alla media dei consumi relativi al campione statistico di riferimento
	D	Edificio con consumo termico molto superiore alla media dei consumi relativi al campione statistico di riferimento
CLASSE DI CONSUMO ELETTRICO ¹³	A	Edificio con consumo elettrico molto inferiore alla media dei consumi relativi al campione statistico di riferimento

¹² I consumi termici sono misurati sulla stagione di riscaldamento.

¹³ I consumi elettrici sono misurati su base annua.

	B	Edificio con consumo elettrico inferiore alla media dei consumi relativi al campione statistico di riferimento
	C	Edificio con consumo elettrico superiore alla media dei consumi relativi al campione statistico di riferimento
	D	Edificio con consumo elettrico molto superiore alla media dei consumi relativi al campione statistico di riferimento

Tabella 1. 4 Esempio di classi di qualità involucro, impianti e consumo degli edifici.

Per completare una matrice di sintesi, per ciascun edificio si deve allegare una scheda *di dettaglio* contenente indicazioni che descrivono le caratteristiche di prestazione energetica degli immobili. La struttura delle schede può essere impostata in sezioni e sottosezioni.

Ecco una struttura della suddetta scheda.

SEZIONE	SOTTOSEZIONE
A. Anagrafica	a. nome dell'edificio
	b. indirizzo
	c. dati relativi al proprietario e/o all'utilizzatore finale
B. Informazioni generali	a. destinazione d'uso prevalente
	b. anno di costruzione
	c. anno di eventuali ristrutturazioni edilizie interessanti l'involucro e/o gli impianti
	d. profilo di occupazione <ul style="list-style-type: none"> - numero medio di occupanti - numero medio di ore di occupazione giornaliera per ciascuna destinazione d'uso
C. Dati dimensionali	a. superficie riscaldata
	b. volume riscaldato
D. Caratteristiche dell'involucro	a. involucro opaco <ul style="list-style-type: none"> - spessore medio dei muri esterni - presenza/assenza di isolante
	b. involucro trasparente <ul style="list-style-type: none"> - superficie finestrata - tipo prevalente di telaio - tipo prevalente di vetro
	a. tipo di generatore di calore
	b. tipo di combustibile
E. Caratteristiche degli impianti	c. potenza nominale del generatore di calore
	d. anno di installazione del generatore di calore
	e. tipo di contratto di fornitura dell'energia
	f. eventuale presenza di sistemi di raffrescamento estivi
	g. eventuale presenza di sistemi di ventilazione meccanica
	h. eventuale presenza di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili
	F. Consumo di energia primaria per il riscaldamento invernale
	G. Consumo di energia elettrica
H. Consumo di acqua potabile	

Tabella 1. 5 Struttura scheda di dettaglio di un edificio.

Il catasto energetico, come descritto nel paragrafo precedente, costituisce la rappresentazione dello stato di fatto della situazione energetica degli edifici, necessaria per poter formulare un obiettivo di miglioramento. È importante conoscere quanto si consuma e come sono fatti gli edifici e i relativi impianti permette, infatti, di programmare a livello locale azioni migliorative, individuando

una lista di priorità, prevedendo gli effetti e verificando, ad interventi avvenuti, l'efficacia delle azioni intraprese.

Una volta compilata la matrice di sintesi, si ha un quadro riassuntivo della composizione degli edifici per ciascuna destinazione d'uso; si avranno tante matrici quante sono le destinazioni d'uso che compongono il parco edilizio in esame (edifici scolastici, commerciali, residenziali,...). La lettura della matrice di sintesi deve essere svolta in funzione degli obiettivi che il soggetto decisore si propone.

La finalità principale e più diretta del catasto energetico è la pianificazione delle azioni di riqualificazione energetica degli edifici.

Analizzando criticamente la matrice di sintesi, infatti, si può segnalare una lista di priorità di intervento, riconoscendo in prima approssimazione quali interventi occorrono sui singoli edifici. Solo un'analisi più approfondita, mirata sugli edifici energeticamente più critici, potrà definire con esattezza la fattibilità tecnico-economica dell'intervento e a delineare il progetto.

CAPITOLO SECONDO

Prestazioni energetiche reali degli edifici.

Raggiungere i limiti energetici prestazionali è uno degli obiettivi che pone la normativa europea ed italiana. Costruire un edificio nuovo significa progettarlo, sia in termini edilizi quanto impiantistici, nei limiti di consumo energetico. Viceversa, quando si affrontano degli edifici già esistenti (che sono l'80%) è necessario valutare lo "stato di salute di fatto" per poter apportare degli interventi che possano migliorarne le prestazioni energetiche. Nei paragrafi che seguono si mostrano i passi necessari per studiare il comportamento energetico di un edificio.

2.1. MONITORAGGIO

Molteplici sono i motivi che spingono gli operatori energetici ad analizzare il "comportamento" dell'edificio attraverso delle misure, ma una corretta rappresentazione delle grandezze misurate è essenziale e un'uniformità di metodo è auspicabile al fine di descrivere delle quantità confrontabili.

Trattandosi di edifici già esistenti, la tecnica più idonea per la diagnosi è la suddetta "metodologia storicista", attraverso il monitoraggio di dati di consumo reali.

Ma quali sono, dove e con che intervallo di tempo vengono registrati questi consumi?

Lo studio considera tutte le forme di energia presenti sul mercato (energia elettrica, gasolio, metano, carbone, teleriscaldamento e tutte le forme di conversione energetica e di produzione in sito) e l'utilizzo di acqua sanitaria. In una prima analisi sono esclusi i flussi di energia naturale come ad esempio il riscaldamento solare passivo, la ventilazione naturale, il calore generato dagli occupanti mentre tra le grandezze misurabili non compaiono l'umidità relativa interna, il confort ed il consumo di acqua.

Il luogo della misura è scelto sulla base del risultato che si vuole ottenere. Si prenda in considerazione, ad esempio, un edificio scolastico: se si vuole conoscere il consumo di energia elettrica di tutto l'immobile si dovrà utilizzare un contatore generale a monte di tutto il palazzo, ma se si vuole sapere quanta elettricità consuma un singolo laboratorio informatico è necessario installare un contatore subito a monte del locale. È chiaro che le attrezzature di monitoraggio richiedono un costo, quindi è necessario effettuare una prima analisi con le apparecchiature già presenti (come il contatore elettrico o il misuratore di gas dell'edificio) e, in seguito a un primo studio, si può pensare di installare delle altre apparecchiature per controllare i consumi a livello localizzato o con cadenza temporale più stretta.

La frequenza con la quale vengono effettuate le misurazioni varia a seconda del tipo di analisi che si intende realizzare: si identificano due livelli di analisi a seconda del

grado di dettaglio dei risultati e della complessità delle procedure necessarie allo svolgimento delle stesse.

Livello 1. Il primo livello di analisi restituisce i risultati con un passo temporale mensile/annuale in riferimento al complesso di edifici nel suo insieme e principalmente sulla base delle letture del contatore della società che eroga energia. Questo tipo di analisi richiede ridotti sforzi elaborativi, tempi brevi per l'esecuzione delle operazioni ed una contenuta disponibilità economica a fronte di risultati poco dettagliati.

Livello 2. Il secondo livello di analisi permette di dettagliare gli usi energetici specificando le categorie di domanda all'interno delle quali gli usi finali sono inclusi. Una elevata precisione dei risultati richiede altresì l'installazione di sottocontatori e la messa in campo di un Sistema Di Acquisizione Dei Dati composto da sensori e trasduttori in grado registrare i dati con un passo temporale di 15 o 60 minuti.

L'analisi di Livello 1 condotta su strutture nuove richiede un periodo di almeno 1 anno per la raccolta dei dati, mentre svolta per un edificio esistente può completarsi in pochi giorni richiedendo solo i tempi per il reperimento delle informazioni.

Per l'analisi di Livello 2 il periodo di un anno si conta a partire dalla sistemazione in campo degli apparati di misurazione richiedendo pertanto tempi maggiori per lo sviluppo ed il completamento.

2.2. ANALISI DEI DATI

In seguito al reperimento dei dati da monitoraggio è necessario analizzarli, definendo delle quantità energetiche prestazionali, creando un linguaggio comune e stabilendo un terreno di confronto e discussione tra gli analisti. I dati unificati sono poi riportati su grafici per una migliore interpretazione.

Di seguito, la tabella mostra una panoramica delle grandezze misurabili/calcolabili e la loro rappresentazione, sia quelle relative alla geometria dell'edificio e alla sua occupazione, quelle climatiche e quelle energetiche. Queste ultime saranno presenti tutte o in parte a seconda del tipo di impianto di termico presente e a seconda del grado di dettaglio di monitoraggio.

	GRANDEZZA	DESCRIZIONE		UNITA' DI MISURA	RAPPRESENTAZIONE
1	<i>Functional Area</i>	Area funzionale	Zona nella struttura, sia all'interno dell'edificio o all'aperto, dove l'energia è utilizzata in combinazione con una o più attività commerciali	Misurata	m ²
2	<i>Net Interior Floor Area</i>	Superficie orizzontale netta	Superficie interna totale degli spazi di un edificio, misurata dalla superficie interna delle pareti esterne o dalla superficie interna delle pareti in comune con gli edifici adiacenti L'area di colonne e pilastri interni è inclusa in questo dato	Misurata	m ²
3	<i>Net Interior Volume</i>	Volume netto	Volume totale degli spazi di un edificio, misurata dalla superficie interna delle pareti esterne o dalla superficie interna delle pareti in comune con gli edifici adiacenti Il volume di colonne e pilastri interni è incluso in questo dato	Misurata	m ³
4	<i>Average number of occupants</i>	Numero medio di occupanti		Misurata	-
5	<i>Indoor Zone Temperature</i>	Temperatura interna di zona	Temperatura dell'aria all'interno di ciascuna zona dell'edificio che corrisponde alla misura di Uso di energia dell'edificio	Misurata	°C Medie mensili, media annuale e grafici che illustrano i cambiamenti significativi
6	<i>Outdoor Ambient Temperature</i>	Temperatura ambiente esterno	Temperatura ambiente nella struttura che corrisponde alle misure di energia	Misurata	°C Medie mensili e annuali, heating degree-days e cooling degree-days. Per il Livello 1 di analisi questa quantità si determina dalla stazione meteorologica più vicina mentre per analisi di Livello 2 viene misurata in sito
7	<i>Air Distribution Energy Use</i>	Uso di energia per distribuzione dell'aria	Energia di ventilazione usata per la movimentazione dell'aria nell'edificio per il riscaldamento, raffrescamento, ventilazione	Misurata	kWh o Joules Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), valore totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione

8	<i>Heating Energy Use</i>	Uso di energia per riscaldamento	Energia usata da caldaie, scaldabagni, pompe di calore (modalità di riscaldamento), resistenze elettriche o altri dispositivi usati per il riscaldamento dell'edificio	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
9	<i>Cooling Energy Use</i>	Uso di energia per raffreddamento	Energia usata da condizionatori d'aria, chillers, pompe di calore (modalità di raffreddamento), o altri dispositivi come refrigeratori ad assorbimento e ad evaporazione usati per il raffreddamento dell'edificio	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
10	<i>DHW Energy Use</i>	Uso di energia per ACS	Energia usata per il riscaldamento dell'acqua per ogni uso oltre che nei sistemi HVAC o nei carichi di processo	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
11	<i>DHW Load</i>	Carico termico ACS	Energia termica consegnata al sistema di distribuzione dell'ACS	Misurata	Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale
12	<i>DHW System Efficiency = $DHW Load \div DHW Energy Use$</i>	Efficienza del sistema ACS = Carico termico ACS ÷ Uso di energia per ACS	Efficienza del sistema di ACS per la consegna dell'acqua calda	Calcolata	-	Valori mensili e annuali
13	<i>Facade Lighting Energy Use</i>	Uso di energia per l'illuminazione di facciata	Energia usata per l'illuminazione delle superfici esterne dell'edificio	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
14	<i>HVAC Energy Use</i>	Uso di energia per HVAC	= Uso di energia per riscaldamento +Uso di energia per raffreddamento +Uso di energia per distribuzione dell'aria +Trasferimento di stoccaggio a freddo + Altri usi di energia per HVAC. Calorifero, chillers, pompe, ventilatori, pneumatici, controlli e ogni altro carico che costituisce il sistema HVAC	Calcolata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione

15	<i>Other HVAC Energy Use</i>	Altro uso di energia per HVAC	Energia usata dal sistema HVAC che non può essere disaggregata tra il riscaldamento, raffrescamento e la distribuzione dell'aria e gli usi	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
16	<i>Net Facility Energy Use</i>	Usa netto di energia	= Uso totale di energia - Produzione di energia	Calcolata	kWh o Joules	Totale e dettagliato per tipo di combustibile. Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale (Livello 1 o Livello 2); grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione (soltanto Livello 2)
17	<i>Net Facility Load Factor</i>	Fattore netto di carico	= media oraria (Domanda netta di energia elettrica) ÷ Domanda netta di energia elettrica Fattore di carico che rappresenta la media tra la domanda di energia elettrica divisa per il suo picco di domanda	Calcolata	-	Valori mensili e annuali (valori stagionali estivi ed invernali)
18	<i>Outdoor Energy Use</i>	Uso esterno dell'energia	Somma di tutte l'energia consumata presso l'impianto	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
19	<i>Installed Lighting Energy Use</i>	Uso di energia installata per l'illuminazione	Energia elettrica misurata in tutti i circuiti che sono dedicati all'illuminazione per interni, compresa l'energia consumata da lampade, alimentatori, dispositivi di controlli e trasformatori, corretto per eventuali apparecchi di non illuminazione presenti su questi circuiti	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
20	<i>Building Lighting Energy Use</i>	Uso di energia per l'illuminazione	= Uso di energia installata per l'illuminazione + Uso di energia per l'illuminazione da apparecchiatura + Uso di energia per l'illuminazione di facciata	Calcolata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
21	<i>People-Mover Energy Use</i>	Uso di energia per movimentazione persone	L'energia consumata negli ascensori, scale mobili, marciapiedi mobili e altri dispositivi per la movimentazione di persone	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
22	<i>Plug-in Lighting Energy Use</i>	Uso di energia per l'illuminazione da apparecchiatura	Energia consumata in tutte le apparecchiature d'illuminazione per interni che non sono collegati a un circuito di illuminazione dedicato	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione

23	<i>Plug Loads Energy Use</i>	Uso di energia per i carichi elettrici	Energia elettrica misurata in tutti i circuiti che sono dedicati ai carichi a spina, meno energia che è inclusa in un'altra categoria (come Uso di energia di processo o Uso di energia per l'illuminazione da apparecchiatura)	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
24	<i>Process Energy Use</i>	Uso di energia di processo	Energia consumata in un edificio o altrove in una struttura per sostenere un processo di produzione, industriale o commerciale, oltre gli spazi condizionati e mantenuti in condizioni di comfort per gli occupanti	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
25	<i>Building Energy Use</i>	Uso di energia dell'edificio	Energia consumata in un edificio per il riscaldamento, ventilazione e aria condizionata (HVAC), illuminazione per interni, illuminazione di facciata, produzione di acqua calda sanitaria (ACS), carichi a spina, movimentazione di persone e di altri usi energetici dell'edificio, escluso Uso di energia di processo e Perdite di cogenerazione	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
26	<i>Building Energy Use Intensity (BEUI)</i>	Intensità dell'uso dell'energia dell'edificio (BEUI)	= Uso di energia dell'edificio ÷ Area funzionale	Calcolata	kW/m2 o Joules/m2	Valore annuale
27	<i>Other Building Energy Use</i>	Altro uso di energia dell'edificio	Consumo di energia interna che non è inclusa in un'altra categoria sotto Uso di energia dell'edificio, eccetto Uso di energia di processo e Perdite di cogenerazione	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
28	<i>Total Facility Energy Use</i>	Uso totale energia	Energia totale consumata	Misurata	kWh o Joules	Totale e dettagliato per tipo di combustibile. Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale (Livello 1 o Livello 2); grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione (soltanto Livello 2)
29	<i>Building Electrical Demand</i>	Domanda energia elettrica dell'edificio	Picco di domanda elettrica del Uso energia elettrica costruzione durante il mese, come definito nella struttura applicabile elettrico tasso di utilità	Misurata	kW o kVA	Valori mensili, valore massimo annuale dei valori mensili (valori stagionali estivi e invernali) incluso la data e l'ora alla quale i valori di picco si registrano

30	<i>Building Electrical Demand Intensity</i>	Intensità della domanda energia elettrica dell'edificio	= Domanda energia elettrica dell'edificio ÷ Area funzionale	Calcolata	kW/m ² o kVA/m ²	Valori mensili, massimo annuale dei valori mensili (valori stagionali estivi e invernali)
31	<i>Net Facility Electrical Demand</i>	Domanda netta di energia elettrica	Picco di domanda elettrica per l'utilità elettrica durante il mese	Misurata	kW o kVA	Valori mensili, valore massimo annuale dei valori mensili (valori stagionali estivi e invernali) incluso la data e l'ora alla quale i valori di picco si registrano
32	<i>Total Facility Electrical Demand</i>	Domanda totale energia elettrica	Picco di domanda elettrica durante il mese	Misurata	kW o kVA corrisponde nte alla struttura di fatturazione e della società elettrica	Valori mensili, valore massimo annuale dei valori mensili (valori stagionali estivi e invernali) incluso la data e l'ora alla quale i valori di picco si registrano
33	<i>Facility Energy Production</i>	Produzione di energia dall'impianto	Energia totale prodotta presso l'impianto e altri usi presso l'impianto o venduta altrove, escluse le perdite nei sistemi di produzione di energia	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale (Livello1 o Livello2); grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione (soltanto Livello2)
34	<i>Thermal Energy Production</i>	Produzione di energia termica	Energia termica generata presso l'impianto con mezzi, quali il solare termico o geotermica	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione è facoltativo
35	<i>Other Facility Electrical Energy Production</i>	Altra produzione di energia elettrica	Energia elettrica prodotta presso l'impianto con qualsiasi mezzo, da specificare, non compresi in una delle altre categorie in Produzione di energia dall'impianto	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
36	<i>Electrical Generation System Losses</i>	Perdite del sistema di generazione elettrica	Perdite in tutti i componenti elettrici che sono integrati con l'impianto elettrico di generazione, ma non con uno dei componenti del generatore	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione

37	<i>Cold Storage Transfer</i>	Trasferimento di stoccaggio a freddo	Quando positiva, energia termica trasferita tra un componente HVAC (come ad esempio un refrigeratore) e un supporto di stoccaggio termica (come il ghiaccio) per l'utilizzo in una funzione di raffreddamento in un secondo momento. Quando negativo, energia termica trasferita tra il supporto di stoccaggio e un carico di uso finale (come Uso di Energia per raffreddamento)	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
38	<i>Produced Energy Storage Transfer</i>	Trasferimento di energia prodotta stoccata	Energia prodotta presso l'impianto e trasferita a un componente di stoccaggio (se positivo) o trasferita da un componente di stoccaggio ad un uso finale del carico (se negativo)	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
39	<i>Cogeneration Electrical Energy Output</i>	Produzione di energia elettrica da cogenerazione	Energia elettrica prodotta da cogenerazione	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
40	<i>Cogeneration Thermal Energy Output</i>	Produzione di energia termica da cogenerazione	Energia termica prodotta da cogenerazione	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
41	<i>Cogeneration Fuel Use</i>	Uso di combustibile per cogenerazione	Combustibile consumato per sistema di cogenerazione	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
42	<i>Cogeneration Losses</i>	Perdite di cogenerazione	= Uso di combustibile per cogenerazione - Produzione di energia elettrica da cogenerazione - Produzione di energia termica da cogenerazione	Calcolata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
43	<i>PV Energy Production</i>	Produzione di energia fotovoltaica	Energia elettrica prodotta da moduli fotovoltaici, meno le perdite in tutti i componenti che sono parte integrante del sistema fotovoltaico	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione

44	<i>Wind Energy Production</i>	Produzione energia eolica	Energia elettrica prodotta da generatori di turbine eoliche (WTGS) presso l'impianto, meno perdite in tutti i componenti che sono parte integrante del WTGS	Misurata	kWh o Joules	Totali mensili (tabella), medie giornaliere mensili (grafico), totale annuale, grafico del giorno di picco in ciascun periodo di fatturazione
45	<i>Building Purchased Energy Cost</i>	Costo dell'energia acquistata	Quota del Costo netto dell'energia acquistata che corrisponde all'Uso di energia dell'edificio	Calcolata	€/anno	Valori mensili e annuali
46	<i>Building Purchased Energy Cost Intensity</i>	Intensità del costo dell'energia acquistata	Costo dell'energia acquistata ÷ Area funzionale	Calcolata	€/anno/m ²	Valore annuale
47	<i>Net Facility Purchased Energy Cost</i>	Costo netto dell'energia acquistata	Costo monetario di tutta l'energia acquistata per uso presso l'impianto, al netto di eventuali crediti o ricevute per l'energia prodotta presso l'impianto e venduto per uso altrove	Calcolata	€/anno	Valori mensili e annuali dettagliati per tipo di combustibile ed il costo dell'energia elettrica dettagliato in base all'utilizzo e ai prezzi della domanda (tutte le strutture tariffarie dovrebbero essere allegate alla relazione redatta secondo questo procedimento)

Tabella 2. 1 Descrizione grandezze dinamiche e statiche per un'analisi energetica di un edificio.

2.3. ANALISI DI UN COMPLESSO DI EDIFICI

Il primo passo per l'analisi energetica di un complesso di edifici è stabilire chiaramente l'intento dell'analisi specificando i motivi che suggeriscono un'osservazione continua della prestazione energetica dell'edificio. Quindi, conoscere con quali modalità l'energia viene utilizzata all'interno di un parco edilizio, confrontare le modalità d'uso dell'energia in un complesso con quelle di un altro oppure la possibilità di conferire un'etichetta all'edificio per classificarlo o valutarlo dal punto di vista dell'efficienza energetica, sono obiettivi raggiungibili dallo studio.

Confini del sistema

Prima di effettuare l'analisi vera e propria, è necessario stabilire i confini del sistema energetico: si deve valutare, infatti, quali sono le zone degli edifici servite energeticamente e evidenziare i confini dei contatori di energia già presenti.

Livello di analisi

Il passo successivo è valutare il livello di analisi e saranno proprio i contatori energetici a definirlo. In un primo studio, quando si analizzano più edifici di un complesso, si utilizzano i dati energetici forniti da tele-letture o bollette relative a contatori già preesistenti, evitando un costo aggiuntivo di apparecchiature più sofisticate e attendere tempi maggiori per lo sviluppo. È chiaro, quindi, che in un primo momento sarà possibile elaborare uno studio di livello 1, che restituisce i valori mensili ed annuali dell'energia acquistata, della domanda di energia elettrica e termica, dell'energia autoprodotta. Il livello 2, al contrario, che fornisce risultati con un passo temporale dell'ordine dei 15 o 60 minuti può essere utile in un secondo momento: una volta identificato l'edificio/i più critico/i si può pensare di installare in questi un Sistema di Acquisizione Dati per un controllo migliore sul consumo evidenziando meglio quali sono i sintomi e le patologie.

Periodo di analisi

Successivamente, si identifica il periodo di analisi a seconda della disponibilità dei dati: il livello 1 può essere convenientemente condotto con riferimento a uno o due anni più recenti del quale si possiedono le fatturazioni, mentre il livello 2 richiede tempi più lunghi dovuti all'installazione e la messa in funzione del Sistema di Acquisizione Dati, l'anno di riferimento utile è comunque quello più rappresentativo delle reali condizioni di occupazione.

Grandezze di analisi

Attraverso l'analisi di planimetrie e sopralluoghi sugli immobili si possono ricavare le grandezze statiche caratteristiche, mentre a seconda dei contatori disponibili si possono selezionare le quantità energetiche da misurare: di tutte le grandezze

elencate nella *Tabella 2.1* si eliminano le quantità che non si desiderano o non si possono misurare perché non si adattano alle strutture in esame e, viceversa, inserire le quantità prestazionali non previste e non riportate che sono specifiche del caso di studio.

Analisi

L'analisi dei dati di un singolo edificio procede in egual misura per tutti gli edifici del parco edilizio in esame (*CAPITOLO TERZO*).

I dati ricavati dal monitoraggio vengono così elaborati per ottenere grandezze energetiche normalizzate (*Paragrafo 1.4*) e grafici di più semplice interpretazione: si può così evidenziare il paragone di un edificio su anni diversi e un confronto tra gli immobili in modo da valutare quali siano i più critici dal punto di vista energetico, quelli che necessitano in via prioritaria di interventi di riqualificazione energetica. A questo scopo è consigliabile l'utilizzo del METODO DEI QUADRANTI.

Il grafico seguente è stato costruito in modo che sull'asse delle x siano rappresentati i consumi specifici (riferiti all'unità di volume lordo riscaldato) annuali di energia utile misurata durante la stagione di riscaldamento e sull'asse delle y i consumi annuali globali di energia utile misurata durante la stessa stagione per tutti gli edifici del campione. Sul grafico sono state inoltre riportate le linee relative al consumo medio annuale specifico e al consumo medio annuale globale degli edifici in esame. In questo modo il grafico risulta suddiviso in quattro quadranti. Ad ogni quadrante si può abbinare un determinato grado di priorità di intervento di riqualificazione energetica in base al seguente ragionamento: partendo dal riquadro in alto a destra e proseguendo in senso orario si incontra l'area che contiene edifici con priorità di intervento molto alta, media, bassa e alta. La scelta delle priorità è stata fatta poiché se sia il consumo specifico che il consumo totale sono elevati (quadrante in alto a destra) i risultati di un intervento di riqualificazione energetica consentiranno maggiori risparmi energetici e di costo rispetto ad interventi su edifici con elevati consumi specifici ma con consumi totali inferiori alla media (quadrante in basso a destra). Con buona probabilità questo sarà il caso di edifici di piccole dimensioni poco efficienti dal punto di vista della gestione energetica. Nella categoria etichettata come "a priorità alta" (quadrante in alto a sinistra) rientrano invece gli edifici con consumi totali superiori alla media ma con consumi specifici inferiori al valor medio. Si tratta di edifici di grandi dimensioni che presentano una gestione energetica piuttosto efficiente. In questo caso gli interventi di riqualificazione energetica difficilmente consentiranno risparmi come quelli del primo caso analizzato poiché gli edifici sono già efficienti, ma poiché si parla di elevati consumi totali, anche un piccolo risparmio sarà probabilmente superiore al risparmio ottenibile intervenendo sugli edifici con consumi specifici elevati ma consumi totali al di sotto della media (quadrante in basso a destra).

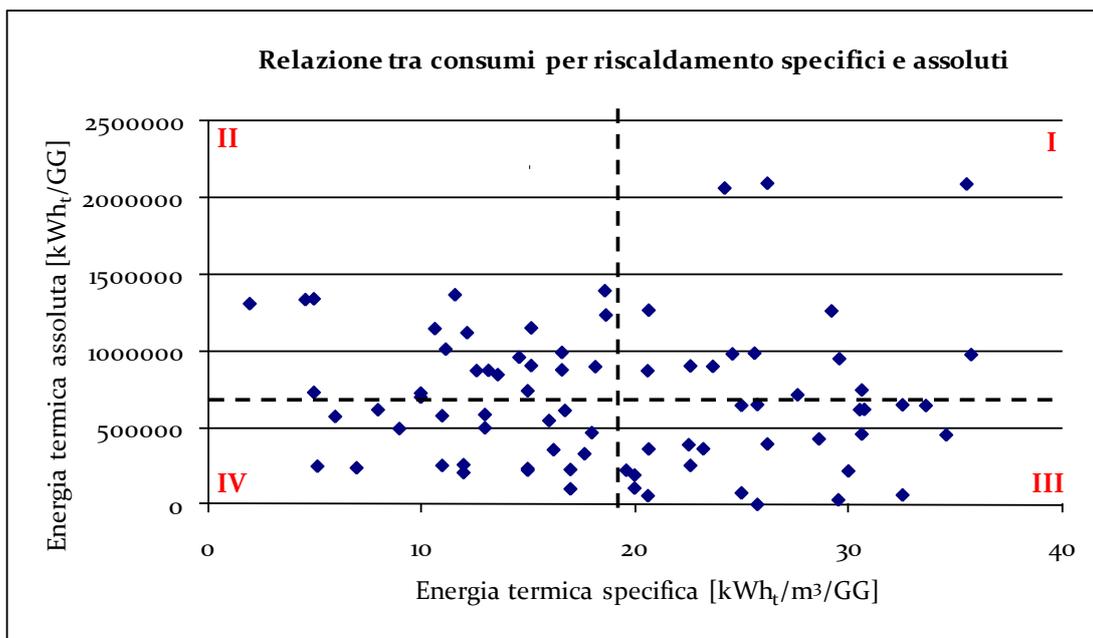


Figura 2. 1 Metodo dei quattro quadranti.

Questo metodo consente l'individuazione immediata degli edifici con elevata priorità d'intervento di riqualificazione energetica. Questo strumento risulta molto flessibile: si può adattare a diversi obiettivi (risparmio energetico, riduzione dei costi, riduzione delle emissioni di CO₂, ecc.) e l'intervallo di tolleranza può essere determinato a piacere semplicemente variando il livello di accettabilità rispetto ai due valori medi.

Questo strumento permette inoltre di poter ipotizzare il risparmio ottenibile intervenendo sugli edifici meno efficienti precedentemente individuati. Si può così effettuare un'analisi costi - benefici di massima che coinvolga tutti gli edifici del parco edilizio riconosciuti come poco efficienti.

La fase successiva risulta quella di auditing energetico approfondito degli edifici etichettati come ad alta priorità d'intervento.

CAPITOLO TERZO

Diagnosi edificio caratteristico

Un'analisi di primo livello può essere sufficiente per una diagnosi di un complesso di edifici di prima approssimazione, che permette in tempi brevi e a basso costo la loro classificazione nei consumi energetici.

Una volta definito il complesso di edifici da analizzare energeticamente, si devono seguire una sequenza di passi utili per caratterizzare uniformemente ciascun edificio.

In questo capitolo si descrivono i passi operativi necessari alla pianificazione di una analisi energetica che ha come obiettivo finale la rappresentazione dei flussi energetici di un edificio caratteristico, attraverso grafici o tabelle.

La programmazione del piano mira a razionalizzare la fase di raccolta e ad acquisire solamente un numero di dati strettamente necessario, ma sufficiente a condurre una analisi adeguata e risultati attendibili.

3.1. IDENTIFICAZIONE GENERALE EDIFICIO

Per prima cosa, è importante stabilire il confine del sistema energetico oggetto di studio; è consigliabile contenere all'interno dei confini del sistema di controllo isolato i componenti che condividono lo stesso contatore di energia. Successivamente si fissano le caratteristiche generali dell'edificio in questione, definendo:

- a. destinazione d'uso;
- b. il numero di Gradi Giorno convenzionali GG_c e la durata convenzionale del periodo di riscaldamento d_c .

Per i confronti tra i consumi di combustibile per il riscaldamento occorre tenere conto delle differenze climatiche delle località in cui sono situati gli edifici in esame. Il valore dei GG_c è definito nell'Allegato A del decreto DPR 412/93, mentre il valore di d_c dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio in esame.

- c. dati dimensionali: il volume lordo riscaldato V e la superficie disperdente S .

A parità di volume riscaldato di due edifici quello che ha una maggiore superficie disperdente consuma necessariamente più energia per il riscaldamento. L'incidenza di questo elemento è notevole per cui il consumo specifico dell'edificio in questione, perché sia comparabile con i consumi di riferimento dell'edificio campione, deve essere normalizzato, rispetto alla forma media di queste ultime, con un fattore che tenga conto della sua forma. Quest'ultima viene espressa

dal rapporto tra la superficie disperdente dell'edificio e il suo volume lordo riscaldato (S/V).

- d. profilo di occupazione, inteso come numero medio di persone che occupano l'immobile.

3.2. IDENTIFICAZIONE IMPIANTISTICA EDIFICIO

Fissato il punto 1, si segue con uno studio impiantistico, che riguarda:

- a. l'impianto elettrico,
- b. l'impianto di riscaldamento,
- c. l'impianto di raffrescamento se presente,
- d. l'impianto di ventilazione,
- e. l'impianto dell'acqua calda sanitaria.

Si deve, quindi, conoscere il tipo di impianto di produzione, il combustibile utilizzato, tipi di terminali, nel modo più completo possibile e verificare la presenza di quali contatori sono presenti e la loro ubicazione.

Al fine di rendere più chiara ed esaustiva la situazione impiantistica, ogni edificio deve essere accompagnato da una rappresentazione grafica degli impianti tecnici con i flussi energetici interessati. Inoltre, ogni contatore presente, deve essere identificato da un numero e colore e rappresentato sullo schema.

Modelli di impianto

Diverse sono le tipologie di impianto di riscaldamento, raffrescamento o climatizzazione di un edificio. Valutare il tipo di impianto, nonché le macchine utilizzate per la produzione e distruzione dei vettori energetici, è importante per individuare i punti di consumo e quindi se la grandezza può essere misurata o calcolata.

Di seguito si mostrano quattro tipologie di impianti termici/frigoriferi di un edificio ad uso scolastico, individuando punti di consumo nella macroscala (edificio nel complesso) e microscala (singolo locale all'interno dell'edificio).

Si illustra prima uno schema di riferimento dell'impianto in oggetto, indicando i vettori energetici, diversificati con un colore, che servono l'edificio/locale e i loro sistemi di produzione. Con un cerchio sono individuati i punti di consumo (cerchi pieni per l'analisi in macroscala e cerchi vuoti per l'analisi in microscala).

In una tabella sono riassunti i punti di consumo, i valori economici, ambientali e le grandezze statiche dell'immobile, per definire gli indicatori prestazionali utili per l'analisi energetica, economica e ambientale.

Infine, ogni modello edificio/impianto è riprodotto con uno schema a blocchi con i rispettivi flussi energetici entranti/uscenti, così come descritto nel *Paragrafo 1.2.*

Di seguito una legenda illustra i simboli utilizzati:

—	EE	kWhe	Energia elettrica
—	FUEL	Sm³	Combustibile
—	HEATING	kWht	Energia termica
—	COOLING	kWht	Energia di raffrescamento
—	DCW	m³	Acqua fredda sanitaria
—	DHW	kWht	Acqua calda sanitaria
—	DHN	kWht	Energia termica da teleriscaldamento
●	n		Punto di misura/calcolo edificio
○	n		Punto di misura/calcolo locale
[]			Zona analisi

Figura 3. 1 Legenda dei simboli utilizzati negli schemi unifilari.

Tipologia 1: Impianto di riscaldamento/raffrescamento a sola acqua.

Nella prima tipologia l'edificio dispone di un impianto di riscaldamento e raffrescamento dell'ambiente a sola acqua.

Nell'esempio in questione, si è ipotizzato che il fluido caldo per il riscaldamento ambiente venga prodotto da una caldaia alimentata a gas, mentre il fluido freddo da un gruppo frigorifero a compressione (chiller) alimentato dall'elettricità proveniente dalla rete nazionale (Figura 3. 2).

La rete elettrica sarà fonte di elettricità per l'illuminazione/prese per l'intero edificio, nonché per gli ausiliari.

L'edificio sarà servito anche da una rete idraulica che trasporta l'acqua potabile/sanitaria.

Contatori di elettricità, di gas, di acqua all'ingresso dell'edificio costituiranno dei punti di misura del consumo dell'intero edificio (punti di misura 1,2,3). I punti (6) e (7) indicano il consumo di energia termica e per raffrescamento totale che potranno essere misurati se si dispongono dei contatori di calore/freddo o nel caso più probabile si calcoleranno note le caratteristiche tecniche della caldaia e chiller.

Qualora si voglia valutare in modo più approfondito il consumo di un singolo locale è necessario installare degli altri apparecchi di misura al suo ingresso (punti di misura del laboratorio di chimica L1, L2, L3, L4,L5) o calcolarlo come il punto L6.

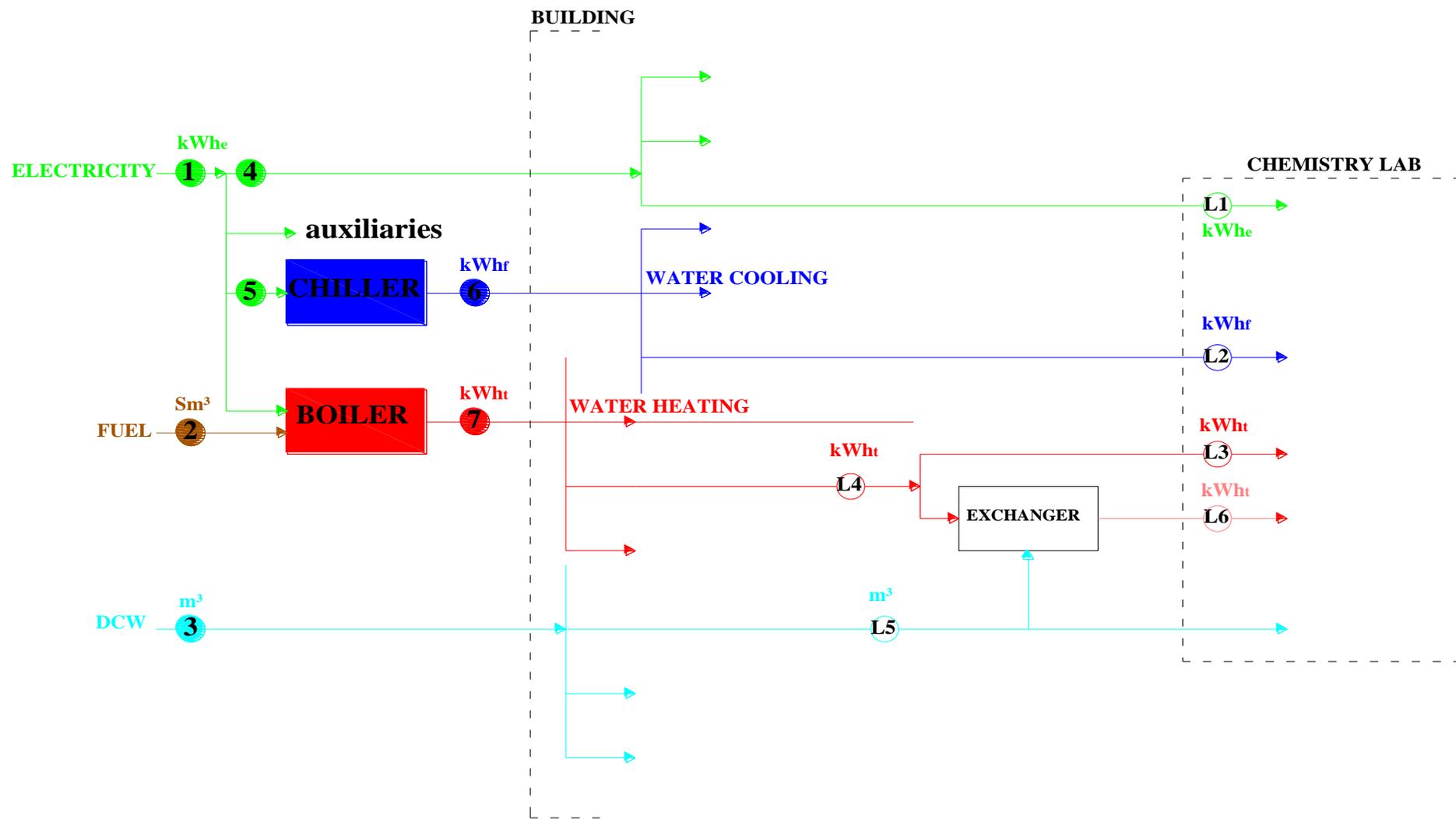


Figura 3. 2 Schema di riferimento tipologia 1: impianto riscaldamento/raffrescamento sola acqua.

	CODICE	ZONA GRANDEZZA	GRANDEZZA	UNITA' DI MISURA	TIPO VALUTAZIONE	FONTE VALUTAZIONE	FREQUENZA MISURA	DISPOSITIVO MISURA
Grandezze STATICHE	-	Edificio	Superficie netta riscaldata	m ²	Misurata	Planimetria	1	-
	-	Edificio	Volume netto riscaldata	m ³	Misurata	Planimetria	1	-
	-	Edificio	Numero medio di occupanti all'anno	-	Misurata	Sopralluogo	1	-
	-	Laboratorio	Superficie netta riscaldata	m ²	Misurata	Planimetria	1	-
	-	Laboratorio	Volume netto riscaldata	m ³	Misurata	Planimetria	1	-
	-	Laboratorio	Numero medio di occupanti all'anno	-	Misurata	Sopralluogo	1	-
	-	Aula informatica	Superficie netta riscaldata	m ²	Misurata	Planimetria	1	-
	-	Aula informatica	Volume netto riscaldata	m ³	Misurata	Planimetria	1	-
	-	Aula informatica	Numero medio di occupanti all'anno	-	Misurata	Sopralluogo	1	-

Grandezze DINAMICHE ENERGETICHE	1	Edificio	Consumo energia elettrica totale (illuminazione, prese, impianti)	kWh	Misurata	Bolletta gas	Mensile/Annuale	Contatore
	2	Edificio	Consumo combustibile generatore	kWh	Misurata	Bolletta ee	Mensile/Annuale	Contatore gas
	3	Edificio	Consumo acqua potabile	m ³	Misurata	Bolletta acqua	Mensile/Annuale	Contatore acqua
	4	Edificio	Consumo energia elettrica (illuminazione e prese)	kWh	Misurata	-	Mensile/Annuale	Contatore
	5	Edificio	Consumo energia elettrica totale (chiller)	kWh	Misurata	-	Mensile/Annuale	Contatore
	6	Edificio	Consumo energia utile per raffrescamento edificio	kWh	Misurata/calcolata	-	Mensile/Annuale	Contatore di freddo
	7	Edificio	Consumo energia termica utile edificio (risc+acs)	kWh	Misurata/calcolata	-	Mensile/Annuale	Contatore di calore
	L1	Laboratorio	Consumo energia elettrica del laboratorio (illuminazione e prese)	kWh	Misurata	-	Mensile/Annuale	Contatore
	L2	Laboratorio	Consumo energia per raffrescamento laboratorio	kWh	Misurata	-	Mensile/Annuale	Contatore

	L3	Laboratorio	Consumo energia termica laboratorio (risc+acs)	kWh	Misurata	-	Mensile/Annuale	Contatore di calore
	L4	Laboratorio	Consumo energia termica laboratorio (solo risc)	kWh	Misurata	-	Mensile/Annuale	Contatore di calore
	L5	Laboratorio	Consumo acqua potabile del laboratorio	m ³	Misurata	-	Mensile/Annuale	Contatore acqua
	L6	Laboratorio	Consumo energia termica laboratorio (solo acs)	kWh	Calcolata	-	Mensile/Annuale	-
	A1	Aula informatica	Consumo energia elettrica (illuminazione e prese) dell'aula informatica	kWh	Misurata	-	Mensile/Annuale	Contatore
	A2	Aula informatica	Consumo energia per raffrescamento aula	kWh	Misurata	-	Mensile/Annuale	Contatore
	A4	Aula informatica	Consumo energia termica aula (solo risc)	kWh	Misurata	-	Mensile/Annuale	Contatore di calore
Grandezze DINAMICHE ECONOMICHE		Edificio	Costo energia elettrica	€	Calcolata	-	Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia primaria termica	€	Calcolata	-	Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia termica	€	Calcolata	-	Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia primaria per raffrescamento	€	Calcolata	-	Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia per raffrescamento	€	Calcolata	-	Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo acqua sanitaria	€	Calcolata	-	Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energetico totale	€	Calcolata	-	Mensile/Annuale	-
Grandezze DINAMICHE AMBIENTALI		Edificio	Emissioni CO ₂ totali	tonnCO ₂	Calcolata	-	Mensile/Annuale	-

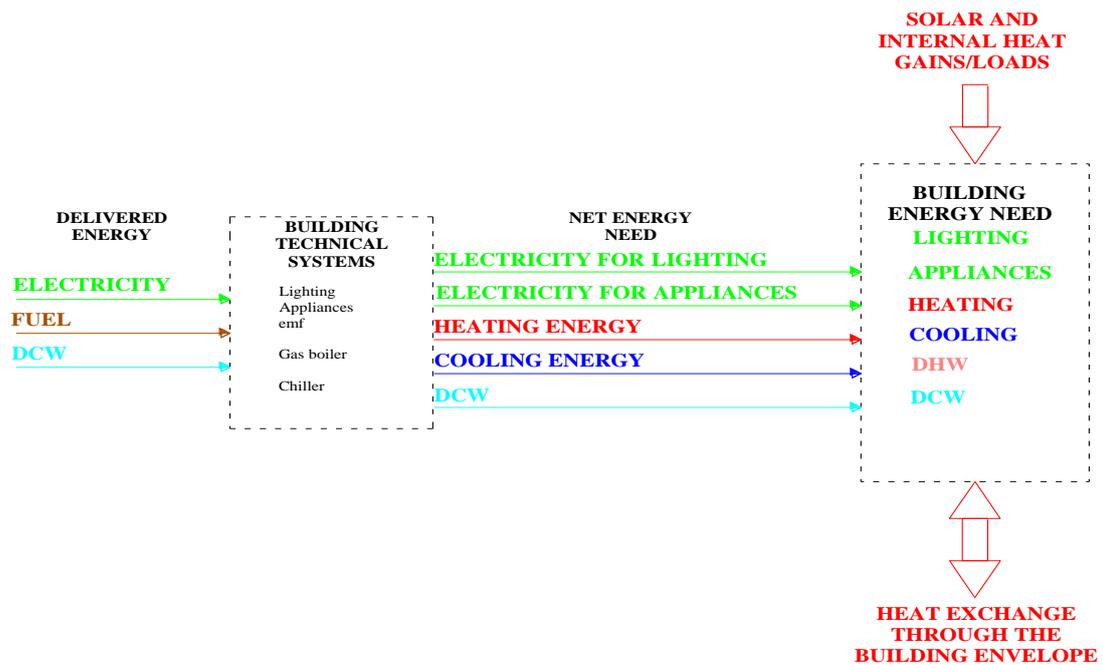


Figura 3. 3 Diagramma a blocchi dei flussi energetici della tipologia 1.

Tipologia 2: Impianto di riscaldamento/raffrescamento a sola acqua con cogenerazione.

La seconda tipologia è una piccola variante della prima: la caldaia è sostituita da un cogeneratore alimentato a gas metano per la produzione simultanea di calore e elettricità (Figura 3. 4).

Il misuratore di portata al punto (2) misura il consumo di gas metano del cogeneratore. Supponendo che questa macchina sia dimensionata per la parte termica, tutta l'energia termica necessaria viene qui prodotta (8). Per la parte elettrica, una quota alimenta il chiller per la produzione di energia di raffrescamento (5); inoltre, l'impianto elettrico sarà connesso alla rete nazionale per consentire le importazioni nei periodi di punta e le esportazioni nelle ore di minore richiesta elettrica. Il contatore (1) misura, quindi, l'energia elettrica prelevata dalla rete a quella prodotta in surplus ed immessa (consegnata) in rete. Un altro contatore (4) definisce poi il consumo di elettricità dell'edificio stesso.

Nell'analisi in microscala, si è preso in considerazione il locale cucina/mensa il quale oltre i consumi individuati nel laboratorio nella prima tipologia, necessita del flusso di gas per i fornelli (punto di misura C6).

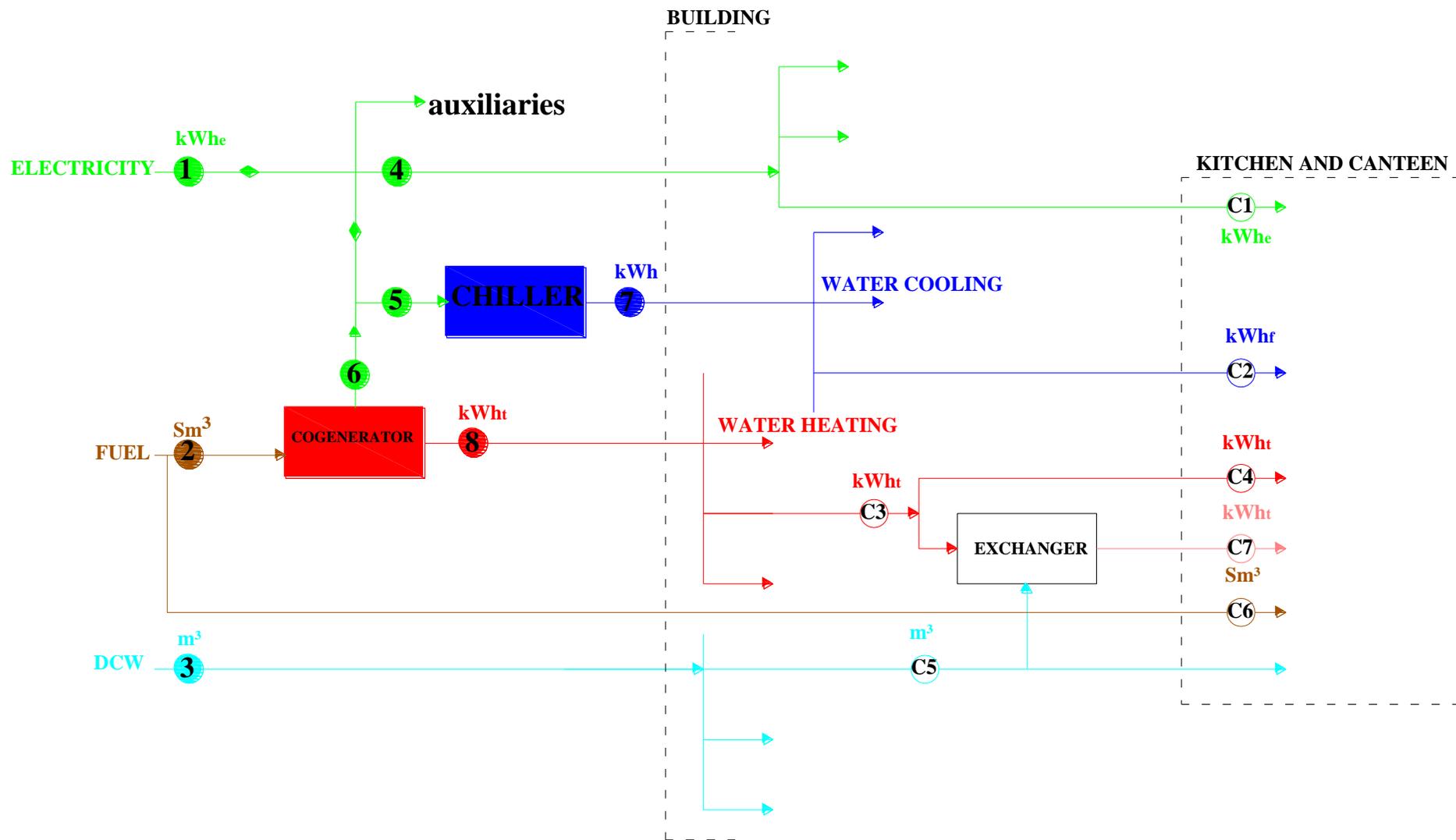


Figura 3. 4 Schema di riferimento tipologia 2: impianto riscaldamento/raffrescamento sola acqua con cogenerazione.

	CODICE	ZONA GRANDEZZA	GRANDEZZA	UNITA' DI MISURA	TIPO VALUTAZIONE	FONTE VALUTAZIONE	FREQUENZA MISURA	DISPOSITIVO MISURA
Grandezze STATICHE		Edificio	Superficie netta riscaldata	m ²	Misurata	Planimetria	1	-
		Edificio	Volume netto riscaldata	m ³	Misurata	Planimetria	1	-
		Edificio	Numero medio di occupanti all'anno	-	Misurata	Sopralluogo	1	-
		Cucina e mensa	Superficie netta riscaldata	m ²	Misurata	Planimetria	1	-
		Cucina e mensa	Volume netto riscaldata	m ³	Misurata	Planimetria	1	-
		Cucina e mensa	Numero medio di occupanti all'anno	-	Misurata	Sopralluogo	1	-

Grandezze DINAMICHE ENERGETICHE	1	Edificio	Consumo energia elettrica totale da rete (illuminazione, prese, impianti)	kWh	Misurata	Bolletta ee	Mensile/Annuale	Contatore
	2	Edificio	Consumo combustibile riscaldamento	kWh	Misurata	Bolletta gas	Mensile/Annuale	Contatore gas
	3	Edificio	Consumo acqua potabile	m ³	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore acqua
	4	Edificio	Consumo energia elettrica (illuminazione e prese)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore
	5	Edificio	Consumo energia elettrica (chiller)	kWh	Misurata	Bolletta acqua	Mensile/Annuale	Contatore
	6	Edificio	Produzione energia elettrica da cogeneratore	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore
	7	Edificio	Consumo energia utile per raffrescamento edificio	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di freddo
	8	Edificio	Consumo energia termica utile edificio (risc+acs)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di calore
	C1	Cucina e mensa	Consumo energia elettrica della cucina/mensa (luce e prese)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore
	C2	Cucina e mensa	Consumo energia utile per raffrescamento cucina/mensa	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di freddo
	C3	Cucina e mensa	Consumo energia termica utile cucina/mensa (risc+acs)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di calore

	C4	Cucina e mensa	Consumo energia termica utile cucina/mensa (solo risc)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di calore
	C5	Cucina e mensa	Consumo acqua potabile della cucina/mensa	m ³	Misurata	Bolletta acqua	Mensile/Annuale	Contatore acqua
	C6	Cucina e mensa	Consumo gas per cucina	kWh	Misurata	Bolletta gas	Mensile/Annuale	Contatore gas
	C6	Cucina e mensa	Consumo gas per cucina	kWh	Calcolata		Mensile/Annuale	-
Grandezze DINAMICHE ECONOMICHE		Edificio	Costo energia elettrica	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia primaria termica	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia termica	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia primaria per raffrescamento	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia per raffrescamento	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo acqua sanitaria	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energetico totale	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
Grandezza DINAMICA AMBIENTALE		Edificio	Emissioni CO ₂ totali	tonnCO ₂	Calcolata		Mensile/Annuale	-

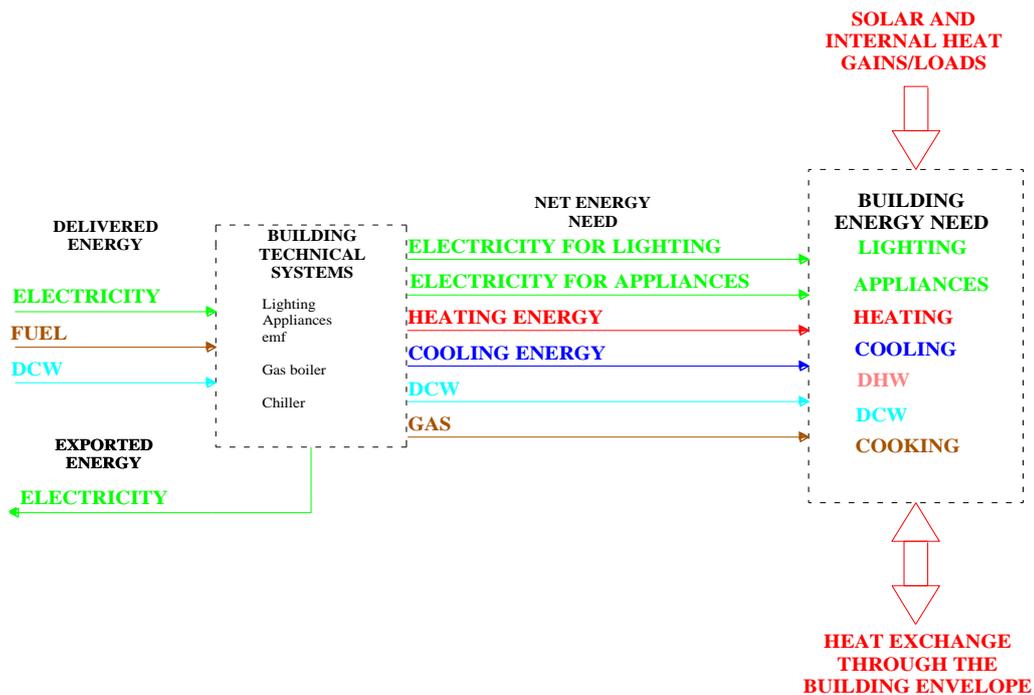


Figura 3. 5 Diagramma a blocchi dei flussi energetici della tipologia 2.

Tipologia 3: Impianto di climatizzazione a tutt'aria con fotovoltaico.

L'impianto di climatizzazione di questa tipologia è a tutt'aria, il cui organo principale è l'Unità di Trattamento Aria (UTA). L'UTA è una macchina complessa che può essere assemblata in base alle caratteristiche di progetto: è costituita, essenzialmente, da una sequenza di sezioni quali, ad esempio, quella filtrante, la sezione di riscaldamento con batteria calda, la sezione di raffreddamento e deumidificazione con batteria fredda, la sezione di post-riscaldamento con una batteria calda, la sezione di umidificazione (ad acqua o a vapore), la sezione di lavaggio, la sezione ventilante di mandata e/o di ripresa.

Ogni sezione richiede dell'energia (Figura 3. 6):

- la sezione di ventilazione richiede dell'energia elettrica che proviene dall'impianto fotovoltaico;
- le batterie calde richiedono energia termica che proviene da una pompa di calore;
- la batteria fredda richiede energia frigorifera prodotta da un condizionatore.

Ipotizzando che l'impianto fotovoltaico sia sovradimensionato, l'energia qui prodotta alimenta la pompa di calore, il condizionatore, gli ausiliari e l'illuminazione/prese dell'edificio, mentre la quota in surplus può essere venduta in rete. In questo caso saranno utili diversi contatori per la misura dell'elettricità prodotta (4), della quota venduta (1), di quella totale consumata (2), di quella che alimenta le macchine per la produzione di caldo e freddo (5) e infine quella utile per l'illuminazione e la forza elettromotrice dell'edificio (6). La produzione di freddo e di caldo, rispettivamente del condizionatore e pompa di calore, dovrà essere misurata con i contatori (7) e (8). Una quota dell'energia termica prodotta dalla pompa di calore sarà, inoltre, necessaria per l'acqua calda sanitaria che alimenta gli scambiatori per ogni locale che ne necessita (9). Per capire quale sia effettivamente l'energia termica e di raffrescamento richiesta dall'edificio si dovrà misurare o in qualche modo calcolare l'energia fornita dal flusso d'aria uscente dall'UTA (10).

Infine, un misuratore di portata (3) potrà calcolare l'acqua sanitaria consumata nell'edificio.

Una microanalisi, localizzata ad esempio in un laboratorio di chimica, richiede rispettivi contatori di energia all'ingresso del locale (L1, L2, L3, L4, L5).

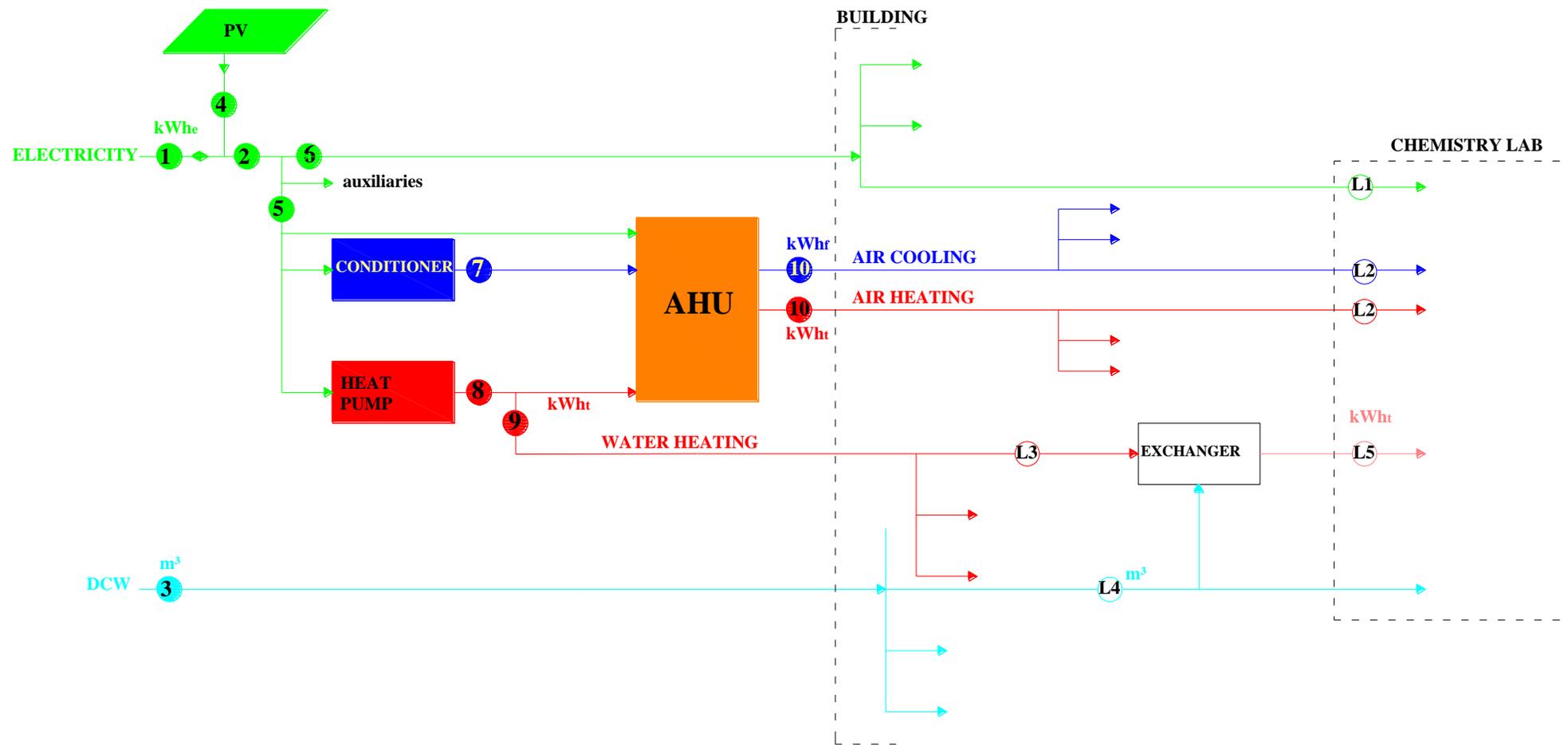


Figura 3. 6 Schema di riferimento tipologia 3: impianto climatizzazione a tutt'aria con fotovoltaico.

	CODICE	ZONA GRANDEZZA	GRANDEZZA	UNITA' DI MISURA	TIPO VALUTAZIONE	FONTE VALUTAZIONE	FREQUENZA MISURA	DISPOSITIVO MISURA
Grandezze STATICHE		Edificio	Superficie netta riscaldata	m ²	Misurata	Planimetria	1	-
		Edificio	Volume lordo riscaldato	m ³	Misurata	Planimetria	1	-
		Edificio	Numero medio di occupanti all'anno	-	Misurata	Sopralluogo	1	-
		Laboratorio	Superficie netta riscaldata	m ²	Misurata	Planimetria	1	-
		Laboratorio	Volume lordo riscaldato	m ³	Misurata	Planimetria	1	-
		Laboratorio	Numero medio di occupanti all'anno	-	Misurata	Sopralluogo	1	-
		Cucina e mensa	Superficie netta riscaldata	m ²	Misurata	Planimetria	1	-
		Cucina e mensa	Volume lordo riscaldato	m ³	Misurata	Planimetria	1	-
		Cucina e mensa	Numero medio di occupanti all'anno	-	Misurata	Sopralluogo	1	-

	CODICE	ZONA GRANDEZZA	GRANDEZZA	UNITA' DI MISURA	TIPO VALUTAZIONE	FONTE VALUTAZIONE	FREQUENZA MISURA	DISPOSITIVO MISURA
Grandezze DINAMICHE ENERGETICHE	1	Edificio	Consumo energia elettrica totale da rete (illuminazione, prese, impianti)	kWh	Misurata	Bolletta ee	Mensile/Annuale	Contatore
	2	Edificio	Consumo combustibile riscaldamento	kWh	Misurata	Bolletta gas	Mensile/Annuale	Contatore gas
	3	Edificio	Consumo acqua potabile	m ³	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore acqua
	4	Edificio	Consumo energia elettrica (illuminazione e prese)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore
	5	Edificio	Consumo energia elettrica (chiller)	kWh	Misurata	Bolletta acqua	Mensile/Annuale	Contatore
	6	Edificio	Produzione energia elettrica da cogeneratore	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore
	7	Edificio	Consumo energia utile per raffrescamento edificio	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di freddo
	8	Edificio	Consumo energia termica utile edificio (risc+acs)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di calore
	L1	Laboratorio	Consumo energia elettrica del laboratorio (illuminazione e prese)	kWh	Misurata	Bolletta gas	Mensile/Annuale	Contatore
	L2	Laboratorio	Consumo energia per raffrescamento laboratorio	kWh	Misurata	Bolletta ee	Mensile/Annuale	Contatore di freddo
	L3	Laboratorio	Consumo energia termica utile laboratorio (risc+acs)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di calore

	L4	Laboratorio	Consumo energia termica utile laboratorio (solo risc)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di calore
	L5	Laboratorio	Consumo acqua potabile del laboratorio	m ³	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore acqua
	C1	Cucina e mensa	Consumo energia elettrica della cucina/mensa (luce e prese)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore
	C2	Cucina e mensa	Consumo energia utile per raffrescamento cucina/mensa	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di freddo
	C3	Cucina e mensa	Consumo energia termica utile cucina/mensa (risc+acs)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di calore
	C4	Cucina e mensa	Consumo energia termica utile cucina/mensa (solo risc)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di calore
	C5	Cucina e mensa	Consumo acqua potabile della cucina/mensa	m ³	Misurata	Bolletta acqua	Mensile/Annuale	Contatore acqua
	C6	Cucina e mensa	Consumo gas per cucina	kWh	Misurata	Bolletta gas	Mensile/Annuale	Contatore gas
	C6	Cucina e mensa	Consumo gas per cucina	kWh	Calcolata		Mensile/Annuale	-
Grandezze DINAMICHE ECONOMICHE		Edificio	Costo energia elettrica	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia primaria termica	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia termica	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia primaria per raffrescamento	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia per raffrescamento	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo acqua sanitaria	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energetico totale	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
Grandezze DINAMICHE AMBIENTALI		Edificio	Emissioni CO ₂ totali	tonnCO ₂	Calcolata		Mensile/Annuale	-

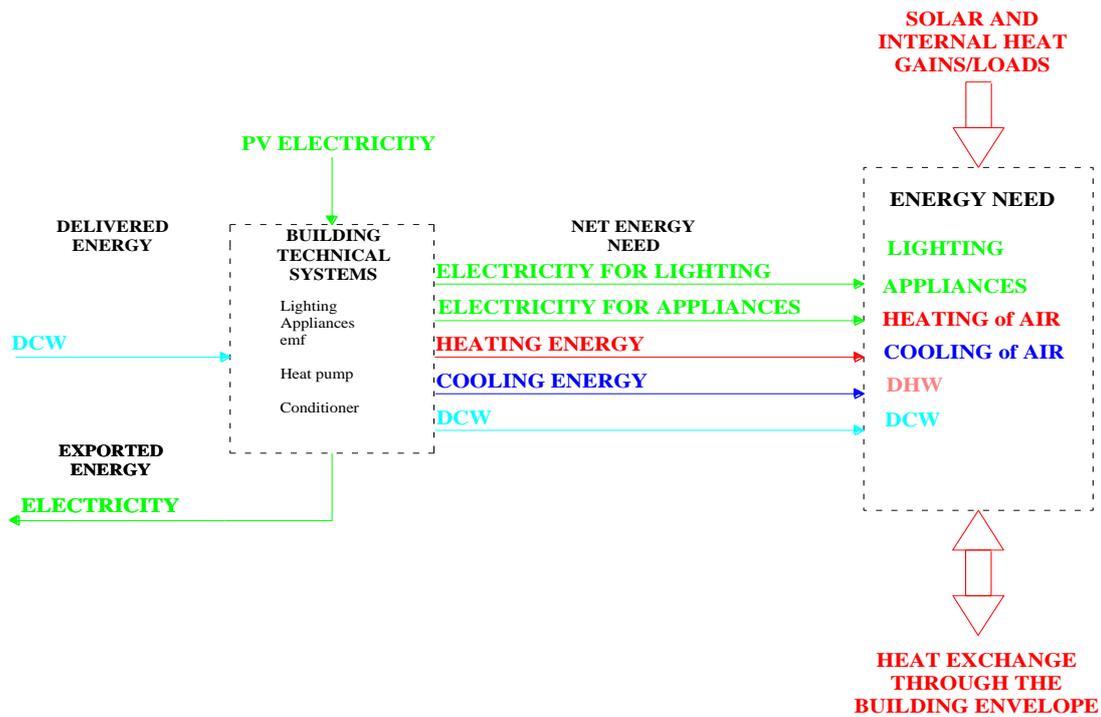


Figura 3. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici della tipologia 3.

Tipologia 4: Impianto di climatizzazione misto con teleriscaldamento.

L'ultima tipologia prevede la climatizzazione attraverso un impianto ad acqua e ad aria. Come nel modello a tutt'aria, sarà ancora presente un'UTA per la produzione di aria climatizzata (9), ma una parte del flusso freddo e caldo che alimentano le batterie dell'Unità è prelevato per servire l'impianto ad acqua (8, 9). Nel modello, il flusso refrigerato (7) è prodotto da un gruppo frigorifero a compressione, mentre quello termico proviene da una rete di teleriscaldamento (2). L'energia elettrica proviene dalla rete nazionale, misurata dal contatore (1), che serve gli impianti di climatizzazione (5) e l'illuminazione per l'edificio (4). Il misuratore di portata (3) rileva la quantità di acqua sanitaria richiesto dall'edificio. La microanalisi, concentrata su un'aula informatica, necessita di rispettivi contatori di energia all'ingresso del locale (L1, L2, L3, L4).

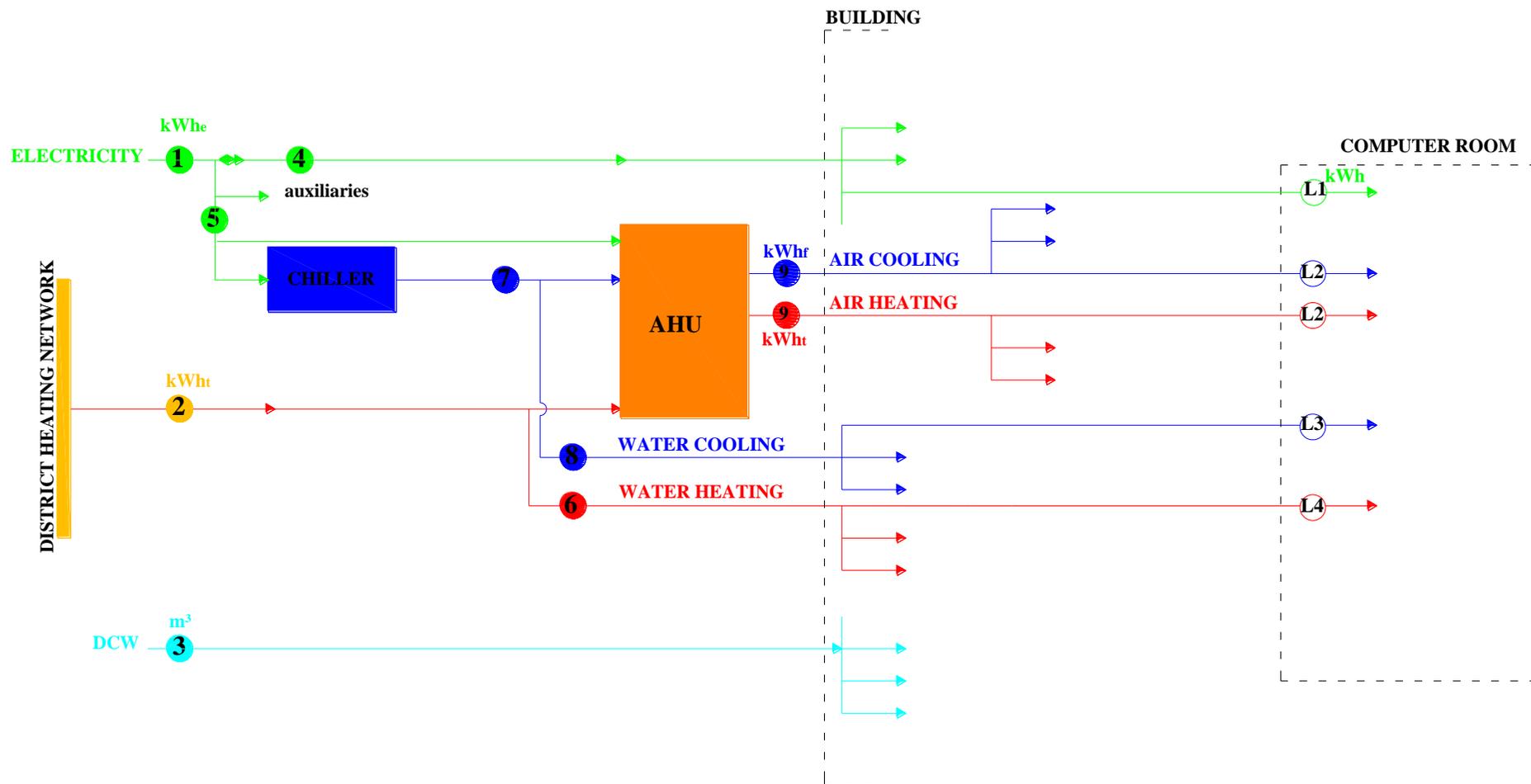
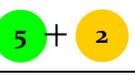
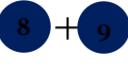
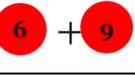


Figura 3. 8 Schema di riferimento tipologia 4: impianto climatizzazione misto con teleriscaldamento.

	CODICE SCHEMA	ZONA GRANDEZZA	GRANDEZZA	UNITA' DI MISURA	TIPO VALUTAZIONE	FONTE VALUTAZIONE	FREQUENZA MISURA	DISPOSITIVO MISURA
Grandezze STATICHE		Edificio	Superficie netta riscaldata	m ²	Misurata	Planimetria	1	-
		Edificio	Volume lordo riscaldato	m ³	Misurata	Planimetria	1	-
		Edificio	Numero medio di occupanti all'anno	-	Misurata	Sopralluogo	1	-
		Aula informatica	Superficie netta riscaldata	m ²	Misurata	Planimetria	1	-
		Aula informatica	Volume lordo riscaldato	m ³	Misurata	Planimetria	1	-
		Aula informatica	Numero medio di occupanti all'anno	-	Misurata	Sopralluogo	1	-

Grandezze DINAMICHE ENERGETICHE		Edificio	Consumo energia elettrica totale (illuminazione, prese, impianti)	kWh	Misurata	Bolletta ee	Mensile/Annuale	Contatore
		Edificio	Consumo acqua potabile	m ³	Misurata	Bolletta acqua	Mensile/Annuale	Contatore acqua
		Edificio	Consumo energia elettrica (illuminazione, prese)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore
		Edificio	Consumo energia elettrica impianti (condizionatore + pompa di calore + UTA)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	
		Edificio	Consumo energie primaria climatizzazione	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore
		Edificio	Consumo energia termica da teleriscaldamento	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di caldo
		Edificio	Consumo energia per raffrescamento per UTA e imp acqua	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di freddo
		Edificio	Consumo energia per raffrescamento per imp acqua	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di freddo
		Edificio	Consumo energia termica per imp acqua	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di caldo
		Edificio	Consumo energia per raffrescamento dell'aria	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di freddo
		Edificio	Consumo energia termica dell'aria	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di caldo
		Edificio	Consumo energia utile per raffrescamento edificio	kWh	Calcolata		Mensile/Annuale	
		Edificio	Consumo energia termica utile edificio	kWh	Calcolata		Mensile/Annuale	

	L1	Laboratorio	Consumo energia elettrica (illuminazione e prese)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore
	L2	Laboratorio	Consumo energia utile per raffrescamento dell'aria	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di freddo
	L2	Laboratorio	Consumo energia termica utile dell'aria	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di caldo
	L3	Laboratorio	Consumo energia utile per raffrescamento acqua	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di freddo
	L4	Laboratorio	Consumo energia termica acqua (solo riscaldamento)	kWh	Misurata		Mensile/Annuale	Contatore di caldo
	L2 + L3	Laboratorio	Consumo energia utile per raffrescamento totale	kWh	Calcolata		Mensile/Annuale	
	L2 + L4	Laboratorio	Consumo energia termica utile totale	kWh	Calcolata		Mensile/Annuale	
Grandezze DINAMICHE ECONOMICHE		Edificio	Costo energia elettrica	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia primaria termica	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia termica	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia primaria per raffrescamento	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energia per raffrescamento	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo acqua sanitaria	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
		Edificio	Costo energetico totale	€	Calcolata		Mensile/Annuale	-
Grandezze DINAMICHE AMBIENTALI		Edificio	Emissioni CO2 totali	tonnCO2	Calcolata		Mensile/Annuale	-

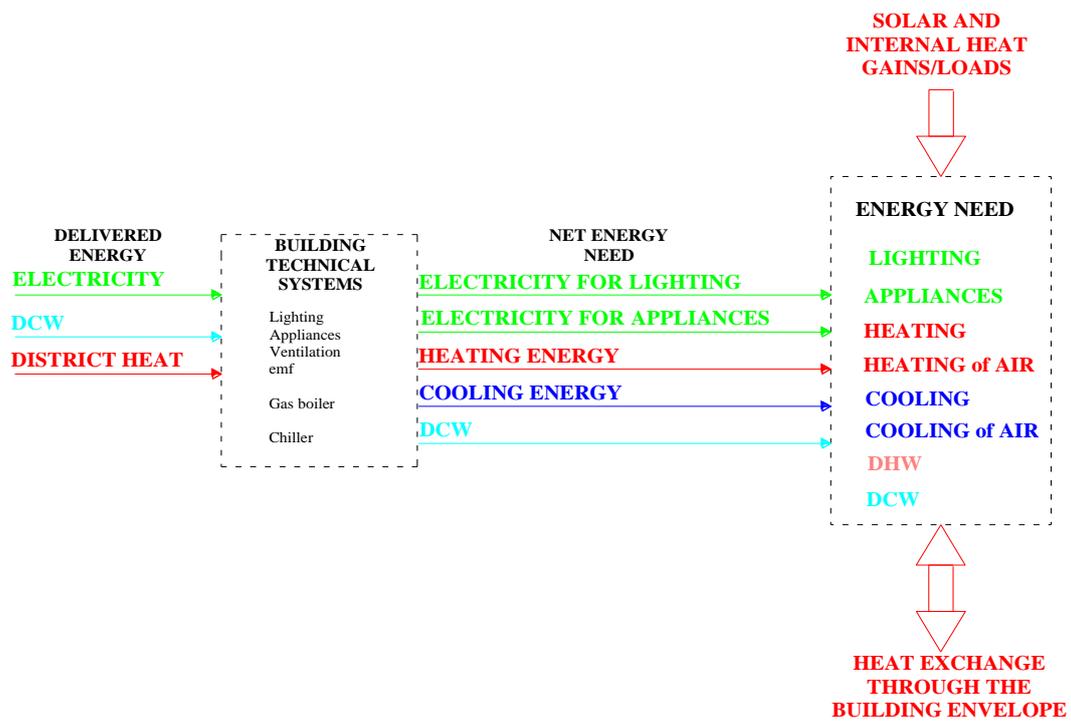


Figura 3. 9 Diagramma a blocchi dei flussi energetici della tipologia 4.

3.3. REPERIMENTO DATI ENERGETICI EDIFICIO

Il passo successivo è reperire i dati energetici di un determinato arco temporale da definire. Preferibilmente, l'analisi viene condotta su un periodo di almeno dodici mesi possibilmente precedenti alla data dello studio per visualizzare l'andamento dei consumi per fasi climatiche e diverse modalità di utilizzo dell'edificio. Per vedere la variazione su cicli temporali simile, sarebbe utile reperire e analizzare dati di consumo su due anni consecutivi.

I valori energetici possono essere raccolti da rilievi telematici e/o bollette.

Nel primo caso il monitoraggio è preciso, perché il dato fornito in un certo arco temporale (solitamente un mese) è quello che effettivamente viene consumato; al contrario se il dato proviene da bolletta non è propriamente corretto, in quanto vengono effettuate delle stime mensili o trimestrali e solitamente solo una volta l'anno si esegue il controllo manuale per effettuare una perequazione.

Quindi, se disponibile è preferibile utilizzare il dato proveniente da tele-lettura, solo in caso contrario si utilizza il dato da bolletta; in ogni caso, si deve verificare quali sono i dati disponibili a quali usi finali si riferiscono e con quale cadenza temporale sono stati acquisiti. Ogni singolo dato deve essere poi riportato in una tabella riassuntiva in kWh.

Consumo energia elettrica

Nella maggior parte dei casi si dispone di un contatore generale elettrico che misura i kWh elettrici (*CE*) entranti nell'edificio, così non è possibile scindere i kWh nei vari usi finali: in questo caso nell'analisi si deve evidenziare questo limite.

Consumo energia termica per riscaldamento

Il primo passo è determinare la durata reale del periodo di riscaldamento (*d*) e il numero di Gradi Giorno effettivi della stessa stagione di riscaldamento *d* (*GG*).

Quando si parla di energia termica per riscaldamento è necessario fare una piccola osservazione. Infatti, nella sua valutazione si deve specificare di quale si tratta: l'energia termica (*CT*) necessaria all'impianto termico per la produzione di quella utile o l'energia termica utile che soddisfa la richiesta, in cui la differenza tra le due è data dal rendimento¹⁴ dell'impianto o dal COP_{pc}¹⁵ nel caso di pompe di calore.

¹⁴ In una conversione di energia il rendimento termodinamico o efficienza termodinamica è il rapporto tra il lavoro compiuto *L* e l'energia fornita al sistema *Q_{ass}*:

$$\eta = \frac{L}{Q_{ass}}$$

È espresso come valore compreso tra zero e uno o sotto forma di percentuale.

¹⁵ L'acronimo inglese COP (Coefficient Of Performance) è tradotto in italiano con l'espressione coefficiente di prestazione, che indica la quantità di lavoro prodotto rispetto all'energia utilizzata.

Il COP di una pompa di calore è definito come il rapporto fra il calore somministrato alla sorgente *Q₁* a temperatura più alta e il lavoro speso *L*:

$$COP_{pc} = \frac{|Q_1|}{|L|}$$

Nel primo livello di analisi normalmente si conosce l'energia primaria. Quando si tratta ad esempio di caldaie si possono conoscere facilmente i m³ di metano/gasolio o ancora i kg di cippato/legna; in questo caso si possono poi ricavare i kWh del combustibile conoscendo il suo potere calorifico. Se si dispone di apparecchiature elettriche per il riscaldamento, quali pompe di calore o stufette elettriche, si possono conoscere i kWh elettrici consumati solo quando sono collegate ad un contatore dedicato. In caso contrario, non si può scindere tale valore dal consumo elettrico totale e quindi valutare qual è il consumo termico dell'edificio. Un altro problema sussiste quando è presente un impianto di teleriscaldamento: infatti, in questi casi si può disporre di un contatore di calore a monte dell'edificio e questo valore rappresenta già l'energia termica utile; se si conoscesse il consumo di combustibile di tale impianto questo sarebbe riferito a tutta la rete di teleriscaldamento e solo una conoscenza sui millesimi di riscaldamento dell'edificio in questione potrebbe definire il consumo di energia primaria termica di quello. Concludendo, per ogni stagione di riscaldamento, si deve, a seconda delle disponibilità, raccogliere:

- i dati consuntivi di consumo di combustibile per il riscaldamento ambientale;
- raccogliere i dati consuntivi di energia termica erogata e i corrispondenti consumi di combustibile nei periodi in cui l'apparecchio di contabilizzazione del calore funziona in modo corretto.

Consumo energia termica per acs

Questo consumo è relativo all'energia necessaria per scaldare l'acqua sanitaria (C_{ACS}). Nella molteplicità dei casi questo tipo di consumo è difficile da definire.

Infatti, se l'impianto di riscaldamento è di tipo combinato non è possibile valutare separatamente l'energia utilizzata per il riscaldamento e per l'acqua calda sanitaria; così se sono presenti dei boiler elettrici non si può definire l'energia elettrica utilizzata per questi se non presente un contatore a loro dedicato.

Consumo energia di raffrescamento

Come nel caso dell'energia termica, anche nel raffrescamento esistono due forme di energia: quella che alimenta l'impianto di raffrescamento e quella utile prodotta da quest'ultimo e che soddisfa la richiesta dell'utente; in questo caso il legame tra le due forme di energia è il COP_f ¹⁶.

¹⁶ Il COP di una macchina frigorifera a compressione è definito come il rapporto fra il calore assorbito dalla sorgente a temperatura più bassa Q_2 e il lavoro speso L :

$$COP_{fcompr} = \frac{|Q_2|}{|L|}$$

Il COP di una macchina frigorifera a compressione è definito come il rapporto fra il calore assorbito dalla sorgente a temperatura più bassa Q_2 e il calore speso Q_1 :

$$COP_{fass} = \frac{|Q_2|}{|Q_1|}$$

Questo tipo di consumo è presente solo quando è presente un impianto di raffreddamento di un edificio e la sua misura può avvenire solo se è presente un contatore subito a monte dell'impianto frigorifero. Nella maggior parte dei casi questo consumo è compreso al consumo elettrico totale dell'edificio.

Consumo di acqua

Questo tipo di consumo non è propriamente energetico, ma è interessante la sua valutazione.

3.4. ANALISI DATI

La tendenza generale è ormai quella di utilizzare come unità di misura dei descrittori il chilowattora [kWh]. Si è verificato, infatti, che le unità di misura dell'energia coerenti con il Sistema Internazionale, cioè il Joule [J] o i suoi multipli [kJ] [MJ], correntemente impiegate per misurare l'energia termica non sono gradite all'utente finale (che peraltro è già abituato a misurare in kWh il consumo di energia elettrica). Per cui, ogni altra misura del dato di consumo è riportata in termini energetici di [kWh] o [MWh].

Analisi energetica

Prima di procedere alla costruzione di grafici è necessario normalizzare i consumi. L'energia elettrica specifica (CE_s) viene calcolata omogeneizzando il valore misurato dal contatore in ingresso all'edificio (CE). L'indice CE_s è definito come il rapporto tra CE e la superficie netta riscaldata S , in modo da valutare per ogni metro quadrato di superficie quanti sono i kWh_e consumati.

$$CE_s = \frac{CE}{S}$$

I consumi termici CT , come quelli per raffrescamento possono essere normalizzati, sia sui Gradi Giorno sia su una dimensione riscaldata dell'edificio (o sulla superficie netta riscaldata o sul volume netto riscaldato). Come afferma la normativa, è preferibile utilizzare una normalizzazione su m² per gli edifici ad uso residenziale, mentre per tutti gli altri una normalizzazione su m³. Nel caso in esame trattandosi prevalentemente di edifici scolastici o uffici i consumi termici vengono quindi standardizzati sul volume riscaldato.

Quindi l'indice di energia termica convenzionale specifica ($CT_{s,c}$) è definito come il rapporto tra il valore misurato di energia termica erogata CT e il volume lordo riscaldato V , riferito al numero di gradi giorno convenzionali del sito (GG_c) e alla durata convenzionale del periodo di riscaldamento (d_c)

$$CT_{s,c} = \frac{CT}{V} \frac{GG_c}{GG} \frac{d_c}{d} \quad 17$$

dove GG e d sono rispettivamente il numero di gradi giorno reali del sito e la durata reale del periodo di riscaldamento a cui l'energia termica erogata CT si riferisce.

Una seconda normalizzazione viene fatta sugli occupanti medi (n° occupanti) dell'edificio; questo permette di valutare quanto energia termica richiede ogni persona.

$$CT_{s,c} = \frac{CT}{n^\circ \text{ occupanti}} \frac{GG_c d_c}{GG d}$$

I consumi dell'acqua calda sanitaria C_{ACS} , sono standardizzati sulle numero delle persone presenti mediamente nell'immobile, ottenendo l'indice specifico convenzionale per l'acqua calda sanitaria $C_{ACS,s,c}$.

$$C_{ACS,s,c} = \frac{C_{ACS}}{n^\circ \text{ occupanti}}$$

Tipo di consumo	Normalizzazione	
Consumo elettrico	kWh _e /m ²	
Consumo termico per riscaldamento	KWh _e /m ² per l'uso residenziale kWh _e /m ³ per tutti gli altri usi	kWh/persona
Consumo termico per acs	kWh/persona	
Consumo per raffrescamento	kWh _f /m ² per l'uso residenziale kWh _f /m ³ per tutti gli altri usi	kWh/persona
Consumo di acqua calda sanitaria	m ³ /persona	

Per ogni edificio, ogni consumo viene riportata su grafici che visualizzano l'andamento mensile su un anno tipo e il confronto su anni diversi attraverso il dato aggregato su ogni anno.

Per il complesso di edifici i consumi simili annuali vengono riportati su uno stesso grafico per effettuare un confronto diretto.

Analisi economica

Con la liberalizzazione del mercato si ha acquisito il diritto ad una libera scelta: si decide di aderire all'offerta di fornitura di un nuovo venditore, cambiare offerta con lo stesso fornitore o mantenere le condizioni contrattuali ed economiche fissate dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas. Inoltre, sono state istituite, oltre la vecchia tariffa monoraria, in cui il prezzo dell'energia elettrica è uguale in tutte le ore del giorno per tutta la settimana, le tariffe multi orarie, in cui il costo dell'energia elettrica varia a seconda della fascia oraria in cui viene consumata. Pagare quindi l'energia consumata non è più solo funzione della quantità, ma dipende anche dal fornitore, dall'ora della giornata e dal giorno della settimana in cui si consuma.

¹⁷ La procedura impiegata per la verifica della congruenza del valore di CT è descritta nella pubblicazione di CORGNATI S. P., CORRADO V., MAGA C., *A methodology for energy assessment of existing buildings using the metered energy consumption*, Plea2004 - The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Eindhoven, The Netherlands, 19-22 September 2004.

Inoltre, nel caso dell'energia elettrica, ogni edificio che oltre che consumatore ne è anche produttore (attraverso un impianto fotovoltaico, a biomasse, CHP, CHCP, ecc.), può essere collegato alla rete nazionale per la vendita sul mercato, attraverso contratti bilaterali, vendita in borsa o ritiro dedicato¹⁸, o per uno scambio sul posto¹⁹.

In entrambi i casi è necessario un bilancio economico per valutare il costo/guadagno:

- Vendita sul mercato:

$$\text{Costo/Guadagno netto}_{ee} = \text{Costo acquisto}_{ee} + \text{Costo produzione}_{ee} - \text{Guadagno vendita}_{ee}$$

In cui:

$\text{Costo acquisto}_{ee}$ = Costo sostenuto per l'acquisto di energia elettrica dalla rete nazionale, calcolato a seconda dell'andamento del mercato.

$\text{Costo produzione}_{ee}$ = Costo sostenuto per la produzione in loco di energia elettrica; tale costo può essere nullo nel caso di fonti energetiche rinnovabili (es. energia solare, energia eolica).

$\text{Guadagno vendita}_{ee}$ = Guadagno dovuto alla vendita di energia elettrica prodotta in loco e immessa in rete nazionale, calcolato a seconda dell'andamento del mercato.

$\text{Costo/Guadagno netto}_{ee}$ = Se il bilancio risulta positivo il produttore locale non è autosufficiente e deve acquistare ancora dell'energia elettrica per coprire i suoi bisogni sostenendo un costo; se il bilancio è negativo il piccolo produttore produce più energia elettrica di quanta ne richiede ottenendo un guadagno dalla vendita del surplus prodotto.

- Scambio sul posto:

$$\text{Costo netto}_{ee} = \text{Costo acquisto}_{ee} + \text{Costo produzione}_{ee}$$

$\text{Costo acquisto}_{ee}$ = Costo sostenuto per l'acquisto di energia elettrica dalla rete nazionale, calcolato a seconda dell'andamento del mercato.

$\text{Costo produzione}_{ee}$ = Costo sostenuto per la produzione in loco di energia elettrica; tale costo può essere nullo nel caso di fonti energetiche rinnovabili (es. energia solare, energia eolica).

¹⁸ Il regime di cessione dell'energia elettrica mediante ritiro dedicato rappresenta una modalità semplificata a disposizione dei produttori per la vendita al GSE (Gestore Servizi Energetici) dell'energia elettrica immessa in rete, in alternativa ai contratti bilaterali o alla vendita diretta in borsa.

¹⁹ Lo scambio sul posto (Del. AEEG n. 74/08) è un servizio che viene erogato dal GSE dal giorno 1° Gennaio 2009 su istanza degli interessati. Consente all'utente che abbia la titolarità o la disponibilità di un impianto, la compensazione tra il valore associabile all'energia elettrica prodotta e immessa in rete e il valore associabile all'energia elettrica prelevata e consumata in un periodo differente da quello in cui avviene la produzione.

Costo netto_{ee} = Se il bilancio risulta positivo il produttore locale non è autosufficiente e deve acquistare ancora dell'energia elettrica per coprire i suoi bisogni sostenendo un costo; se il bilancio è negativo il piccolo produttore produce più energia elettrica di quanta ne richiede, senza ottenere però un guadagno dalla cessione in rete.

L'analisi economica viene eseguita in modo singolare su ogni consumo, energia elettrica, termica, di raffrescamento, di acs e acqua sanitaria, e nella loro globalità, per avere così anche una visione su quanto pesa economicamente ogni consumo sul totale.

Analisi ambientale

Un approccio di conversione è applicato per trasformare diverse fonti di energia nello stesso tipo equivalente, in modo che possano essere accumulate e confrontate. Esistono vari metodi con fattori di conversione distinti basati su principi diversi che possono condurre a differenze significative: scopi diversi necessitano approcci di conversione diversi.

Esistono quattro principali approcci di conversione dell'energia:

- 1) approccio nel valore calorifico;
- 2) approccio nell'energia elettrica equivalente;
- 3) approccio nell'energia primaria;
- 4) approccio nella CO₂ equivalente.

In un'analisi di tipo ambientale è utile verificare sia la quantità di energia primaria effettivamente utilizzata per soddisfare i bisogni di un edificio, nonché la quantità di CO₂ prodotta, che contribuisce all'inquinamento ambientale. I due approcci che seguono sono descritti nella normativa europea²⁰.

APPROCCIO NELL'ENERGIA PRIMARIA

Ogni forma di energia viene convertita in energia primaria come il carbone o il petrolio. Per chiarire, la lettera "p" dovrebbe essere usata come pedice per identificare l'energia primaria, mentre come unità di misura normative passate suggeriscono "chilogrammi di carbone standard equivalente" o "chilogrammi di petrolio standard equivalente". Tuttavia, tali unità sono consigliabili quando si tratta di valori estremamente grandi, nel caso di consumi relativi a edifici i valori sono più bassi e i kWh_p sono più opportuni.

L'approccio di energia primaria rende possibile la semplice aggiunta di diversi tipi di energie (per esempio, termica ed elettrica), in quanto l'energia primaria comprende la loro produzione e le perdite della catena energetica intero di trasporto e distribuzione, comprese quelle situate al di fuori del confine del sistema edificio. Queste perdite e/o possibili guadagni sono inclusi nel fattore di energia primaria.

²⁰ prEN 15603 "Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy ratings".

L'energia primaria E_p è calcolata dall'energia erogata ed esportata per ogni vettore energetico:

$$E_p = \sum (E_{del,i} f_{p,del,i}) - \sum (E_{exp,i} f_{p,exp,i})$$

dove

$E_{del,i}$ è l'energia erogata per vettore energetico i ;

$E_{exp,i}$ è l'energia esportata per vettore energetico i ;

$f_{p,del,i}$ è il fattore di energia primaria per il vettore energia erogata i ;

$f_{p,exp,i}$ è il fattore di energia primaria per il vettore energia esportata.

I due fattori, $f_{p,del,i}$ e $f_{p,exp,i}$ possono essere gli stessi.

APPROCCIO NELLA CO₂ EQUIVALENTE

L'energia può anche essere contata a seconda della quantità di emissioni di CO₂.

La massa di CO₂ emessa è calcolata dall'energia erogata ed esportata per ogni vettore energetico:

$$m_{CO_2} = \sum (E_{del,i} K_{del,i}) - \sum (E_{exp,i} K_{exp,i})$$

dove

$E_{del,i}$ è l'energia erogata per vettore energetico i ;

$E_{exp,i}$ è l'energia esportata per vettore energetico i ;

$K_{del,i}$ è il fattore di emissione di CO₂ per il vettore energia erogata i ;

$K_{exp,i}$ è il fattore di emissione di CO₂ per il vettore energia esportata.

I due fattori, $K_{del,i}$ e $K_{exp,i}$ possono essere gli stessi.

Per i fattori di conversione succitati si fa riferimento all'allegato E della prEN 15603 "Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy ratings".

	Primary energy factors		CO ₂ production coefficient
	f _p		K
	Non-renewable	Total	kg/MWh
Fuel oil	1,35	1,35	330
Gas	1,36	1,36	277
Anthracite	1,19	1,19	394
Lignite	1,4	1,4	433
Coke	1,53	1,53	467
Wood shavings	0,06	1,06	4
Log	0,09	1,09	14
Beech log	0,07	1,07	13
Fir log	0,1	1,1	20
Electricity from hydraulic power plant	0,5	1,5	7
Electricity from nuclear power plant	2,8	2,8	16
Electricity from coal power plant	4,05	4,05	1340
Electricity Mix UCPTe	3,14	3,31	617

Tabella 3. 1 Fattori di conversione per l'energia primaria e CO₂ equivalente per alcuni combustibili.

Per ciascuno dei due approcci si normalizza il valore ottenuto di energia primaria e di CO₂ equivalente sulla superficie dell'edificio (o al volume dell'edificio) e al numero di occupanti, in modo da poter poi comparare le grandezze di un edificio con gli altri dell'intero complesso edilizio.

CAPITOLO QUARTO

L'Università di Torino

L'Università degli Studi di Torino è uno dei più antichi Atenei italiani, risale infatti al 1404 e vanta più di 600 anni di attività. In un arco temporale così lungo, la società si è trasformata notevolmente e con essa l'ambiente al suo interno. Così, anche nell'ambito universitario italiano, sono subentrati cambiamenti normativi, che hanno superato il sistema precedente, creando l'attuale nuovo quadro formativo caratterizzato dalla diversificazione dell'offerta didattica con due livelli di laurea, dottorati, scuole di specializzazione e master, con conseguenze notevoli sull'organizzazione di un moderno Ateneo che coinvolge ogni suo aspetto, dalla didattica alla ricerca, dall'amministrazione alla logistica. Con queste premesse l'attività edilizia al servizio del sistema universitario ha cambiato abito: logiche di flessibilità e di gestione efficiente hanno privilegiato sulla rappresentatività e staticità del passato.

4.1. PARCO EDILIZIO DELL'UNIVERSITÀ DI TORINO

L'Università degli Studi di Torino è una grande realtà di decine e decine di migliaia di studenti, ricercatori, docenti, personale tecnico amministrativo, ma è anche una grande realtà di strutture di edifici dislocati su tutto il territorio cittadino e regionale.

L'Università di Torino ha utilizzato fin dalla sua creazione, per le sue attività, immobili messi a disposizione da altri Enti Pubblici. Il Demanio statale, la Provincia di Torino e la Città di Torino hanno fornito il nucleo più importante delle sedi universitarie, a partire dal Rettorato, per arrivare all'asse di Via Giuria, al complesso iniziale di Grugliasco, a Palazzo Campana, per citare qualche immobile significativo. Solo più recentemente l'Ateneo è diventato proprietario di alcuni immobili, per acquisto o nuova realizzazione. Alla fine degli anni Novanta, poi, è stato approvato un Piano edilizio decennale, che riassume diverse elaborazioni sviluppate dalle istanze culturali provenienti dall'interno dell'Ateneo e dal territorio.

Il parco edilizio dell'Ateneo racchiude anni di storia. Gli attuali edifici più antichi risalgono al XVII secolo e mentre alcuni sono stati progettati con lo scopo di accogliere strutture universitarie, altri no, che solo in un secondo momento hanno subito una riconversione. Infatti, in ragione della continua crescita d'iscritti e di attività di didattica e di ricerca, l'Università, si è ingrandita nel corso degli anni e si sta tuttora ingrandendo, attraverso l'ampliamento degli insediamenti attuali: numerosi sono i casi di riconversioni di vecchie industrie ormai dismesse, di conventi, di strutture alberghiere o casi di nuova costruzione per ospitare facoltà ed uffici. Un esempio è il caso della Vetreria Berruto nella Contrada di Po a Torino: nel

1747, la sua attività di lavorazione del vetro e cristallo è stata trasferita a Chiusa Pesio nel Cuneese e l'unità immobiliare in seguito a passaggi di proprietà è stata finalmente acquistata dall'Università nel 1999; con ulteriori restauri l'edificio è ora sede per le facoltà ed uffici per il Dipartimento di Orientalistica.

Di formazione più recente sono gli immobili di proprietà dell'Ateneo che ha progettato di realizzare a scopo puramente universitario: è un caso quello di Palazzo Nuovo a Torino che ospita la sede delle Facoltà Umanistiche realizzato nel 1957.

La parte più consistente degli insediamenti dell'Università è attualmente situata nell'area di Torino, mentre lo sviluppo recente si è orientato soprattutto verso l'area metropolitana, Grugliasco per il Polo dell'Area Scientifica e Tecnologica ed Orbassano per parte del Polo dell'Area Sanitaria.

Inoltre, l'Ateneo è già da tempo presente sul territorio piemontese, in particolare nelle province di Torino, Cuneo, Asti, Biella, Verbano-Cusio-Ossola, attraverso la realizzazione di sedi decentrate di corsi di laurea, che risultano rispondere ad una domanda locale crescente, motivata dalle profonde trasformazioni socio economiche della Regione Piemonte ed in grado di alimentare strutture tendenti alla specializzazione e all'eccellenza. Per l'attuazione del decentramento della attività didattiche e scientifiche dell'Università di Torino, in particolare del territorio della provincia di Cuneo, gli impegni dell'Ateneo e degli Enti Locali hanno reso possibile, anche attraverso finanziamenti statali e contributi di Fondazioni bancarie, la realizzazione di insediamenti in immobili opportunamente ristrutturati ed adeguati alle specifiche esigenze universitarie.

Ad oggi, l'Università svolge la propria attività in circa 120 edifici di cui un terzo di proprietà, altri in concessione d'uso gratuito e perpetuo dal Demanio, altri ancora in concessione d'uso gratuito temporaneo dagli Enti Locali ed una quarantina in affitto. A questi ultimi non si fa che cenno cursorio a causa del loro carattere di transitorietà, seppur alcuni rivestano un particolare significato istituzionali.

Sulla mappa di Torino e limitrofi che segue, vengono evidenziati gli edifici utilizzati dall'Università e quelli in progetto di realizzazione tra 1960 e il 2007.

Destinazione d'uso

L'Università offre percorsi di studio di primo e secondo livello e corsi di dottorato che coprono tutti i campi del sapere ed aprono molteplici possibilità di formazione e sbocco professionale su standard di studio elevati e di eccellenza, così organizzati:

13 Facoltà:

- Facoltà di Agraria
- Facoltà di Economia
- Facoltà di Farmacia
- Facoltà di Giurisprudenza
- Facoltà di Lettere e Filosofia
- Facoltà di Lingue e Letterature Straniere
- Facoltà di Medicina e Chirurgia
- Facoltà di Medicina e Chirurgia "San Luigi Gonzaga"
- Facoltà di Medicina Veterinaria
- Facoltà di Psicologia
- Facoltà di Scienze della Formazione
- Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali
- Facoltà di Scienze Politiche

5 Scuole Universitarie:

- Scuola di Amministrazione Aziendale
- Scuola Universitaria Interfacoltà in Scienze Motorie
- Scuola Universitaria Interfacoltà in Scienze Strategiche
- Scuola Universitaria Interfacoltà per le Biotecnologie.

55 dipartimenti:

- Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio
- Dipartimento di Anatomia, Farmacologia e Medicina Legale
- Dipartimento di Biologia Animale e Dell'uomo
- Dipartimento di Biologia Vegetale
- Dipartimento di Chimica Analitica
- Dipartimento di Chimica Generale e Chimica Organica
- Dipartimento di Chimica Inorganica, Fisica e Dei Materiali
- Dipartimento di Colture Arboree
- Dipartimento di Diritto Dell'economia
- Dipartimento di Discipline Artistiche, Musicali e Dello Spettacolo
- Dipartimento di Discipline Ginecologiche e Ostetriche
- Dipartimento di Discipline Medico Chirurgiche
- Dipartimento di Economia "S. Cogne De Martiis"
- Dipartimento di Economia Aziendale
- Dipartimento di Economia Ed Ingegneria Agraria, Forestale Ed Ambientale
- Dipartimento di Filologia, Linguistica e Tradizione Classica "Augusto Rostagni"
- Dipartimento di Filosofia
- Dipartimento di Fisica Generale
- Dipartimento di Fisica Sperimentale
- Dipartimento di Fisica Teorica
- Dipartimento di Fisiopatologia Clinica

Dipartimento di Genetica, Biologia e Biochimica
 Dipartimento di Informatica
 Dipartimento di Matematica "Giuseppe Peano"
 Dipartimento di Medicina Ed Oncologia Sperimentale
 Dipartimento di Medicina Interna
 Dipartimento di Morfofisiologia Veterinaria
 Dipartimento di Neuroscienze
 Dipartimento di Orientalistica
 Dipartimento di Patologia Animale
 Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia Ed Ecologia
 Dipartimento di Psicologia
 Dipartimento di Sanità Pubblica e di Microbiologia
 Dipartimento di Scienza e Tecnologia del Farmaco
 Dipartimento di Scienze Antropologiche, Archeologiche e Storico Territoriali
 Dipartimento di Scienze Biomediche Ed Oncologia Umana
 Dipartimento di Scienze Cliniche e Biologiche
 Dipartimento di Scienze del Linguaggio e Letterature Moderne e Comparete
 Dipartimento di Scienze Dell'educazione e Della Formazione
 Dipartimento di Scienze Della Terra
 Dipartimento di Scienze Economiche e Finanziarie "G. Prato"
 Dipartimento di Scienze Giuridiche
 Dipartimento di Scienze Letterarie e Filologiche
 Dipartimento di Scienze Merceologiche
 Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Petrologiche
 Dipartimento di Scienze Oncologiche
 Dipartimento di Scienze Pediatriche e Dell'adolescenza
 Dipartimento di Scienze Sociali
 Dipartimento di Scienze Zootecniche
 Dipartimento di Statistica e Matematica "Diego De Castro"
 Dipartimento di Storia
 Dipartimento di Studi Politici
 Dipartimento di Traumatologia, Ortopedia e Medicina del Lavoro
 Dipartimento di Valorizzazione e Protezione Delle Risorse Agroforestali
 Dipartimento Interateneo Territorio

La maggior parte degli immobili occupati dall'Università e dislocati su tutto il territorio piemontese sono dedicati esclusivamente ad attività scolastiche e/o amministrative e sono sedi di facoltà o scuole. Sono esempi l'Istituto di Fisica, sede dei tre Dipartimenti dell'Istituto Físico della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali o il Polo Scientifico di Grugliasco sede delle Facoltà di Agraria e di Medicina Veterinaria.

Un'altra parte di edifici, invece, è destinata ad uso parzialmente universitario: residenze per studenti con attività di locazione, ospedali, luoghi di manifestazione e spettacolo. Ne sono esempi, il Palazzo degli Stemmí, sede di alcuni Uffici Amministrativi e Tecnici dell'Università degli Studi di Torino, di una residenza per

studenti e professori fuori sede e di alcuni negozi o il San Luigi Gonzaga di Orbassano, un'azienda ospedaliero - universitaria.

A causa delle diversità di materie i sottosettori di edificio sono completamente differenti, quanto per dispositivi tecnologici tanto per consumo energetico. Si pensi, ad esempio, alla Facoltà di Medicina e Chirurgia che è situata presso l'ospedale, all'interno saranno presenti innumerevoli apparecchi medici che a Palazzo Nuovo, sede della Facoltà delle Materie Umanistiche non ci sono. Inoltre, da non sottovalutare è il sistema di condizionamento e ventilazione all'interno di un ospedale deve essere assolutamente controllato nel modo più rigoroso possibile.

4.2. DIAGNOSI EDIFICI CAMPIONE

Il progetto di riqualificazione energetica dell'UniTo in esame è realizzato mediante la collaborazione della Divisione Edilizia e Grandi Infrastrutture dell'Università che gestisce e controlla tra l'altro il sistema impianti termici e il consumo energetico degli edifici del parco edilizio.

In particolare, si dispone dei consumi elettrici mensili di 63 edifici nel Comune e Provincia di Torino e di questi solo 21 consumi termici per l'intera stagione di riscaldamento. Inoltre, non si conoscono le caratteristiche tecniche di questi edifici se non di nove, di cui si dispongono le schede tecniche.

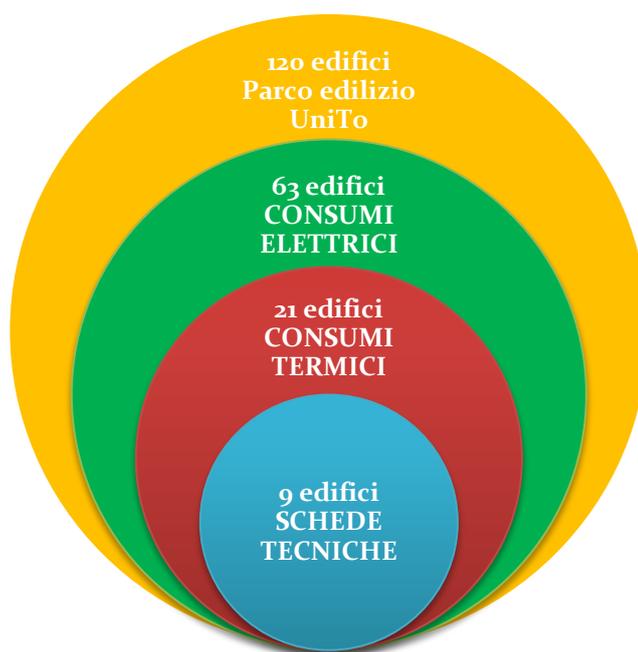


Figura 4. 2 Dati energetici disponibili del Parco edilizio UniTo.

L'obiettivo di questa relazione è predisporre la struttura generale di un catasto energetico affinché vengano poi caricati tutti gli edifici.

L'analisi, quindi, si potrà concentrare su quegli immobili di cui si dispongono le schede tecniche ed estendendo lo studio su altri dodici edifici di cui sono noti i consumi sia elettrici e termici e ricavare le caratteristiche geometriche, occupazionali e impiantistiche attraverso l'elaborazione di planimetrie e

sopralluoghi. In questo modo, si otterrà la struttura base di un catasto energetico di ventuno edifici che sarà di supporto per il caricamento dei consumi degli altri edifici del Parco UniTo.

I ventuno edifici sono i seguenti:

1. RETTORATO - Via Verdi 8 – Via Po 17, Torino
2. PALAZZO CAMPANA - Via Carlo Alberto 8,10, Torino
3. PALAZZO DEGLI STEMMI - Via Po 29,31,33,35, Torino
4. ISTITUTO DEI DIPARTIMENTI di FISICA - Via P. Giuria 1, Torino
5. ISTITUTO DEI DIPARTIMENTI di CHIMICA e DELLA FACOLTA' di FARMACIA - Via P. Giuria 5,7,9 – C.so M. D'Azeglio 48, Torino
6. POLO SCIENTIFICO di GRUGLIASCO - Via L. da Vinci 44, Grugliasco
7. FABBRICATO di VIA GIURIA - Via P. Giuria 15 – C.so M. D'Azeglio 52, Torino
8. PALAZZO BADINI, Via Verdi 10 – Via F.lli Vasco 4, Torino
9. PALAZZO DELLE FACOLTA' UMANISTICHE - Via Sant'Ottavio 20, Torino
10. ISTITUTO PLANA - Via Plana 10, Torino
11. DIPARTIMENTO di SCIENZE SOCIALI - Via S. Ottavio 50, Torino
12. DIPARTIMENTO di SCIENZE GIURIDICHE - Via S. Ottavio 54, Torino
13. EX VETRERIE BERRUTO - Via Giulia di Barolo 3, Torino
14. EX IST. MARGARA - Via Giolitti 33, Torino
15. ORTO BOTANICO - Viale Mattioli 25, Torino
16. DIPARTIMENTO NEUROSCIENZE - C.so Raffaello 30, Torino
17. MEDICINA LEGALE - Via Chiabrera 37, Torino
18. MOLINETTE - Via Santena 9, Torino
19. EX EDILSCUOLA - Via Quarello 11, Torino
20. TORINO ESPOSIZIONI - C.so Massimo d'Azeglio 15, Torino
21. EX MENSA OFFIDANI - Via Po 11, Torino

L'esame su questi ventuno edifici del parco edilizio UniTo mostra un esempio della modalità con cui affrontare una diagnosi energetica di primo livello su un complesso di edifici per la creazione di un catasto energetico, necessario per individuare gli edifici che necessitano con maggiore priorità di intervento di riqualificazione energetica. Inoltre, ogni edificio sarà identificato con una scheda, inserite nell'*ALLEGATO I* a questa tesi, che fornisce una piccola descrizione generale dell'immobile, le caratteristiche impiantistiche (elettriche, termiche e di raffrescamento), un'analisi energetica (elettrica e termica), un'analisi economica e un'analisi ambientale.

I dati di consumo energetico, elettrico e termico, elargiti si riferiscono ad periodi temporali diversi.

In particolare, sono disponibili:

- consumi elettrici mensili in kWh, dal gennaio 2009 a settembre 2011;
- consumi termici in m³ di combustibile (gas metano) e in kWh utili nel caso di teleriscaldamento, mensili nella stagione di riscaldamento 2009/2010 e con un dato aggregato nella successiva 2010/2011 (15 ottobre – 15 aprile);

Al fine di rendere temporalmente omogenea l'analisi si è estesa la stagione di riscaldamento su dodici mesi: relativamente ai consumi elettrici, i consumi annui esaminati sono compresi nel periodo da maggio ad aprile e corrispondentemente i

consumi termici annui sono quelli della stagione di riscaldamento 15 ottobre – 15 aprile, per gli anni 2009/2010 e 2010/2011.

ENERGIA TERMICA											
ENERGIA ELETTRICA											
MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR
2009/2010											
2010/2011											

Figura 4. 3 Archi temporali di analisi.

I consumi di energia elettrica sono forniti da un impianto di tele-gestione di un contatore allacciato alla rete nazionale: si tratta, quindi, di un contatore generale a monte dell'edificio e misura tutti i kWh_e consumati nell'immobile senza distinzione delle varie utilities. Quindi, se presente un impianto di trattamento aria e/o una refrigerazione elettrica, i kWh_e qui spesi saranno compresi nel dato di consumo insieme all'illuminazione e agli apparecchi elettrici.

I dati elaborati, forniti dall'Università degli Studi di Torino, si riferiscono, nella quasi totalità degli immobili, ai consumi di gas metano [m³], delle stagioni di riscaldamento 2009/2010 e 2010/2011, successivamente trasformati in energia termica utilizzando un potere calorifico inferiore di 9,58 kWh/m³.

L'unico edificio per il quale è conosciuta direttamente la quantità di energia utile immessa nell'ambiente riscaldato è il Polo Scientifico di Grugliasco, poiché questa sede viene servita da una rete di teleriscaldamento. È importate segnalare, che, nella seguente relazione, per quanto riguarda i consumi termici sia assoluti che specifici, il valore della sede di Grugliasco è riferito al l'energia utile, mentre per il resto degli stabili il valore è riferito all'energia primaria posseduta dal combustibile.

Per quanto concerne l'analisi economica, solo per l'energia elettrica sono stati forniti gli effettivi costi d'acquisto dalla rete nazionale, suddivisi anche per fascia oraria quando si tratta di approvvigionamento elettrico in media tensione.

Quando presenti impianti di cogenerazione con produzione in loco di energia elettrica e successiva vendita alla rete nazionale, il guadagno non è stato indicato dalla Università; per tenere conto di questo sono stati presi come riferimento i prezzi medi mensili di vendita dell'energia elettrica sul mercato elettrico GME.

Non disponendo ancora dei costi sostenuti per l'approvvigionamento termico, anche in questo caso sono stati ipotizzati: noti solo i consumi sulla stagione di riscaldamento sono stati supposti due costi mediati da bollette di gas ENI per le due stagioni ottobre – aprile.

A proposito dell'analisi ambientale, i fattori di conversione per la trasformazione in energia primaria e in CO₂ equivalente, sono stati presi dalla normativa europea Annex E prEN 15603:2007 (*Vedi Tabella 3. 1*). Nel caso di teleriscaldamento, il fattore di conversione relativo al calore da teleriscaldamento deve essere dichiarato dal fornitore, così come stabilito dall'art. 3 del D.M. 11 marzo 2008 e da altre legislazioni.

CAPITOLO QUINTO

Analisi del complesso di edifici campione

In questo capitolo si sono raccolti i dati elaborati per ogni singolo edificio in modo da rapportarli tra loro. Questo consente un'analisi sul piano energetico, sul piano economico e infine sul piano ambientale, in modo da valutare quale/i è/sono l'/gli edificio/i più critici nei diversi punti di diagnosi. Gli edifici così identificati saranno poi oggetto di uno studio più approfondito per la valutazione dei sintomi e delle cause che lo hanno portato alla criticità. Inoltre, per tali edifici si può pensare di identificare quali contatori di energia elettrica, termica e di raffrescamento e loro collocazione potranno essere introdotti per tenere sotto controllo il consumo dell'edificio e attraverso una diagnosi di secondo livello si può indagare in modo più approfondito e tenere sotto controllo tali consumi.

Ultimo, ma non meno importante, è la strategia finale: ovvero identificare quali siano le possibili riqualificazioni sia edilizie sia energetiche per migliorare il comportamento energetico, economico ed ambientale dell'immobile.

5.1. ANALISI ENERGETICA – IL CATASTO ENERGETICO -

In questa analisi si pone il confronto dei diversi comportamenti energetici, prima elettrici e poi termici, degli edifici campione analizzati nel capitolo precedente.

Analisi energia elettrica

La figura che segue mostra nei due anni a confronto il consumo assoluto di ogni edificio.

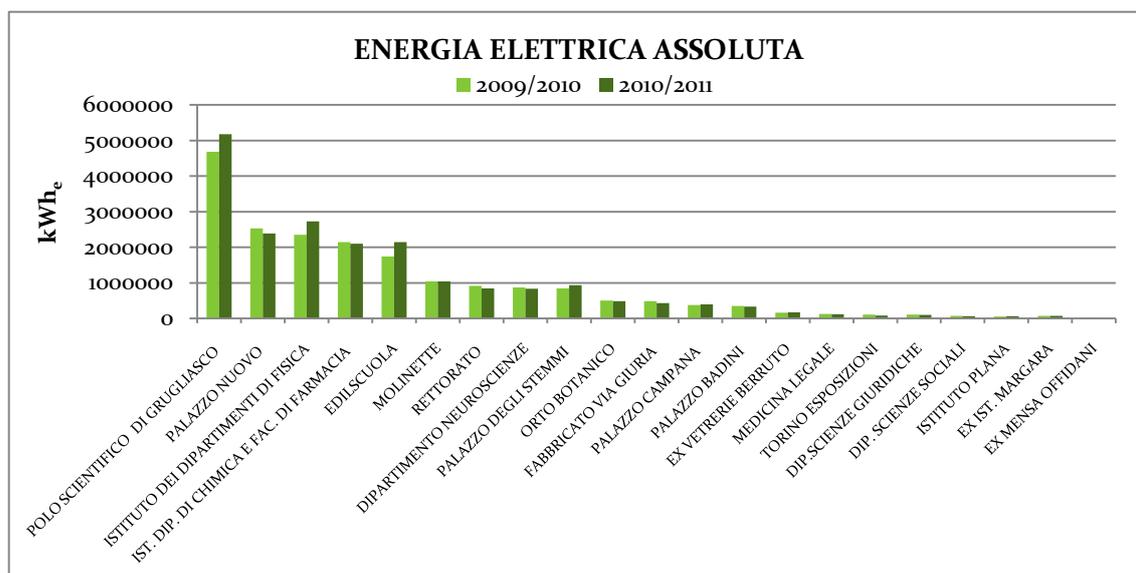


Figura 5. 1 Confronto del consumo energia elettrica assoluta nei due archi temporali.

Gli edifici universitari in questione sono i più svariati: destinazione d'uso, materie trattate, estensione superficiale, tipologia di occupazione, apparecchiature elettriche, condizionatori sono propri di ogni immobile che li differenzia. Per questo motivo i consumi assoluti variano da un minimo di 8 mila a quasi 5 milioni di kWh_e. Per una diagnosi più appropriata, è necessario rapportare queste grandezze assolute a grandezze statiche proprie dell'edificio, come mostrano i grafici che seguono.

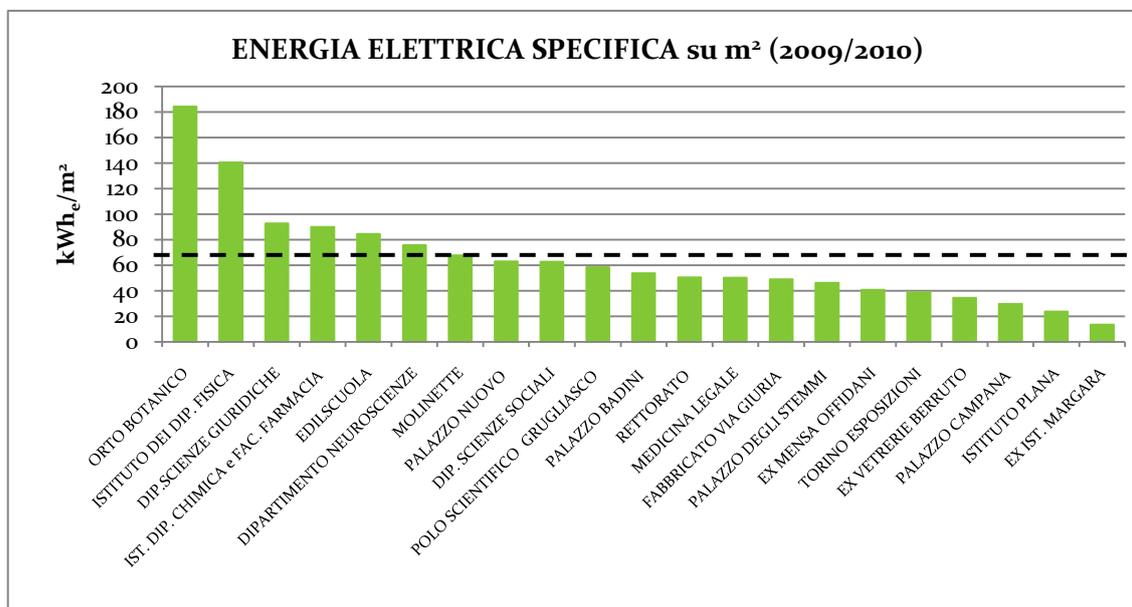


Figura 5. 2 Consumo di energia elettrica specifica su m² nell'anno 2009/2010.

Due edifici presentano un consumo specifico su unità di superficie che si discosta notevolmente dal valore medio; in particolare, l'Orto Botanico è il maggior consumatore con un valore 184 kWh_e/m², quasi 14 volte superiore al consumo dell'Ex Ist. Margara e circa il triplo del valore medio (64 kWh_e/m²). A seguire si trova l'Istituto di Fisica che, per la presenza di apparecchiature elettriche particolarmente energivore, ha un consumo 2.6 volte il consumo medio.

Sull'analisi per persona, i consumi sono più disomogenei.

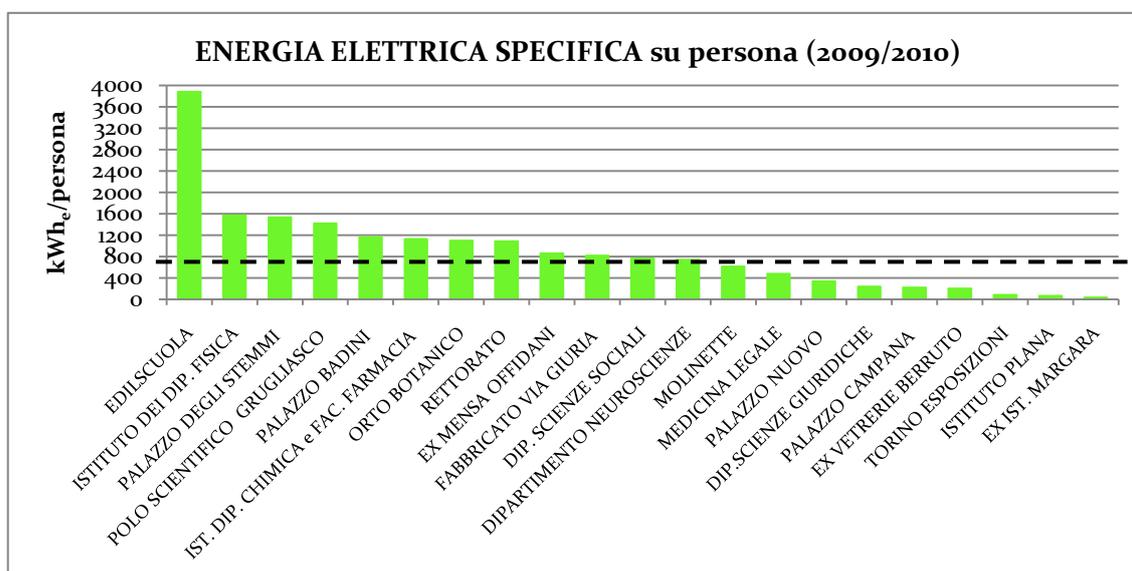


Figura 5. 3 Consumo di energia elettrica specifica su persona nell'anno 2009/2010.

L'Istituto Edilscuola è in questa analisi il più numero uno come consumatore con circa 3900 kWh_e per ogni persona, un valore estremamente elevato e completamente discorde dagli altri: è infatti 2.5 volte superiore al secondo consumatore sulla scala e ben 104 maggiore rispetto al minore consumatore (Ex Ist. Margara). L'Edilscuola, edificio destinato a materie fisiche, presenta al suo interno apparecchiature fisiche che richiedono forte energia; tuttavia, estendendosi su una superficie piuttosto ampia il suo consumo su m² è di poco superiore alla media, ma gli occupanti non sono un numero eccessivo tanto che ammettono un consumo procapite elevato.

Il Palazzo degli Stemmi e il Polo Scientifico di Grugliasco, che si estendono su una superficie piuttosto ampia a rapporto con il suo consumo assoluto, mostrano un consumo su m² piuttosto contenuto, ma, al contrario, per la scarsità di occupazione, ad ogni persona è attribuito un uso di energia elettrica abbastanza grande, rispettivamente di 1534 e 1418 kWh_e.

La situazione è capovolta per Palazzo Nuovo, che, essendo altamente affollato, ogni persona consuma solamente 338 kWh_e, quasi un terzo del dato medio.

L'Ex Mensa Offidani, l'Istituto Plana e il Palazzo Campana presentano, invece, un consumo molto basso sia su m² che per persona.

I grafici che seguono sono la concretizzazione del metodo dei quadranti.

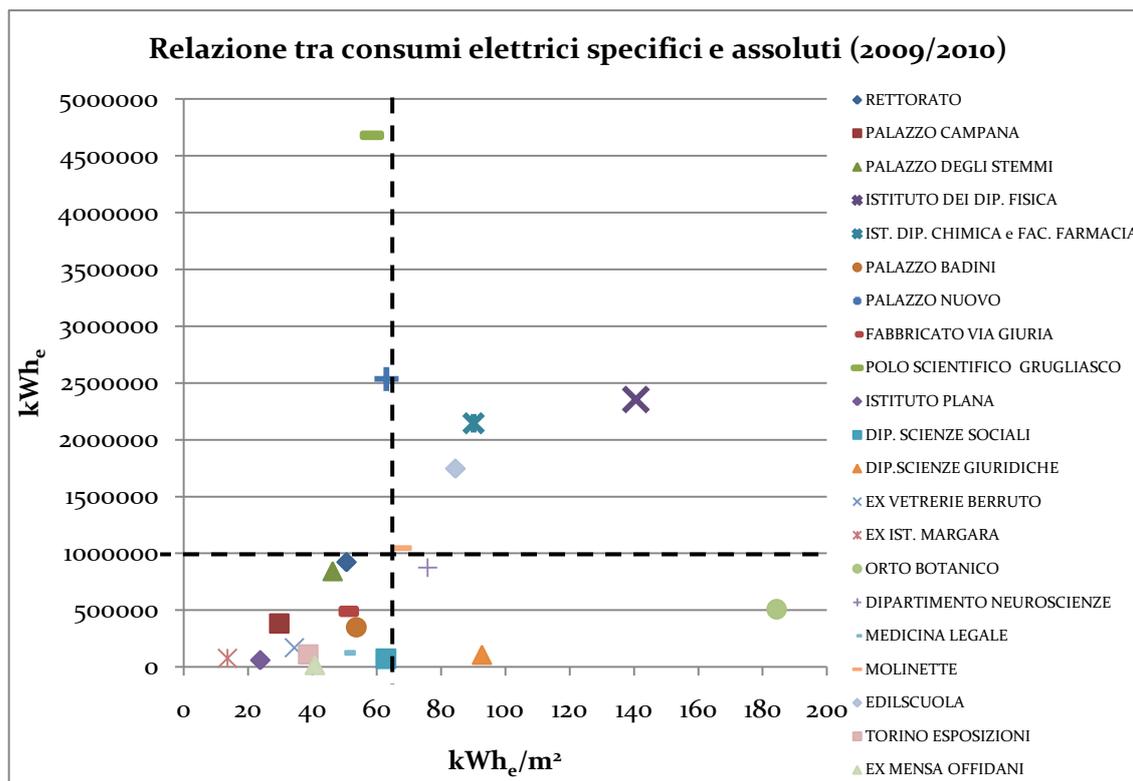


Figura 5. 4 Relazione tra i consumi elettrici specifici su m² e assoluti per l'anno 2009/2010.

Come mostra il grafico sopra gli edifici più critici che hanno un consumo specifico su m² e assoluto maggiori sono l'Istituto dei Dipartimenti di Fisica, gli Istituti di Chimica e Farmacia e l'Edilscuola. Questi erano già stati identificati come i più

energivori elettricamente nella *Figura 5. 2*; al limite nel quadrante I, all'incrocio delle rette dei consumi mediani, si trova anche l'istituto delle Molinette.

Da non sottovalutare sono anche i due istituti del Polo Scientifico di Grugliasco e Palazzo Nuovo che sono identificati con il secondo grado di criticità, ma sono molto vicini alla mediana che separa il primo e il secondo quadrante. Questi, essendo dei grandi consumatori in termini assoluti (più degli edifici del primo quadrante) anche un piccolo intervento può ridurne il consumo.

Diversamente da quanto ci si poteva aspettare sono i casi dell'Orto Botanico e del Dip. Di Scienze Giuridiche: nonostante siano gli edifici con i più alti consumi elettrici specifici su m², i corrispondenti valori assoluti sono inferiori alla media e il metodo dei quadranti li colloca con il terzo grado di criticità.

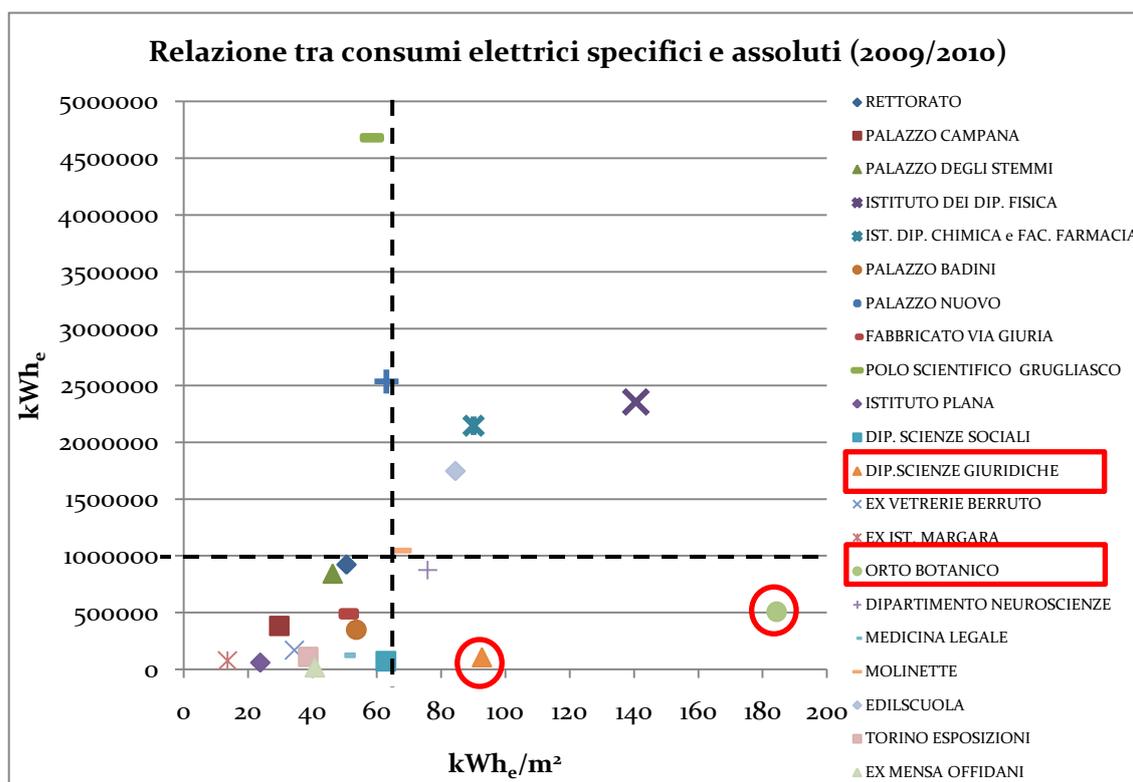


Figura 5. 5 Zoom sugli edifici con i consumi elettrici specifici su m² più alti per l'anno 2009/2010

Dei ventuno edifici, la ripartizione nei quattro quadranti dalla priorità maggiore alla più bassa è rispettivamente 4, 2, 3 e 12; la maggior parte quindi ha una criticità bassa-media.

Il grafico che segue mostra invece la ripartizione del consumo elettrico assoluto per i rispettivi quadranti. Come è evidenziato, la percentuale maggiore (74%) dei consumi elettrici assoluti è dovuta agli edifici nei quadranti di priorità I e II nonostante siano in numero minore (6).

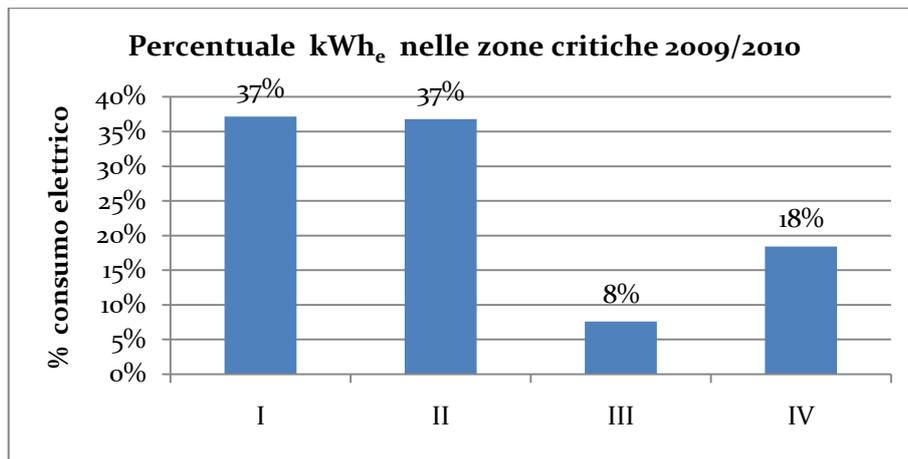


Figura 5. 6 Ripartizione del consumo di energia elettrica nei quadranti del 2009/2010.

Un'altra diagnosi interessante, strettamente legata al metodo dei quadrati, è la verifica della linearità che intercorre negli edifici tra i consumi elettrici assoluti in kWh_e e la superficie in m².

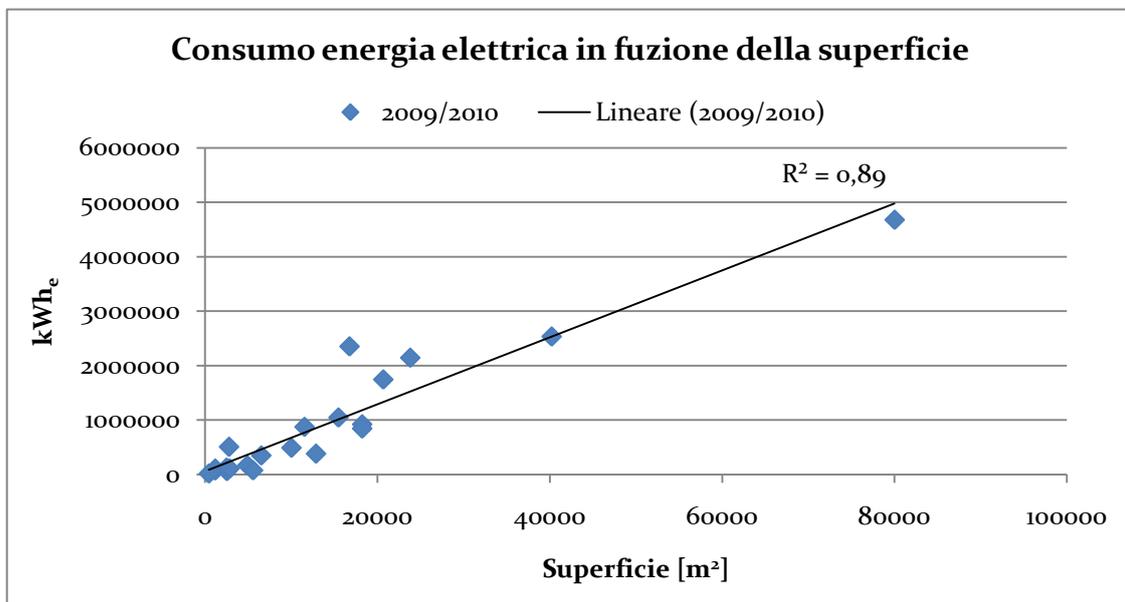


Figura 5. 7 Consumo annuo di energia elettrica in funzione della superficie (2009/2010).

La figura sopra evidenzia un buon grado di correlazione ($R^2=0.89$) esistente tra il consumo annuo di energia elettrica e la superficie, nonostante il diverso utilizzo degli edifici scolastici e quindi dell'energia elettrica. Infatti, gli edifici che portano ad uno scostamento maggiore dalla linearità sono quelli che utilizzano laboratori per materie scientifiche quali fisica e chimica, risultati di criticità maggiore con il metodo dei quadranti. Se, infatti, si eliminasse dall'analisi il solo Istituto di Fisica classificato di criticità I (vedi figura seguente) il coefficiente di linearità salirebbe a $R^2=0.95$.

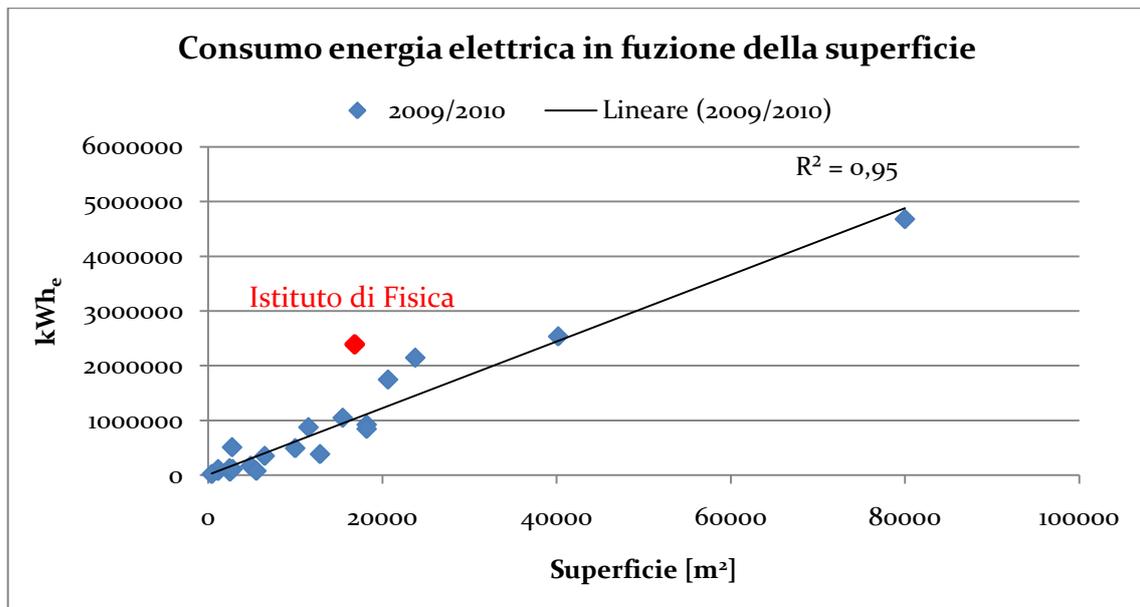


Figura 5. 8 Consumo annuo di energia elettrica in funzione della superficie (2009/2010), eliminando l'Istituto di Fisica.

Un altro grafico con il metodo dei quadranti si può ricavare rapportando il consumo elettrico assoluto e quello specifico su persona.

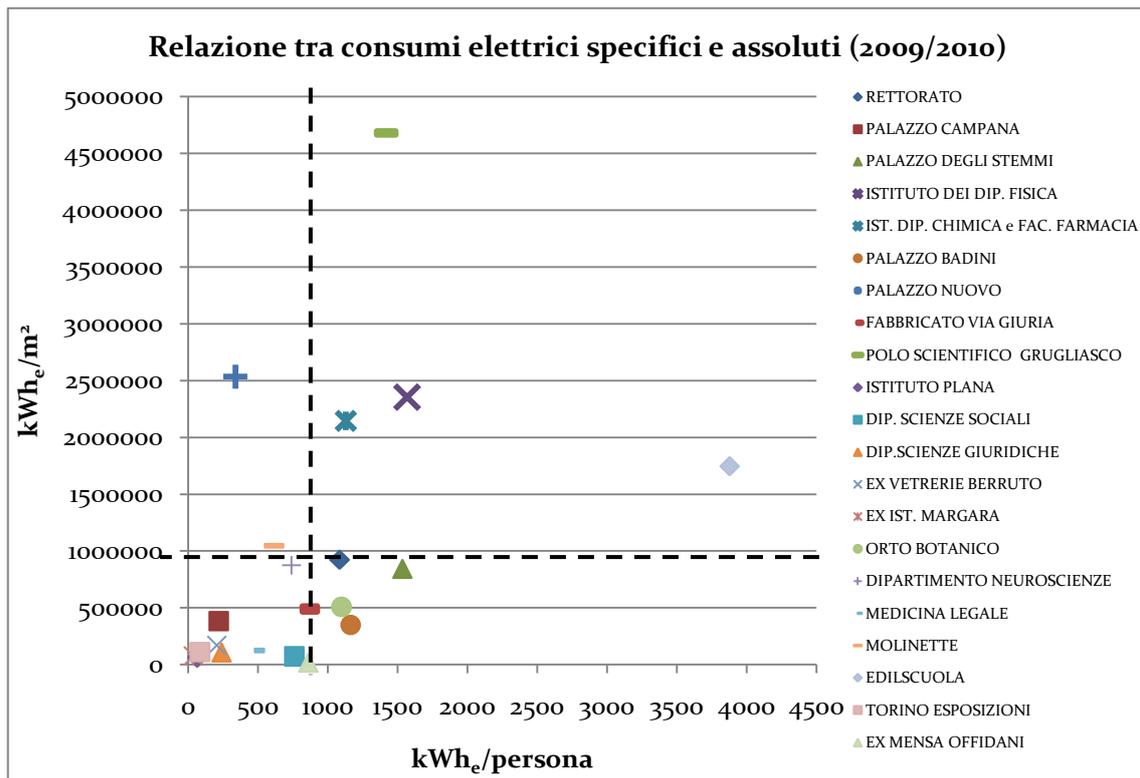


Figura 5. 9 Relazione tra i consumi elettrici procapite e assoluti per l'anno 2009/2010.

Analizzando la relazione tra i consumi assoluti e specifici su persona, la situazione non cambia se non leggermente e la percentuale di distribuzione sui quattro quadranti è la stessa della precedente.

Le uniche differenze rilevanti è il passaggio da criticità II alla I del Polo Scientifico di Grugliasco, mentre lo spostamento inverso avviene per l'istituto delle Molinette.

I grafici che seguono riportano i risultati dell'anno 2010/2011.

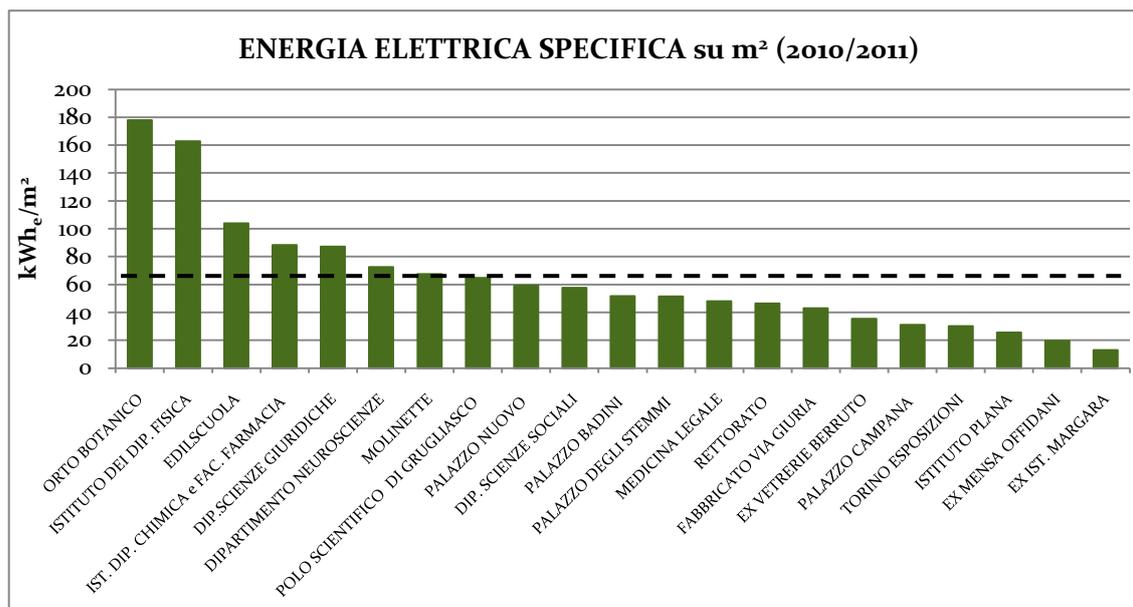


Figura 5. 10 Consumo di energia elettrica specifica su m² nell'anno 2010/2011.

Il consumo elettrico medio specifico su m², non è cambiato molto dall'anno precedente, si è abbassato di 1 kWh_e/m². Riguardo ai singoli edifici, c'è chi ha aumentato e chi ha diminuito il proprio consumo. In particolare, si riconosce l'Edilscuola che aumentando il proprio consumo si è classificato per il 2010/2011 al terzo posto come consumatore maggiore, superando gli Ist. di Chimica e Fisica e il Dipartimento di Scienze Giuridiche. I primi utilizzatori di energia elettrica sono ancora l'Orto Botanico e l'Istituto dei Dipartimenti di Fisica, rispettivamente con 178 e 163 kWh_e/m².

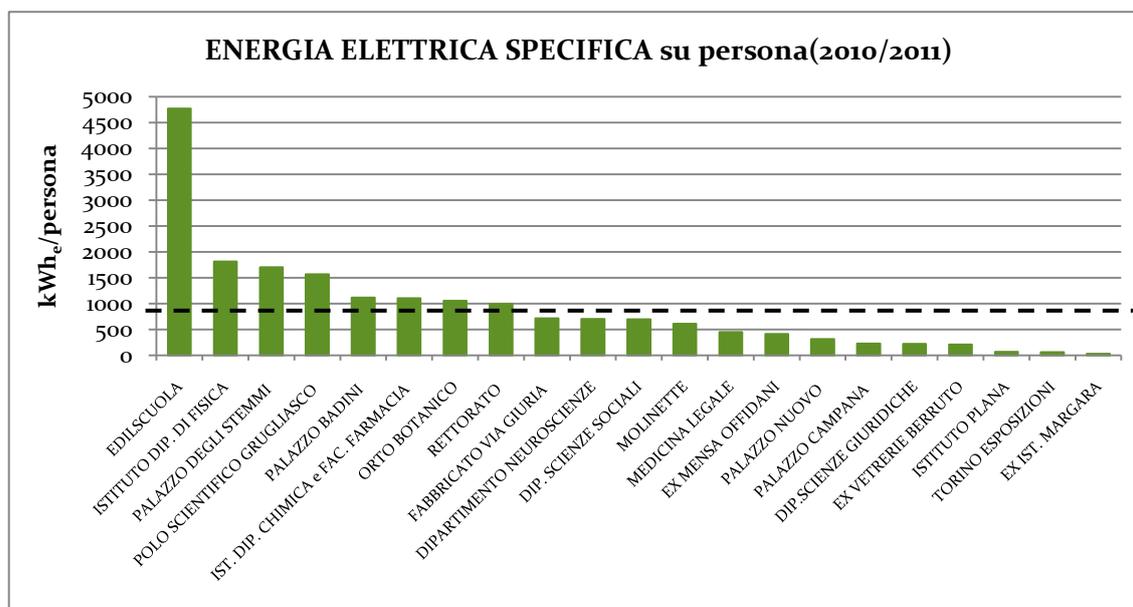


Figura 5. 11 Consumo di energia elettrica specifica su persona nell'anno 2010/2011.

Il consumo medio su persona nei due anni è aumentato da 873 a 899 kWh_e/persona. La situazione globale, tuttavia, non è cambiata in modo relativo almeno per quanto

riguarda gli edifici più energivori elettricamente. Infatti, il punto evidente è che i kWh_e/persona dell'Edilscuola sono ancora i più elevati con un distacco dagli altri edifici sostanziale: è 2.6 volte superiore dall'Istituto di Fisica il secondo nella scala. Ora, si passa all'analisi catastale con il metodo dei quadranti.

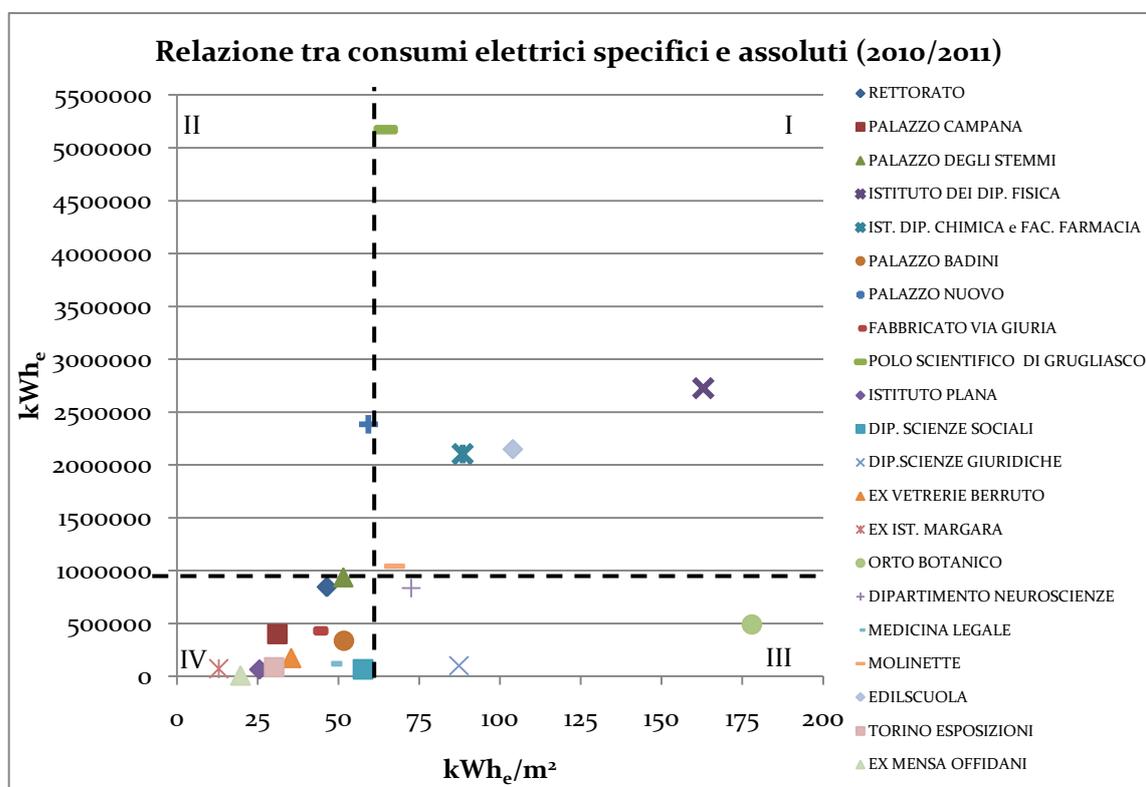


Figura 5. 12 Relazione tra i consumi elettrici specifici su m² e assoluti per l'anno 2010/2011.

Come mostra la figura qui sopra, gli edifici di criticità I sono gli stessi dell'anno precedente con l'aggiunta del Polo Scientifico di Grugliasco, in cui nel 2009/2010 era al confine tra I e II quadrante.

La ripartizione dei ventuno edifici nei quattro quadranti rispetto all'anno precedente è cambiata di poco: gli edifici che si trovavano sul confine con la linea media di consumo si sono mossi nel quadrante limitrofo. Dalla priorità maggiore alla più bassa si hanno rispettivamente 5, 1, 4 e 11 edifici; la maggior parte ha però ancora una criticità bassa-media.

L'istogramma di seguito mostra la nuova distribuzione del consumo elettrico assoluto nelle quattro zone critiche. La piccola variazione della ripartizione degli edifici nei quattro quadranti ha variato anche la percentuale di kWh_e: i cinque edifici di priorità I rappresentano da soli il 64% del consumo complessivo.

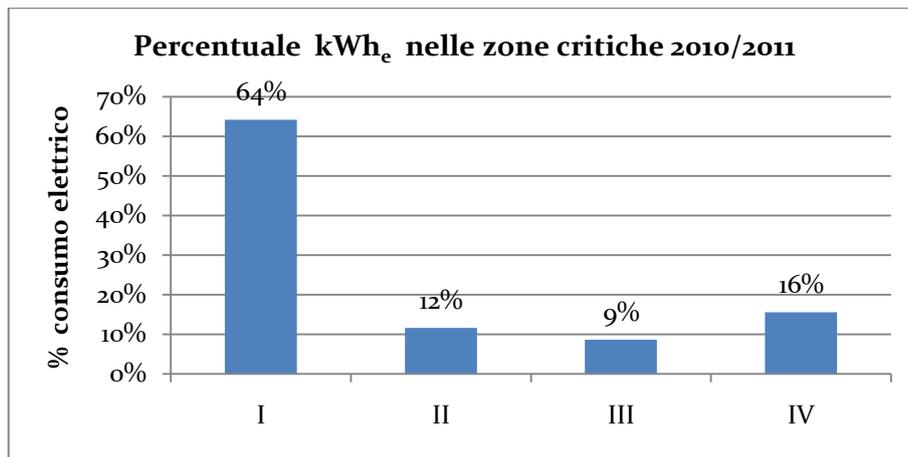


Figura 5. 13 Ripartizione del consumo di energia elettrica nei quadranti del 2010/2011.

Con il passaggio del Polo Scientifico a criticità I, la percentuale degli edifici con altissima priorità di intervento è salita del 19% al 24%.

La linearità tra consumo elettrico e superficie tra gli edifici nel 2010/2011, è mostrata nel grafico che segue.

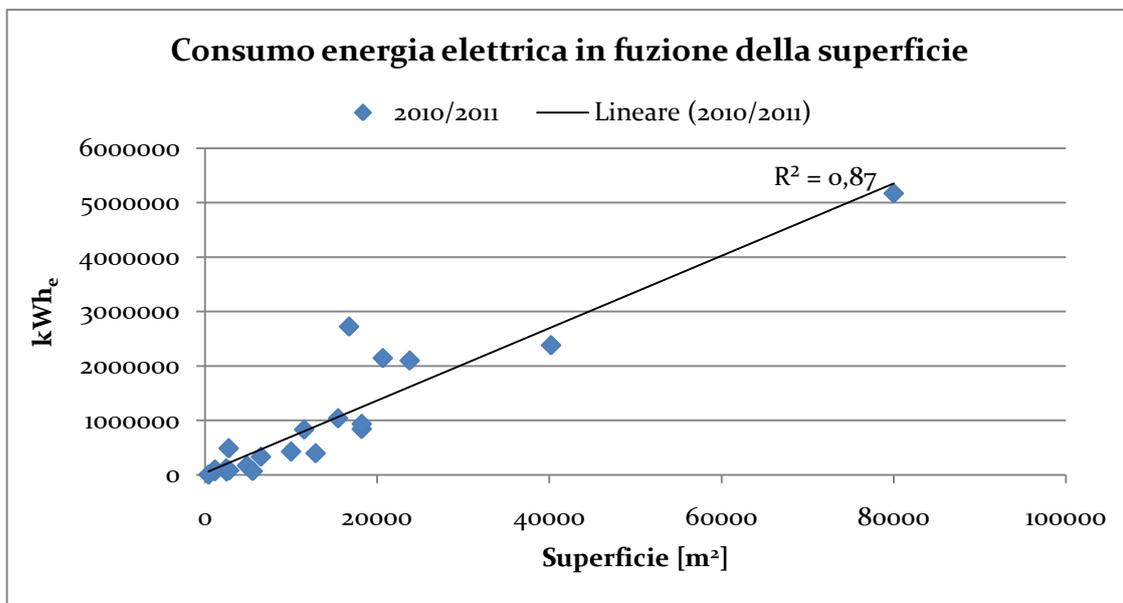


Figura 5. 14 Consumo annuo di energia elettrica in funzione della superficie (2010/2011).

Il grado di correlazione tra i kWh_e e i m² di superficie è abbastanza buono; tuttavia, rispetto all'anno precedente, si ha un piccolo peggioramento della correlazione da R²=0.89 a R²=0.87.

Il metodo dei quadranti applicato tra consumi assoluti e quelli su persona nel 2010/2011, evidenzia una situazione praticamente invariata sull'anno precedente.

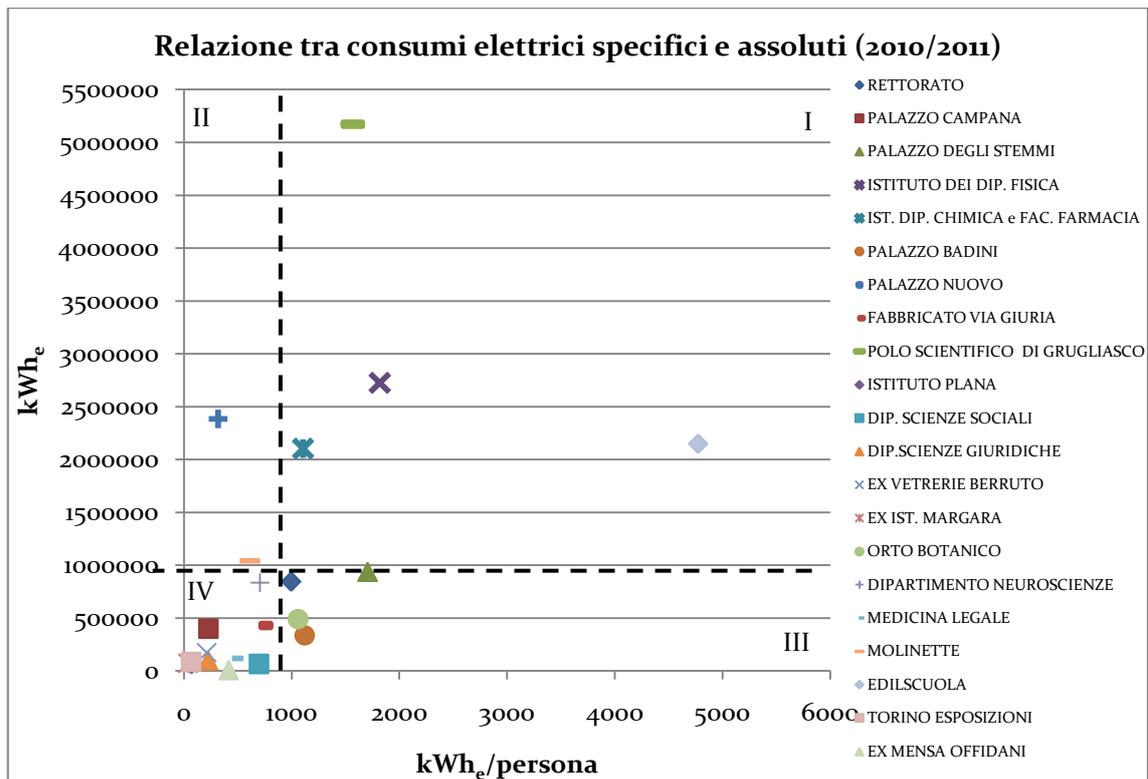


Figura 5. 15 Relazione tra i consumi elettrici procapite e assoluti per l'anno 2010/2011.

Analisi energia termica

La figura che segue mostra nei due anni a confronto il consumo termico assoluto di ogni edificio.

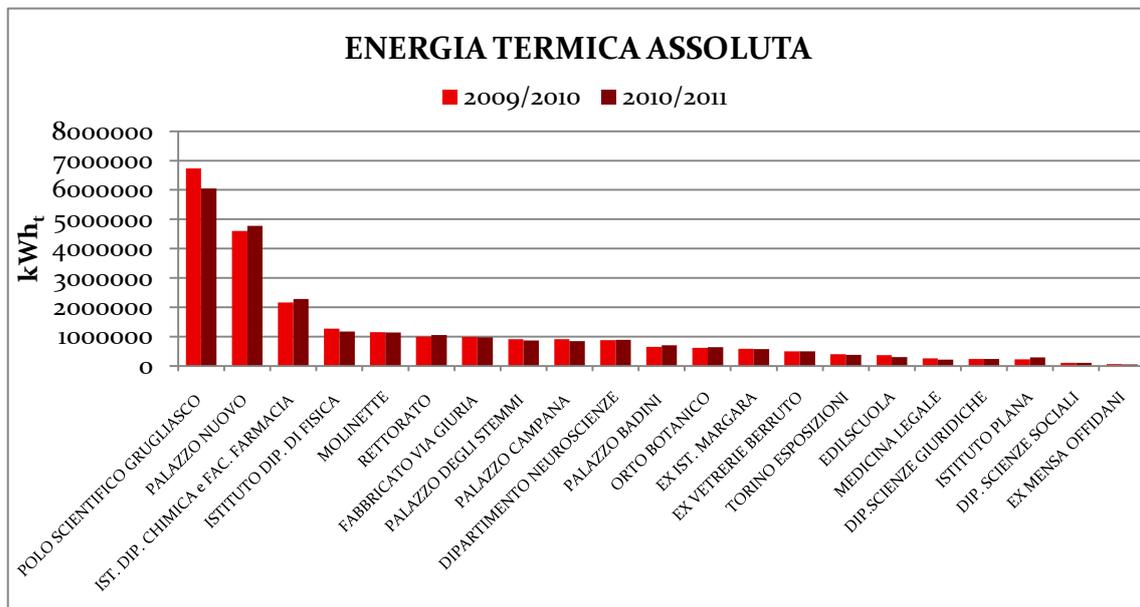


Figura 5. 16 Confronto del consumo energia termica assoluta nei due archi temporali.

Gli edifici universitari in questione sono i più svariati: destinazione d'uso, materie trattate, estensione superficiale, tipologia di occupazione, apparecchiature elettriche, condizionatori sono propri di ogni immobile che li differenzia. Per questo

motivo i consumi assoluti variano da un minimo di 50 mila a quasi 7 milioni di kWh_t.

Per una diagnosi più appropriata, i grafici che seguono mostrano i consumi specifici e normalizzati sui gradi giorno più idonei per creare un confronto diretto.

Tutte le grandezze termiche che seguono sono state normalizzate con i Gradi Giorno (es. $(kWh_t)_c = kWh_t \cdot \frac{GG_c}{GG_r}$).

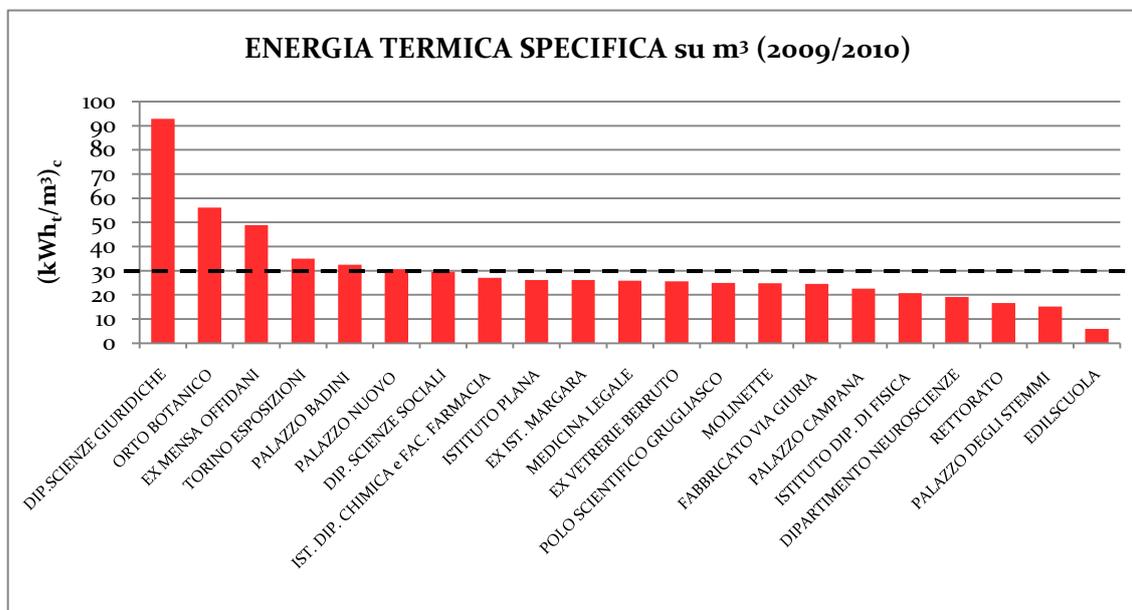


Figura 5. 17 Consumo di energia termica specifica su m³ nell'anno 2009/2010.

Come mostra l'istogramma qui sopra, la più grande richiesta su m³ di energia termica proviene dal Dipartimento di Scienze Giuridiche: il suo consumo è tre volte quello medio di 30 (kWh_t/m³)_c. Altri grandi consumatori termici sono l'Orto Botanico e l'Ex Mensa Offidani. Al contrario, si riconoscono piccoli consumi per l'Edilscuola, Palazzo degli Stemmi e Rettorato.

Cambia leggermente la situazione se si confrontano i consumi procapite.

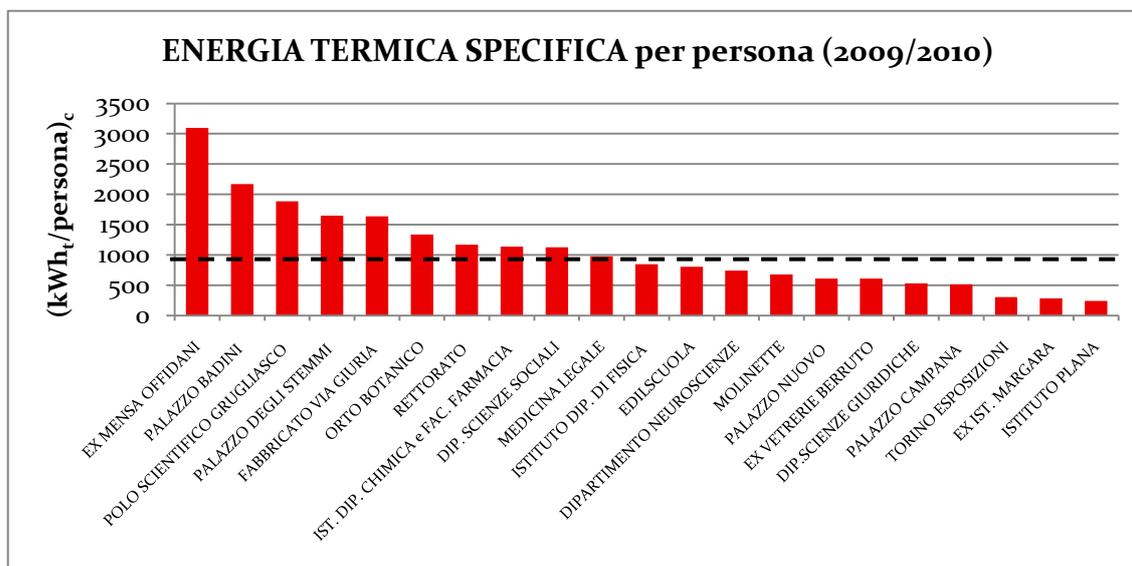


Figura 5. 18 Consumo di energia termica specifica su persona nell'anno 2009/2010.

Mentre il consumo su volume di Palazzo degli Stemmi, Polo Scientifico di Grugliasco e Fabbricato di via Giuria è inferiore alla media, il consumo procapite li posiziona tra i primi posti di questa scala.

L'Istituto Plana, Palazzo Campana e l'Ex Ist. Margara sono gli edifici con minore richiesta di riscaldamento sia sulla volumetria sia per persona.

Si procede, ora, con l'analisi catastale.

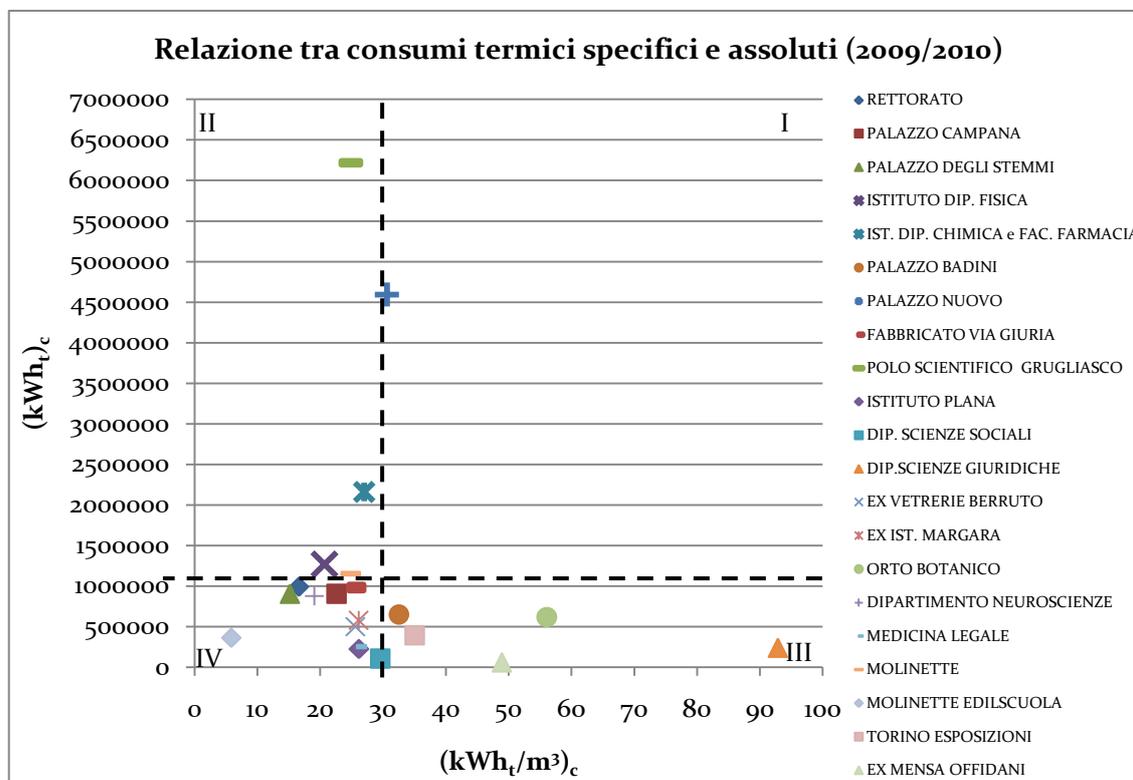


Figura 5. 19 Relazione tra i consumi termici specifici su m^3 e assoluti per l'anno 2009/2010.

Come mostra il grafico sopra, l'unico edificio più critico che hanno un consumo specifico su m^3 e assoluto maggiori è Palazzo Nuovo. In realtà, il $(kWh_t/m^3)_c$ di tale edificio è nella media globale e ci sono altri cinque edifici prima di questo con un consumo maggiore (vedi Figura 5. 17); al contrario i primi tre edifici più energivori, Dip. Scienze Giuridiche, Orto Botanico, Ex Mensa Offidani, sono classificati con il un grado di priorità di intervento media (III quadrante).

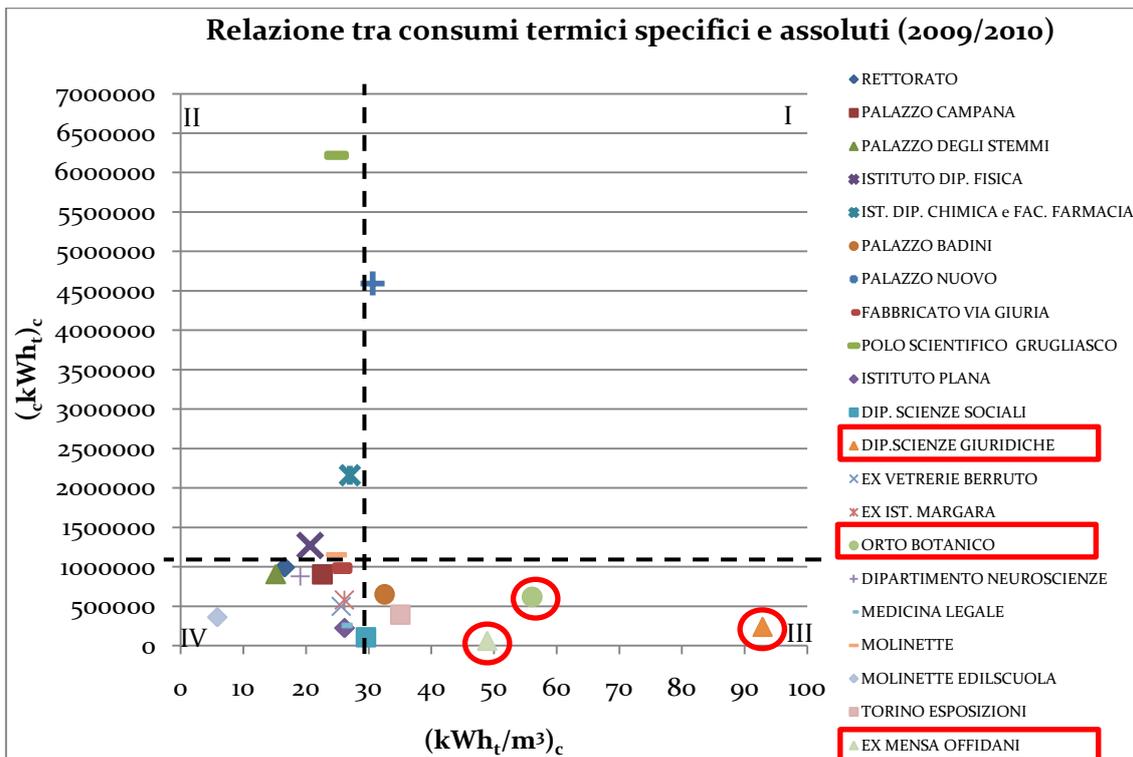


Figura 5. 20 Zoom sugli edifici con consumi termici su m^3 più elevati nel 2009/2010.

Da non trascurare sono Polo Scientifico di Grugliasco e gli Ist. di Chimica e Farmacia che si trovano nel II quadrante ma a confine con il primo. Palazzo Nuovo che sono identificati con il secondo grado di criticità, ma sono molto vicini alla mediana che separa il primo e il secondo quadrante. Questi, in particolare il Polo Scientifico, essendo dei grandi consumatori in termini assoluti anche un piccolo intervento può ridurne il consumo e avere conseguenze positive anche in campo economico.

Dei ventuno edifici, solo un edificio è collocato nel quadrante I e 4 nel secondo; la maggior parte (16 edifici su 21) presenta una criticità media (5) e bassa (11).

Il grafico che segue mostra invece la ripartizione del consumo elettrico assoluto per i rispettivi quadranti. Come è evidenziato, il solo Palazzo Nuovo, con priorità maggiore, rappresenta un consumo termico di quasi 20% sul totale, al contrario i sedici edifici con criticità III-IV sono responsabili di solo 36%.

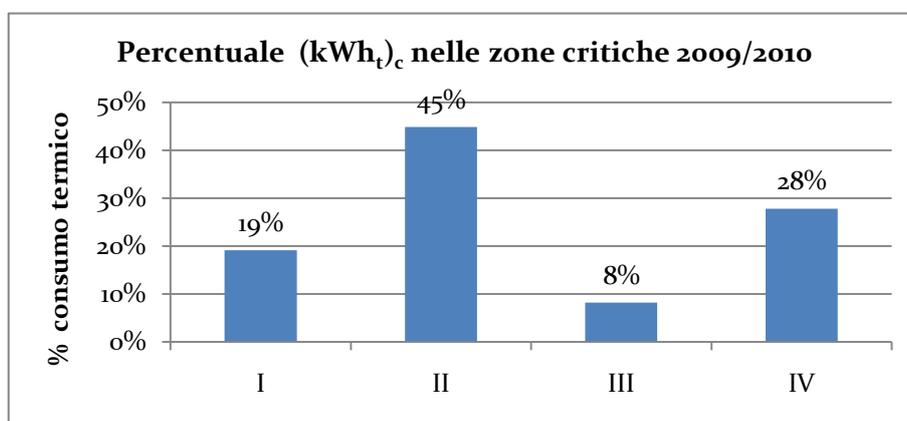


Figura 5. 21 Ripartizione del consumo di energia elettrica nei quadranti del 2009/2010.

Un'altra diagnosi interessante, già utilizzata per l'energia elettrica, è la verifica della linearità che intercorre negli edifici tra i consumi termici in $(\text{kWh}_t)_c$ e il volume lordo riscaldato.

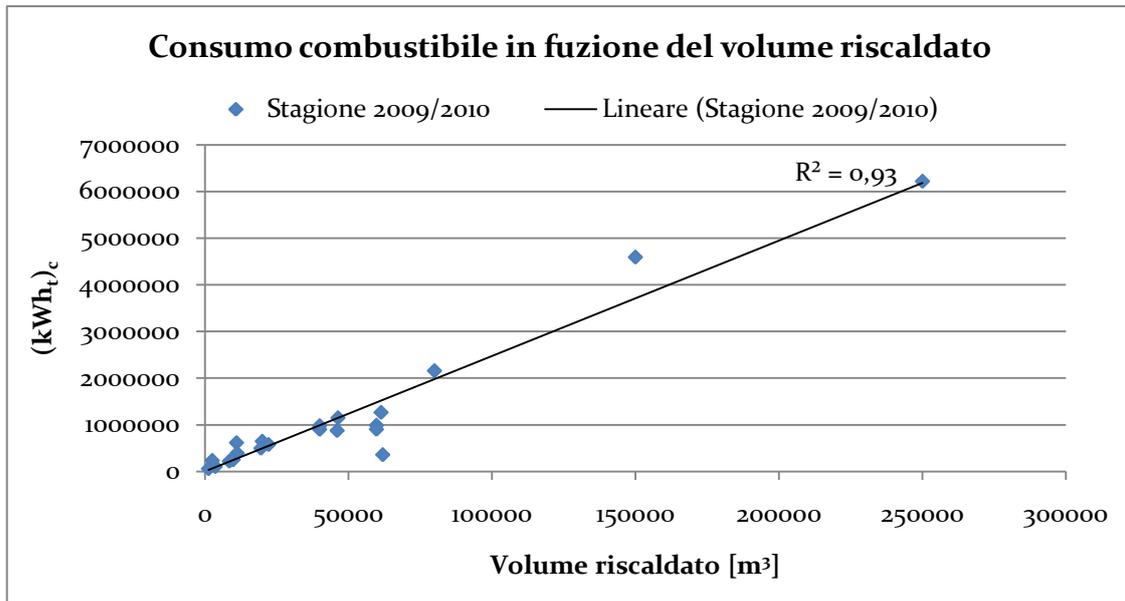


Figura 5. 22 Consumo annuo di energia termica in funzione del volume lordo riscaldato (2009/2010).

La figura sopra evidenzia un buon grado di correlazione esistente tra il consumo stagionale di energia termica e il volume ($R^2=0.93$).

Segue il metodo dei quadranti in relazione con il consumo termico procapite.

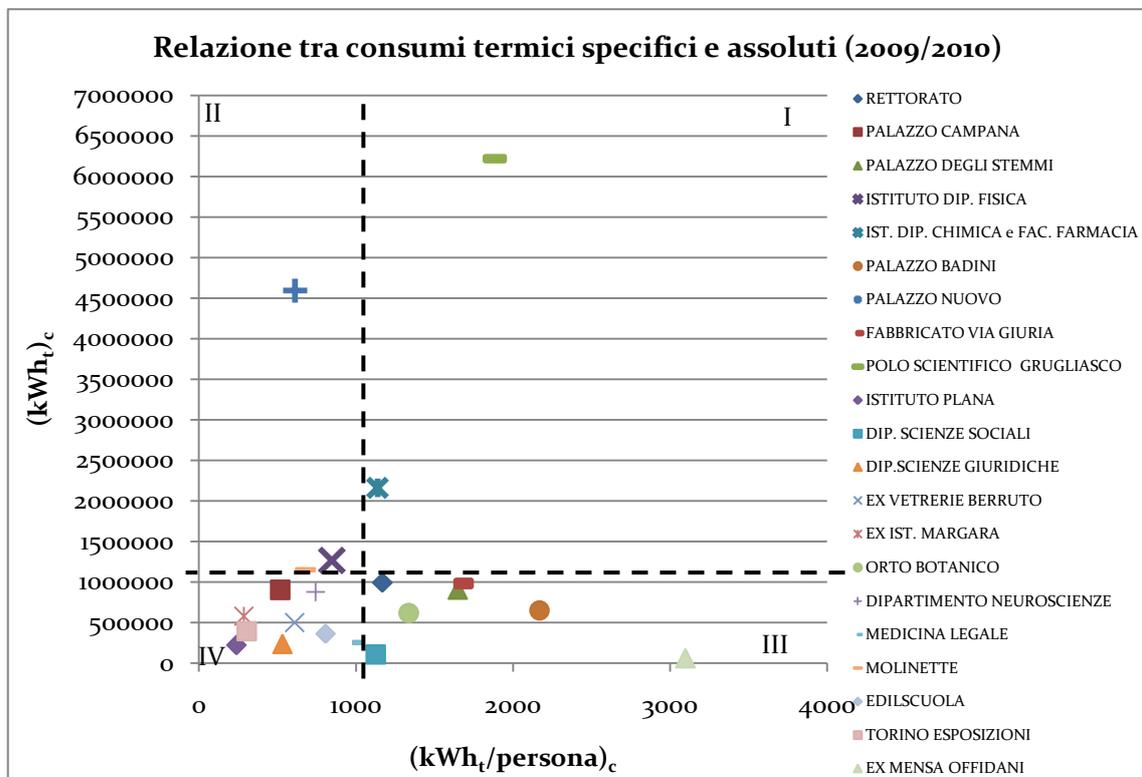


Figura 5. 23 Relazione tra i consumi termici procapite e assoluti per l'anno 2009/2010.

Il metodo dei quadranti in questa analisi cambia gli edifici nei diversi quadranti. Palazzo Nuovo rientra con priorità alta di intervento, mentre Polo Scientifico e gli

Ist. di Chimica e Farmacia sono classificati con altissima priorità. La maggior parte degli edifici (16) sono compresi nei due quadranti con minore criticità.

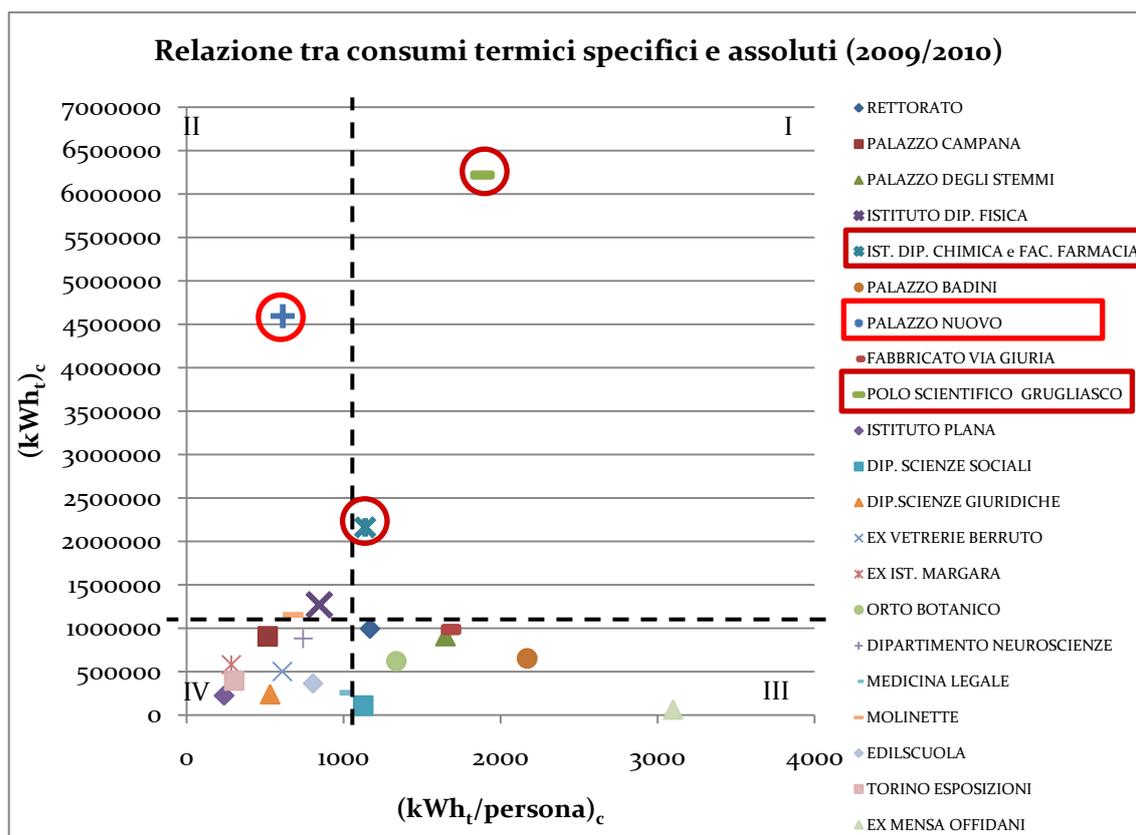


Figura 5. 24 Zoom sugli edifici con priorità altissima e alta sull'energia termica 2009/2010.

Si prosegue ora con l'analisi della stagione di riscaldamento 2010/2011.

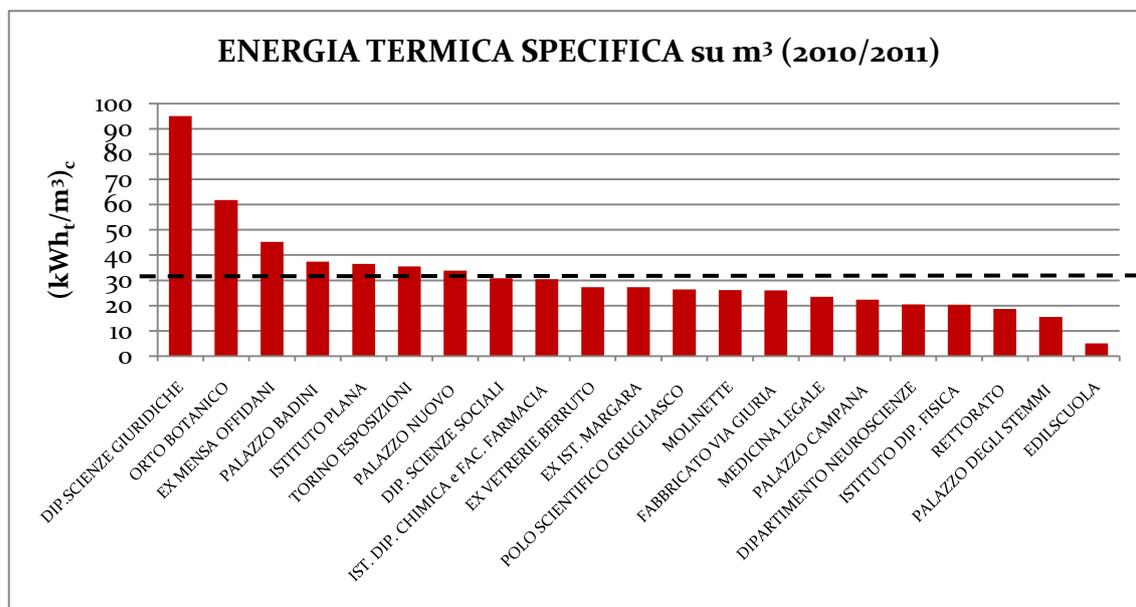


Figura 5. 25 Consumo di energia termica specifica su m³ nell'anno 2010/2011.

Poco più grande è il consumo termico medio specifico su m³ nel 2010/2011: 32 (kWh_t/m³)_c. La classificazione rimane pressoché la stessa rispetto all'anno precedente, con il Dip. Scienze Giuridiche, l'Orto Botanico e l'Ex Mensa Offidani

registrano i consumi maggiori. Importante variazione è quella dell'Istituto Plana che da metà graduatoria con un consumo inferiore alla media, sale alla quinta posizione.

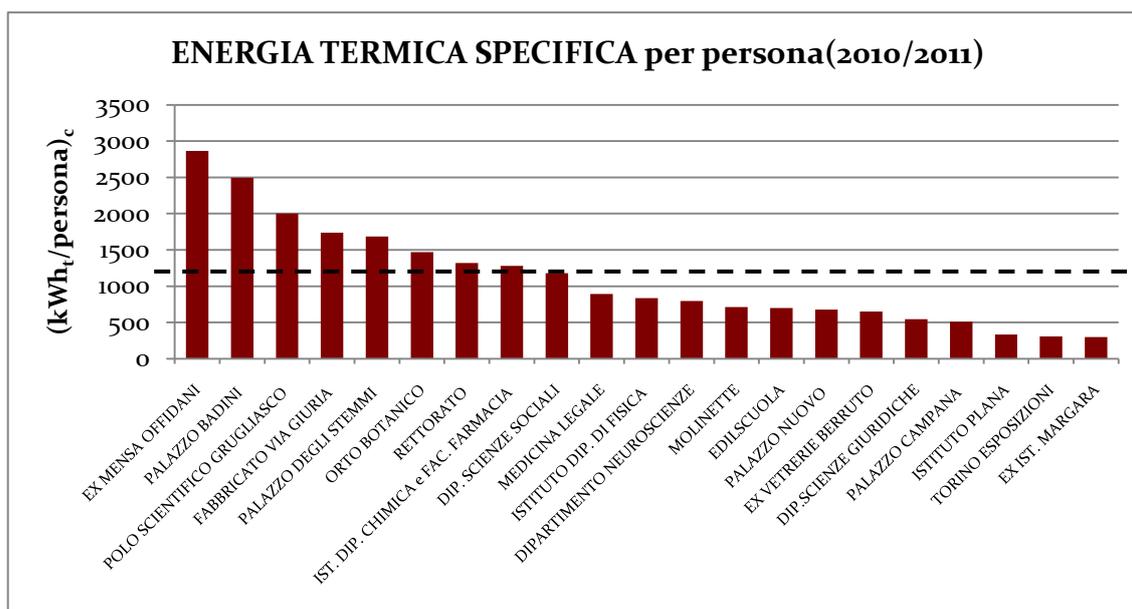


Figura 5. 26 Consumo di energia termica specifica su persona nell'anno 2010/2011.

Si procede con il metodo dei quadranti per il 2010/2011.

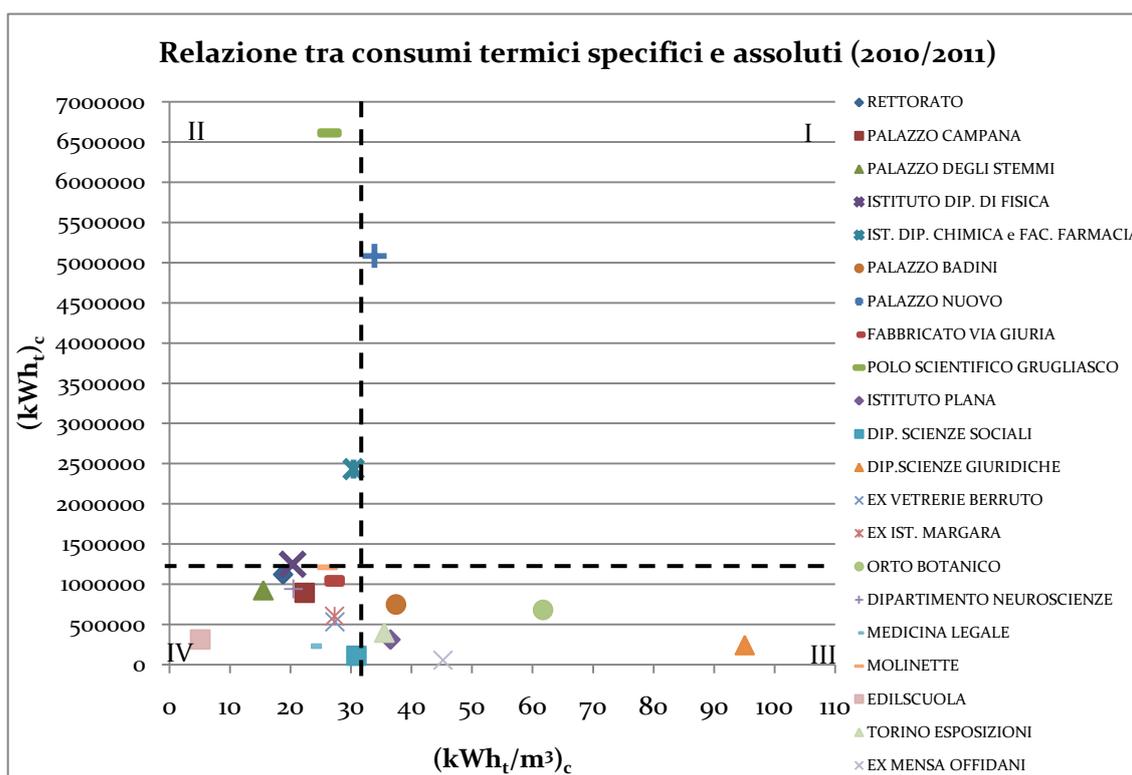


Figura 5. 27 Relazione tra i consumi termici specifici su m³ e assoluti per l'anno 2010/2011.

Come mostra il grafico qui sopra, gli edifici più critici rimangono quelli già identificati nel 2009/2010. L'unica differenza è il passaggio dell'Istituto Plana dal grado di criticità bassa a media. Quest'ultimo fa cambiare leggermente la ripartizione degli edifici nei quattro quadranti sull'anno: dalla priorità I alla IV si

hanno rispettivamente 1, 3, 6 e 11 edifici; ora gli edifici con priorità medio bassa sono divenuti 17 su 21.

L'istogramma di seguito mostra la nuova distribuzione del consumo elettrico assoluto nelle quattro zone critiche. I quattro edifici sui ventuno nel primo e secondo grado di priorità rappresentano insieme il 60% dell'energia elettrica consumata complessivamente.

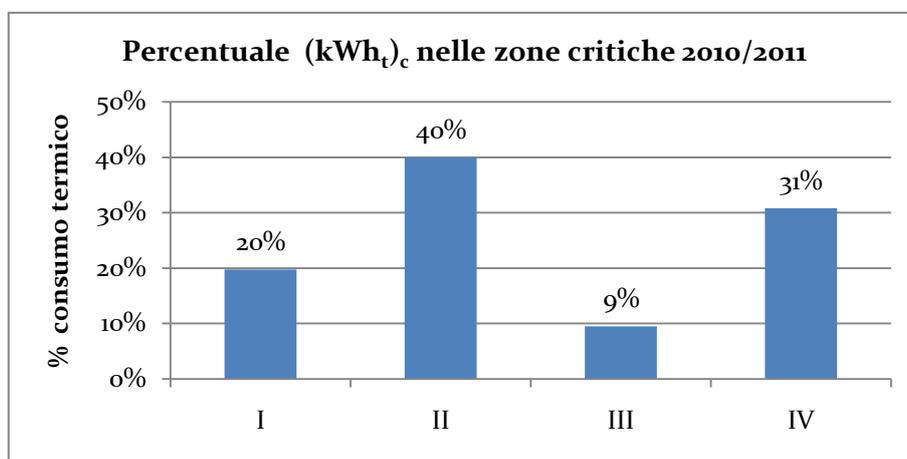


Figura 5. 28 Ripartizione del consumo di energia elettrica nei quadranti del 2010/2011.

La linearità tra consumo termico e volume degli edifici nel 2010/2011, è mostrata nel grafico che segue.

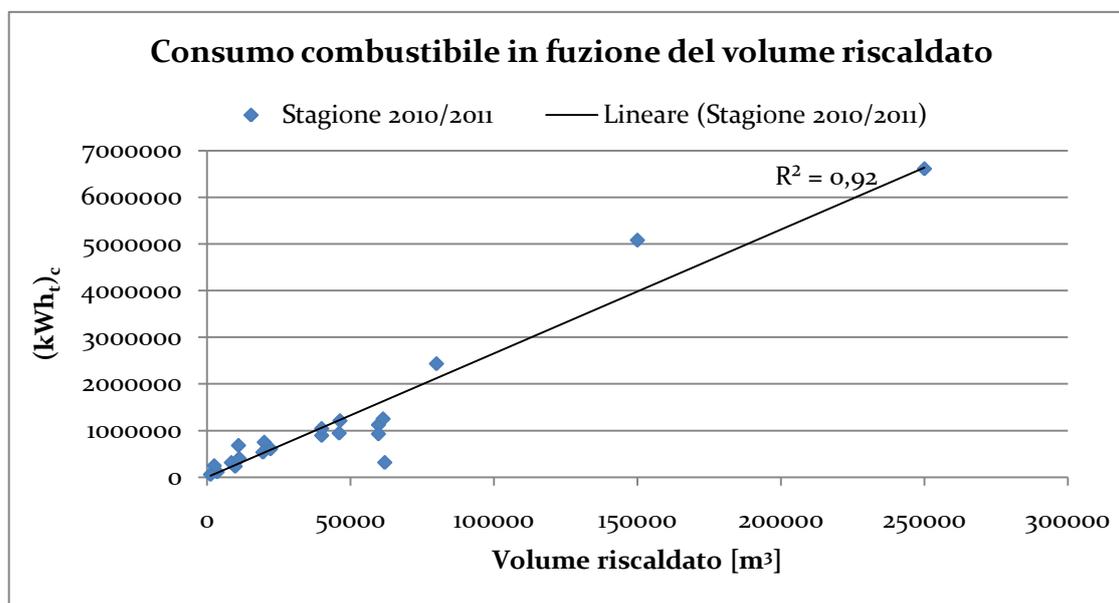


Figura 5. 29 Consumo annuo di energia termica in funzione della volume lordo riscaldato (2010/2011).

Rispetto all'anno precedente, si ha un leggera diminuzione del coefficiente di linearità da $R^2=0.93$ a $R^2=0.92$; tutto sommato il grado di correlazione tra i $(kWh)_c$ e i m^3 degli edifici è buono.

La situazione catastale in relazione con i consumi procapite nel 2010/2011 non è cambiata dall'anno precedente, come mostra la figura seguente.

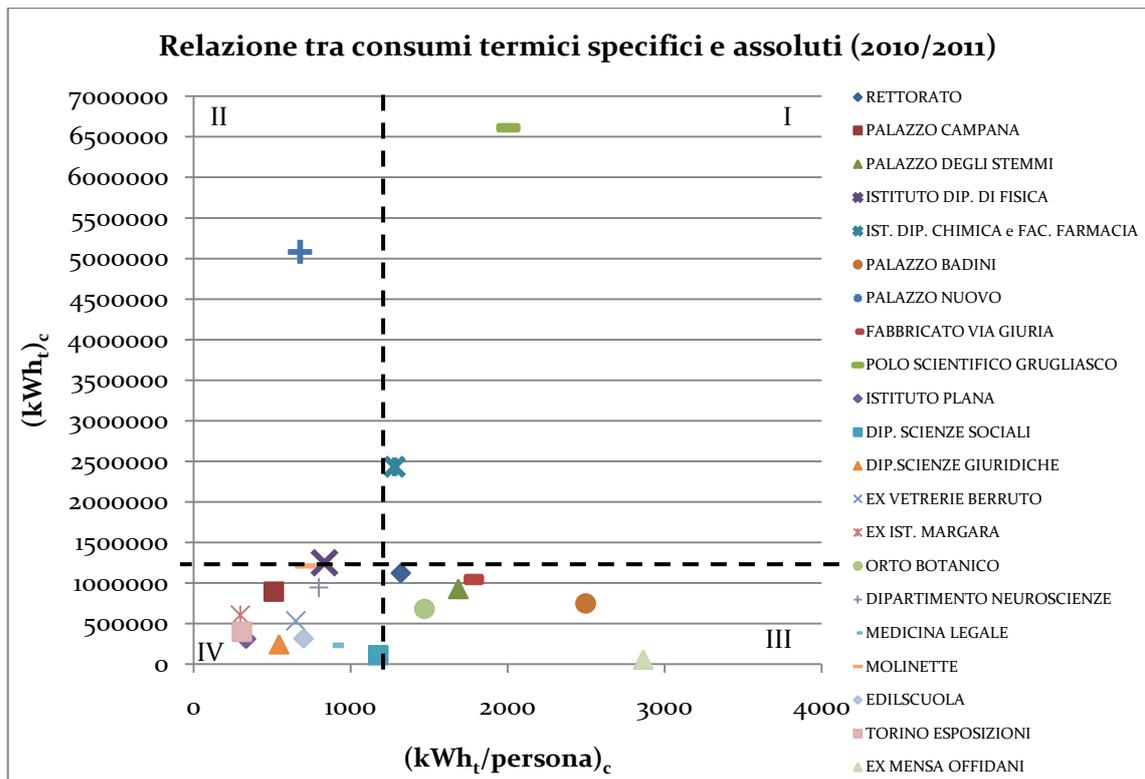


Figura 5. 30 Relazione tra i consumi termici procapite e assoluti per l'anno 2010/2011.

Dopo un'analisi separata del consumo elettrico e termico, si vuole relazionarli fra loro esaminandoli su uno stesso grafico. Il primo grafico che segue mostra la relazione lineare tra i consumi termici convenzionali assoluti e i consumi elettrici assoluti nei due anni, mentre il secondo tale relazione viene riportata sui consumi specifici per unità di superficie.

La relazione tra i consumi assoluti è abbastanza buona: i maggiori consumatori di energia elettrica sono anche i maggiori consumatori di energia termica. Si evidenzia, inoltre, una diminuzione del coefficiente di linearità dal 2009/2010 al 2010/2011 ($R^2=0.8$ a $R^2=0.72$).

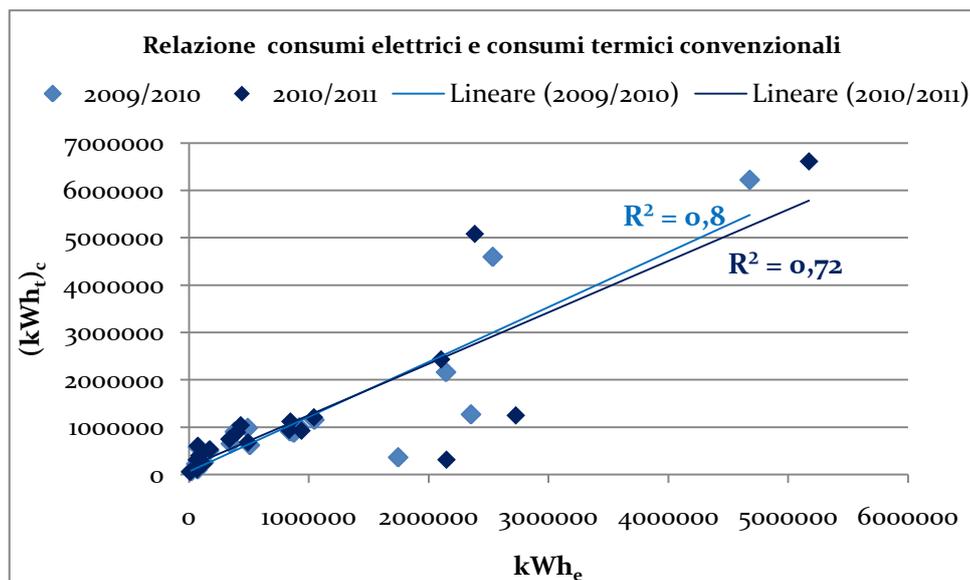


Figura 5. 31 Relazione lineare tra consumi elettrici e consumi termici assoluti.

Gli edifici che si allontanano dalla linea di tendenza sono Palazzo Nuovo, gli Istituti di Fisica e l'Ex Edilscuola: il primo ha un consumo termico maggiore rispetto a quello elettrico, mentre la situazione è capovolta per gli altri due.

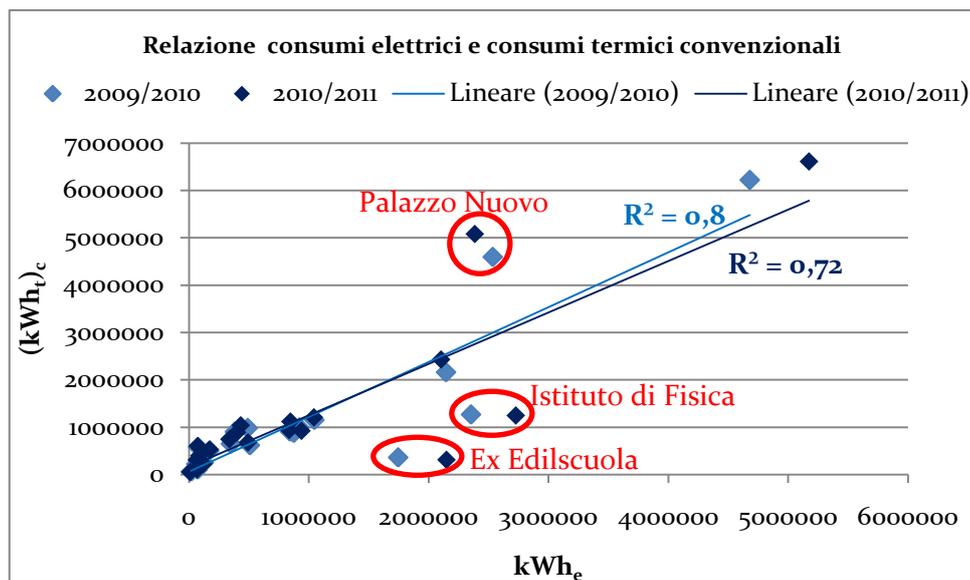


Figura 5. 32 Edifici più lontani dalla linea di tendenza nella relazione lineare tra consumi elettrici e termici assoluti.

La situazione risulta più critica mettendo in relazione i consumi energetici specifici su m^2 . Il coefficiente di linearità è molto basso, $R^2=0.15$ nel 2009/2010, e diminuisce ulteriormente $R^2=0.06$ nell'anno successivo. In questo caso, gli edifici che sono lontani dalla tendenza generale degli edifici sono il Dipartimento di Scienze Giuridiche, che presenta un consumo termico specifico maggiore rispetto a quello elettrico specifico, gli Istituti di Fisica e l'Ex Edilscuola, che hanno una situazione opposta.

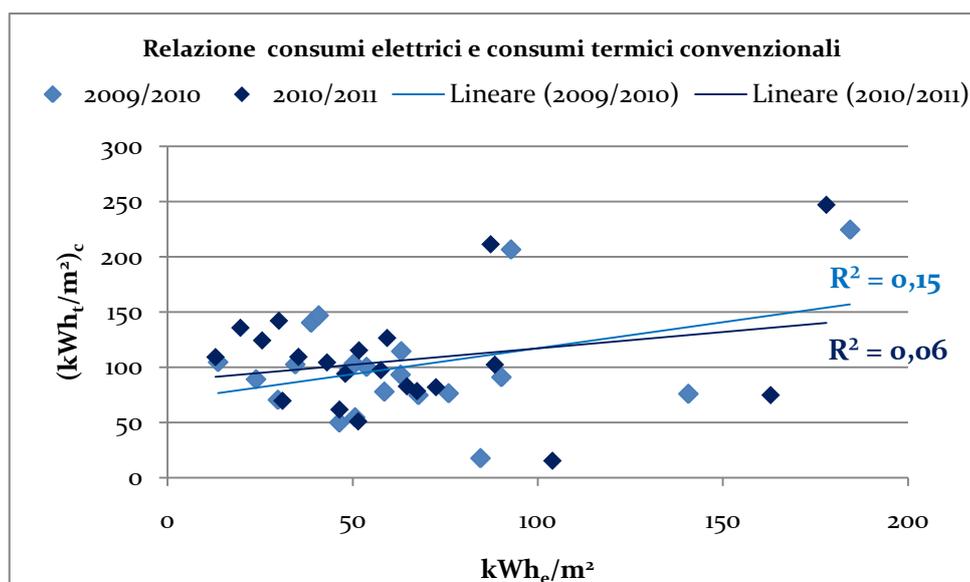


Figura 5. 33 Relazione lineare tra consumi elettrici e consumi termici specifici.

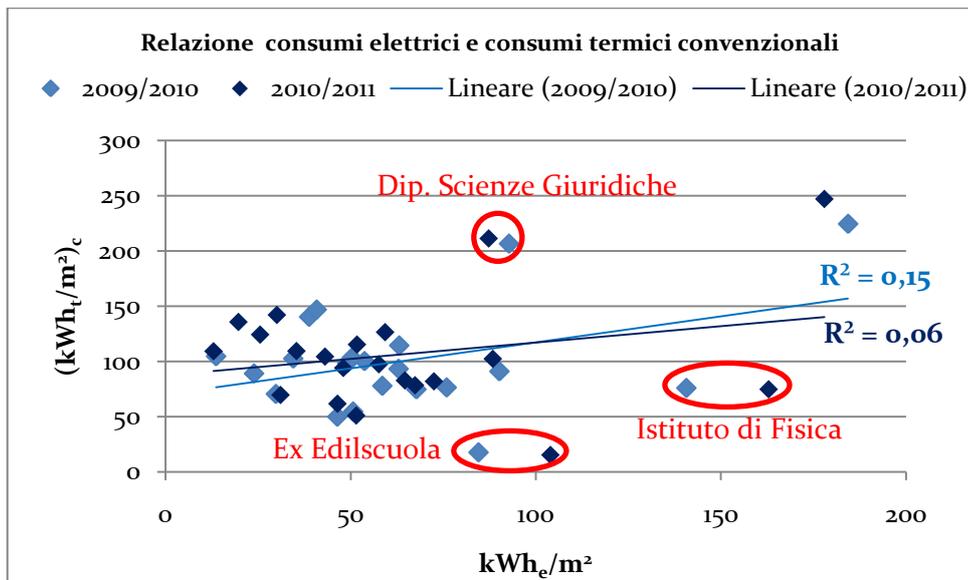


Figura 5. 34 Edifici più lontani dalla linea di tendenza nella relazione lineare tra consumi elettrici e termici specifici.

5.2. ANALISI ECONOMICA

Energia elettrica

Nell'istogramma seguente, si mostrano i costi sostenuti dall'Università di Torino per soddisfare la richiesta di energia elettrica dei ventuno edifici in esame.

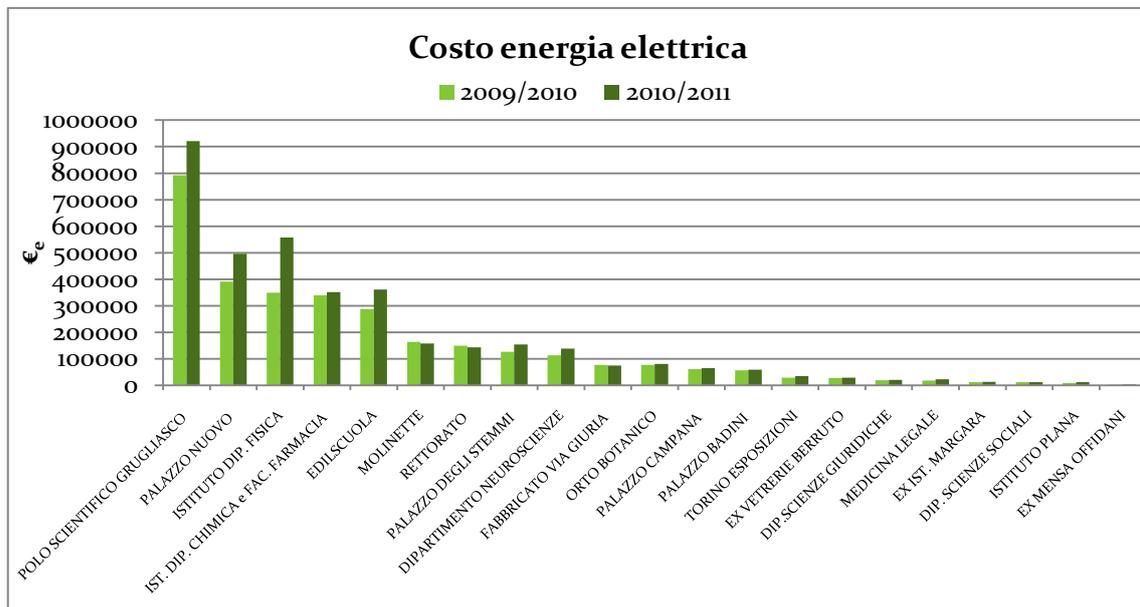


Figura 5. 35 Confronto del costo assoluto dell'energia elettrica nei due archi temporali.

I costi assoluti sono veramente diversi per i vari edifici proprio come i consumi. Per meglio confrontare l'aspetto economico sui vari edifici si esegue un'analisi specifica.

Il grafico che segue mostra i costi elettrici su m^2 registrati nel 2009/2010 e nel 2010/2011; questi sono ordinati in modo decrescente secondo il 2009/2010.

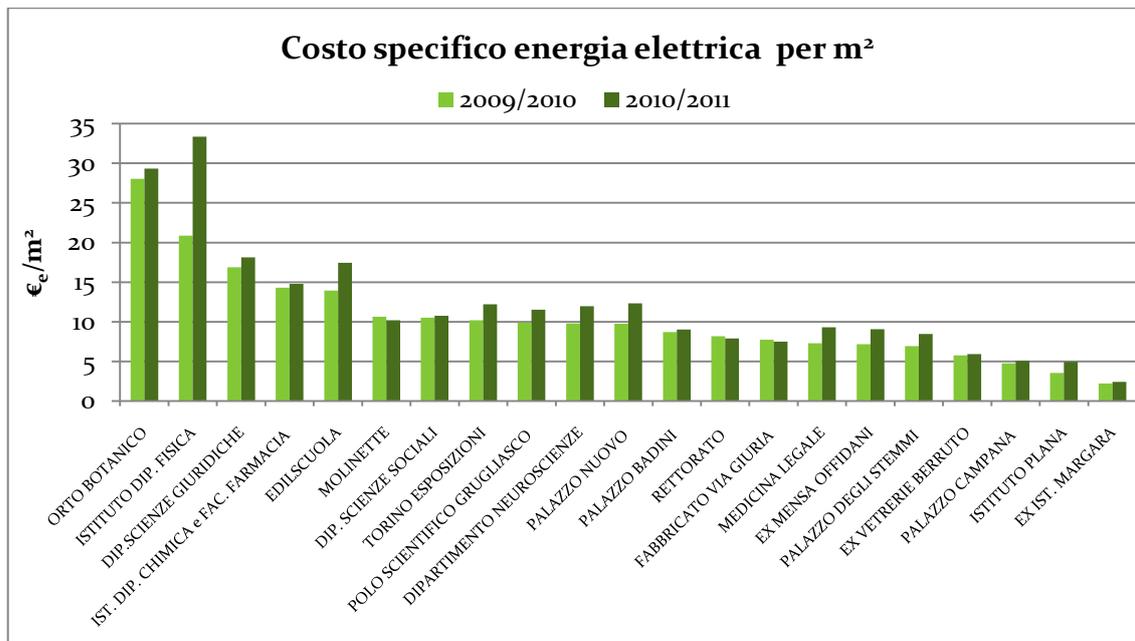


Figura 5. 36 Confronto del costo su m² dell'energia elettrica nei due archi temporali.

I costi elettrici sono particolarmente influenzati dall'andamento del mercato del prezzo dell'energia elettrica e dalle fasce orarie di utilizzazione, per cui non è detto che un edificio che consuma più di un altro paghi anche di più in modo proporzionale.

Il costo elettrico medio nel 2009/2010 è stato di 10 €/m², mentre l'anno successivo è aumentato leggermente, 12 €/m². È evidente, dal grafico qui sopra, che gli edifici per cui il costo elettrico è più elevato sono l'Orto Botanico, l'Istituto di Fisica e il Dipartimento di Scienze Giuridiche nel primo anno e per il secondo a questi si aggiunge l'Edilscuola.

Mentre per il primo anno il costo massimo raggiunto è dall'Orto Botanico pari a 28 €/m², nel 2010/2011 è stato raggiunto il costo di 33 €/m² dall'Istituto di Fisica.

Al contrario i minori costi sono sostenuti dagli edifici che hanno registrato un consumo minore: l'Ex Istituto Margara, l'Istituto Plana e Palazzo Campana (inferiori a 5 €/m²).

Un'altra importante analisi è verificare il costo che viene attribuito per ogni persona che occupa l'edificio: nell'istogramma successivo si mostrano a confronto i costi nei due anni, ordinati in modo decrescente secondo il 2009/2010.

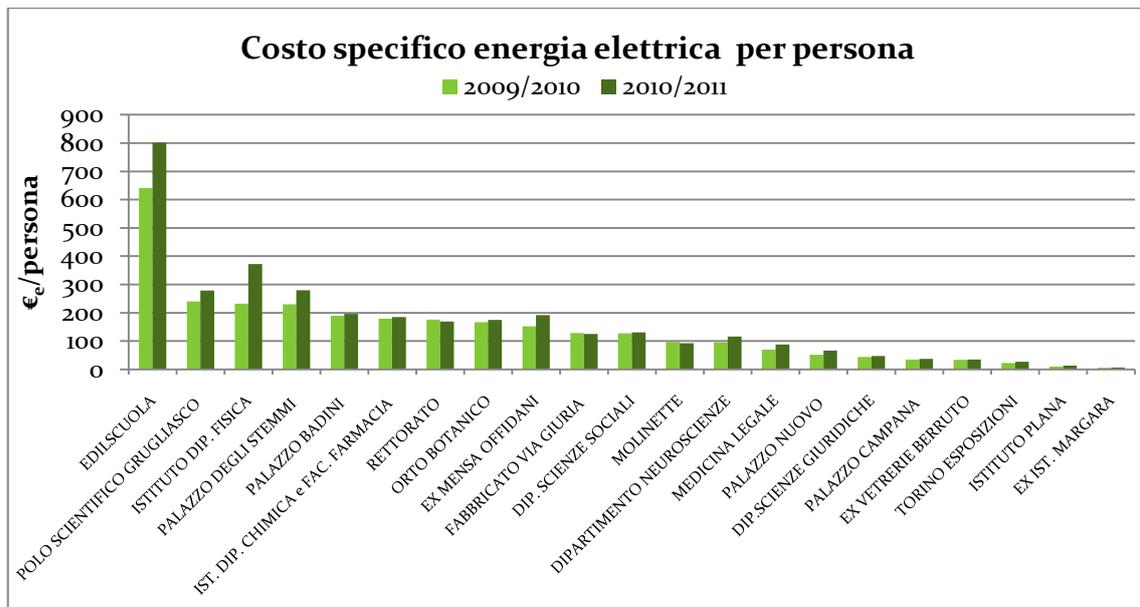


Figura 5. 37 Confronto del costo elettrico procapite nei due archi temporali.

Nell'analisi energetica si è visto che il consumo elettrico procapite maggiore è stato registrato dall'Edilscuola, così anche economicamente il costo procapite di questo edificio è estremamente elevato per entrambi gli anni. Inoltre, si può notare come sia enorme lo scostamento di tale costo (641 e 802 €/persona rispettivamente nei due anni) rispetto ai costi registrati per gli altri edifici: il gap tra i primi due maggiori costi (di Edilscuola e Polo Scientifico) è, infatti, di 400 €/persona nel 2009/2010 e sale 522 €/persona nell'anno successivo.

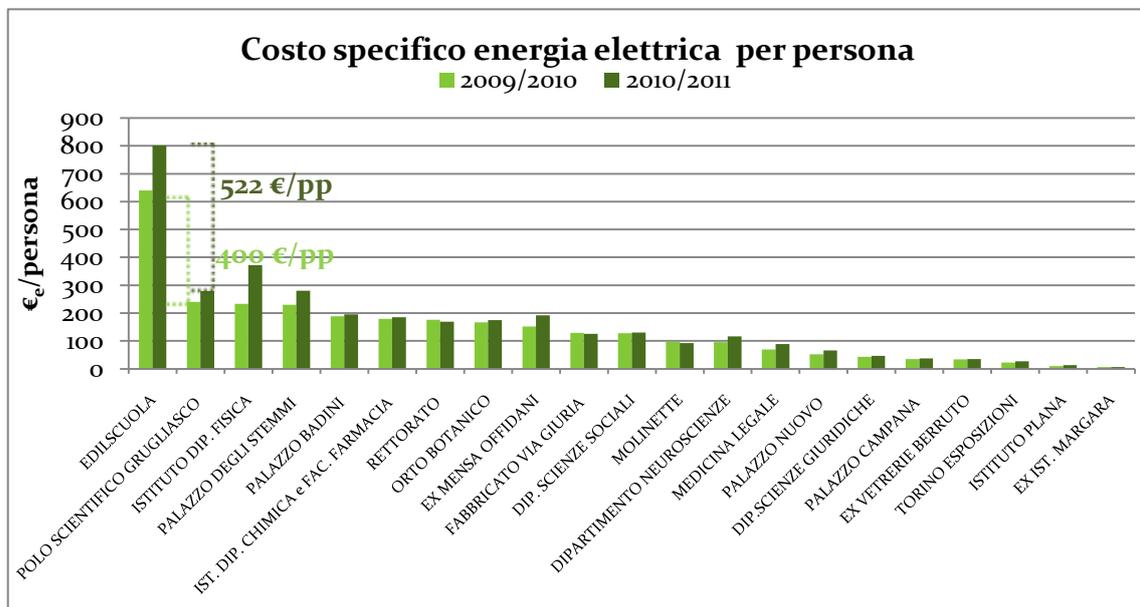


Figura 5. 38 Zoom sullo scostamento del costo elettrico procapite Edilscuola sugli altri edifici.

Questo enorme divario fa aumentare notevolmente la media dei costi elettrici, computata a 139 €/persona e 164 €/persona nei due anni. Supponendo di escludere il costo procapite dell'Edilscuola, la media si abbasserebbe a 114 e 132 €/persona rispettivamente nei due anni.

Si procede, ora, a esaminare i costi con il metodo dei quadranti.

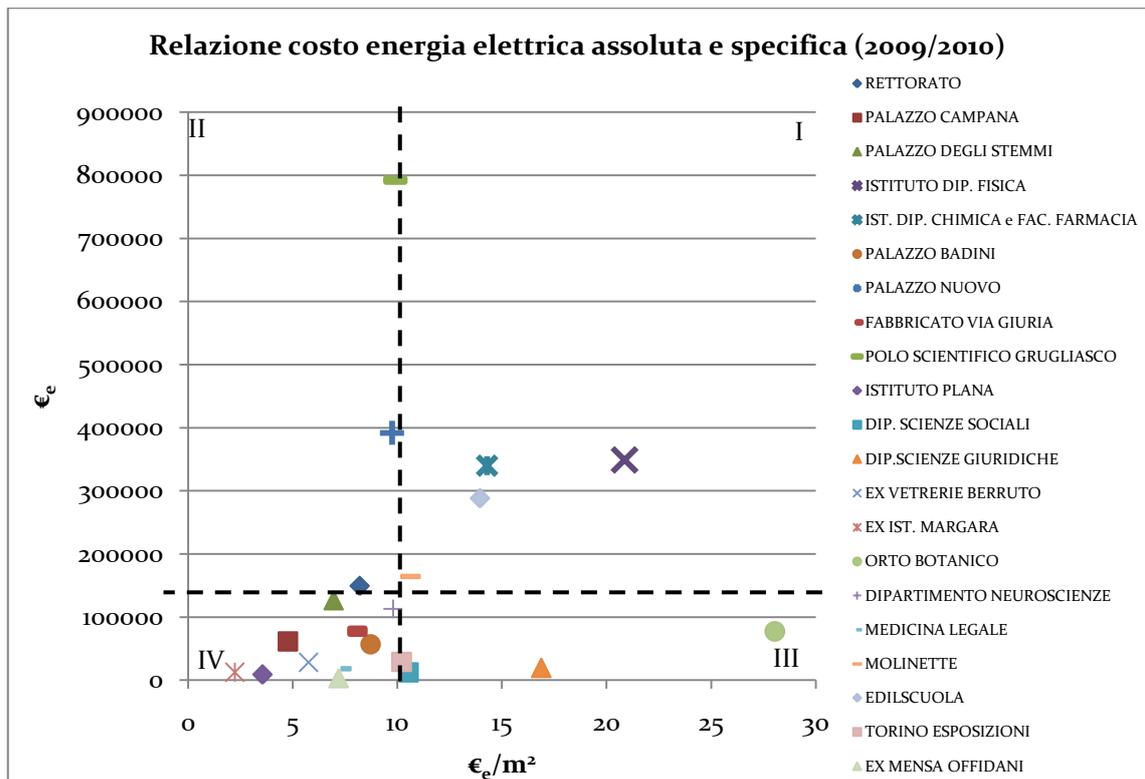


Figura 5. 39 Relazione tra i costi elettrici specifici su m^2 e assoluti per l'anno 2009/2010.

La disposizione degli edifici nei quattro quadranti per i costi elettrici non varia in modo sostanziale da quella vista per i consumi elettrici. Anche dal punto di vista economico, gli edifici sui quali si deve intervenire in modo prioritario per ottenere un riscontro conveniente sono ancora l'Istituto di Fisica, gli Istituti di Chimica e Farmacia, l'Edilscuola; a questi si aggiunge Polo Scientifico di Grugliasco e Palazzo Nuovo che si trovano sulla linea di confine tra primo e secondo quadrante. L'Istituto delle Molinette è sì nel quadrante I, ma praticamente all'incrocio delle rette mediane, per cui presenta una priorità minore rispetto agli edifici citati precedentemente.

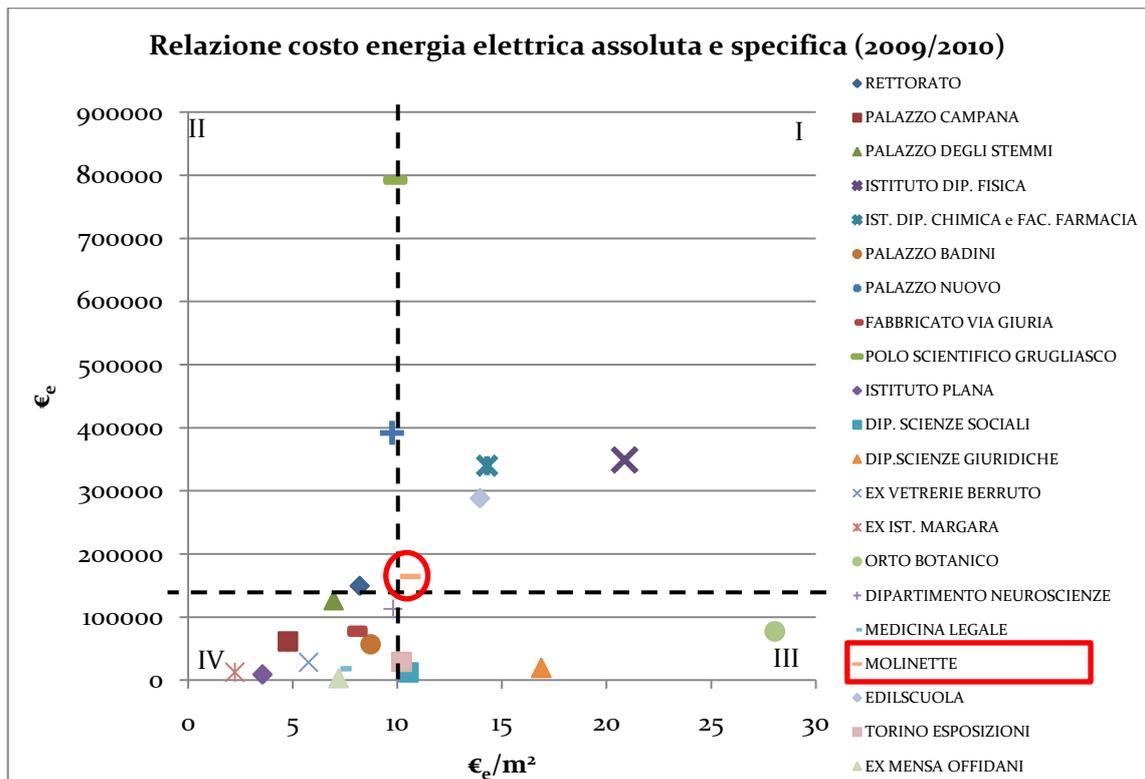


Figura 5. 40 Zoom sulle Molinette nella relazione tra i costi elettrici specifici su m^2 e assoluti 2009/2010.

La ripartizione degli edifici per la criticità sul costo elettrico vede la quota maggiore di classe IV (11 edifici); i restanti dieci edifici sono ripartiti in ordine dalla priorità I alla III rispettivamente in 4, 3 e 3 edifici.

L'istogramma che segue mostra la percentuale di costo elettrico assoluto che si è sostenuto nei rispettivi quattro quadranti: i sette edifici classificati di priorità I e II sono responsabili dell'80% del costo complessivo.

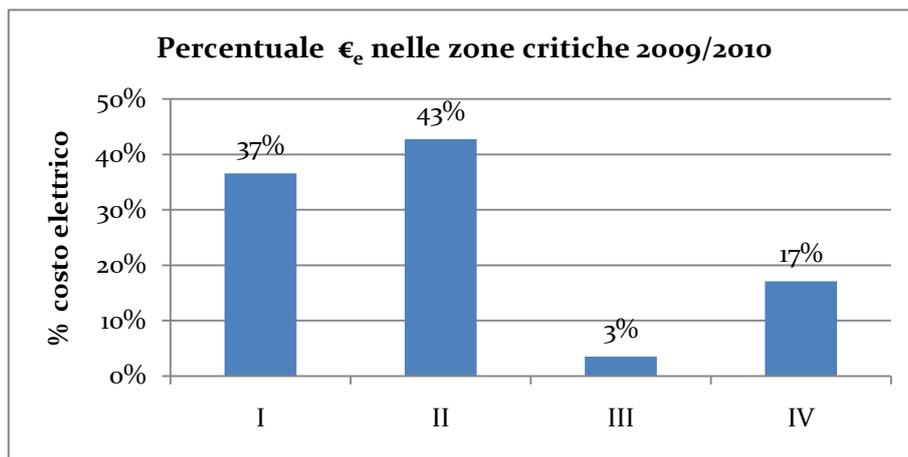


Figura 5. 41 Ripartizione percentuale del costo elettrico nei quattro quadranti del 2009/2010.

Si prosegue relazionando i costi elettrici assoluti e procapite.

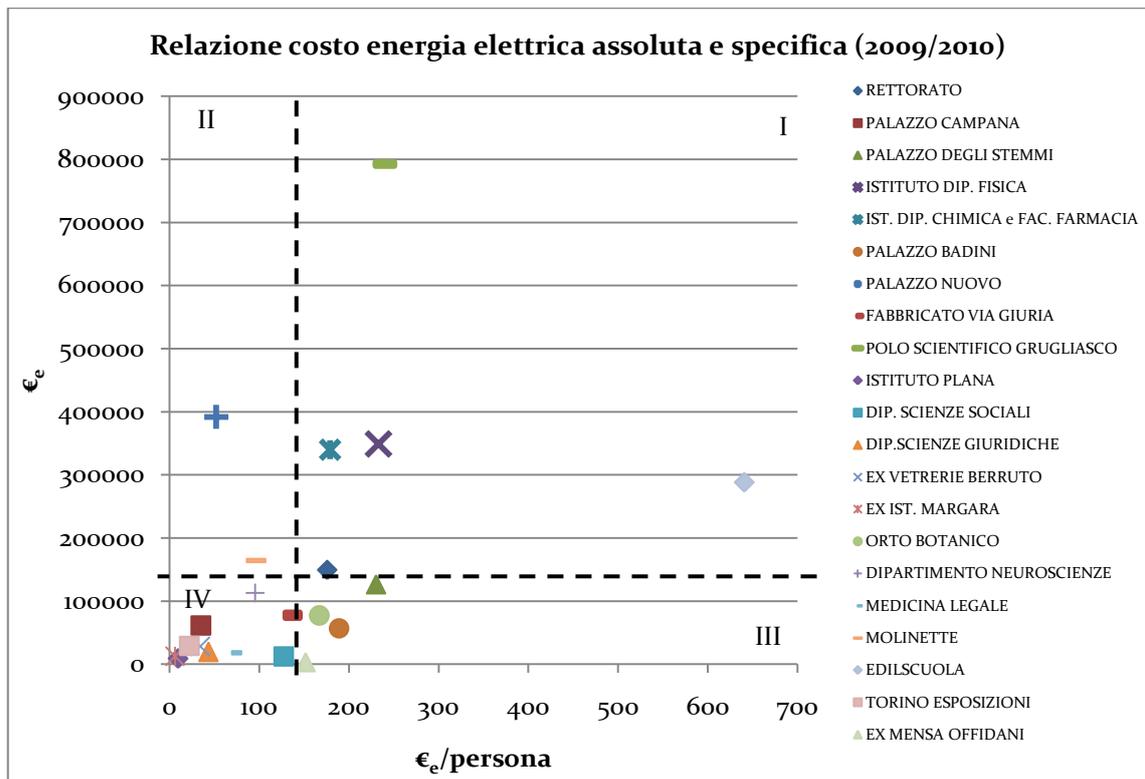


Figura 5. 42 Relazione tra i consumi elettrici procapite e assoluti per l'anno 2009/2010.

Come per visto già nell'analisi energetica elettrica, il Polo Scientifico entra pienamente nel primo quadrante e il Rettorato si sposta dal secondo sulla mediana tra il primo e il terzo, rispetto al grafico visto sopra. Viceversa le Molinette assumono un secondo grado di criticità.

Si prosegue con l'analisi economica del periodo 2010/2011.

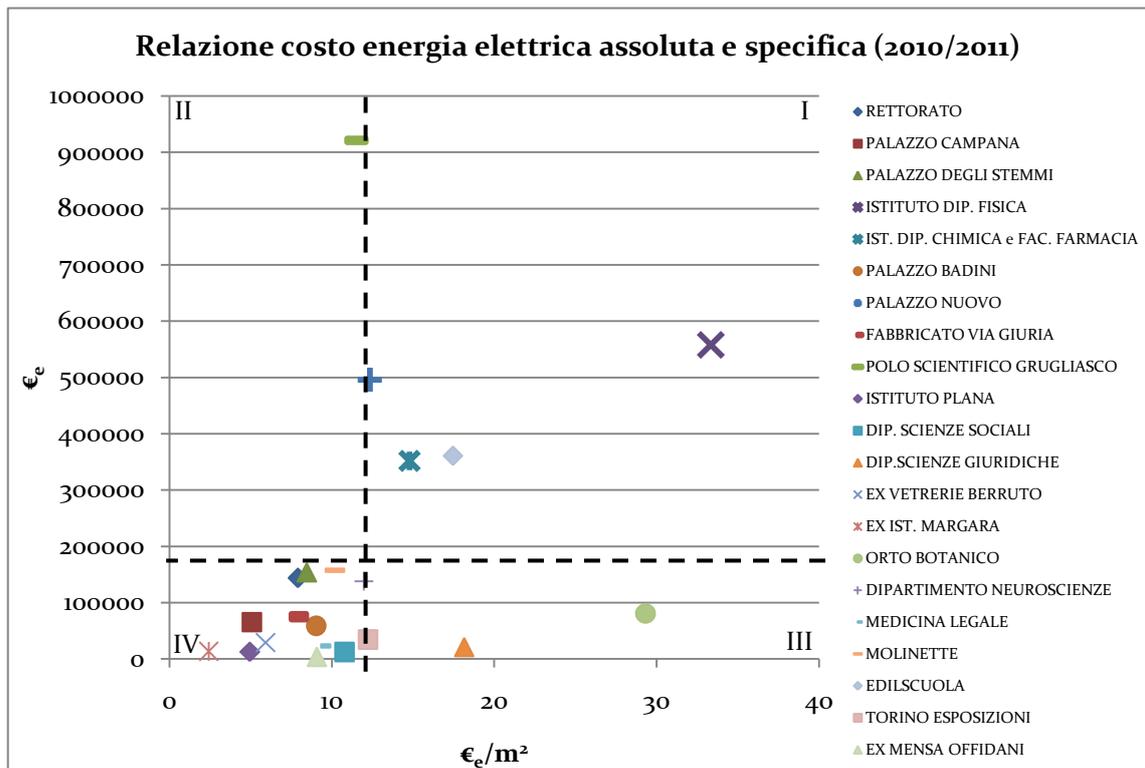


Figura 5. 43 Relazione tra i costi elettrici specifici su m² e assoluti per l'anno 2010/2011.

Con il primo grado di criticità restano l'Istituto di Fisica, gli Istituti di Chimica e Farmacia, l'Edilscuola.

Con l'aumento del costo elettrico medio, gli edifici che si trovano a confine tra due quadranti si sono spostati intermente nel quadrante meno critico: sono i casi delle Molinette e del Rettorato che diventano di grado IV.

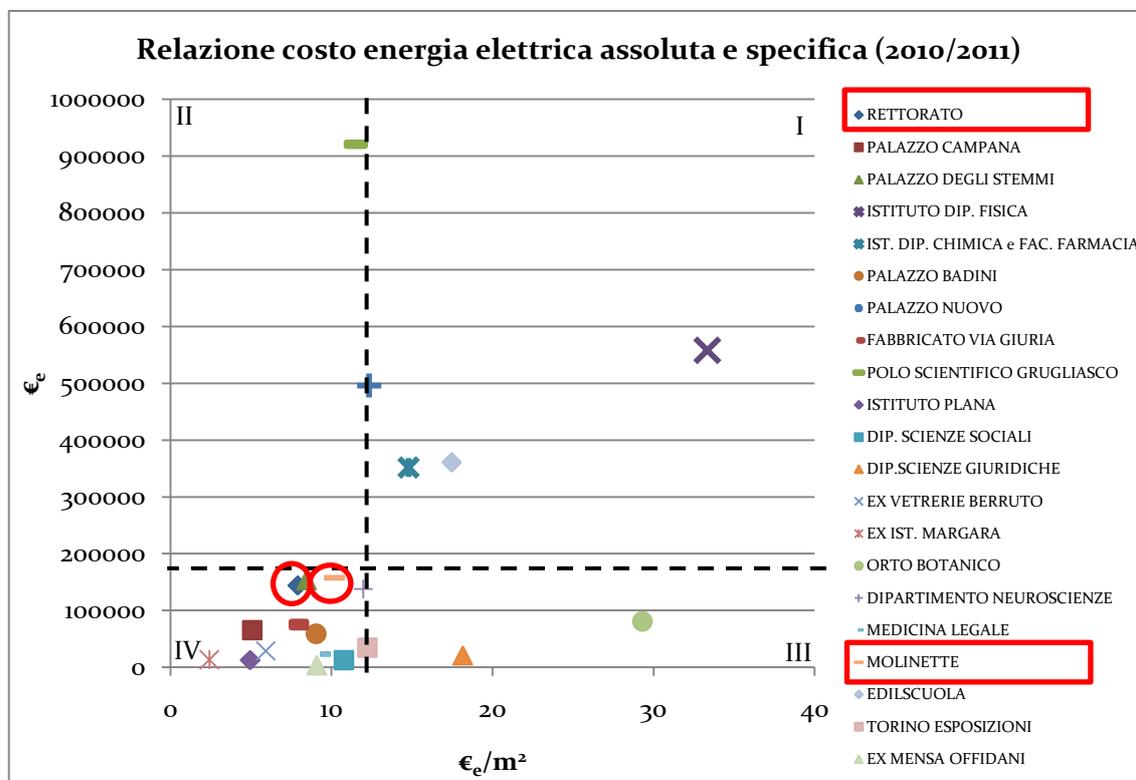


Figura 5. 44 Zoom su Molinette e Rettorato nella relazione tra i costi elettrici specifici su m² e assoluti per l'anno 2010/2011.

Questi leggeri cambiamenti economici hanno modificato la ripartizione degli edifici nei quattro quadranti: la quota di grado IV è salita da 11 a 13, mentre è scesa da 3 a 1 quella di grado II; la quantità di criticità molto alta e media sono rimaste invece costanti (rispettivamente 4 e 3 edifici).

È cambiata anche lievemente la ripartizione percentuale del costo elettrico assoluto nei quattro quadranti: i quattro edifici di grado I sono responsabili di quasi la metà del costo elettrico complessivo.

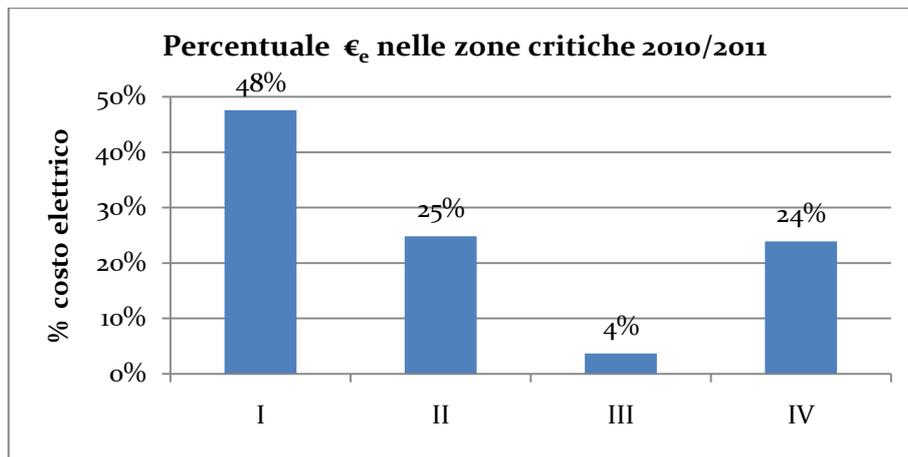


Figura 5. 45 Percentuale degli edifici critici sul costo elettrico del 2010/2011.

Il metodo dei quadranti riferito al costo procapite nel 2010/2011 è mostrato nella figura seguente.

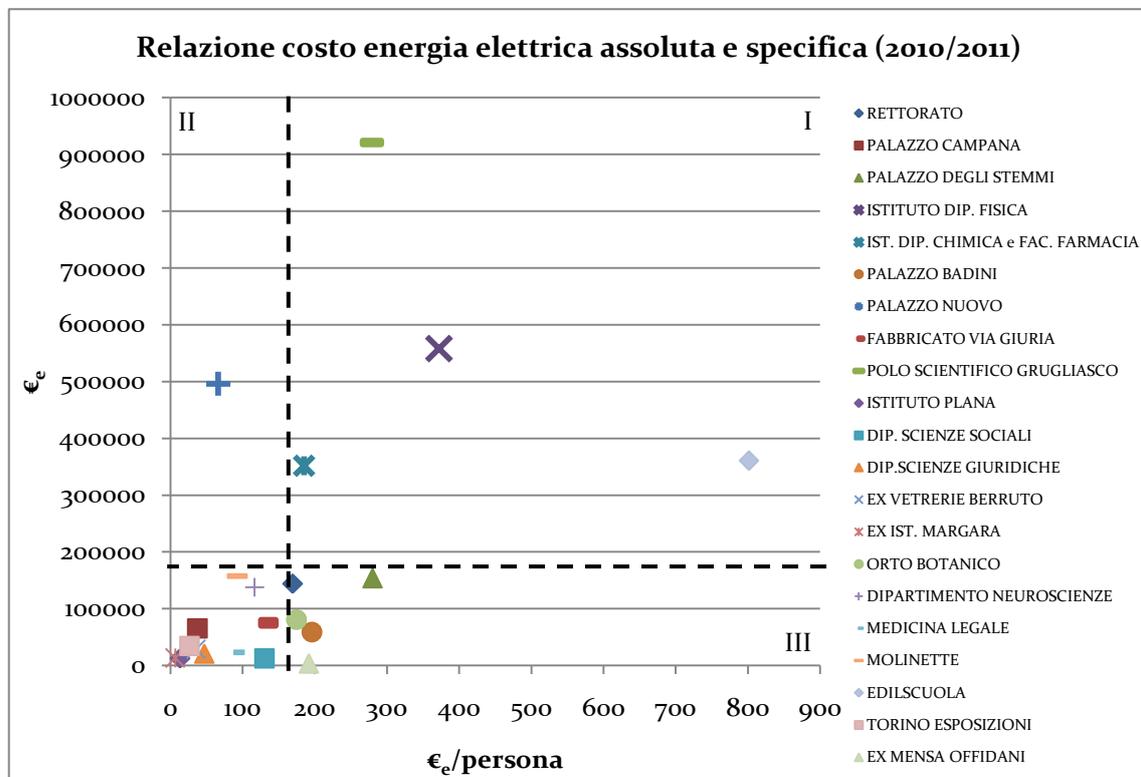


Figura 5. 46 Relazione tra i consumi elettrici procapite e assoluti per l'anno 2010/2011.

Gli edifici identificati come i più critici sono rimasti gli stessi dall'anno precedente; le Molinette passano dal II al IV quadrante e il Rettorato dal I al III.

Energia termica

Nell'istogramma che segue, si evidenziano i costi sostenuti dall'Università di Torino per soddisfare la richiesta di energia termica dei ventuno edifici in esame.

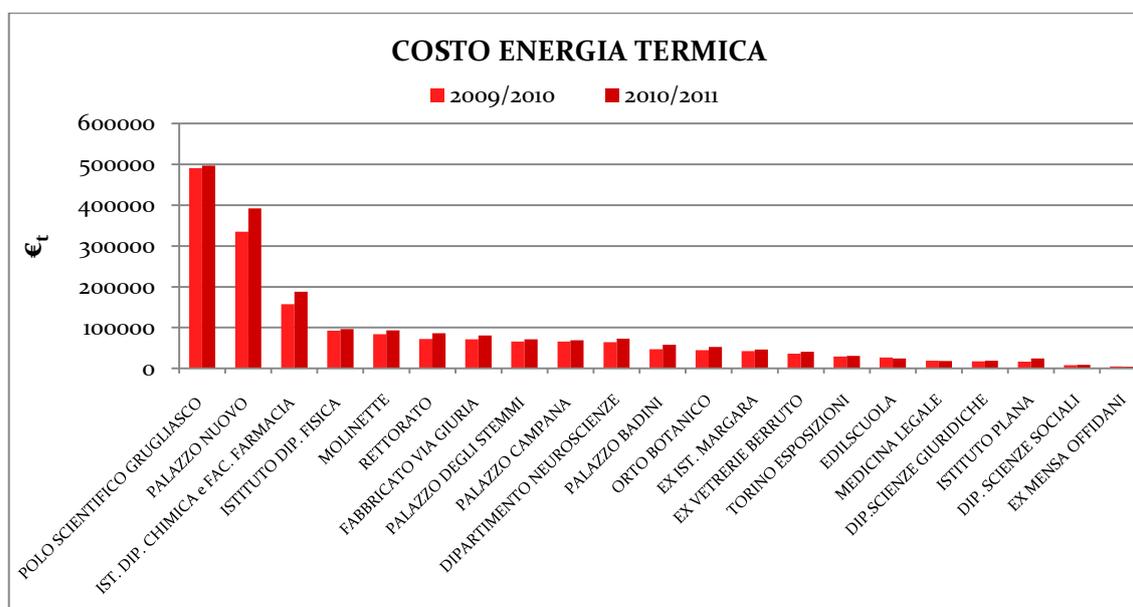


Figura 5. 47 Confronto del costo assoluto dell'energia termica nei due archi temporali.

Come già visto per i costi elettrici, anche i costi termici assoluti sono i più diversi, da 4500 €_t a quasi 500000 €_t.

Non essendo stati forniti i costi effettivi sostenuti dall'Università di Torino per coprire i consumi termici di ogni edificio, questi sono stati ipotizzati. Tutti gli edifici sono serviti da gas metano così sono stati ipotizzati due costi in €/m³ di metano uno per la stagione di riscaldamento 2009/2010 e uno per quella 2010/2011, secondo una media dei costi mensili indicati dall'ente gas ENI. Il costo complessivo è quindi direttamente proporzionale al consumo termico per ogni anno. Evidentemente, i diagrammi che seguiranno sono analoghi a quelli dei consumi termici dettagliati nel paragrafo *Analisi energia termica*.

Per meglio confrontare l'aspetto economico sui vari edifici si esegue un'analisi specifica. I grafici che seguiranno mostrano i costi termici convenzionali (pedice c) ovvero normalizzati sui Gradi Giorno.

Il grafico che segue mostra i costi elettrici su m³ registrati nel 2009/2010 e nel 2010/2011; questi sono ordinati in modo decrescente secondo il 2009/2010.

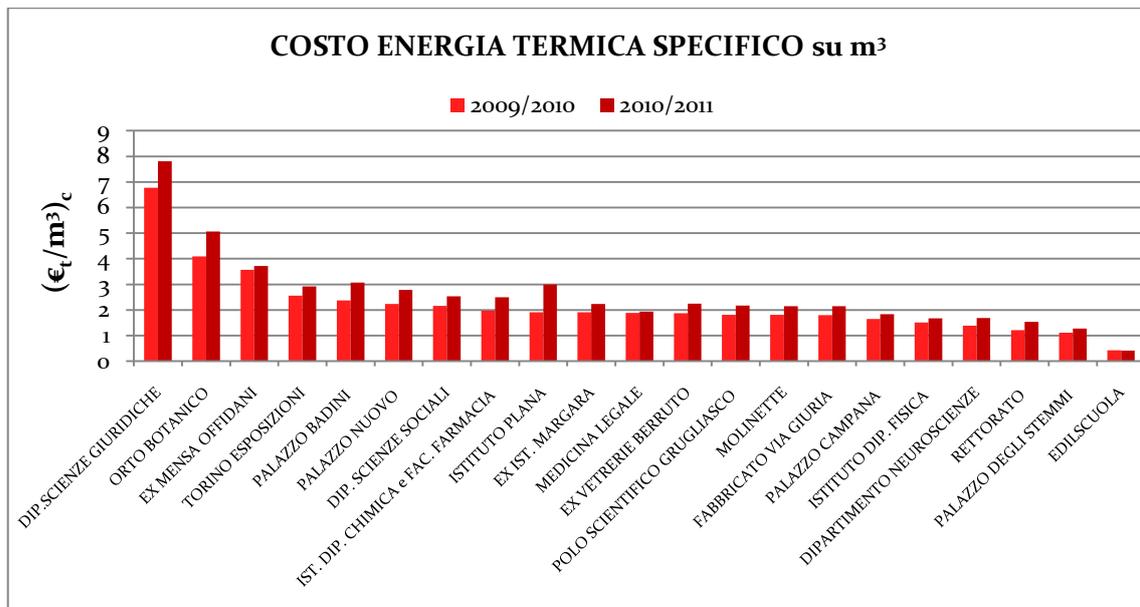


Figura 5. 48 Confronto del costo specifico su m³ dell'energia termica nei due archi temporali.

I costi termici specifici su m³ medi registrati nelle due stagioni di riscaldamento sono rispettivamente 2.2 e 2.6 (€/m³)_c. Come prevedibile, il costo maggiore è riferito all'edificio con il consumo maggiore; il Dipartimento di Scienze Giuridiche, infatti, ha dovuto sostenere un costo tre volte superiore al costo medio degli edifici. Tuttavia, è da notare che sono la maggior parte degli edifici (quindici su ventuno) che mostrano un costo inferiore alla media.

Proseguendo, si analizza il costo termico procapite, la cui situazione risulta un po' cambiata rispetto alla precedente. Ciò che salta all'occhio del grafico sottostante è il costo che devono sostenere l'Ex Mensa Offidani e Palazzo Badini per ogni occupante: un costo superiore a 200 (€/persona)_c all'anno non è una spesa banale!

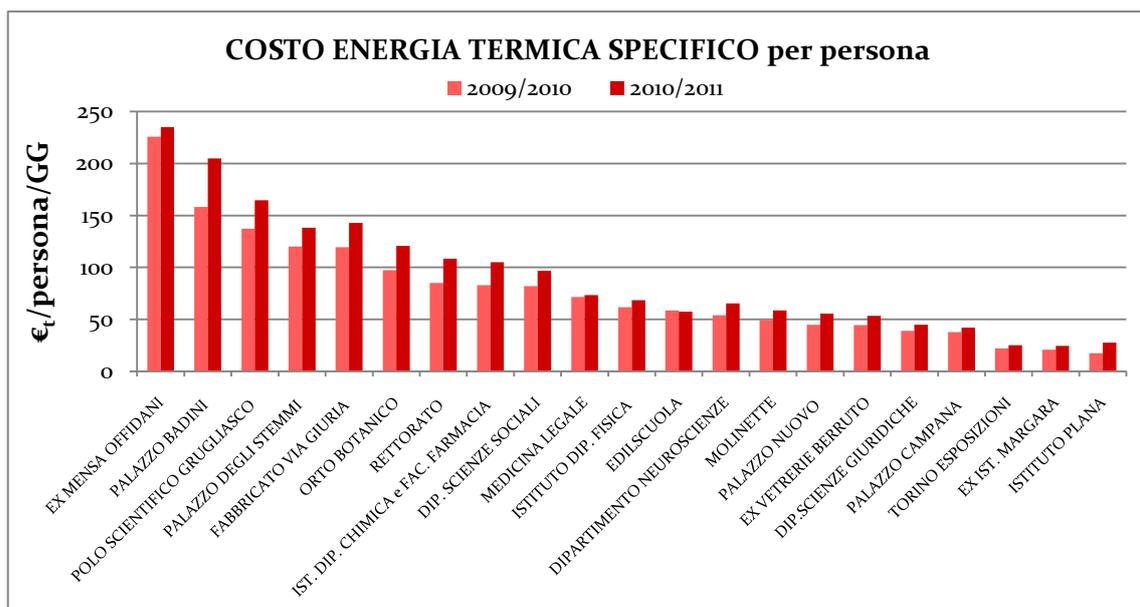


Figura 5. 49 Confronto del costo specifico su persona dell'energia termica nei due archi temporali.

I costi termici procapite medi registrati nelle due stagioni di riscaldamento sono rispettivamente 78 e 92 (€/persona)_c.

Nei grafici seguenti, si mostrano i grafici catastali economici dal punto di vista termico per i due anni, ottenuti dal metodo dei quadranti. Poiché questi sono analoghi a quelli dei consumi termici, i commenti sono elusi in quanto identici a quelli già presentati.

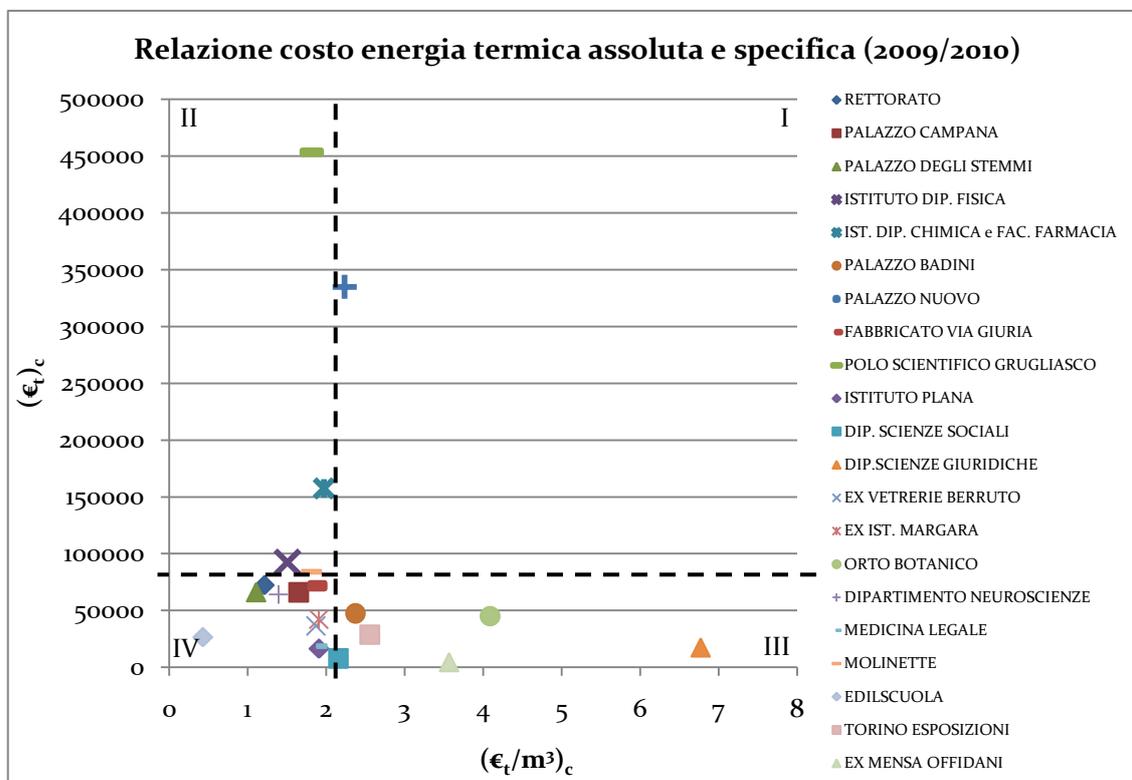


Figura 5. 50 Relazione tra i costi termici specifici su m³ e assoluti per l'anno 2009/2010.

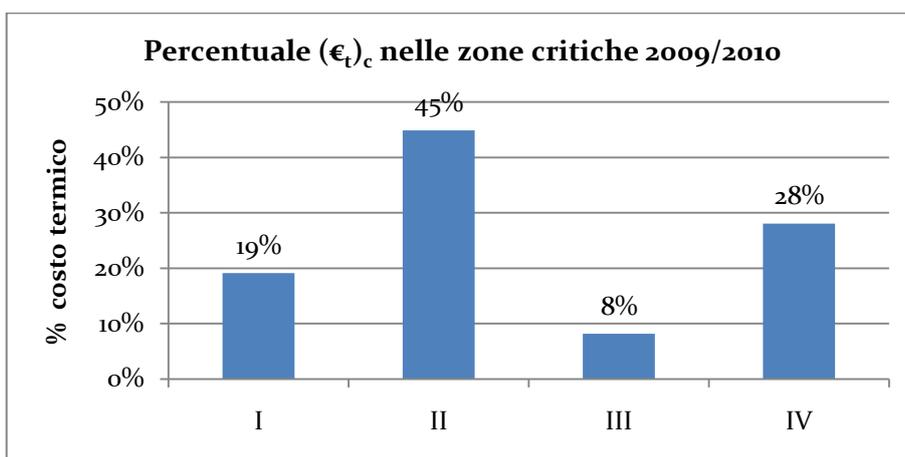


Figura 5. 51 Ripartizione percentuale del costo termico nei quattro quadranti del 2009/2010.

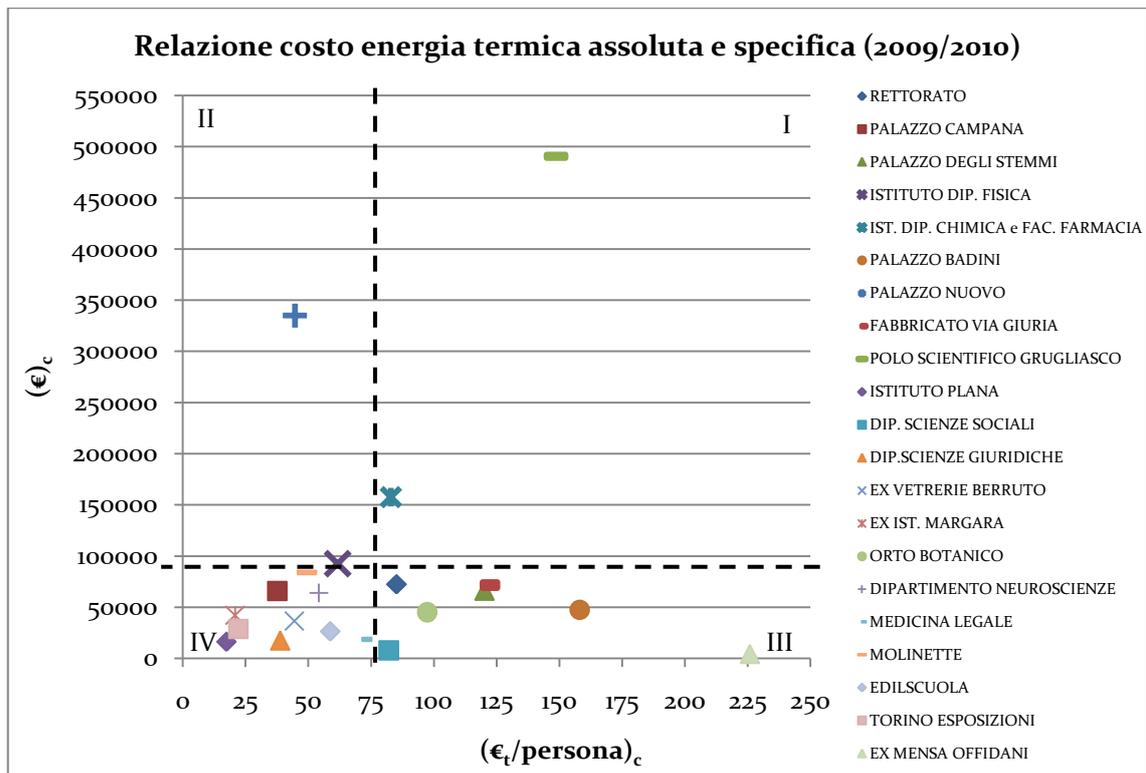


Figura 5. 52 Relazione tra i consumi termici procapite e assoluti per l'anno 2009/2010.

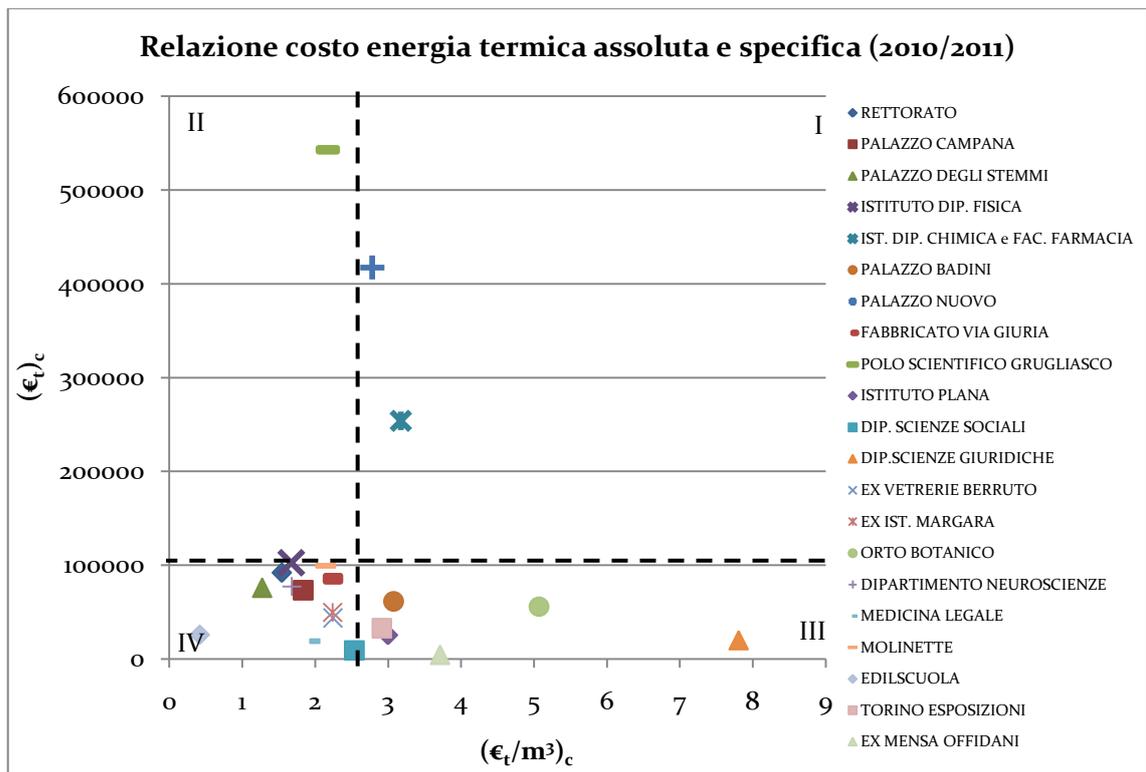


Figura 5. 53 Relazione tra i costi termici specifici su m^3 e assoluti per l'anno 2010/2011.

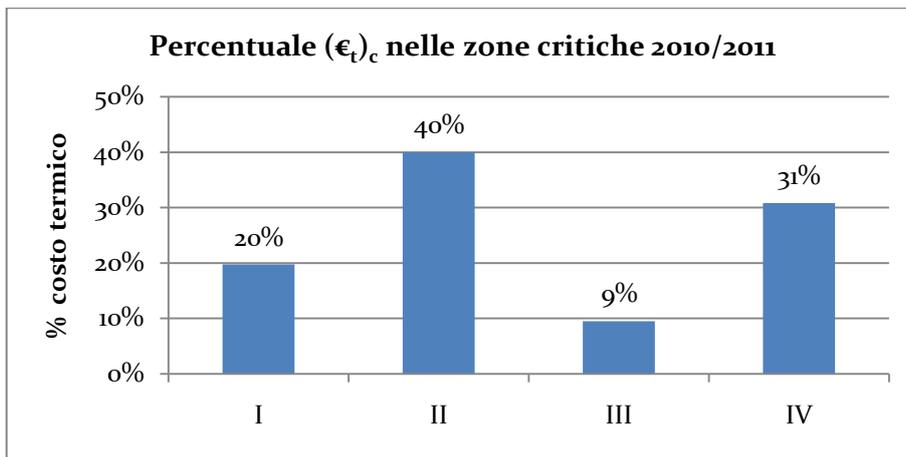


Figura 5. 54 Ripartizione percentuale del costo termico nei quattro quadranti del 2010/2011.

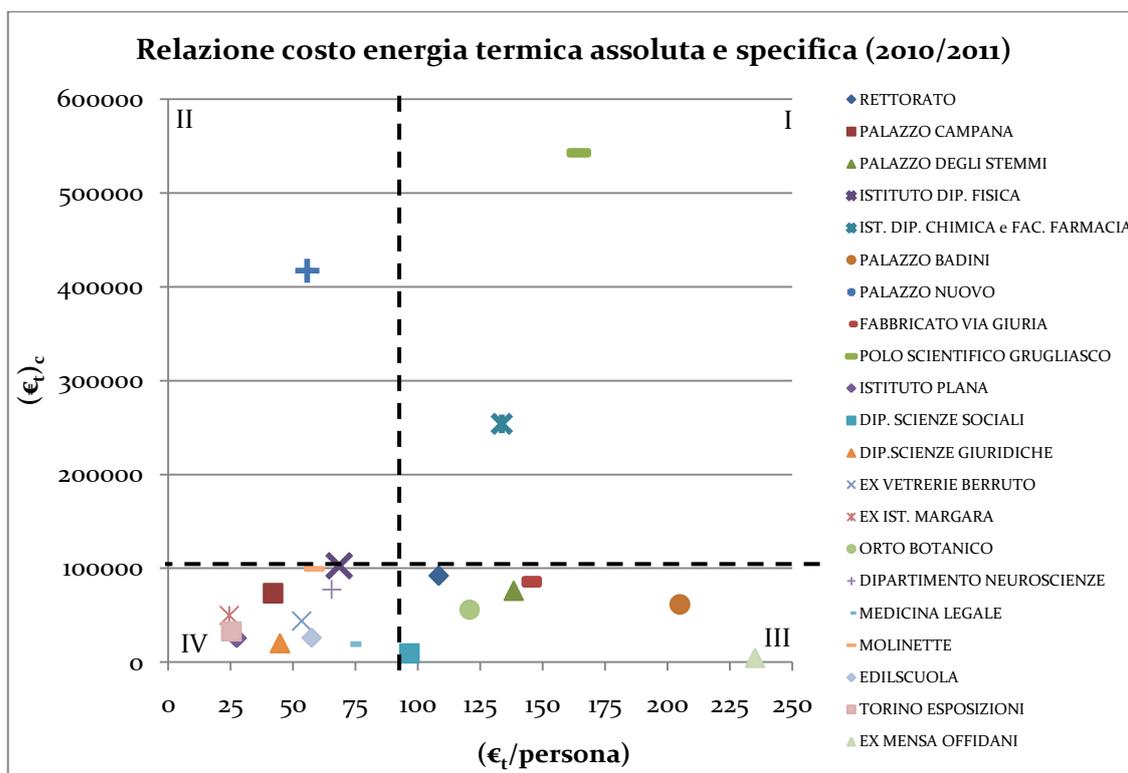


Figura 5. 55 Relazione tra i consumi termici procapite e assoluti per l'anno 2010/2011.

Energia totale

Il grafico seguente mostra il costo che deve sostenere l'Università per soddisfare l'energia totale richiesta da ciascun suo edificio.

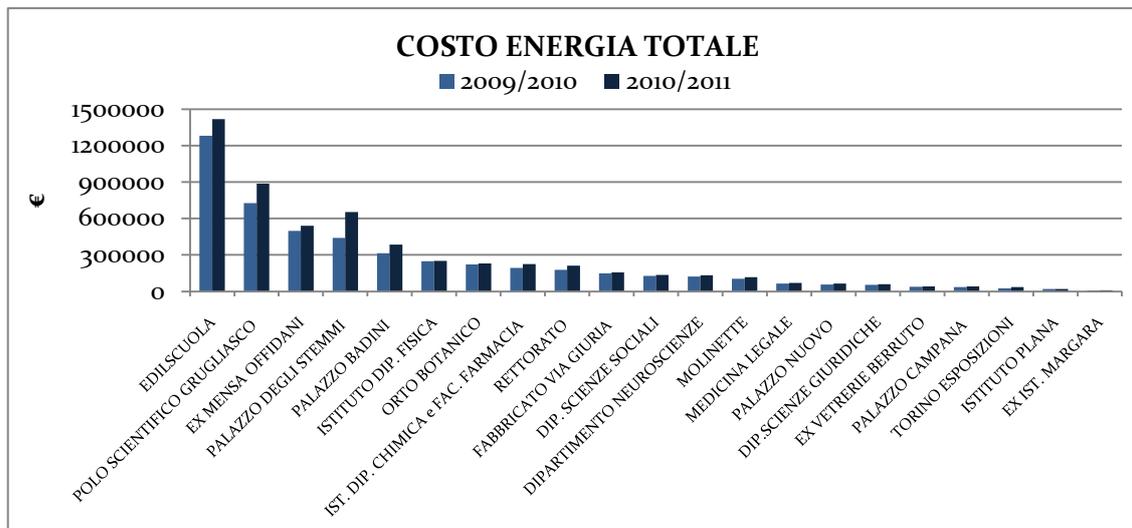


Figura 5. 56 Confronto del costo assoluto dell'energia totale nei due archi temporali.

Come visto per i costi energetici separati, anche sommando i due contributi elettrici e termici, i costi per ciascun edificio sono i più svariati; per alcuni si tratta di cifre modeste (7500 €/anno) a cifre decisamente più importanti (1400000 €/anno).

Per meglio rapportare il costo energetico totale con i costi parziali elettrici e termici convenzionali, sono riportati i seguenti diagrammi il primo per il 2009/2010 e il secondo per il 2010/2011: questi grafici riassumono quelli descritti nelle schede di ciascun edificio.

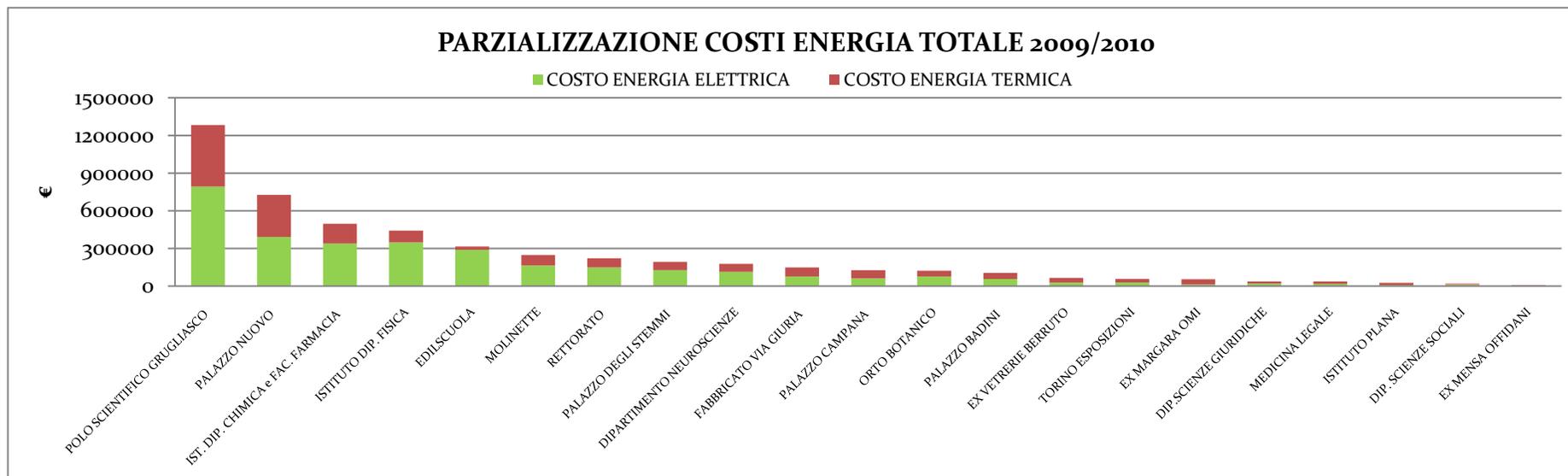


Figura 5. 57 Parzializzazione costi energia totale 2009/2010.

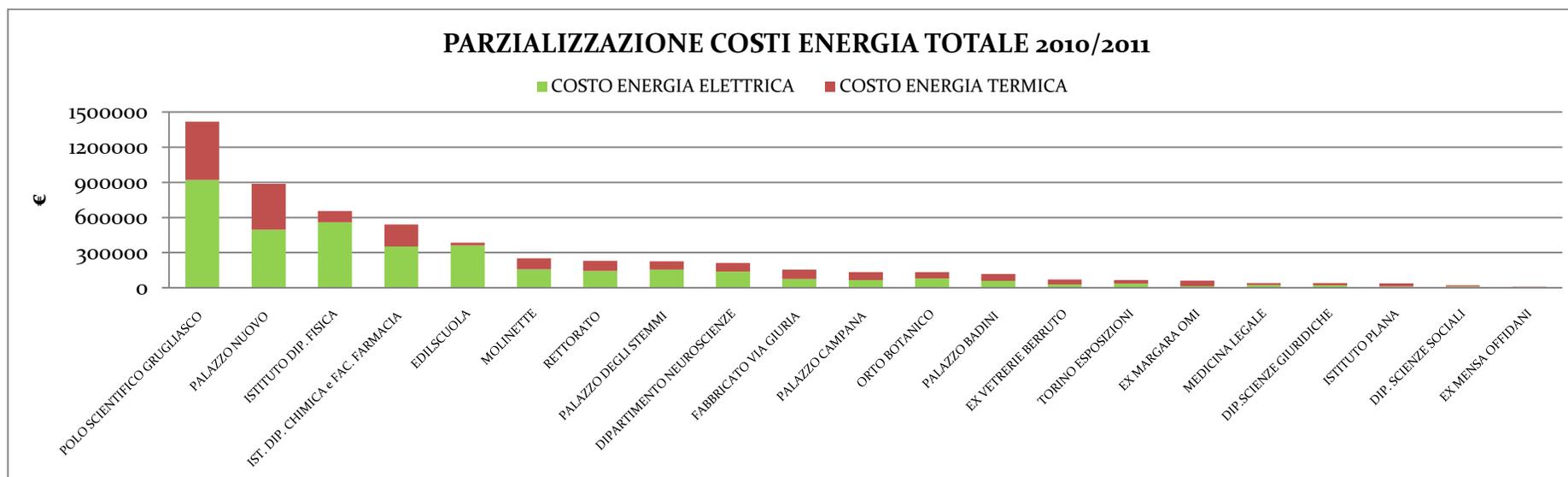


Figura 5. 58 Parzializzazione costi energia totale 2010/2011.

Dai grafici qui sopra si evidenzia la caratteristica degli istituti di Edilscuola, di Fisica e il Palazzo degli Stemmi il cui costo energetico è dovuto in misura maggiore al consumo elettrico rispetto a quello termico, con una percentuale rispettivamente del 93%, del 84% e del 67%.

Un importante studio è verificare qual è il costo energetico totale attribuibile ad ogni persona occupante l'immobile. L'istogramma seguente individua il costo energetico procapite per ogni edificio sui due anni di riferimento.

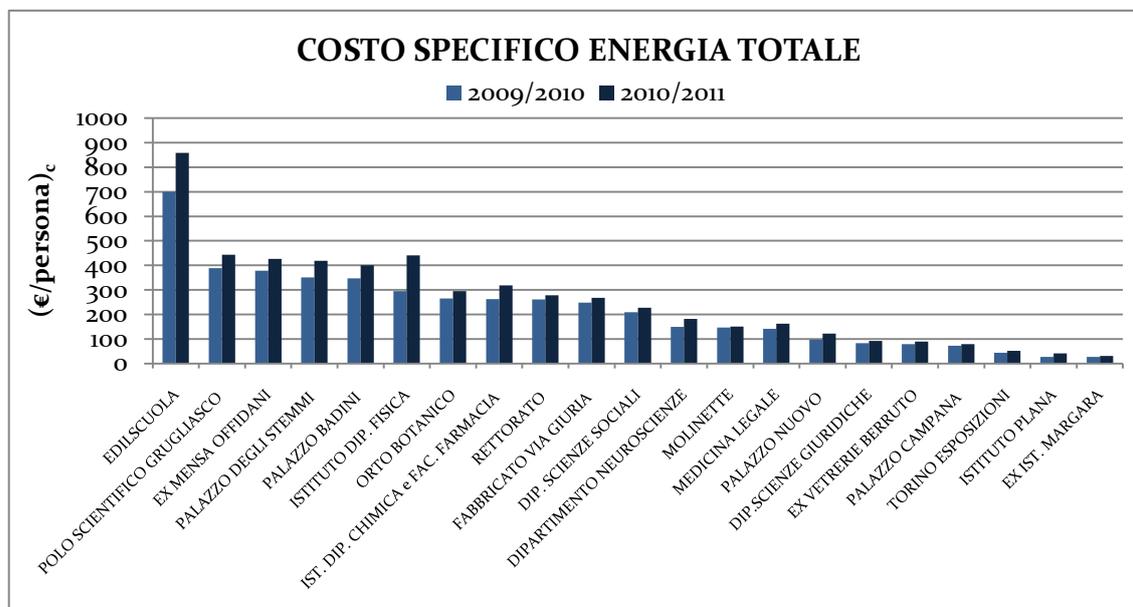


Figura 5. 59 Confronto del costo specifico su persona dell'energia totale nei due archi temporali.

Il costo medio di questi ventuno edifici è pari a 218 (€/persona)_c nel 2009/2010 e sale a 256 (€/persona)_c nel 2010/2011.

In una prima visuale del diagramma appare in evidenza il costo procapite per l'Edilscuola di 700 € che sale a 860 € nel 2010/2011: si tratta di cifre consistenti! Per fortuna questo è un caso singolare, gli altri edifici presentano un costo inferiore, da 400 (€/persona)_c per il Polo Scientifico a 30 (€/persona)_c per l'Ex Ist. Margara.

5.3. ANALISI AMBIENTALE

L'analisi ambientale dell'energia elettrica è valutata attraverso il calcolo dell'energia primaria e della CO₂ equivalente.

Di seguito si riportano i risultati separatamente per l'energia elettrica e per l'energia termica e, successivamente, per l'energia complessiva.

Energia elettrica

Per confrontare l'impatto ambientale dei diversi edifici, si riportano di seguito i due grafici di energia primaria e di CO₂ equivalente per l'energia elettrica, a confronto sui due anni.

Poiché, i fattori di conversione in energia primaria e in CO₂ equivalente sono tra loro proporzionali, gli istogrammi hanno il medesimo aspetto.

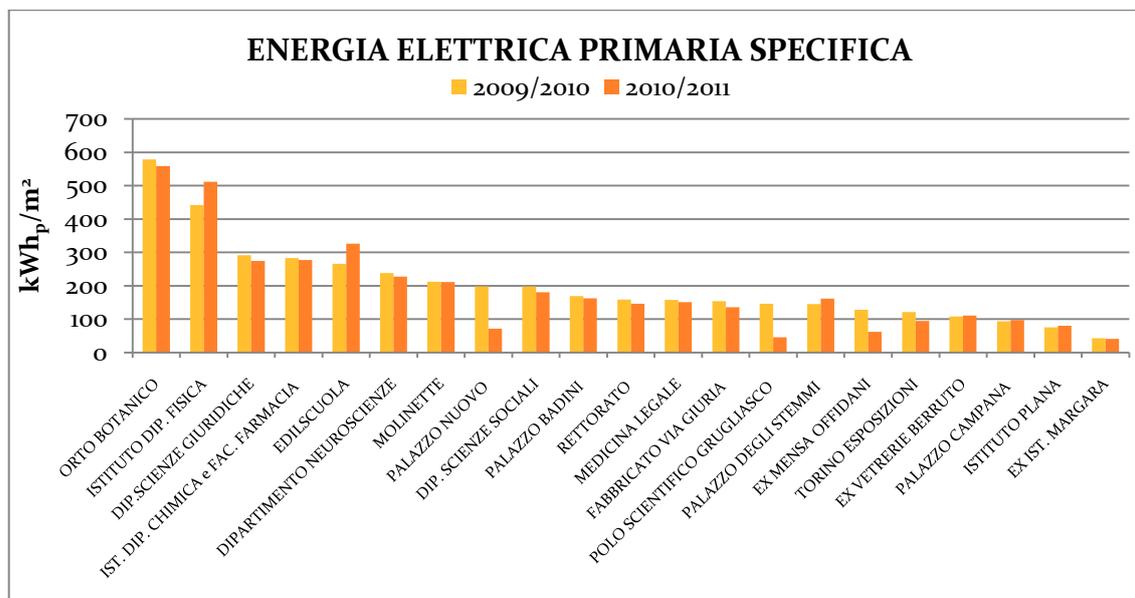


Figura 5. 6o Confronto dell'energia elettrica primaria su m² nei due archi temporali.

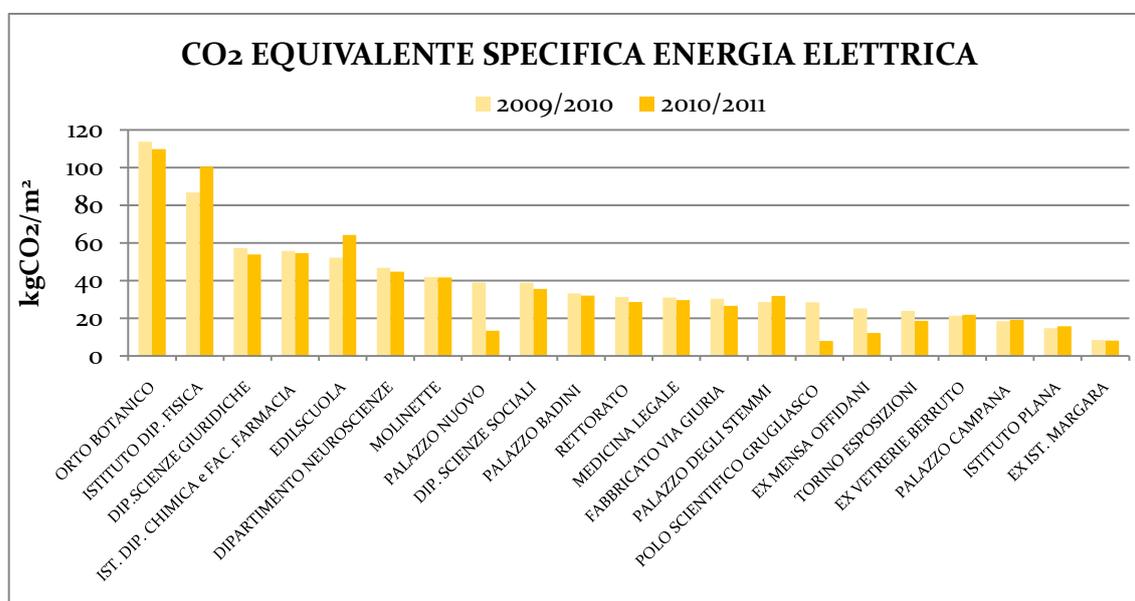


Figura 5. 61 Confronto della CO₂ equivalente su m² dell'energia elettrica nei due archi temporali.

Diciannove edifici su ventuno importano e acquistano energia elettrica dalla sola rete nazionale, senza alcuna produzione/esportazione in loco. Per questi edifici, quindi, l'energia primaria e la CO₂ equivalente sono direttamente proporzionali al suo consumo; i maggiori consumatori sono anche i maggiori responsabili all'inquinamento ambientale.

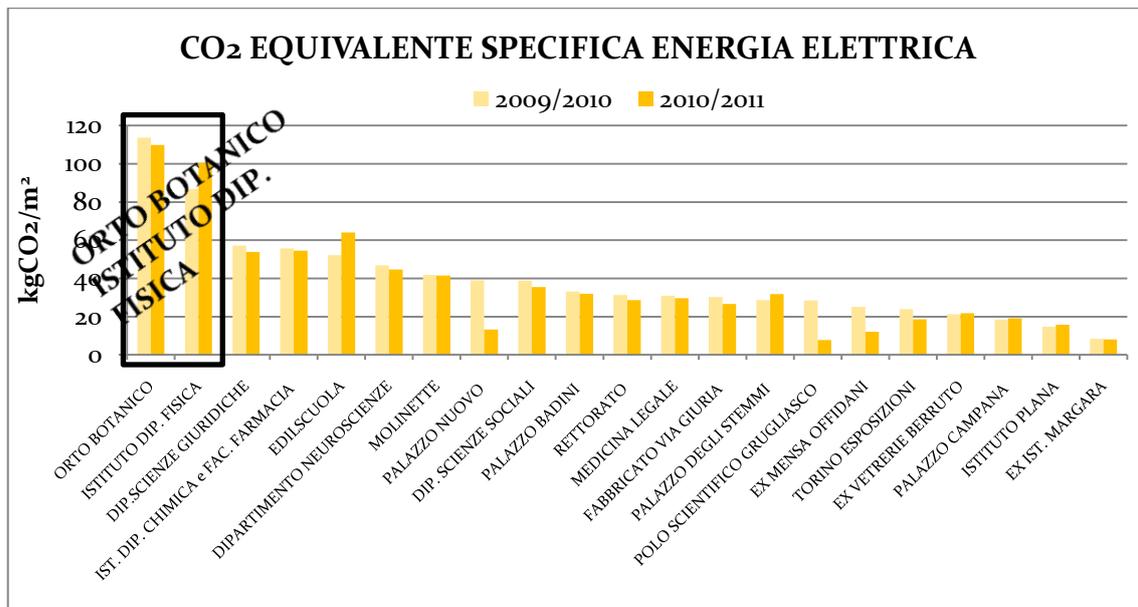


Figura 5. 62 Zoom sugli edifici a maggior impatto ambientale per il consumo dell'energia elettrica su m².

Caso diverso è per Palazzo Nuovo e Polo Scientifico di Grugliasco che, grazie alla introduzione e all'utilizzo di un impianto di cogenerazione nel periodo 2010/2011, producono in loco energia elettrica che viene immessa sulla rete nazionale, modificando i termini del bilancio ambientale. Per questi due casi, infatti, l'energia primaria e la CO₂ equivalente diminuisce in modo rilevante dal primo al secondo anno.

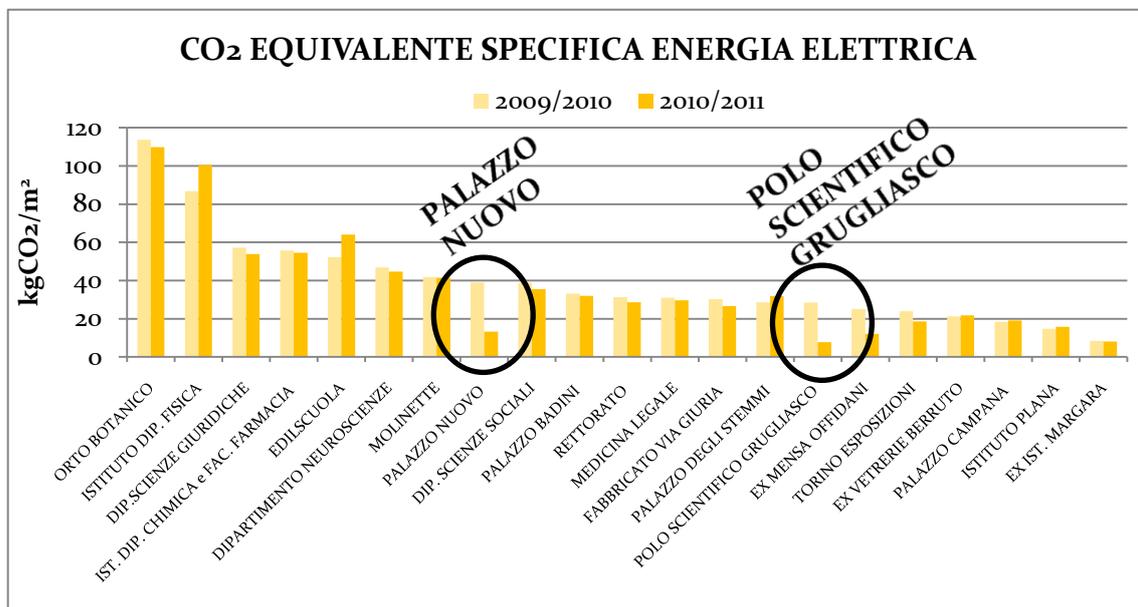


Figura 5. 63 Zoom sulla riduzione della CO₂ equivalente per il consumo dell'energia elettrica su m².

Nella scala degli edifici che contribuiscono maggiormente all'impatto ambientale, Palazzo Nuovo e Polo Scientifico si spostano dall'ottava e quindicesima posizione del 2009/2010, rispettivamente alla diciottesima e all'ultima posizione per il 2010/2011.

La rilevante riduzione della CO₂ equivalente registrata per l'Ex Mensa Offidani è dovuta semplicemente alla riduzione del consumo di energia elettrica nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente.

Si analizza, ora, la situazione ambientale procapite.

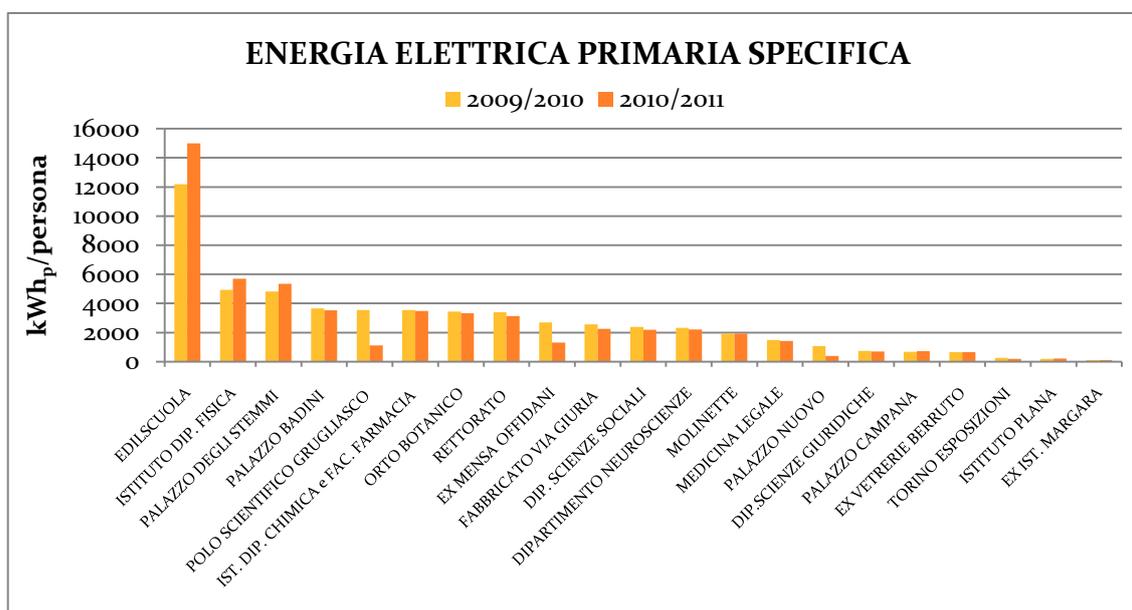


Figura 5. 64 Confronto dell'energia elettrica primaria su persona nei due archi temporali.

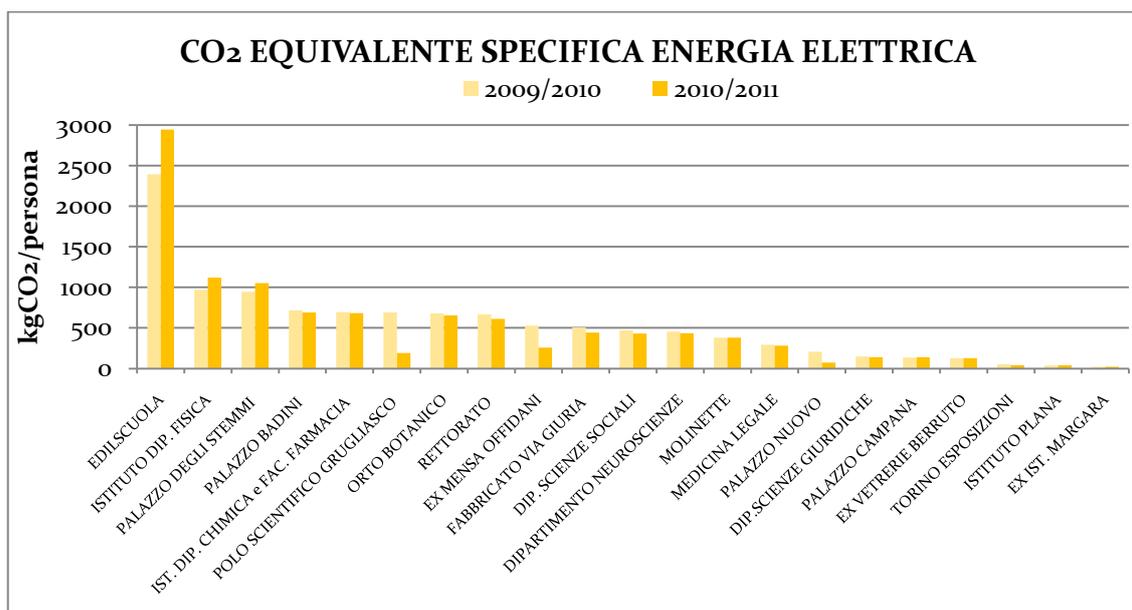


Figura 5. 65 Confronto della CO₂ equivalente su persona dell'energia elettrica nei due archi temporali.

Per quanto riguarda l'impatto ambientale procapite, come è stato già evidenziato nell'*Analisi energia elettrica* procapite, il primo posto della scala è occupato dall'Edilscuola.

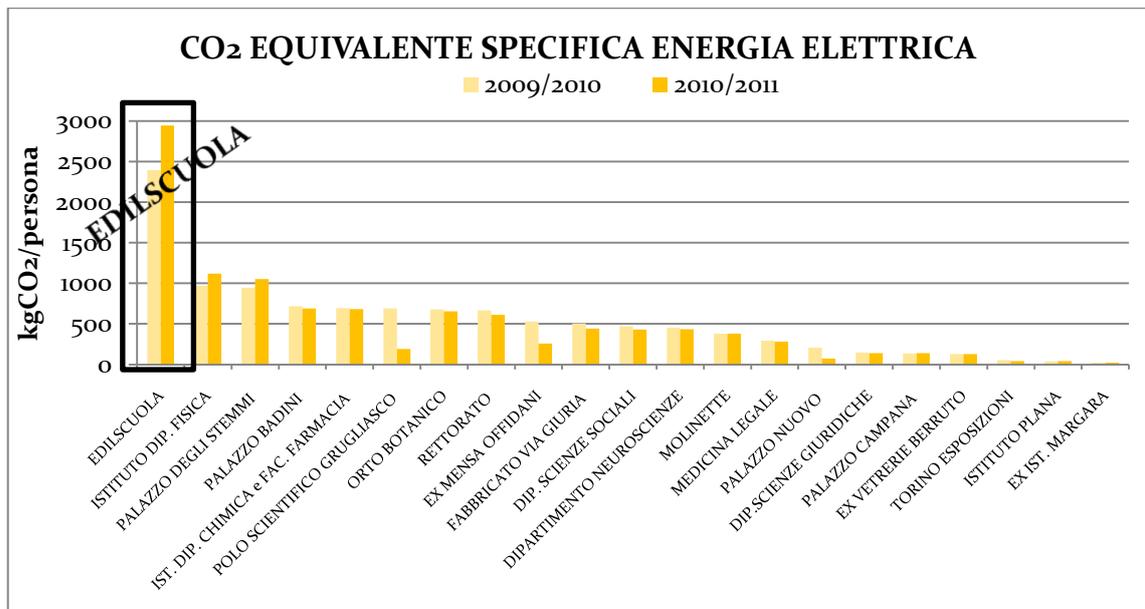


Figura 5. 66 Zoom sull'edificio a maggior impatto ambientale per il consumo dell'energia elettrica su persona.

Come già osservato, per l'analisi ambientale su superficie, anche su quella procapite si nota la diminuzione di kWh_p e kgCO₂ equivalenti per Palazzo Nuovo e Polo Scientifico di Grugliasco.

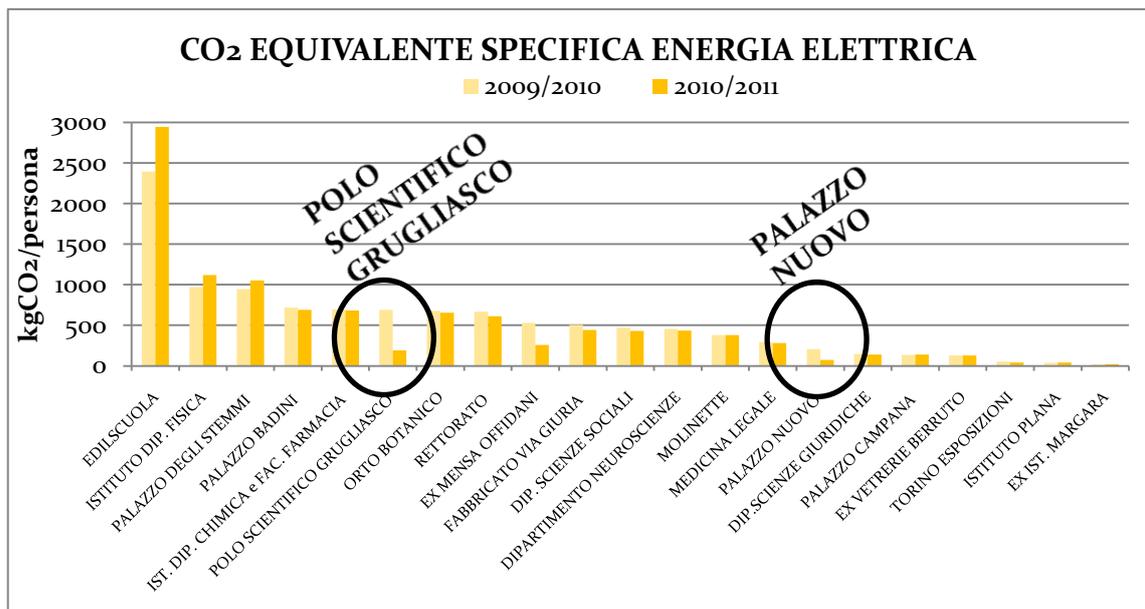


Figura 5. 67 Zoom sulla riduzione della CO₂ equivalente per il consumo dell'energia elettrica su persona.

Nella scala degli edifici che contribuiscono maggiormente all'impatto ambientale, Palazzo Nuovo e Polo Scientifico si spostano dalla quindicesima e sesta posizione del 2009/2010, rispettivamente alla diciottesima e alla quattordicesima posizione per il 2010/2011.

Inoltre, si notano tre edifici il cui contributo alla CO₂ equivalente procapite per l'energia elettrica è praticamente trascurabile.

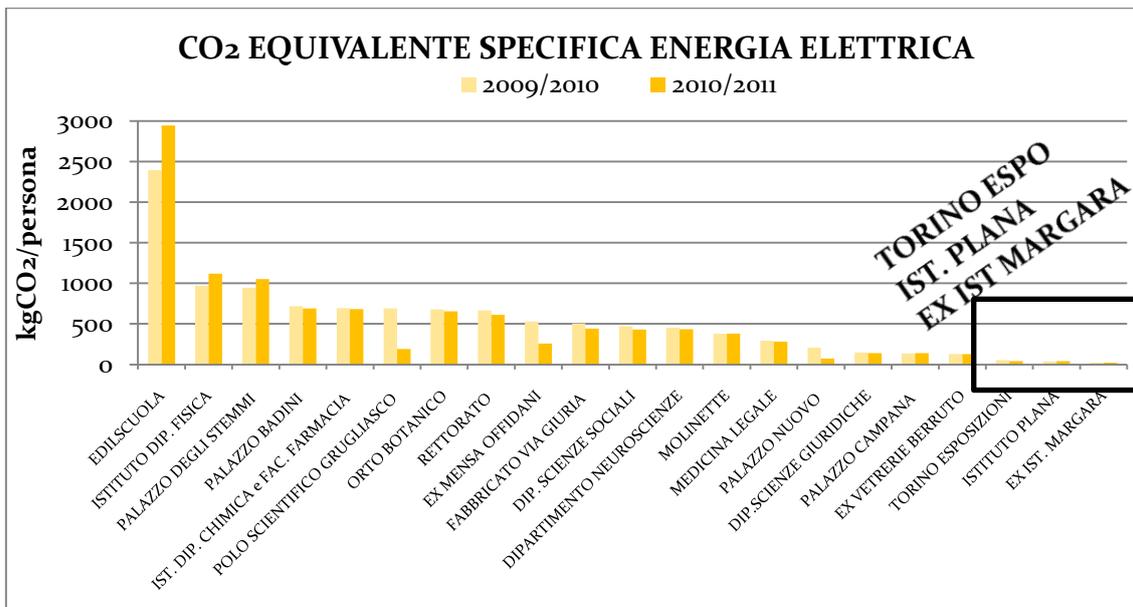


Figura 5. 68 Zoom sugli edifici con la minore CO₂ equivalente per il consumo dell'energia elettrica su persona.

Torino Esposizioni, l'Istituto Plana e l'Ex Istituto Margara contribuiscono con neppure 50 kgCO₂/persona.

Adesso, si passa all'analisi con il metodo dei quadranti. Poiché i grafici trovati per l'energia primaria sono analoghi a quelli della CO₂ equivalente, si riporta di seguito l'analisi per quest'ultima.

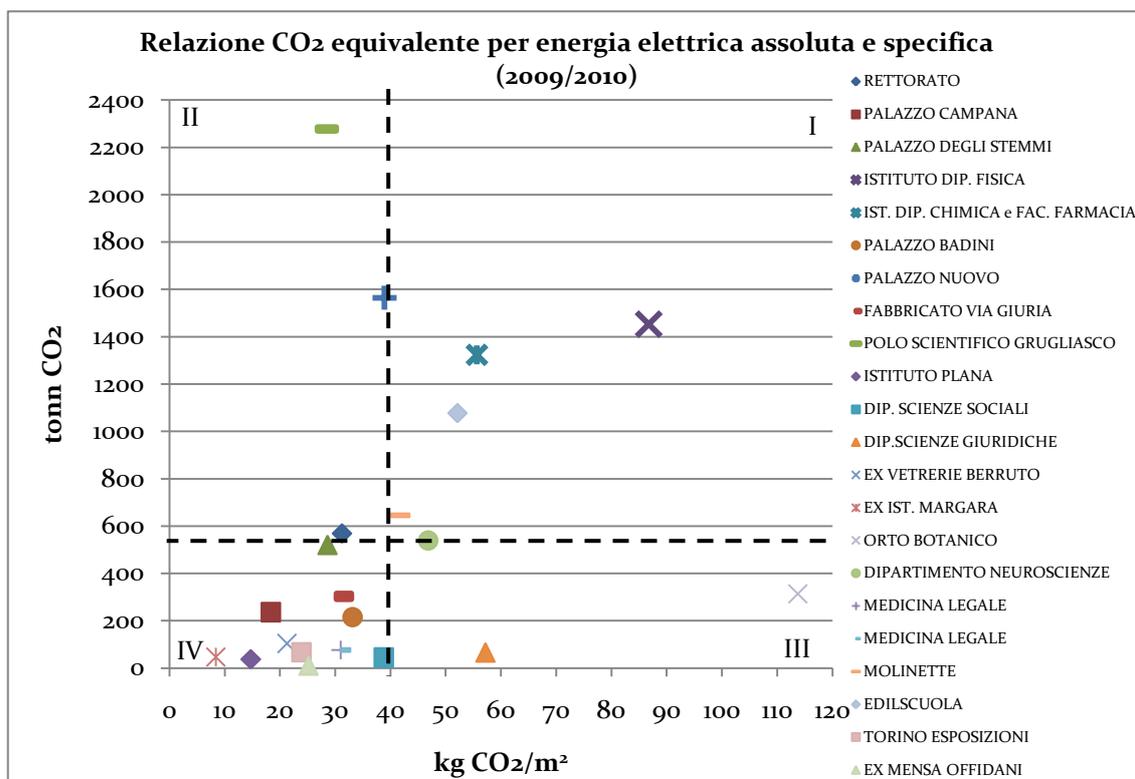


Figura 5. 69 Relazione tra la CO₂ equivalente specifica su m² e assoluta per l'energia elettrica 2009/2010.

Come per il consumo elettrico, anche nell'aspetto ambientale, gli edifici più critici sono l'Istituto di Fisica, gli Istituti di Chimica e Farmacia, l'Edilscuola. Al limite con

il quadrante critico I e il secondo è Palazzo Nuovo, mentre Polo Scientifico di Grugliasco si posiziona pienamente nel secondo. Ancora una volta, la maggior parte degli edifici (10 su 21) ha una criticità ambientale bassa.

Si prosegue relazionando la CO₂ equivalente assoluta e procapite.

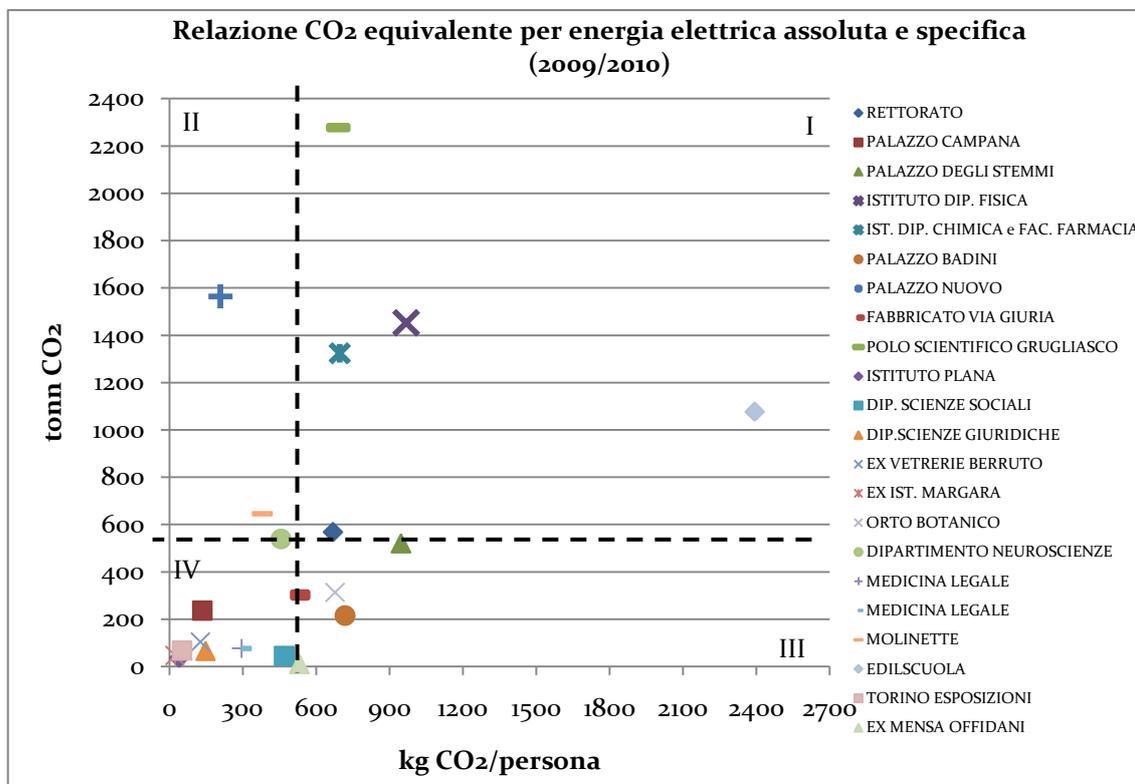


Figura 5. 70 Relazione tra la CO₂ equivalente specifica su persona e assoluta per l'energia elettrica 2009/2010.

I grafici che seguono mostrano la situazione nel 2010/2011.

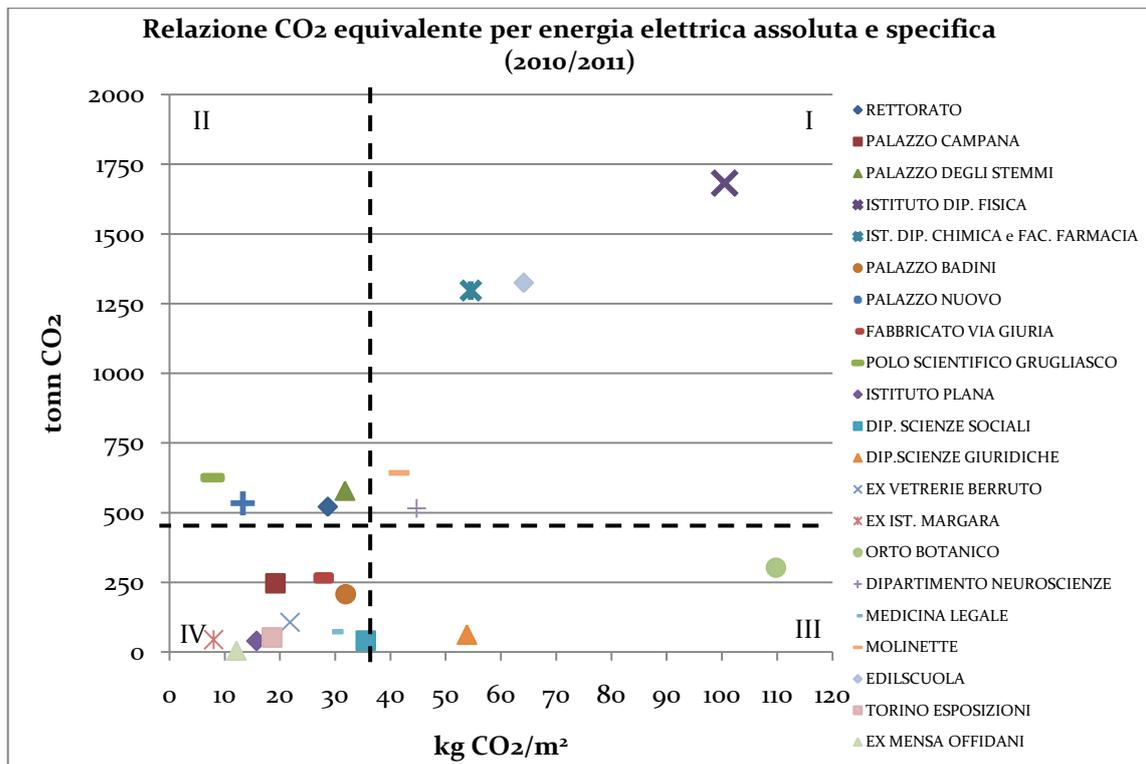


Figura 5. 71 Relazione tra la CO₂ equivalente specifica su m² e assoluta per l'energia elettrica 2010/2011.

Gli edifici più critici rimangono gli stessi rispetto all'anno precedente. Cambia, invece, la situazione per Palazzo Nuovo e Polo Scientifico di Grugliasco. Come visto precedentemente nel confronto della CO₂ equivalente su m² la riduzione nei due anni, anche la posizione sul grafico dei quadranti cambia.

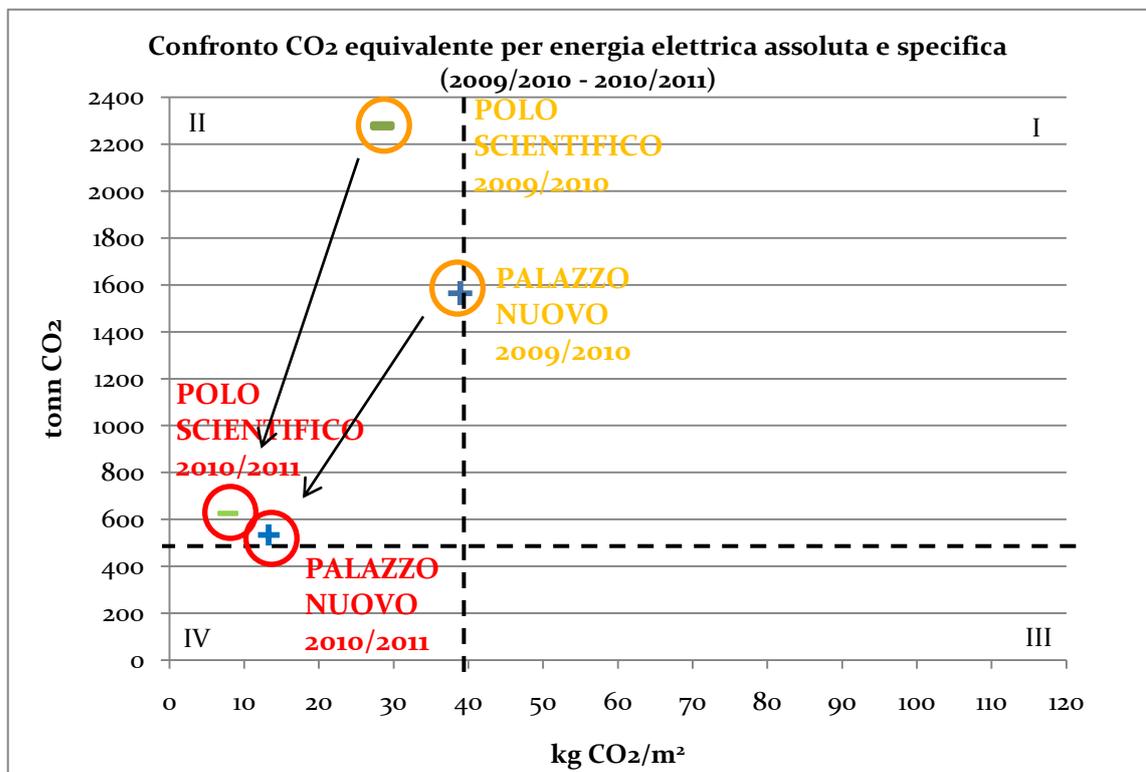


Figura 5. 72 Spostamento dal 2009/2010 al 2010/2011 Palazzo Nuovo e Polo Scientifico sul grafico dei quadranti CO₂ equivalente specifica su m² e assoluta per l'energia elettrica.

Ora, la situazione l'analisi 2010/2011 su persona. Simile è la situazione all'anno precedente per tutti gli edifici ad eccezione di Palazzo Nuovo e Polo Scientifico di Grugliasco.

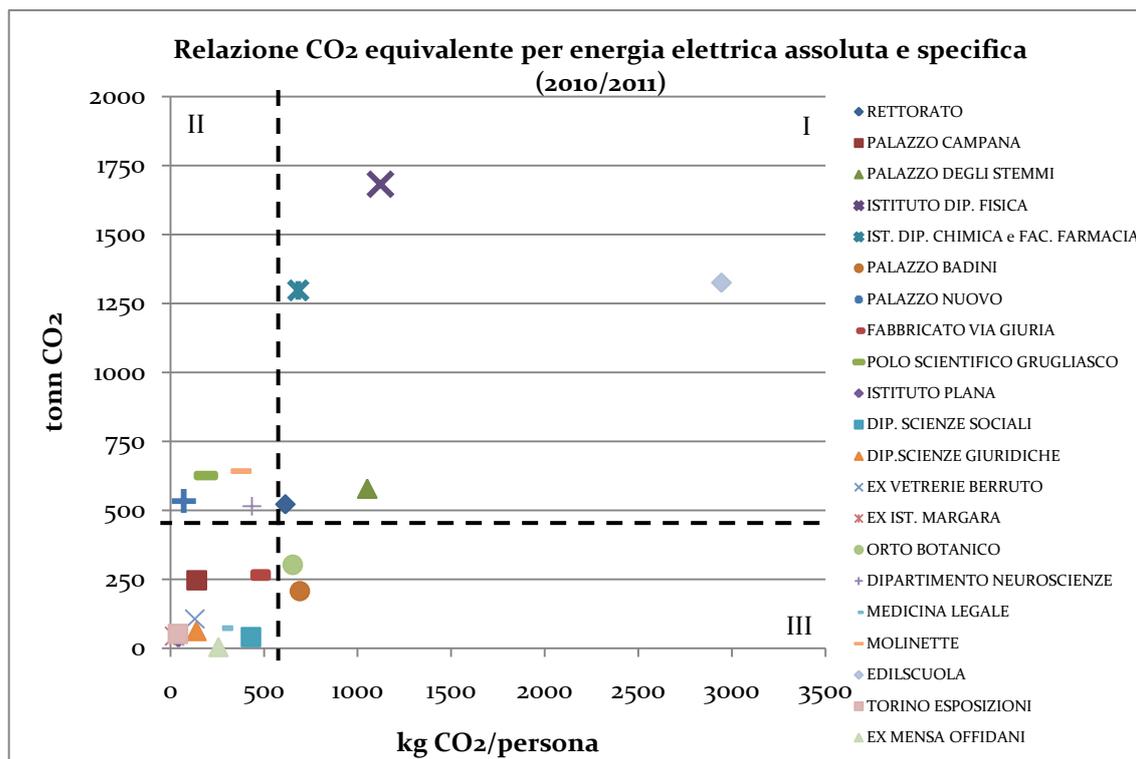


Figura 5. 73 Relazione tra la CO₂ eq specifica su persona e assoluta per l'energia elettrica 2010/2011.

Per quest'ultimi c'è uno spostamento verso la parte bassa del II quadrante vicino alla linea delle tonnellate CO₂ medie, come mostra la figura seguente.

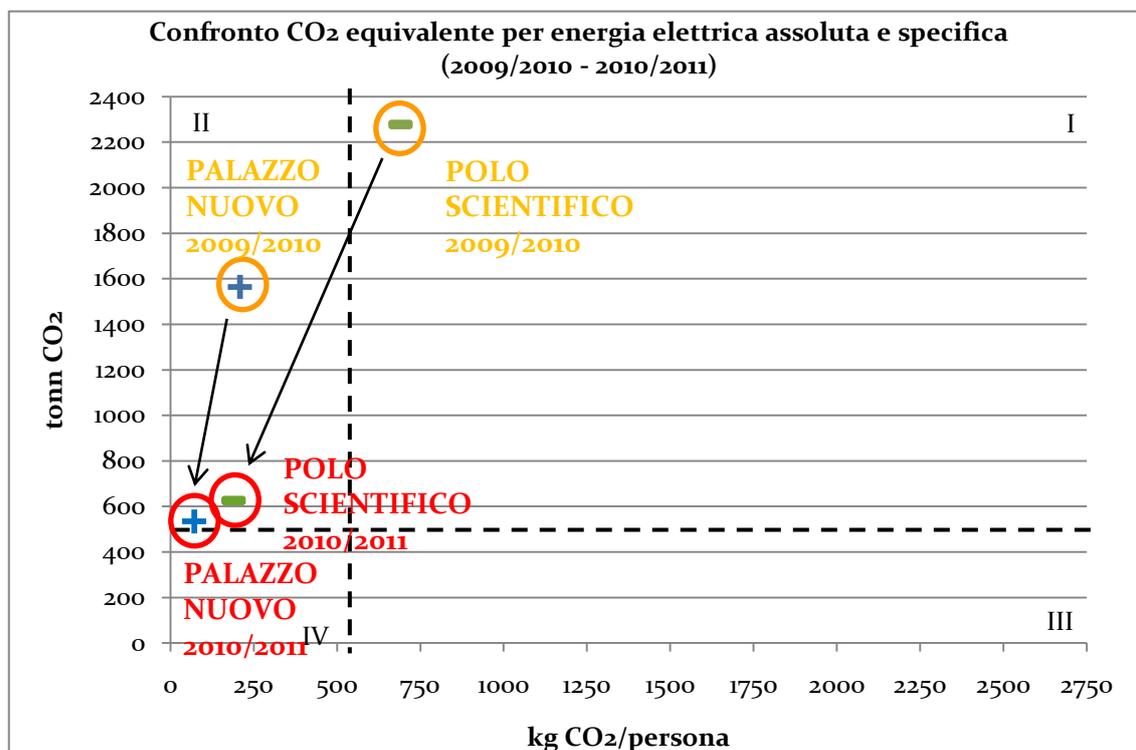


Figura 5. 74 Spostamento dal 2009/2010 al 2010/2011 Palazzo Nuovo e Polo Scientifico sul grafico dei quadranti CO₂ equivalente specifica su persona e assoluta per l'energia elettrica.

Energia termica

Per confrontare l'impatto ambientale dei diversi edifici, si riportano di seguito i due grafici di energia primaria e di CO₂ equivalente per l'energia termica convenzionali, a confronto sui due anni.

Poiché, i fattori di conversione in energia primaria e in CO₂ equivalente sono tra loro proporzionali, gli istogrammi hanno il medesimo aspetto.

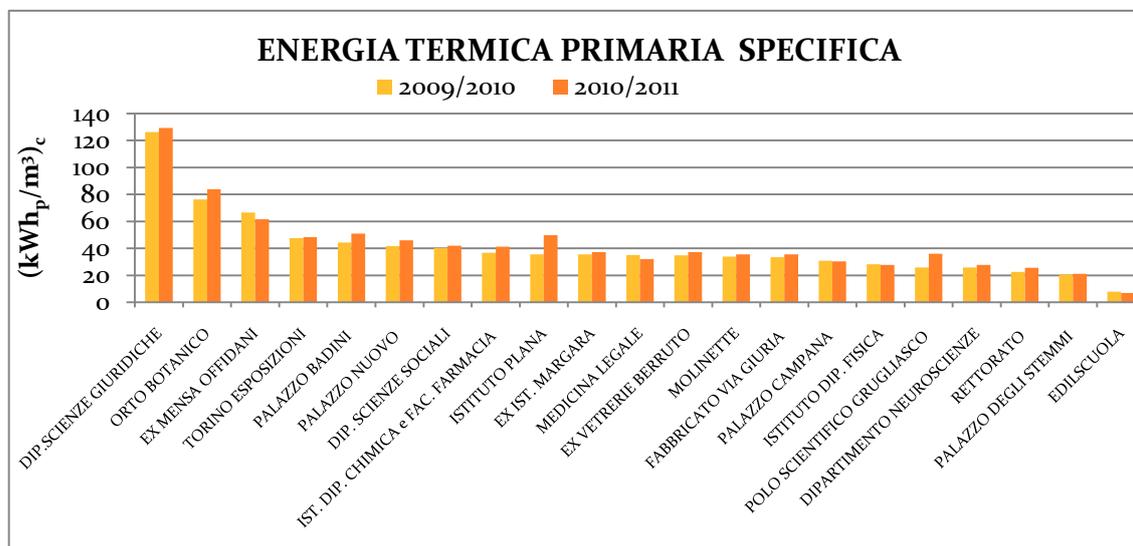


Figura 5. 75 Confronto dell'energia termica primaria su m² nei due archi temporali.

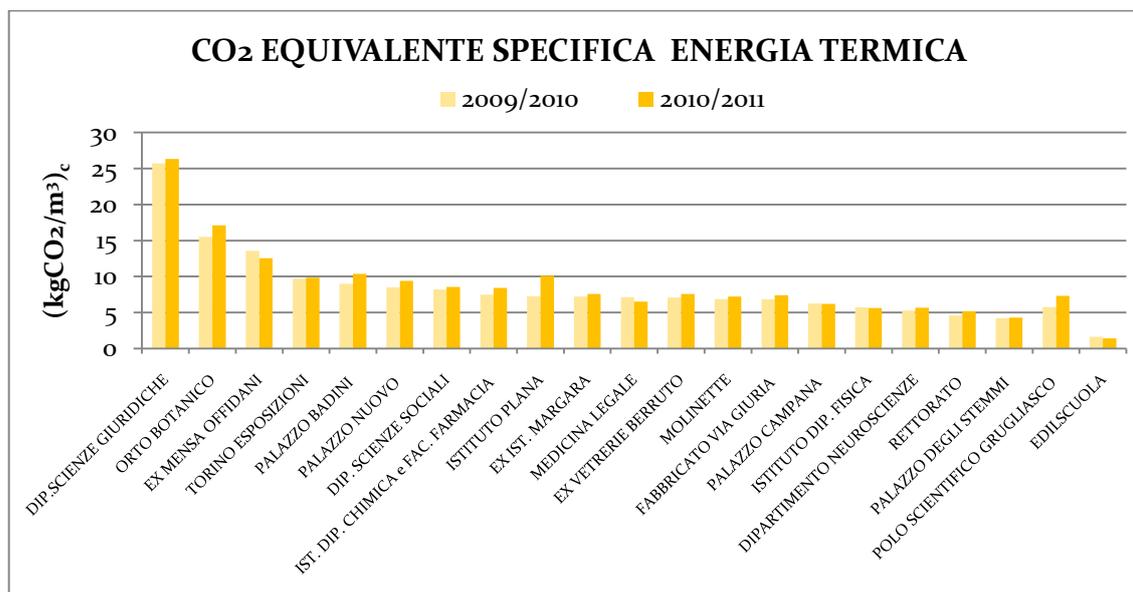


Figura 5. 76 Confronto della CO₂ equivalente su m³ dell'energia termica nei due archi temporali.

Tutti gli edifici, ad eccezione del Polo Scientifico di Grugliasco per il 2009/2010, producono energia termica attraverso l'importazione di gas metano e tutto quello che viene prodotto è autoconsumato, chi con generatori di calore ad alto rendimento, a condensazione, ad aria soffiata o con cogeneratore. Per questi edifici, quindi, l'energia primaria e la CO₂ equivalente sono direttamente proporzionali al suo consumo; i maggiori consumatori sono anche i maggiori responsabili all'inquinamento ambientale.

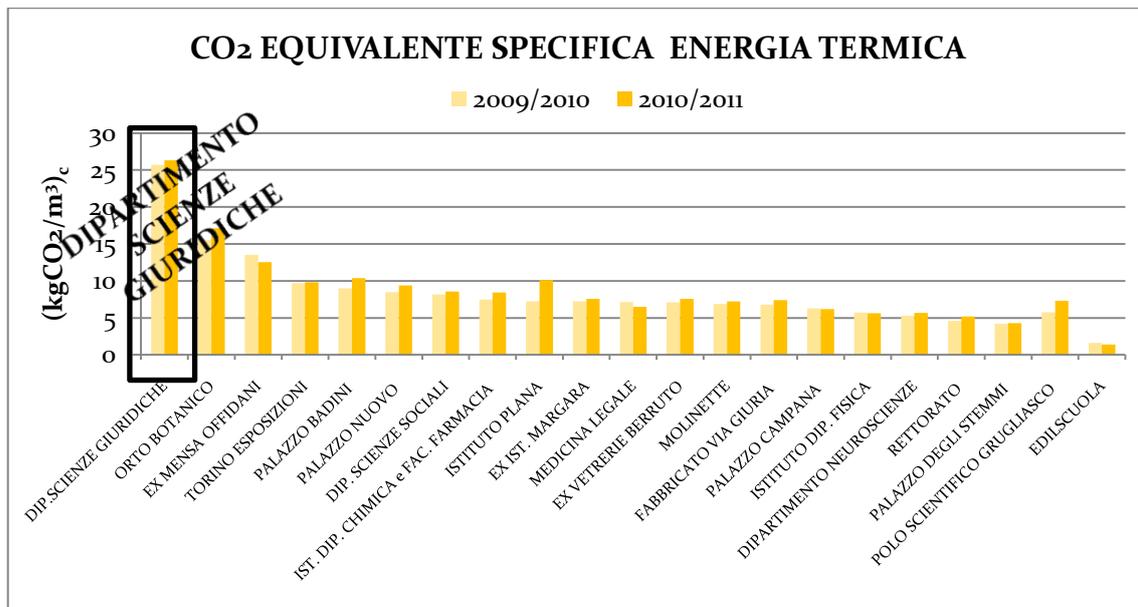


Figura 5. 77 Zoom sull'edificio a maggior impatto ambientale per il consumo dell'en. termica su m³.

Caso particolare è per Polo Scientifico di Grugliasco che, con il passaggio da teleriscaldamento + cogenerazione + caldaie a solo cogenerazione + caldaie, è cambiato il risultato di energia primaria e CO₂ equivalente.

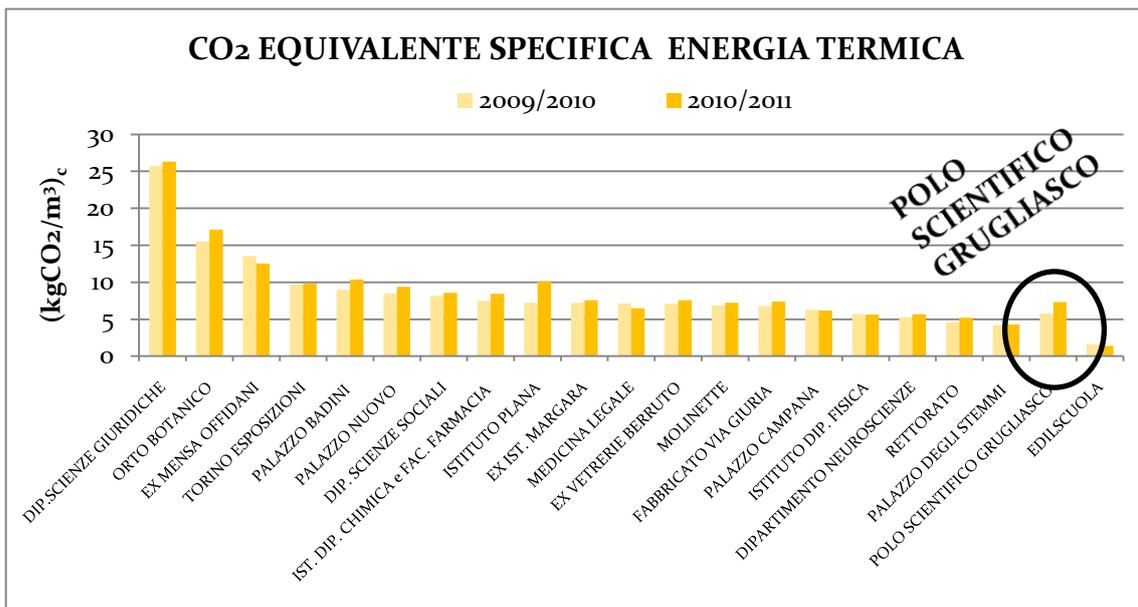


Figura 5. 78 Zoom sulla variazione della CO₂ equivalente per il consumo dell'energia termica su m³ per Polo Scientifico di Grugliasco.

Infatti, il fattore di conversione in termini ambientali è inferiore per il teleriscaldamento rispetto alla produzione di calore locale con il gas metano; per tale motivo si è registrato un leggero aumento non di CO₂ equivalente nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente che non è direttamente proporzionale all'incremento del consumo di energia termica, ma è superiore.

Ecco di seguito i risultati termici ambientali procapite.

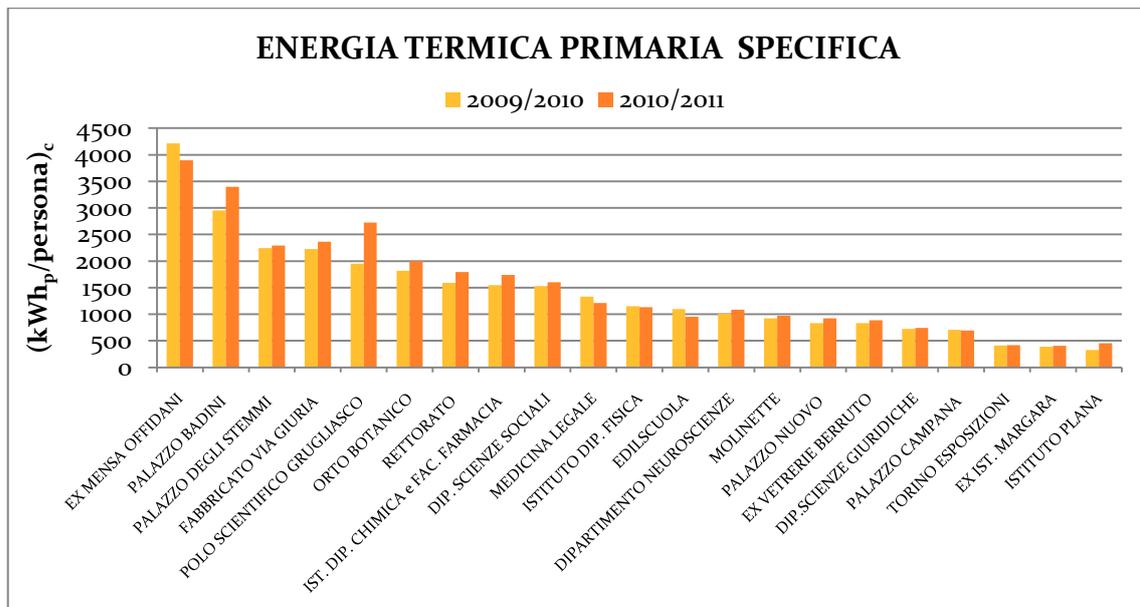


Figura 5. 79 Confronto dell'energia termica primaria su persona nei due archi temporali.

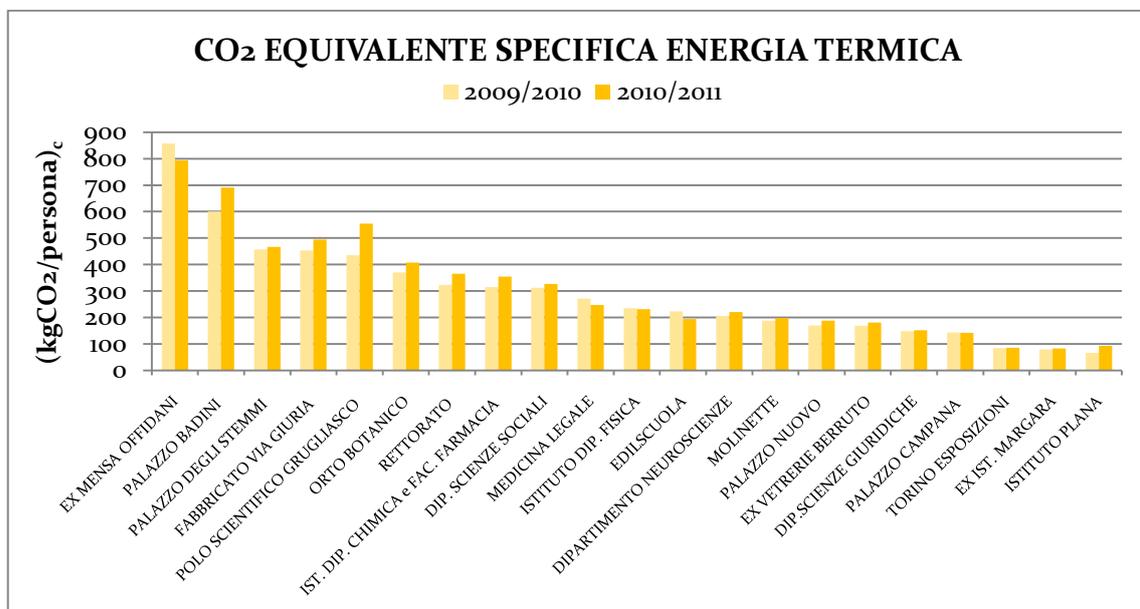


Figura 5. 8o Confronto della CO₂ equivalente su persona dell'energia termica nei due archi temporali.

Come per il caso dell'energia elettrica, anche nel caso dell'energia termica, gli edifici con il minor contributo di kgCO₂ su persona sono Torino Esposizioni, l'Ex Istituto Margara e l'Istituto Plana, con un valore comunque inferiore agli 85 (kgCO₂/persona)_c.

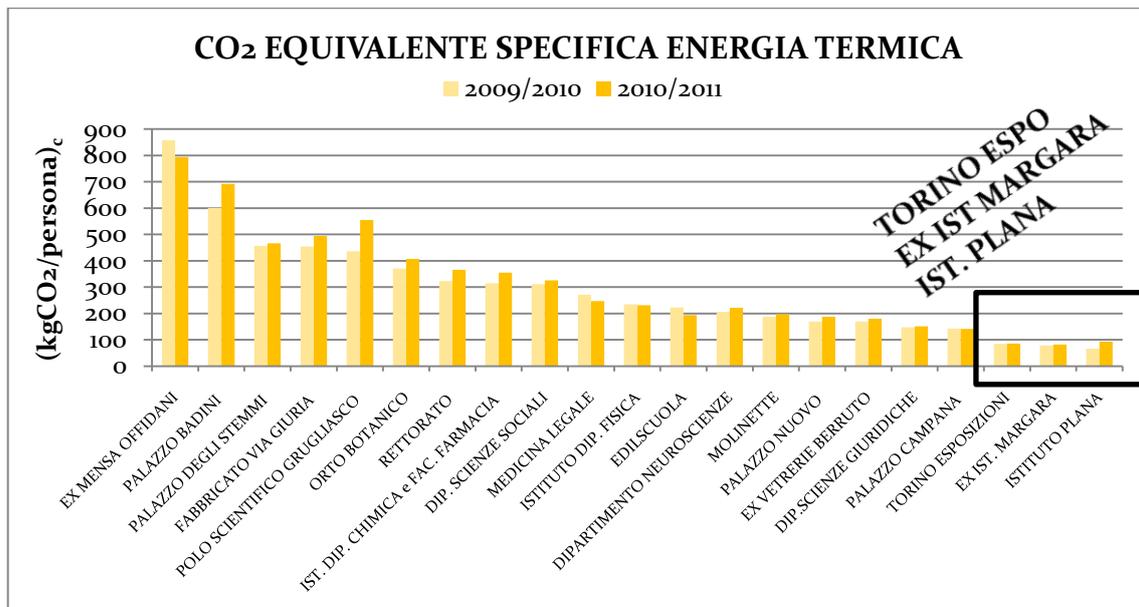


Figura 5. 81 Zoom sugli edifici con la minore CO₂ equivalente per il consumo dell'energia elettrica su persona.

Adesso, si passa all'analisi con il metodo dei quadranti. Poiché i grafici trovati per l'energia primaria sono analoghi a quelli della CO₂ equivalente, si riporta di seguito l'analisi per quest'ultima.

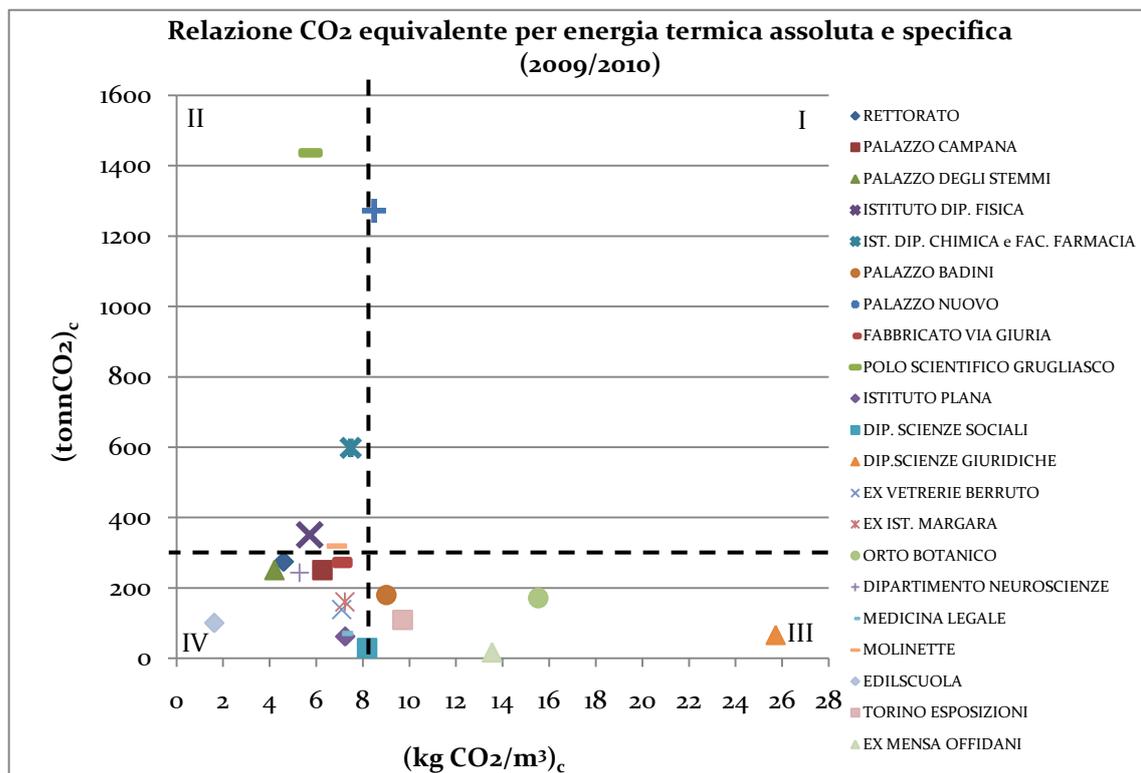


Figura 5. 82 Relazione tra la CO₂ equivalente specifica su m³ e assoluta per l'energia termica 2009/2010.

Come per il consumo termico, anche nell'aspetto ambientale, l'edificio più critico è Palazzo Nuovo. Al limite con il quadrante critico I è l'Istituto di Chimica e Farmacia; Polo Scientifico di Grugliasco è di criticità ambientale termica II. La maggior parte degli edifici (10 su 21) ha, però, una criticità ambientale bassa.

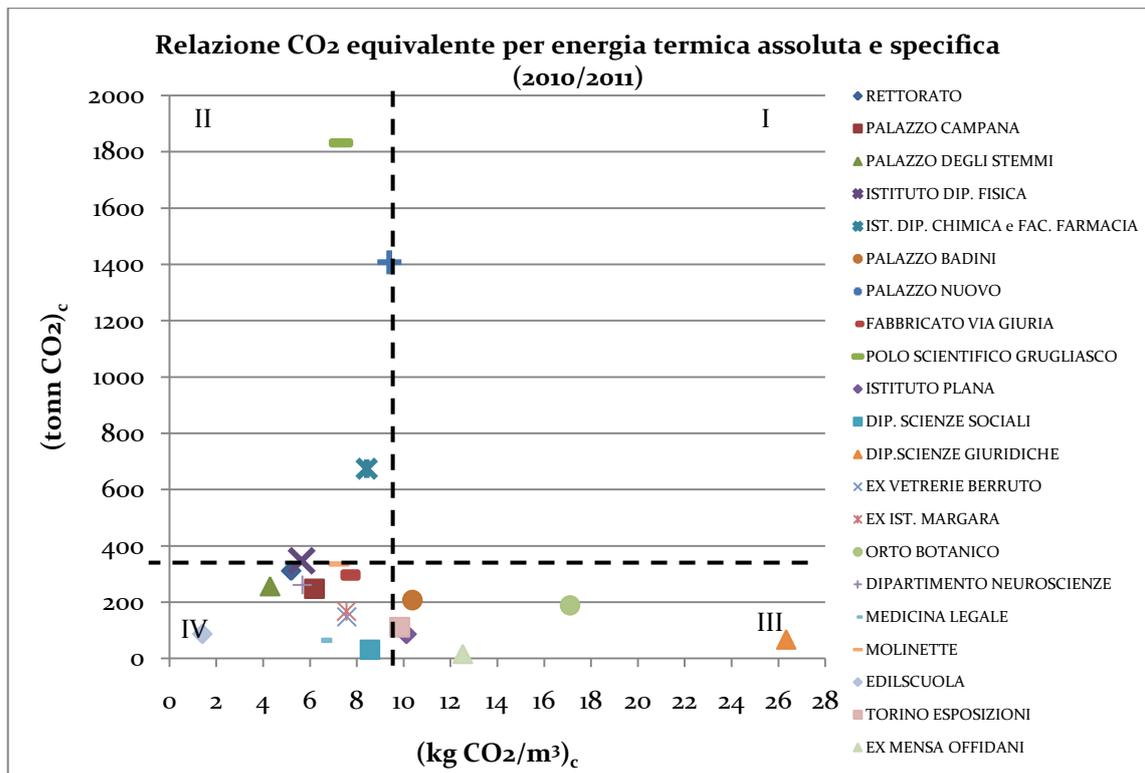


Figura 5. 84 Relazione tra la CO₂ equivalente specifica su m³ e assoluta per l'energia termica 2010/2011.

L'aumento della CO₂ equivalente, già visto nella *Figura 5. 78* per il Polo Scientifico di Grugliasco, è raffigurata anche sul grafico dei quadranti; l'aumento specifico della CO₂ equivalente, tuttavia, non è così elevata da spostare radicalmente la posizione di questo edificio nei quadranti. Si vede tale movimento nella figura qui sotto.

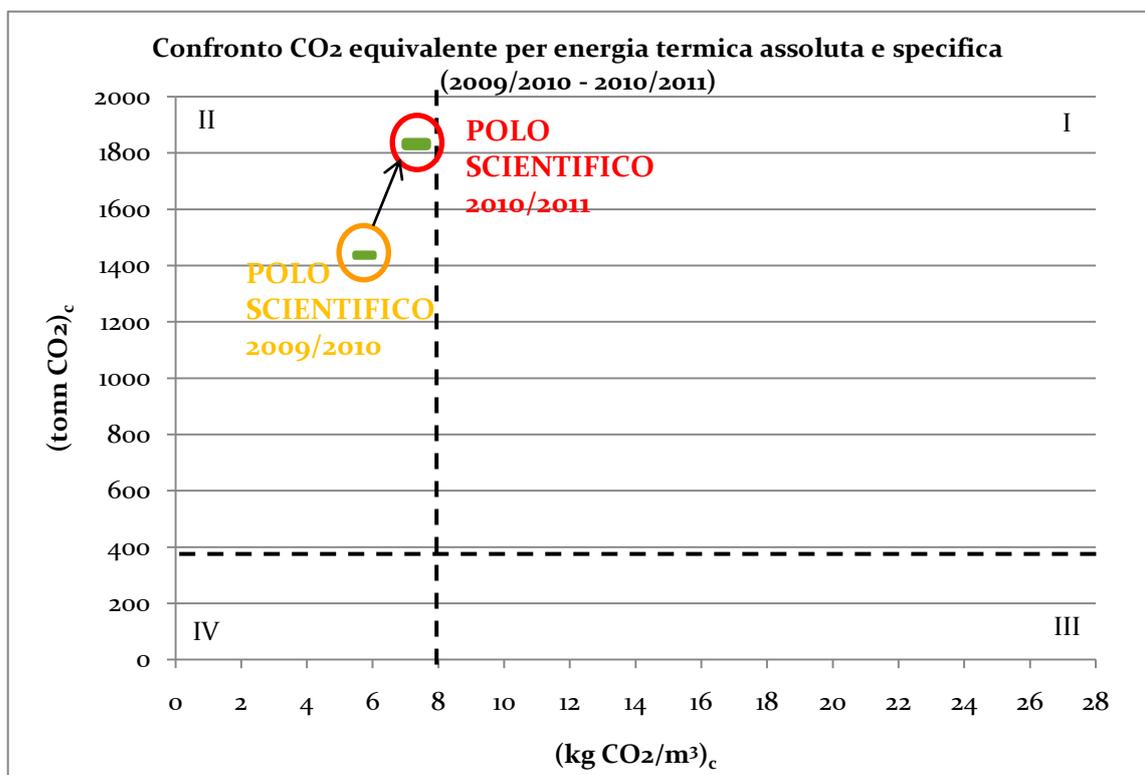


Figura 5. 85 Spostamento dal 2009/2010 al 2010/2011 Polo Scientifico sul grafico dei quadranti CO₂ equivalente specifica su m³ e assoluta per l'energia termica.

Ecco di seguito la situazione nel 2010/2011 nell'analisi procapite.

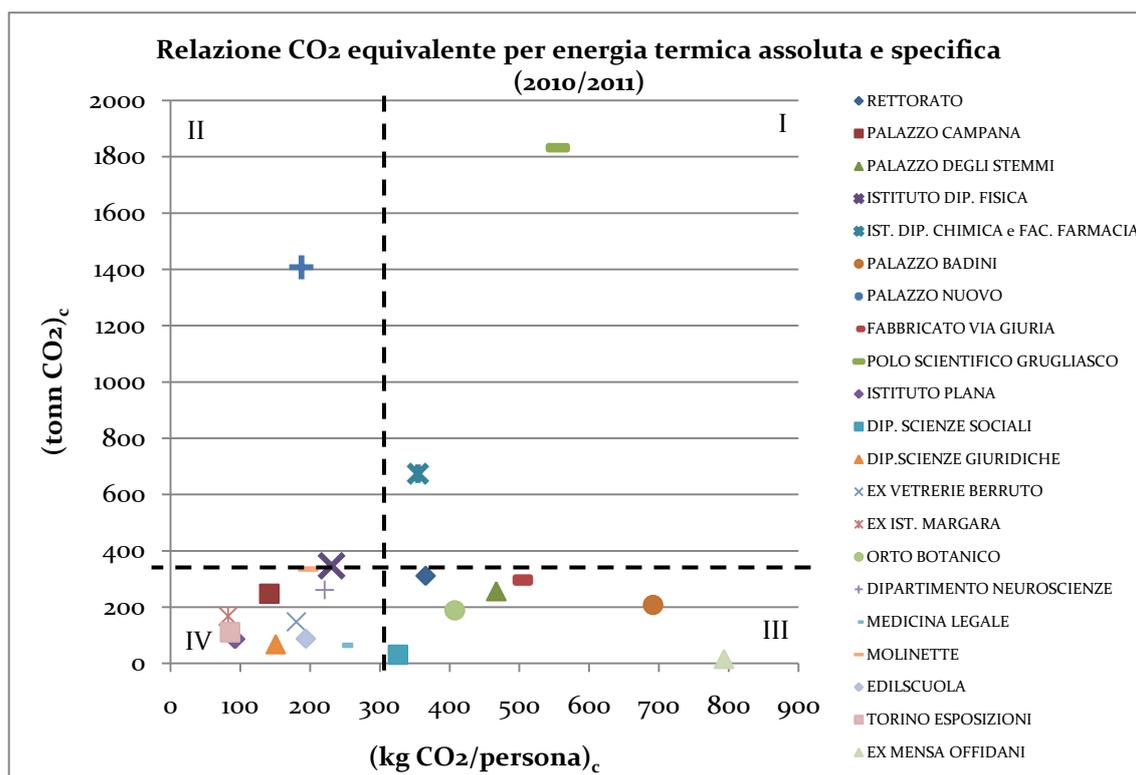


Figura 5. 86 Relazione tra la CO₂ equivalente specifica su persona e assoluta per l'energia termica 2010/2011.

Il nuovo grafico non ha registrato mutamenti rilevanti, ad eccezione di Polo Scientifico di Grugliasco; il grafico seguente mostra il suo cambiamento.

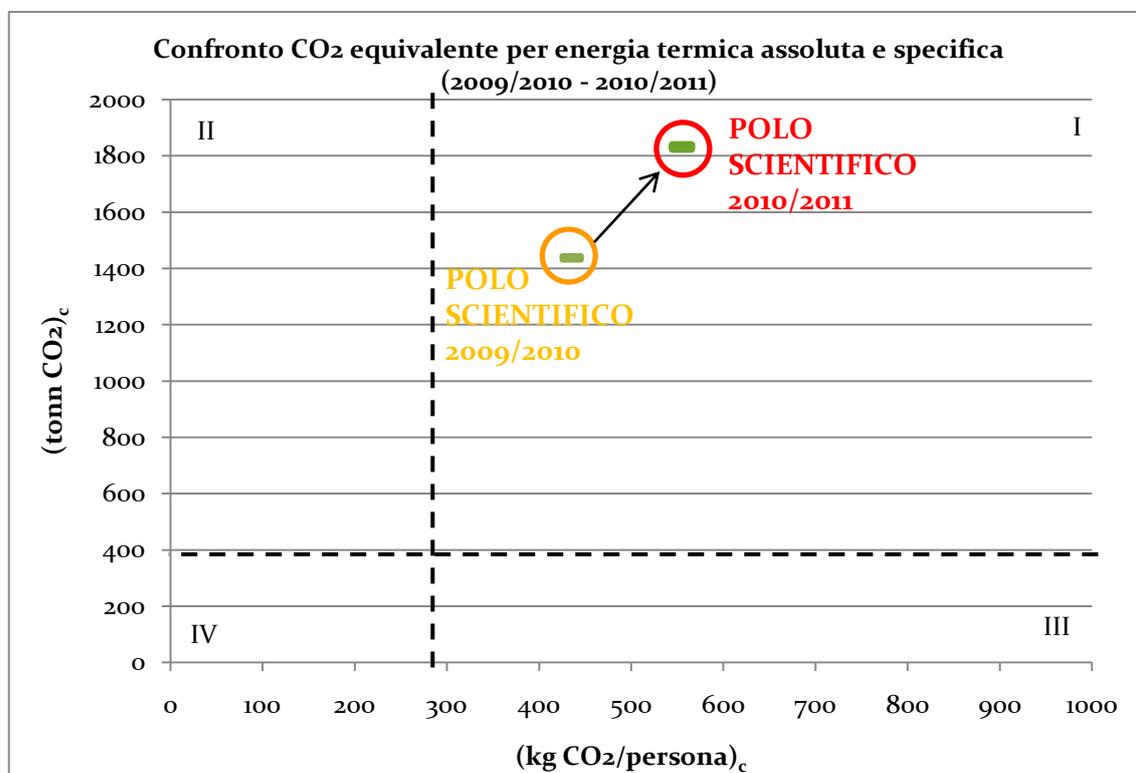


Figura 5. 87 Spostamento dal 2009/2010 al 2010/2011 Polo Scientifico sul grafico dei quadranti CO₂ equivalente specifica su persona e assoluta per l'energia termica.

Energia totale

L'analisi che segue evidenzia l'effetto dell'energia totale in termini ambientali. Poiché l'energia elettrica in termini specifici è stata riferita alla superficie dell'edificio, mentre quella termica al volume, si riporta nel quadro complessivo l'analisi solo su persona che è comune per entrambe le energie.

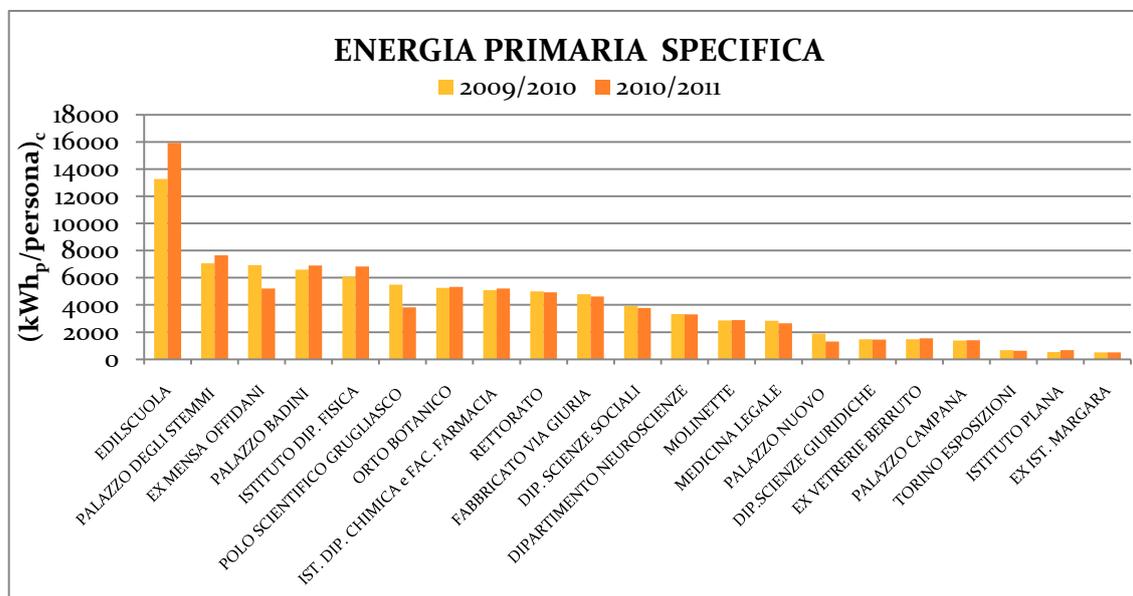


Figura 5. 88 Confronto dell'energia primaria su persona nei due archi temporali.

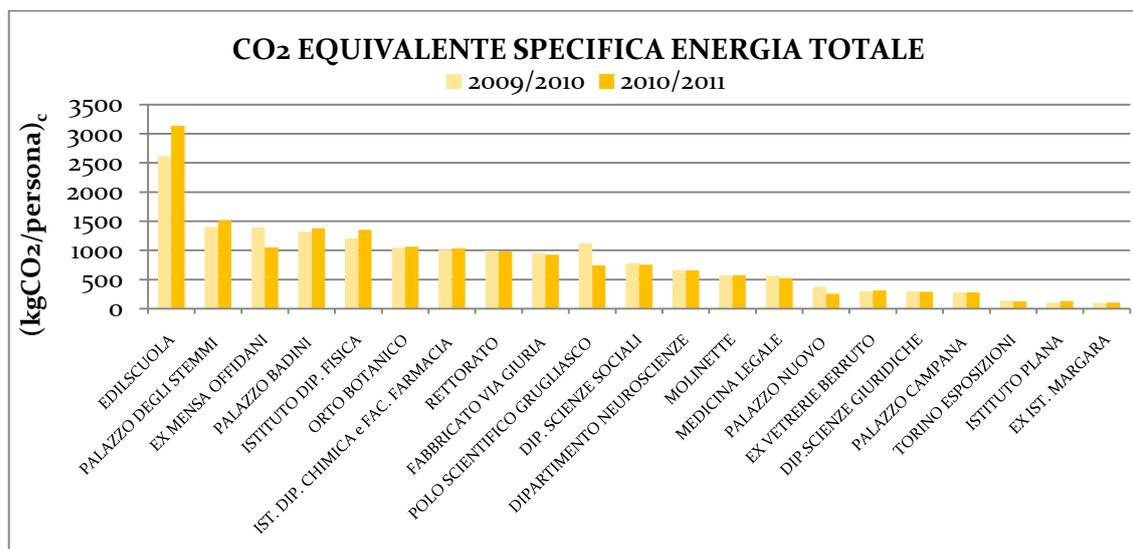


Figura 5. 89 Confronto della CO₂ equivalente su persona nei due archi temporali.

L'impatto ambientale totale procapite è minore per gli edifici Torino Esposizioni, l'Istituto Plana e l'Ex Istituto Margara, già marginale per le singole energie, che non superano i 130 (kgCO₂/persona)_c all'anno.

Al contrario, l'elevato contributo kgCO₂/persona per la parte elettrica dell'Edilscuola porta l'edificio ad essere il primo in classifica anche sull'energia totale: ~ 3000 (kgCO₂/persona)_c ovvero 30 volte superiore a quello dell'Ex Istituto Margara!

Polo Scientifico di Grugliasco che ha visto diminuire la CO₂ equivalente per la parte elettrica e aumentarla per la quota termica, globalmente ha mostrato comunque una sua diminuzione tra i due anni.

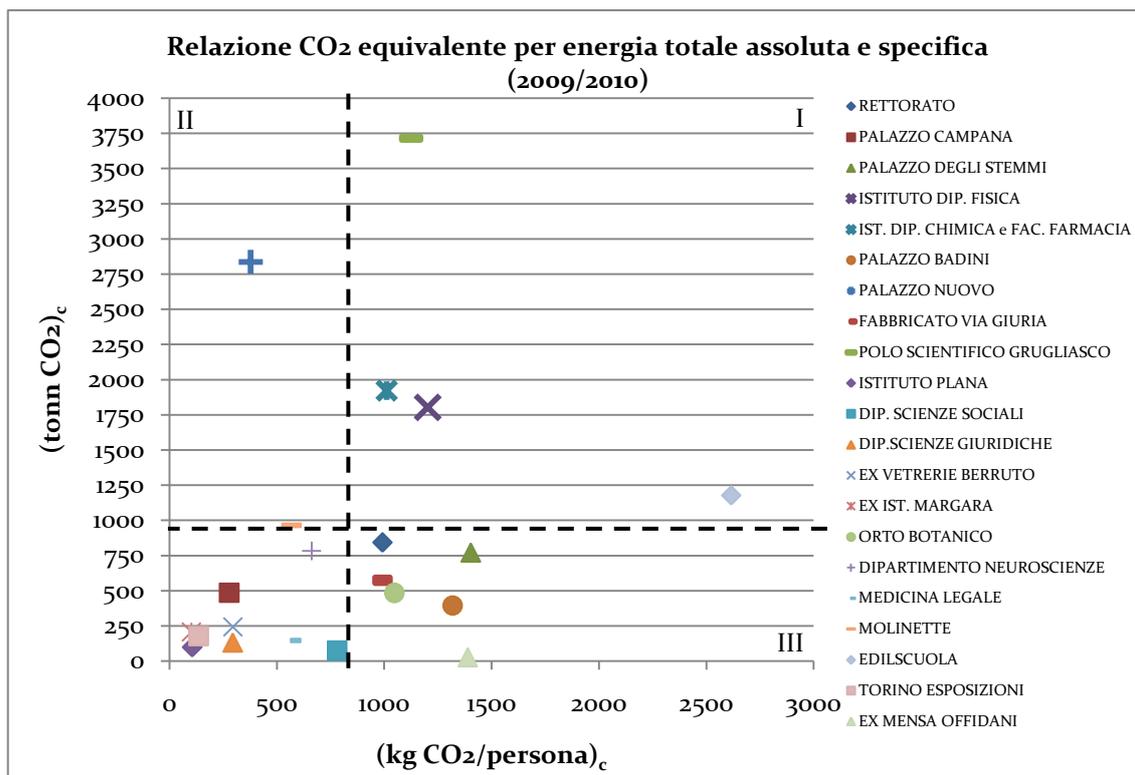


Figura 5. 90 Relazione tra la CO₂ equivalente specifica su persona e assoluta 2009/2010.

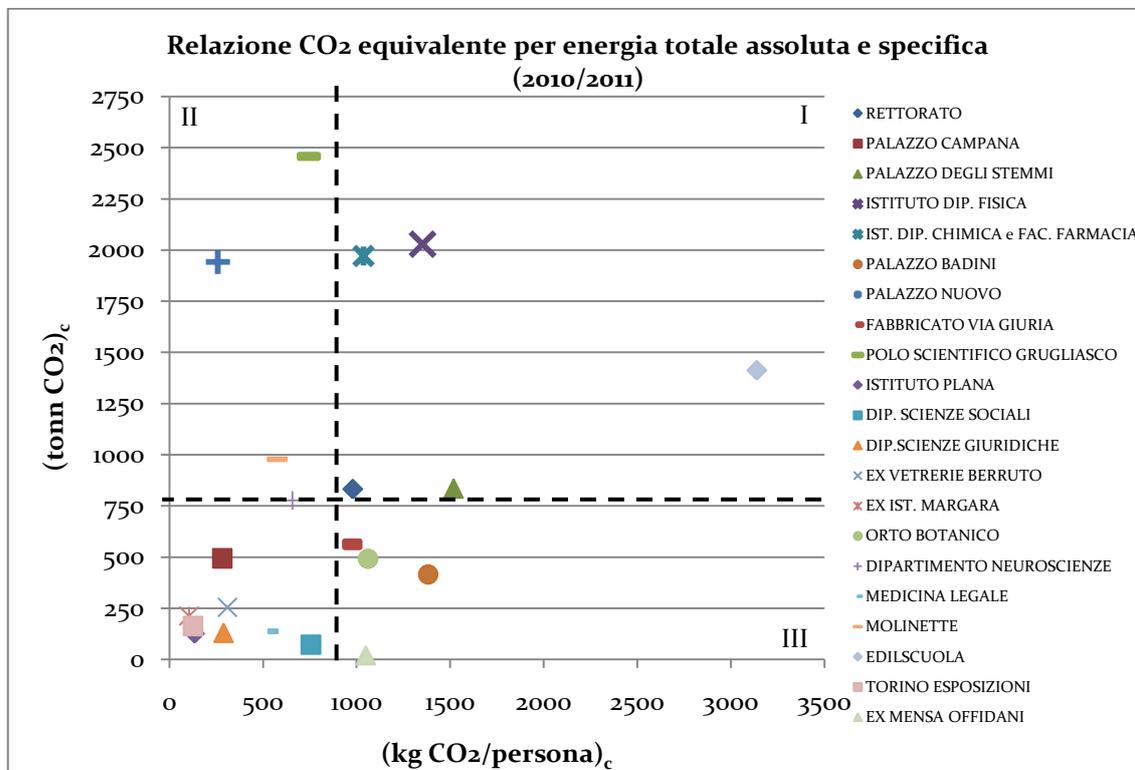


Figura 5. 91 Relazione tra la CO₂ equivalente specifica su persona e assoluta 2010/2011.

Come si vede nelle due figure qui sopra gli edifici più critici dal punto di vista ambientale sono l'Istituto di Fisica, gli Istituti di Chimica e Farmacia, l'Edilscuola e il Polo Scientifico, nel primo anno. Nel 2010/2011, quest'ultimo diventa di criticità II, mentre nel quadrante I si aggiungono, seppur a confine con il terzo, il Rettorato e il Palazzo degli Stemmi.

5.4. PROSPETTIVE DI ANALISI SUCCESSIVE

Il passo successivo è la creazione di un piano di monitoraggio di secondo livello al fine di valutare l'andamento dei consumi elettrici/termici con cadenze temporali più brevi e parzializzare i consumi elettrici nelle utilities dell'edificio. Un sistema dettagliato di contabilità energetica è utile per analizzare il consumo storico energia, facendo attenzione a considerare eventuali cambiamenti operazionali, condizioni meteorologiche stagionali eccezionali o altri fattori che potrebbero influenzare l'intensità del consumo di energia o di costi energetici in un edificio o proprietà. Spesso, l'efficienza energetica e le misure di conservazione di energia sono adottate per affrontare i problemi distinguibili, come temperature interne poco confortevoli o ampie fluttuazioni nelle bollette. Un sistema di contabilità energetica, che tiene conto del rendimento energetico di un edificio, è in grado di rilevare e confermare tali problemi, anche malfunzionamento di impianti di raffreddamento che appare come un picco nella domanda di energia di riscaldamento, di ventilazione e del sistema di aria condizionata (HVAC).

A seconda dello schema impiantistico di cui è dotato ciascun edificio, saranno utili al fine di attivare una diagnosi di secondo livello, dei data-logger sui contatori elettrici e del gas metano, che registrino i dati di consumo con cadenze temporali brevi. Seguirà, inoltre, il posizionamento di sonde termo-igrometriche esterne ed interne, così da valutare opportunamente le condizioni climatiche e la temperatura e la qualità dell'aria all'interno dei locali. Non meno importanti sono le verifiche delle caratteristiche edilizie: se non disponibili dai dati progettuali si potranno effettuare prove endoscopiche e/o termo-flussimetriche al fine di valutare la stratigrafia delle pareti strutturali e analisi termografiche saranno fondamentali per misurare la dispersione delle componenti opache e finestrate e la presenza di ponti termici. Tale diagnosi avrà come obiettivo quello di determinare la qualità delle prestazioni del sistema edificio-impianto, di comprendere in che modo l'energia venga utilizzata, quali siano le cause di eventuali sprechi e quali misure di riqualificazione si possano attuare per ovviare ad essi.

Le fasi che la caratterizzano sono costituite dall'impostazione di un bilancio energetico dell'edificio, dall'individuazione degli interventi di riqualificazione, dalla valutazione per ciascun intervento della sua fattibilità tecnica ed economica e dei miglioramenti che esso porterà a livello di comfort e di spese di gestione.

Sulla base delle indicazioni emerse dai grafici energetici del "metodo dei quadranti", per perseguire l'Impegno Efficienza Energetica, si andrà ad agire in primis sugli edifici che si collocano nel I quadrante che costituiscono quelli maggiormente

energivori e quindi a priorità d'intervento maggiore. L'operazione concettuale consisterà nello "svuotare" il I quadrante, riducendo i consumi degli edifici a priorità d'intervento elevata attraverso misure di riqualificazione: il punto che rappresenta l'edificio critico si sposterà lungo la retta che congiunge la sua posizione iniziale all'origine degli assi, poiché nel ridurre il consumo specifico verrà conseguentemente ridotto anche il consumo totale. Tale retta rappresenta "il luogo dei punti della riqualificazione energetica".

Dalle analisi svolte nei capitoli precedenti si è verificato che i primi edifici sui cui sarà necessario intervenire, dal punto di vista del consumo dell'energia elettrica, sono gli Istituti di Fisica, gli Istituti di Chimica e Farmacia, l'Ex Edilscuola e il Polo Scientifico di Grugliasco. La *Figura 5.92* mostra il luogo dei punti della riqualificazione energetica di questi quattro edifici elettricamente più critici.

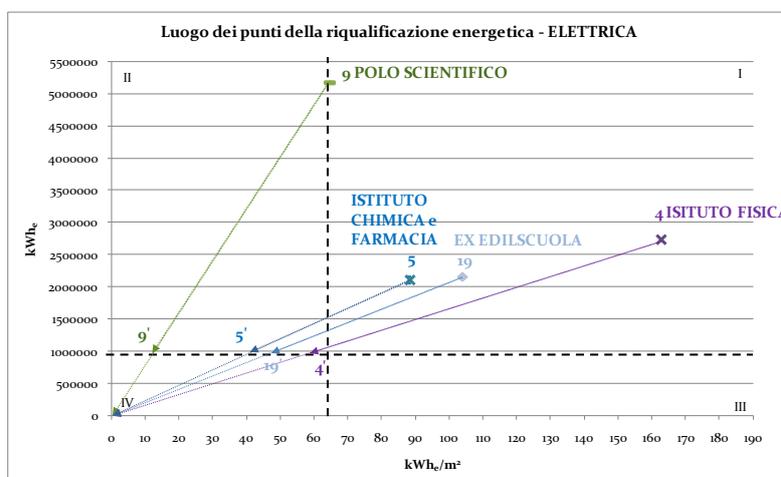


Figura 5. 92 Schema di rappresentazione delle rette di riqualificazione energetica.

Allo stesso modo si sono identificati gli edifici di maggiore priorità di intervento per quanto concerne il consumo di energia termica. Infatti, dallo studio, è risultato che Palazzo Nuovo ha una criticità I, ma Polo Scientifico e gli Istituti di Chimica e Farmacia, che cadono nel quadrante II, sono al limite con il primo quadrante. Di seguito, quindi, si mostra il luogo dei punti di riqualificazione energetica termica per questi tre edifici.

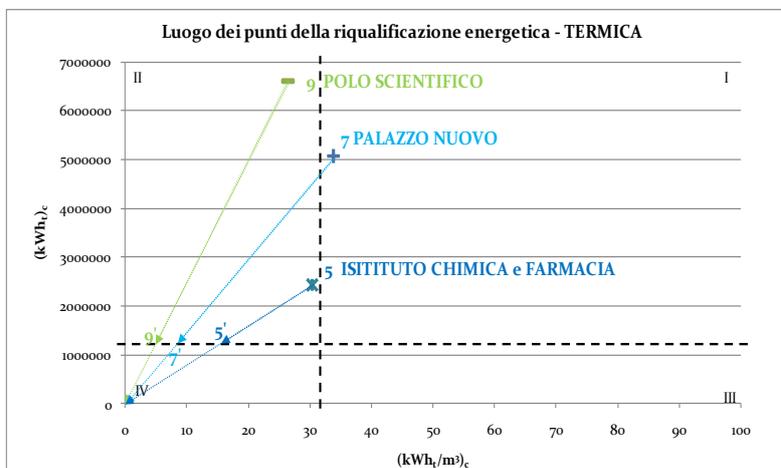


Figura 5. 93 Schema di rappresentazione delle rette di riqualificazione energetica.

Inoltre, tale metodologia è applicabile anche sul piano economico e ambientale, oltre che energetico.

Analizzando gli stessi grafico dal punto di vista economico, si potrà determinare l'entità del risparmio potenziale annuo e l'entità del risparmio potenziale annuo per unità di superficie/volume, ottenibile grazie all'attuazione di interventi di riqualificazione energetica. Il suddetto risparmio potenziale annuo potrà essere letto, su un analogo grafico, sull'asse delle ordinate come evidenziato in *Figura 5.94* e *Figura 5.95* ($\Delta\epsilon$).

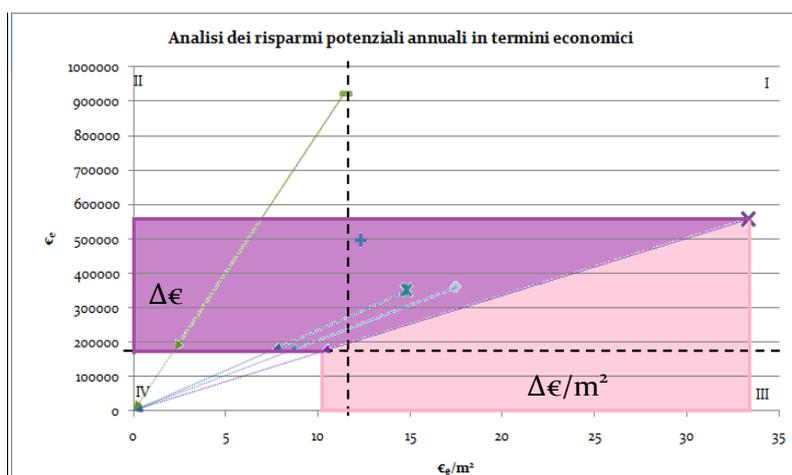


Figura 5. 94 Potenziali annuali in termini economici per l'energia elettrica per l'Istituto di Fisica.

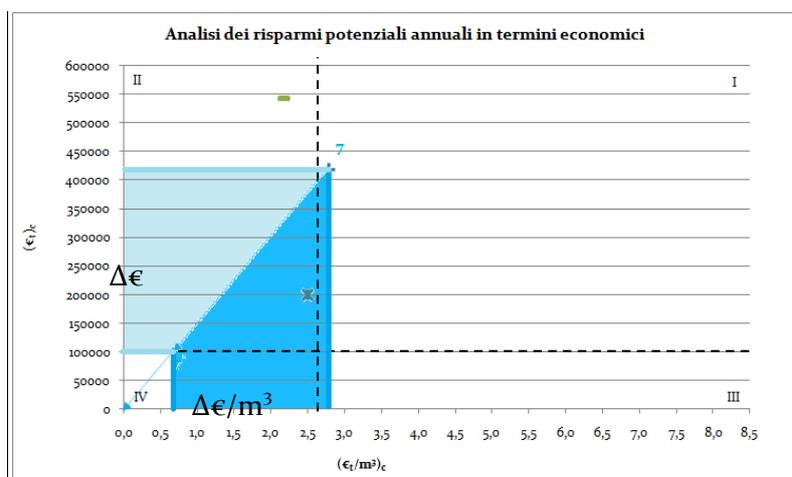


Figura 5. 95 Potenziali annuali in termini economici per l'energia termica per Palazzo Nuovo.

Grazie a questo valore potrà essere valutato in quanti anni l'intervento di riqualificazione energetica verrà ammortizzato. Sull'asse delle ascisse sarà invece possibile leggere il risparmio potenziale annuo per unità di superficie ($\Delta\epsilon/m^2$) per la parte elettrica e per unità di volume per l'aspetto termico ($\Delta\epsilon/m^3$). Questo valore potrà essere utilizzato per valutare la convenienza dell'intervento su un edificio piuttosto che su un'altro in base al confronto del risparmio potenziale per unità di superficie rispetto al costo d'investimento necessario per l'intervento, valutato in termini di ϵ al m^2/m^3 .

CAPITOLO SESTO

Conclusioni

Quanto consuma, quali sono i costi energetici, quanto inquina quel particolare edificio per l'Università di Torino? A queste domande ho cercato di dare risposta in questa tesi attraverso lo studio di un campione di edifici del parco edilizio gestito dall'Università di Torino.

Esistono diversi metodi per definire il consumo energetico di un edificio, ma sicuramente quello più appropriato per gli edifici esistenti come in questo caso di studio, è attraverso la misurazione dei consumi reali. Così, attraverso una diagnosi "di primo livello" ho cercato di creare una classificazione energetica, sia dal punto di vista dei consumi elettrici che termici sfruttando i dati delle bollette che derivano da contatori elettrici e da strumenti di contabilizzazione dell'energia termica già installati.

Le misurazioni di energia sono paragonabili al cronometrare di un corridore: senza un cronometro, si sa solo che il corridore corre, non che corre veloce, o che corre più veloce oggi rispetto a ieri. Confrontare il consumo di energia a fronte di un valore di riferimento stabilito fa la stessa cosa per la gestione dell'energia che un cronometro fa per il corridore.

Inoltre, gli edifici campione non sono standardizzati, ma ognuno si differenzia per dimensione geometrica (superficie e volume) nonché per la sua occupazione. Per tale motivo, ogni edificio è identificato attraverso un indicatore specifico che lo rende paragonabile e confrontabile agli altri. Tornando all'esempio del corridore, sapere se un corridore corre più veloce di un altro, devo confrontare i tempi impiegati da questi per percorrere uno stesso percorso.

Dallo screening energetico è emerso che gli edifici universitari sono molto differenti sotto questo punto di vista; i risultati stimano un consumo annuale elettrico compreso tra i 13 e i 178 kWh_{elettrici}/m²; per quanto concerne l'aspetto termico, gli edifici richiedono annualmente dai 5 ai 95 (kWh_{termici}/m³)_c, corrispondenti.

Tuttavia, per individuare gli edifici più critici sui quali intervenire per una riqualificazione energetica tale classificazione non è efficace al cento per cento, ma è necessario creare un catasto energetico. A tale proposito, il "metodo dei quadranti" si è rivelato uno strumento utile: gli edifici più critici, con priorità di intervento, sono quelli che presentano al tempo stesso un consumo assoluto e quello specifico più elevati.

Dal punto di vista del consumo di energia elettrica, gli Istituti più critici sono quelli di Fisica, Chimica e Farmacia, l'Ex Edilscuola e il Polo Scientifico di Grugliasco. I primi tre sono classici esempi di sedi universitarie con laboratori didattici, per cui il loro alto consumo elettrico è spiegato dalla presenza di apparecchi elettrici fortemente energivori e di celle frigorifere per la conservazione di farmaci e sostanze

chimiche. Il Polo Scientifico si estende su una superficie piuttosto grande, rendendo il consumo specifico inferiore rispetto ai precedenti ma in termini assoluti è notevole: la presenza di numerosi gruppi frigoriferi e ventilatori dislocati su tutta la superficie ne è un sintomo.

Per quanto concerne l'aspetto termico, Palazzo Nuovo, in primis, e il Polo Scientifico sono le sedi che necessitano una priorità di intervento. In realtà, entrambi gli edifici hanno subito una trasformazione nella produzione di energia nell'ultimo anno: l'introduzione di un impianto di cogenerazione/trigenerazione ha infatti permesso una riduzione dell'impatto ambientale in termini di energia primaria e CO₂ equivalente, tuttavia il consumo di kWh di metano non è diminuito. Per ognuno di questi edifici maggiormente critici sarà effettuata una diagnosi energetica dettagliata: infatti, il modo migliore per valutare le performance di un edificio in termini di gestione dell'energia è quello di tracciare il profilo energetico nel corso del tempo, stabilire una linea base di dati. Senza stabilire una linea base per il rendimento energetico, i manager energetici non hanno modo di conoscere il potenziale di un edificio per il risparmio di risorse, sia finanziarie che naturali.

Il sistema di monitoraggio dell'energia di un complesso edilizio richiede in primo luogo l'individuazione di tutti i "punti" di ingresso (ed eventualmente uscita) dei vettori energetici con cui esso si approvvigiona. In tali punti devono essere collocati i contatori di energia, che possono essere di tipo a lettura diretta, oppure in grado di trasmettere il valore letto in forma elettrica. In quest'ultimo caso è importante definire il tempo di campionamento: più esso è breve e più è "continua" e dettagliata la conoscenza dei consumi energetici. Inoltre, per poter disaggregare i consumi energetici fra le varie utenze presenti all'interno del complesso edilizio è necessario poter disporre di altri contatori collocati su ciascuna utenza, in modo che essa risulti sezionabile rispetto alle altre utenze.

Ciò fornisce ai responsabili delle varie sedi un'ulteriore utile informazione sulle attività e consente di adottare strategie adeguate per contenere, ove possibile, i consumi e di valutarne i risultati.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. del Centro Ricerche Casaccia, *Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole*, Roma

AA.VV., *Nearly zero Energy buildings*, in The REHVA European HVAC Journal, Bruxelles, maggio 2011

ANTONINI E., BOSCOLO M., CAPPELLETTI F., ROMAGNONI P., *Riqualificazione di edifici scolastici: risultati di una campagna di monitoraggio energetico*, Settembre 2010

ARESE M., BORLA G., *I luoghi dell'Università*, Del Gallo editore, Torino, 2007

ARIAUDO F., BALSAMELLI L., CORGNATI S. P., *Il Monitoraggio energetico – ambientale del patrimonio edilizio esistente: uno strumento per il risparmio energetico*, Torino, 2010

ARIAUDO F., CELOZZI G., CORGNATI S. P., FILIPPI M., GERBO R., ZANON P., *Metodologia diagnostica per lo studio dei consumi energetici di grandi patrimoni edilizi del terziario*, Torino, 2009

ARIAUDO F., CELOZZI G., CORGNATI S. P., FILIPPI M., GERBO R., ZANON P., *Risparmiare in banca*, Torino, aprile 2009

ARIAUDO F., CORGNATI S. P., ROLLINO L., *Definizione di un indice semplificato per la previsione dei consumi per il riscaldamento di un patrimonio edilizio esistente a destinazione prevalentemente scolastica*, Torino, 2009

BOFFA C., CANOVA A., CORGNATI S. P., *Metodologie per la diagnosi e l'analisi energetica degli edifici per il terziario*

CAMPIOLI A., FERRARI S., LAVAGNA M., *Evoluzione del D.Lgl. 192/2005 – Verifiche tecnico-costruttive*, giugno 2007

CERUTTI A., CORGNATI S. P., ROLLINO L., *Actual heating consumption of Italian public buildings: results from an experimental campaign*, Torino, 2008

COMMISSIONE EUROPEA Direzione generale dell'energia e dei trasporti, *Edifici migliori*, Bruxelles, 2003

CORGNATI S. P., CORRADO V., FILIPPI M., *A method for heating consumption assessment in existing buildings: A field survey concerning 120 Italian schools - Original Research Article Energy and Buildings -*, Volume 40, Issue 5, 2008

CORGNATI S. P., CORRADO V., MAGA C., *A methodology for energy assessment of existing buildings using the metered energy consumption*, Plea2004 - The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Eindhoven, The Netherlands, 19-22 September 2004

CORGNATI S. P., FILIPPI M., MAGA C., *Certificazione energetica degli edifici esistenti: confronto fra fabbisogni teorici e consumi reali di energia primaria per riscaldamento*, Torino, 2004

CORGNATI S. P., FILIPPI M., TALÀ N., TORBINO M., *Analisi delle prestazioni energetiche del patrimonio immobiliare di proprietà dell'università di Torino*, Torino, 2011

CORGNATI S. P., *Le azioni delle amministrazioni locali per il risparmio energetico in edilizia*, Celid, Torino, 2009

D.P.R. 26 agosto 1993 n. 412, *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione e la manutenzione degli impianti termici degli edifici*, ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4 della legge 9 gennaio 1991 n.10

DANZA L., LOLLINI R. di La Termotecnica, *Diagnosi e certificazione energetica degli edifici* in *Certificazione & Edilizia*, ottobre 2006

DIRETTIVA 2002/91/UE del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia

DIRETTIVA 2010/31/UE del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia

European Standard prEN 15603, *Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy rating*, agosto 2007

FILIPPI M., RIZZO G., *Certificazione energetica e verifica ambientale degli edifici*, Dario Flaccovio Editore, Torino, 2007

Il presidente ANTA, *L'opinione dell'ANTA sul teleriscaldamento*, Milano

ISO Standard TC163/WG 3, *Energy consumption of buildings – presentation –*, luglio 2007

MUMOVIC D., SANTAMOURIS M.E., *A Handbook of Sustainable Building Design and Engineering – An Integrated Approach to Energy, Health and Operational Performance of Buildings*, Earthscan/James&James Publishers, London, 2009

TALÀ N., *Reporting di base per la caratterizzazione della prestazione energetica di un edificio*, Torino, luglio 2011

SITOGRAFIA

www.agienergia.it

www.arpa.piemonte.it

www.cened.it

www.certificazione-energetica.com

www.energysaving.it

www.fire-italia.it

www.il-risparmio-energetico.com

www.la-certificazione-energetica.net

www.mercatoelettrico.org

www.regione.piemonte.it

www.seico-energia.it

www.unito.it

ALLEGATO I

Schede tecniche edifici campione

I.1 RETTORATO

Il Rettorato è la sede dell'Università degli Studi di Torino, sorge nella zona centrale storica ed occupa l'intero isolato a forma trapezoidale compreso tra Via Verdi, Via Virgilio, Via Po e Via Vasco a Torino.



Figura I.1. 1 Palazzo del Rettorato di Via Verdi n.8, Torino (TO).

Storia

È nel 1712 che Vittorio Amedeo II di Savoia incarica l'Ing. Arch. Michelangelo Garove, il più affermato sulla piazza di Torino nell'ultimo decennio del '600, di progettare il Palazzo dell'Università. Il disegno prevede botteghe da affitto lungo la Via Virgilio e l'odierna Via Verdi, con gli ambienti universitari disposti lungo quasi tutto il piano nobile al di sopra delle botteghe, nell'intento di contribuire al mantenimento dell'istituzione universitaria con la rendita commerciale. Tuttavia, il progetto iniziale viene modificato grazie all'apporto di altri architetti interpellati da Vittorio Amedeo, reso dubbioso dalle difficili articolazioni spaziali, evidenti in pianta, tra le diverse destinazioni del palazzo ed il contesto urbanistico. Intervengono gli architetti Pier Francesco Garoli, piemontese residente a Roma, ed il genovese Giovanni Antonio Ricca, che alla morte di Garove, nel 1713, prende in mano le redini della fabbrica. L'articolazione e la distribuzione spaziale sono revisionate in modo sostanziale, mentre il cortile porticato rimane praticamente inalterato: il piano terra viene occupato da aule per le scuole umanistiche, in testata, ed ai lati del cortile si aprono gli scenografici scaloni di accesso al piano nobile, sul quale si sviluppano ambienti per le scuole scientifiche e la biblioteca. L'intero impianto si dispone attorno alla corte nobile di cinque per sette campate e la decorazione di atrio e loggiati è dovuta a Filippo Juvarra, nominato nel 1714 da Vittorio Amedeo Primo Architetto Civile.

È poi il suo allievo, Bernardo Antonio Vittone, che progetta successivamente l'osservatorio astronomico, il teatro anatomico, il Museo di Antiquaria e di Storia

Naturale al piano nobile dell'edificio, il portale e la cancellata verso Contrada di Po per le necessità della vita dell'istituzione. Dal 1849, per volere di Carlo Alberto di Savoia, la galleria superiore della corte d'onore ospita "i monumenti dei dotti che illustrarono l'Ateneo". Su loggiato, cortile e scaloni si è incentrato l'intervento di restauro promosso in anni recenti. Oggi, l'edificio della Regia Università ospita le sedi dei vertici istituzionali e degli Organi politici ed amministrativi dell'Ateneo torinese.

Caratteristiche generali

Il fabbricato è sede del Rettorato dell'Università degli Studi di Torino, ospita la Direzione Amministrativa, gli Uffici dell'Amministrazione Centrale, la Biblioteca della Facoltà di Lettere e Filosofia, l'Archivio storico, depositi e due sale (aula magna e anti aula magna) per convegni e seminari. È inoltre presente l'alloggio del custode, sito al quarto piano.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.2
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile:	18.208 m ²
Volumetria degli stabili:	59.779 m ³
Numero dipendenti:	circa 700
Numero studenti:	circa 150

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22 kV.

All'interno dell'edificio, al piano interrato, è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22kV a 380V. Questa è provvista di due trasformatori dalla potenza nominale di 400 kVA, uno di riserva all'altro con possibilità di funzionamento in parallelo.

All'interno del locale cabina è installato un gruppo di continuità, di potenza 30 kVA, posto a servizio del centro d'elaborazione dati della sede Centrale.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

L'intero edificio è climatizzato in modo centralizzato attraverso una tipologia di tipo misto.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da un'unica centrale termica da 1.692 kW a gas metano dall'ottobre 2007 e servono l'intero edificio:

- n. 2 generatori di calore a condensazione 846 kW per Uffici del Rettorato
Elco R 3603 SB

Sono inoltre presenti delle piccole caldaie in alcuni locali dello stabile

- n. 1 Baltur Fida CA221 SE per Custode Sig. Barberi

n. 1 Buoderus U102/24K

per Custode Barberi

Nel corso degli interventi di riqualificazione è stato installato un impianto di telegestione di marca TREND, al fine di controllare i parametri termici ed agire sui dispositivi di regolazione.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

L'impianto di raffrescamento è costituito da diversi gruppi frigoriferi e condizionatori che servono locali dedicati:

n. 1	GF DAIKIN	280	kW	per	Uffici IV piano
n. 1	GF UNIFLAIR	10	kW	per	Uffici III piano
n. 1	GF Archivio Storico	51	kW	per	Archivio Storico
n. 1	GF Tonon			per	Locali server DSI
n. 1	Condizionatore armadio RC	16	kW	per	Locali server DSI
n. 3	Split Ecoflam	18	kW	per	Locali server DSI

L'aria climatizzata è fornita da diverse unità trattamento aria e ventilconvettori:

n. 1	UTA	2	kW	per	Zona ex organi collegiali
n. 1	UTA	4	kW	per	Soppalco
n. 1	UTA	2	kW	per	Sale riunioni lato biblioteca
n. 1	UTA	3	kW	per	Archivio Storico
n. 7	Ventilconvettori	1,05	kW	per	Archivio Storico
n. 78	Ventilconvettori	11,7	kW	per	Rettorato vari piani

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria non è fornita in modo centralizzato, ma in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

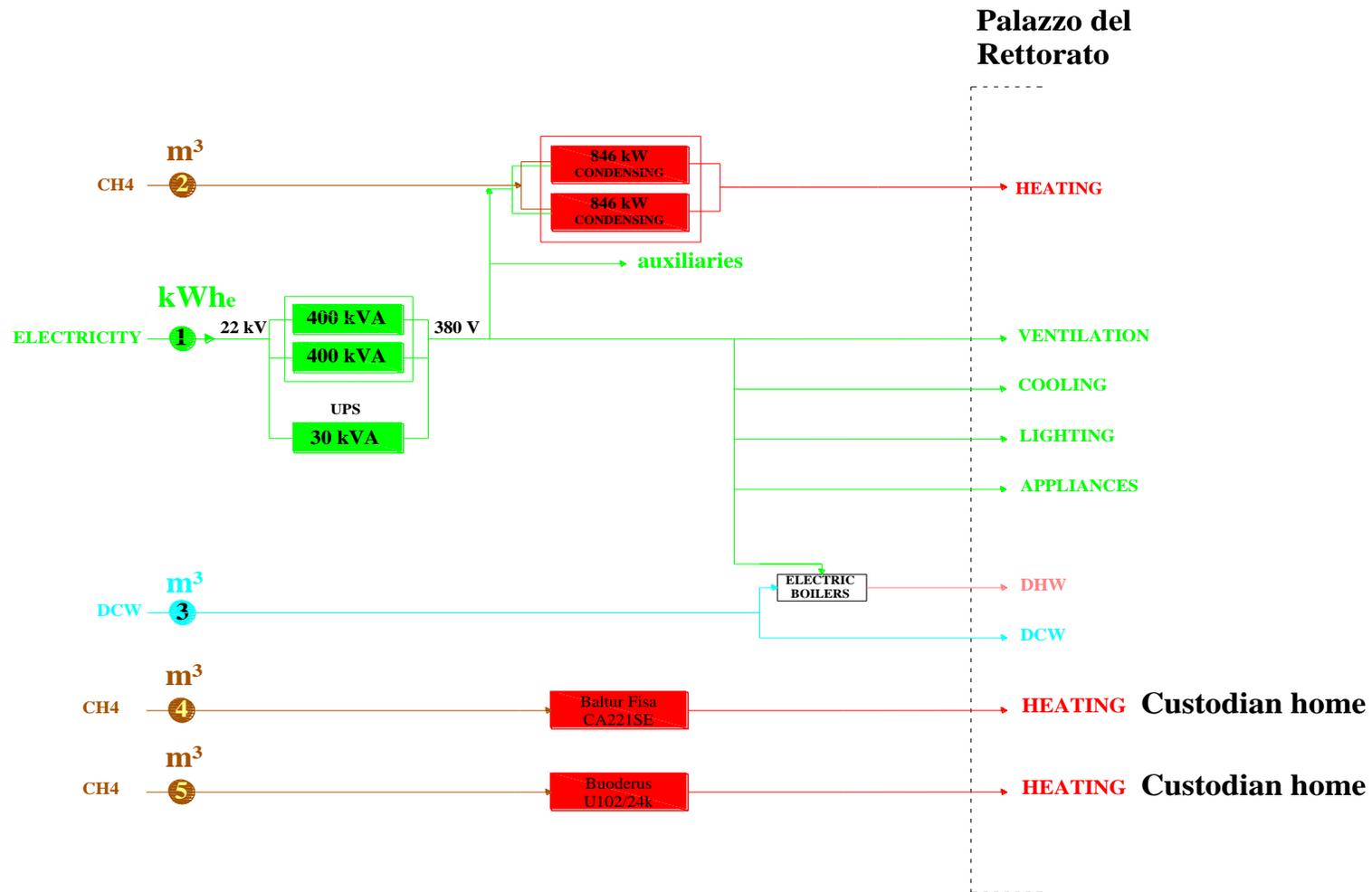


Figura I.1. 2 Schema impiantistico unifilare del Palazzo del Rettorato.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, gruppi frigoriferi, condizionatori, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	921577	50,61	1084,21	15,42
2010/2011	845495	46,44	994,7	14,14

Il Palazzo del Rettorato mostra, sulla base dei dati degli edifici in esame, un consumo assoluto e specifico su superficie di poco inferiore alla media. Nella scala dei kWh_e/m² di dei ventuno edifici, il Rettorato si colloca al dodicesimo posto partendo dal consumo maggiore. Riguardo al consumo elettrico procapite, il Palazzo si colloca all'ottava posizione nella rispettiva classifica, con un dato kWh_e/persona di poco superiore alla media.

Inoltre, dai dati in tabella, si deduce che nelle due annate successive si è registrata una diminuzione dei consumi dell'8%.

La mensilità del dato permette di valutare l'andamento di questo consumo nell'arco di un anno tipo (2009/2010) e di confrontarlo con quello successivo.

Essendo un edificio prevalentemente adibito a uffici, il consumo elettrico deriverà in modo particolare da illuminazione per uffici, alimentazione di computer, stampanti,... e condizionatori elettrici.

Le prime due figure che seguono mostrano graficamente l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

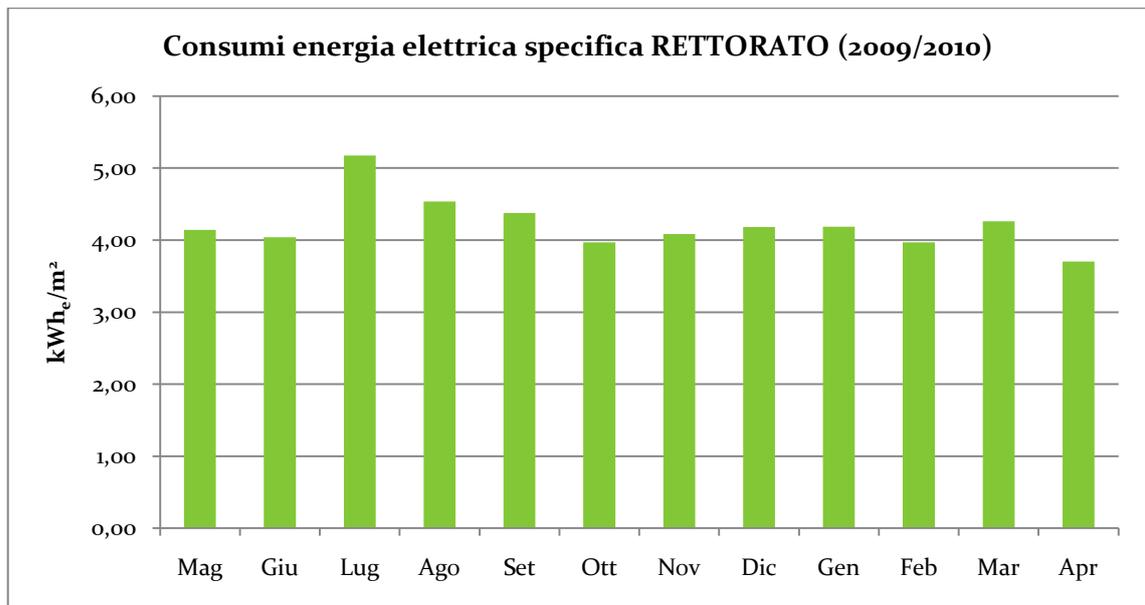


Figura I.1. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

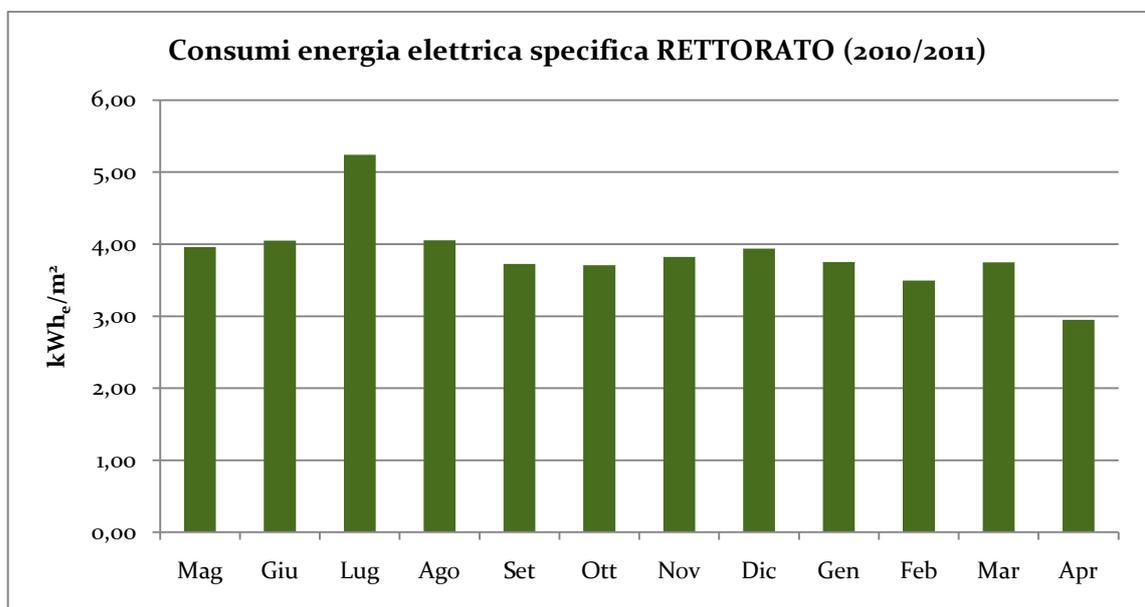


Figura I.1. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

In entrambi i periodi considerati si può valutare come il consumo sia piuttosto costante per i mesi autunnali e invernali, ma sia presente un picco nel mese di luglio. Poiché la grandezza comprende non solo l'energia elettrica utilizzata per l'illuminazione e le apparecchiature elettriche, tale variazione è dovuta probabilmente all'utilizzo di gruppi frigoriferi per il raffreddamento dei locali.

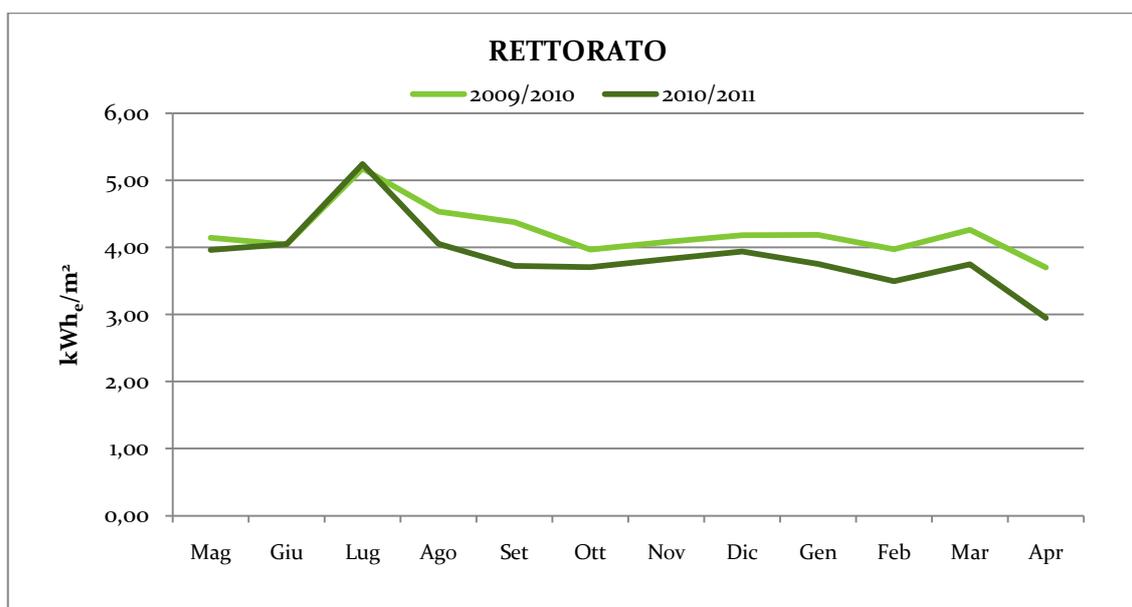


Figura I.1. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Come si evince dalla figura qui sopra, l'andamento è pressoché uguale nelle due annate, ma si visualizza un livello più basso per la linea del 2010/2011 che risalta la diminuzione del consumo nei due anni. Tuttavia, attraverso un'analisi di primo livello come questa non è possibile definire in modo preciso le ragioni.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte delle caldaie: i consumi analizzati si riferiscono alla centrale termica, espressi in m³, poiché quelli delle piccole caldaie per la foresteria sono nulli.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	993196	54,51	1167,57	16,60
2010/2011	1054557	61,61	1319,84	18,77

Come per il consumo elettrico, il Palazzo ha una richiesta termica assoluta e sulla geometrica volumetrica inferiore alle rispettive medie degli edifici UniTo. In particolare, il dato kWh_t/m³ è quasi la metà del dato mediano.

Inoltre, da una prima visuale dei dati nella tabella sopra, si afferma che il consumo dell'energia per il riscaldamento è aumentato nonostante la temperatura registrata nella stagione di riscaldamento sia stata maggiore (13%). Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, tipo valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo ufficio.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

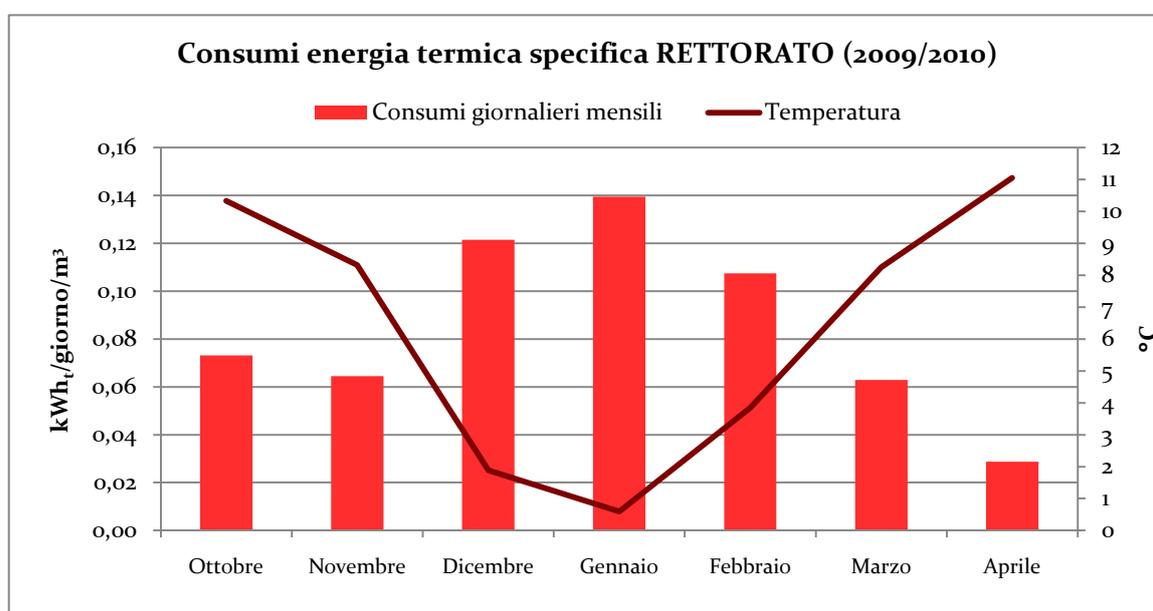


Figura I.1. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta. Unica anomalia è il consumo di ottobre, probabilmente, il consumo di gas metano in questo mese è stato maggiore che a novembre nonostante una temperatura maggiore per l'avvio dell'impianto termico, dopo lo stop nella stagione estiva. Certo, un'analisi di primo livello come questa non permette di capirne le ragioni.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

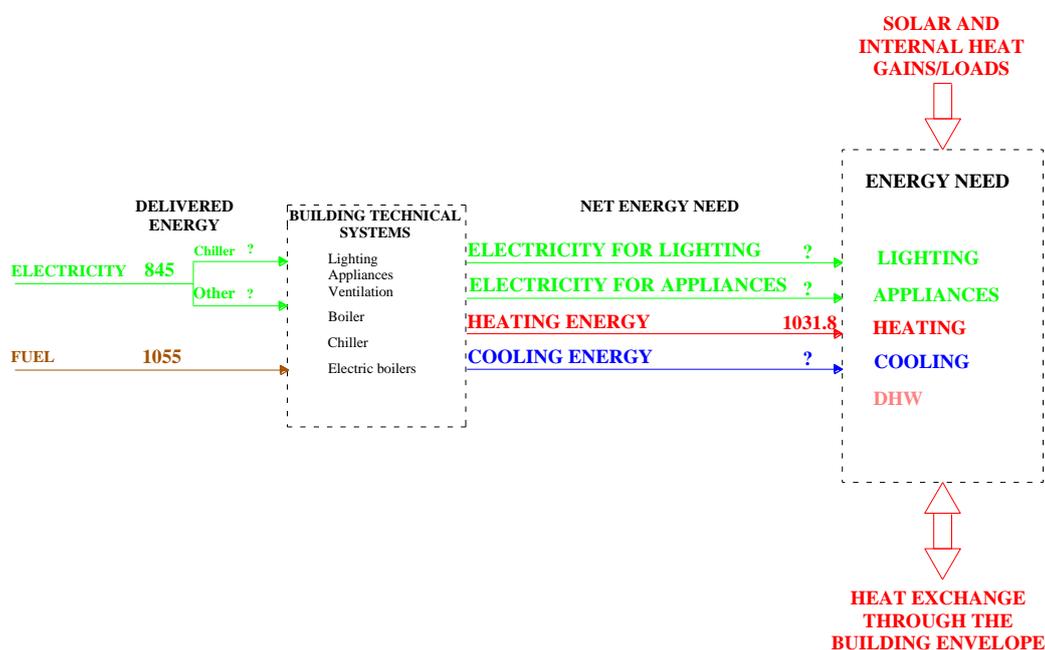


Figura I.1. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Dai dati del diagramma si deduce che il peso dell'elettricità sul consumo energetico totale è pari al 44%.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	149362	8,20	175,72	2,50
2010/2011	143921	7,90	169,32	2,41

Il costo elettrico su m² che deve sostenere l'Università per soddisfare la richiesta elettrica del Rettorato è relativamente basso se rapportato agli edifici; se, invece, si analizzano gli €/persona questi sono superiori al costo medio su persona del 26%.

Inoltre, la diminuzione dell'8% del consumo di energia elettrica ha prodotto una riduzione del suo costo non del tutto proporzionale, ovvero del 4%; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	72410	3,97	85,12	1,21
2010/2011	86579	5,06	108,36	1,54

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, l'aumento del consumo del gas del 13% ha prodotto un incremento di ben 27 punti percentuali (dati normalizzati sulla temperatura).

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo del Palazzo, come mostra la tabella: la compensazione tra la riduzione del costo elettrico e l'aumento di quello termico ha prodotto un incremento del costo complessivo assoluto del 4%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	221772	12,2	260,8	3,7
2010/2011	230501	13,0	277,7	3,9

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

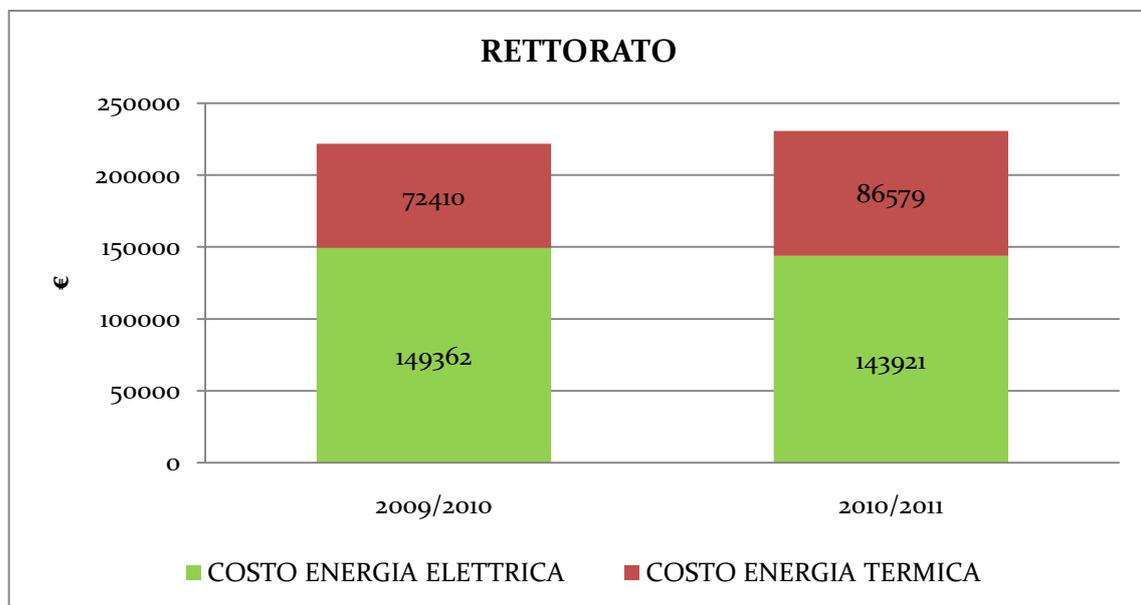


Figura I.1. 8 Parzializzazione dei costi energetici del Rettorato.

Come mostra la figura qui sopra, del costo energetico complessivo del Rettorato, è l'energia elettrica che ha un peso maggiore (67% per il primo anno e 62% per il secondo).

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Retrorato} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	2893752	158,9	3404	48
2010/2011	2654854	145,8	3123	44

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Rettorato} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	569	31,23	668,96	9,51
2010/2011	522	28,65	613,73	8,73

Anche trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra una stessa diminuzione dell'8% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Retrorato} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	1350747	74	1588	23
2010/2011	1434197	84	1795	26

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Rettorato} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	275	15,10	323	4,60
2010/2011	292	17,07	366	5,20

Anche nel caso della trasformazione in termini ambientali, l'incremento del 13% registrato per il consumo nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante.

Nel grafico che segue si evidenzia la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente; le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze, poiché i bilanci sono analoghi e ciò che cambia è solamente il fattore moltiplicativo.

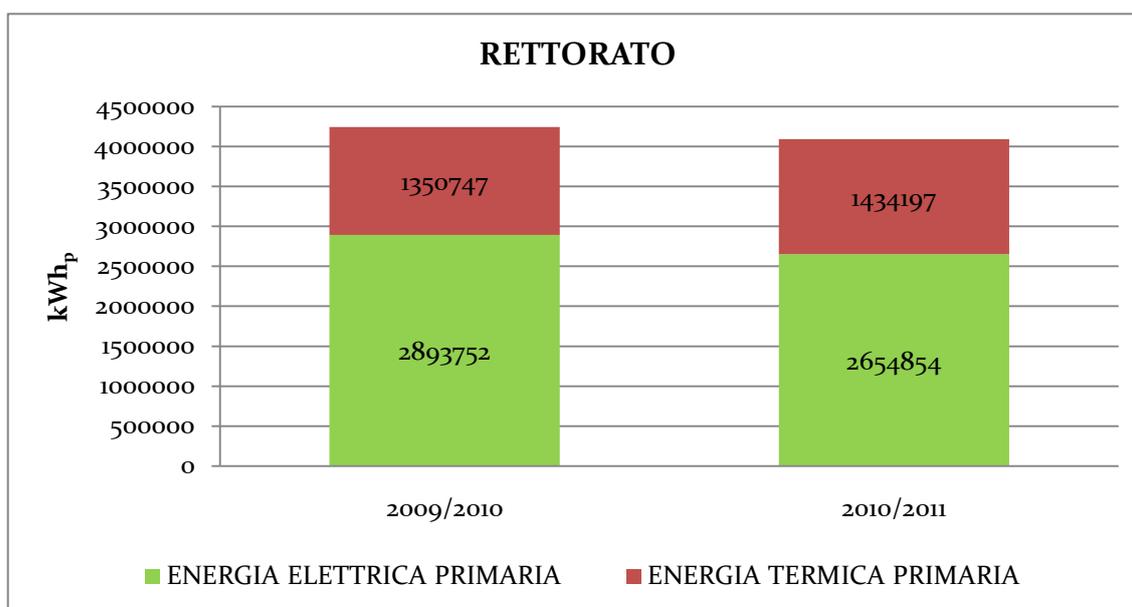


Figura I.1. 9 Parzializzazione dell'energia primaria del Rettorato.

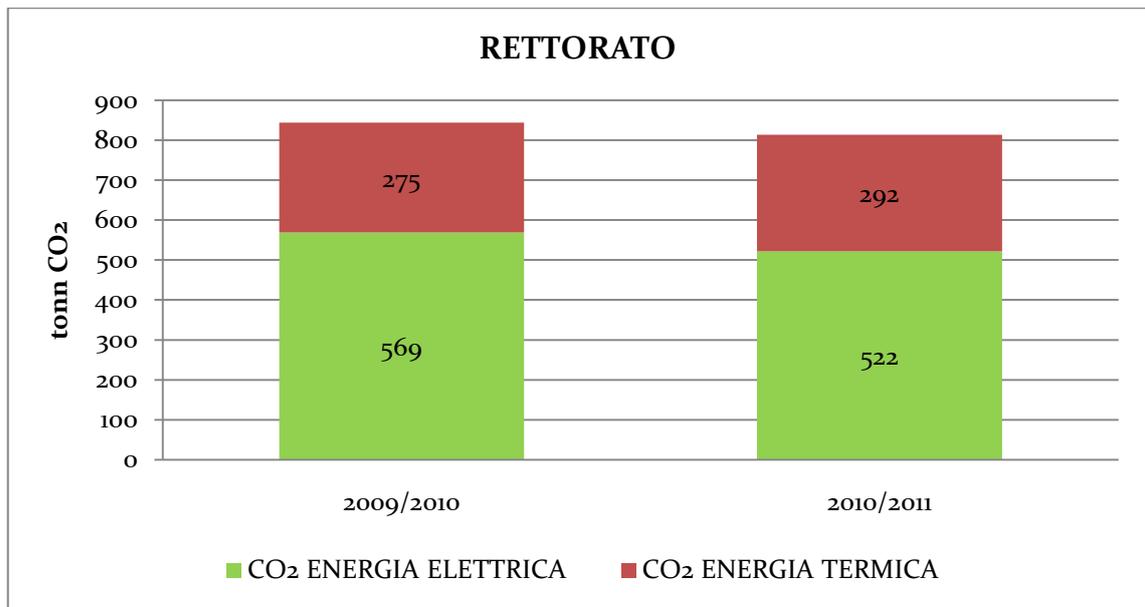


Figura I.1. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente del Rettorato.

Nonostante si sia registrato una diminuzione dei consumi elettrici e un aumento di quelli termici, la quota che influisce maggiormente sull'inquinamento è sempre l'energia elettrica, che è passata dal 67% al 63% nell'anno successivo.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	4244498	233	4992	71
2010/2011	4089052	230	4918	70

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	844	46,3	992,4	14,1
2010/2011	814	45,7	979,3	13,9

In conclusione, si può affermare che in termini complessivi ambientali sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente siano diminuiti del 1%.

I.2 PALAZZO CAMPANA

L'edificio Universitario, con sede in Torino, via Carlo Alberto 10, occupa parte di un isolato delimitato dalle vie: Carlo Alberto, Principe Amedeo, Accademia delle Scienze e Maria Vittoria.



Storia

Figura I.2. 1 Palazzo Campana di Via Carlo Alberto n.10, Torino (TO).

L'attuale denominazione dell'edificio deriva dal nome di battaglia "Campana" del marchese Felice Cordero di Pamparato, partigiano catturato nel 1944 dai repubblicani ed giustiziato su un balcone della piazza di Giaveno; per la sua memoria è stata apposta, nell'aprile 2006, una lapide sulla facciata del palazzo.

L'edificio risale al 17 settembre 1675, quando fu posta la prima pietra per fondare un vasto complesso religioso, che sarebbe sorto sull'ampio isolato ceduto da Carlo Emanuele II ai padri dell'Oratorio di S. Filippo Neri. Purtroppo, con l'applicazione della Legge Rattazzi, a metà '800, l'Ordine venne soppresso e la parte conventuale del complesso venne adibita a sede del Ministero dei Lavori Pubblici e ad ufficio delle Poste Centrali.

Con il trasferimento della capitale italiana, da Torino a Firenze, (1865), l'immobile ebbe diverse destinazioni e nel 1908 venne acquisito dall'Amministrazione Comunale che, con l'avvento del fascismo, lo cedette in uso gratuito per 29 anni alla federazione fascista per la sua sede.

Nel dopoguerra, la Giunta popolare torinese ne rientrò in possesso e, con l'attuazione del Decreto prefettizio di requisizione, il 25 maggio 1945 il palazzo venne destinato per la sede delle Facoltà di Giurisprudenza, Lettere e Filosofia, Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali e alle Biblioteche delle ultime due. La destinazione universitaria permane fino ad oggi secondo l'atto di sottoscrizione del 1985 con il quale la città cede in uso trentennale rinnovabile l'immobile, bene ormai tutelato dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali. In anni recenti, sono stati realizzati interventi edili ed impiantistici, quali scale di sicurezza, ascensore, centrale termica a metano, abbattimento delle barriere architettoniche, volti alla ristrutturazione ed al recupero funzionale dell'edificio.

Caratteristiche generali

Lo stabile è attualmente utilizzato come sede del Dipartimento di Matematica ed altri uffici dell'Università degli Studi di Torino. Il fabbricato è la sede di alcuni Uffici Amministrativi e Tecnici dell'Università degli Studi di Torino, di una foresteria per studenti e professori fuori sede, di alcuni negozi.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.2
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	12.855 m ²
Volumetria degli stabili	40.000 m ³
Numero dipendenti	circa 350
Numero studenti	circa 1400

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22 kV.

All'interno dell'edificio, al piano interrato, è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22 kV a 380V. Essa è equipaggiata con n. 2 trasformatori dalla potenza nominale di 400 kVA, uno di riserva all'altro, con possibilità di funzionamento in parallelo.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

L'intero edificio è climatizzato in modo centralizzato attraverso una tipologia mista.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da un'unica centrale termica da 639 kW a gas metano da settembre 2006 con un rendimento di 97.8% e servono l'intero edificio:

- n. 1 Generatori di calore a condensazione 639 kW per Uffici del Palazzo Campana
Elco R 3601 SB

Sono inoltre presenti una piccola caldaia in un locale dello stabile

- n. 1 Elco per Padre Goi

Nel corso degli interventi di riqualificazione è stato installato un impianto di telegestione di marca TREND, al fine di controllare i parametri termici ed agire sui dispositivi di regolazione.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

L'impianto di raffrescamento è costituito un condizionatore in un solo locale dedicato:

- n. 1 Condizionatore MITSUI 9,5 kW per Locale server DAQ 2 piano terra
Sig. Enzo Truden

L'aria climatizzata è fornita da diverse unità trattamento aria e ventilconvettori:

- n. 1 UTA 4 kW per Aula Andreotti
- n. 25 Ventilconvettori 3,8 kW per Biblioteca

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria non è fornita in modo centralizzato, ma in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

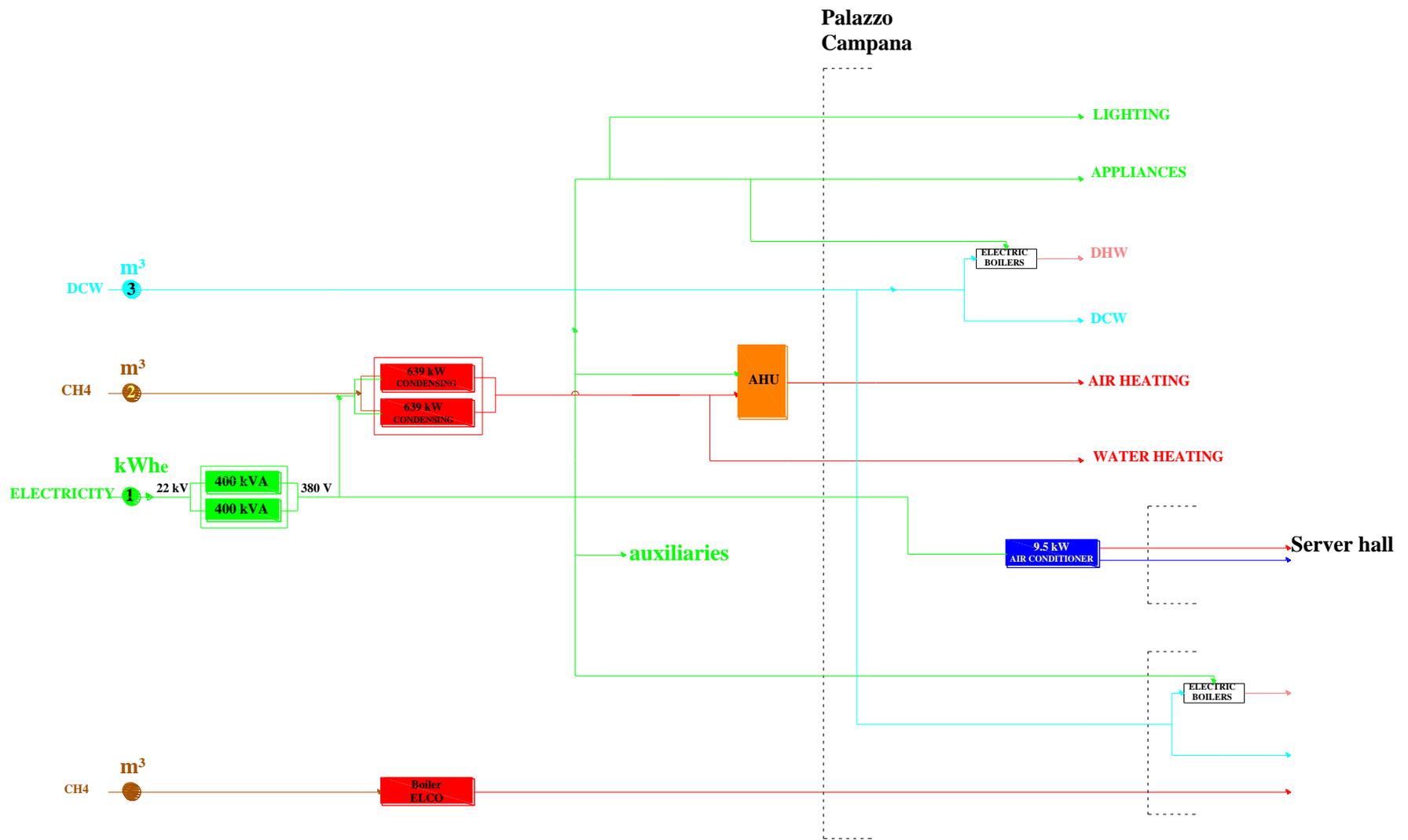


Figura I.2. 2 Schema impiantistico unifilare del Palazzo Campana.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, gruppi frigoriferi, condizionatori, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	382523	29,76	218,59	9,56
2010/2011	399213	31,06	228,12	9,98

I consumi elettrici specifici su persona e su superficie sono contenuti, questo è spiegato dall'uso prevalente di uffici quindi e la presenza di poche apparecchiature elettroniche molto energivore compresi i pochi condizionatori estivi elettrici.

Nel confronto sui due periodi temporali si nota un piccolo incremento del 4% e nei grafici successivi si può valutare le distribuzioni mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

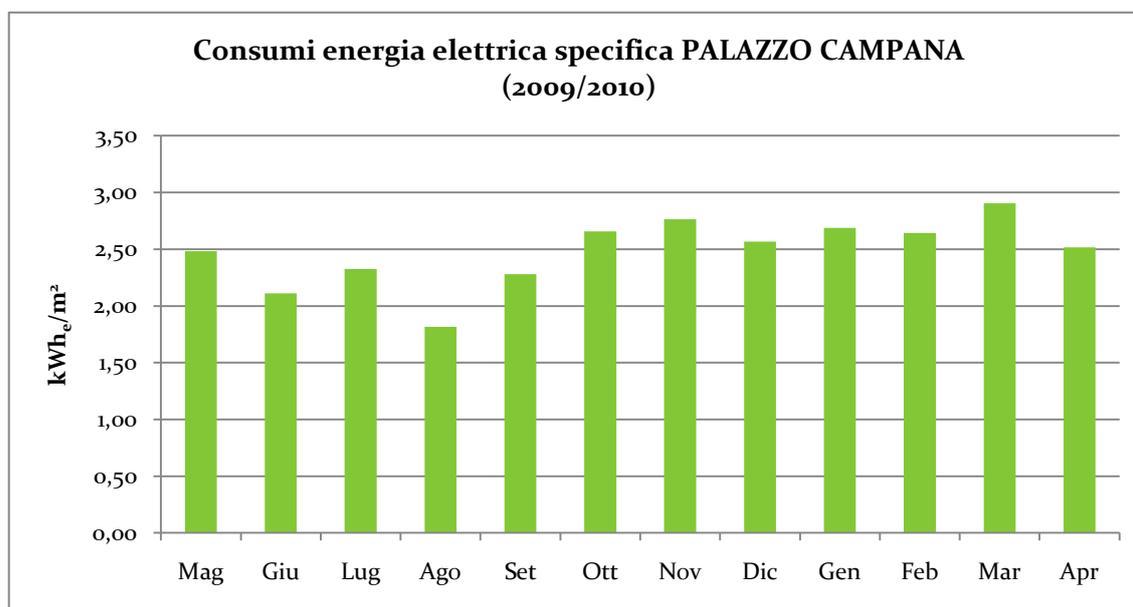


Figura I.2. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

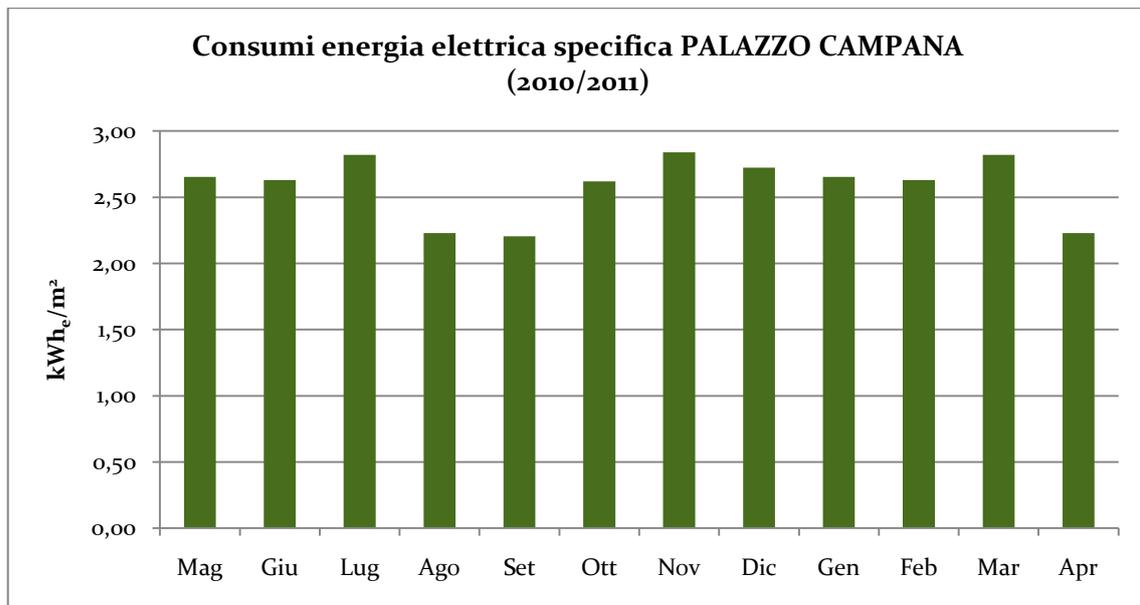


Figura I.2. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

In entrambi i periodi considerati il consumo ha l'andamento sinusoidale con creste nel mese di luglio e novembre. Il minimo consumo è registrato nel mese di agosto e settembre: probabilmente essendo un periodo di sospensioni delle attività didattiche anche parte degli uffici è rimasta chiusa.

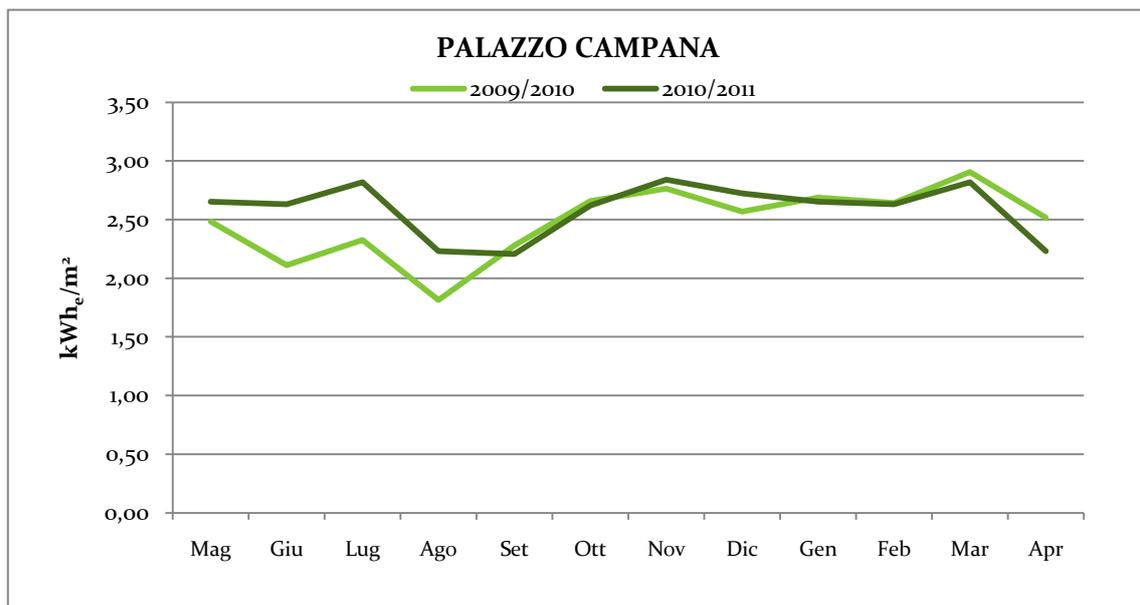


Figura I.2. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

L'andamento è comunque pressoché uguale nelle due annate, ma l'incremento censito nei due anni successivi avviene nei mesi estivi, che attraverso un'analisi di primo livello come questa non è possibile definire in modo preciso le ragioni.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte dell'unica grossa caldaia in m³, quella piccola per la foresteria risulta inutilizzata nei due periodi analizzati.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	905110	70,36	516,81	22,61
2010/2011	840482	69,55	510,93	22,35

Anche per l'energia termica, i consumi specifici del Palazzo sono piuttosto bassi, con valori inferiori alla media degli edifici in analisi.

In una prima panoramica della tabella, il consumo dell'energia termica è diminuito di un punto percentuale (dai dati normalizzati su GG). Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, come valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo ufficio.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

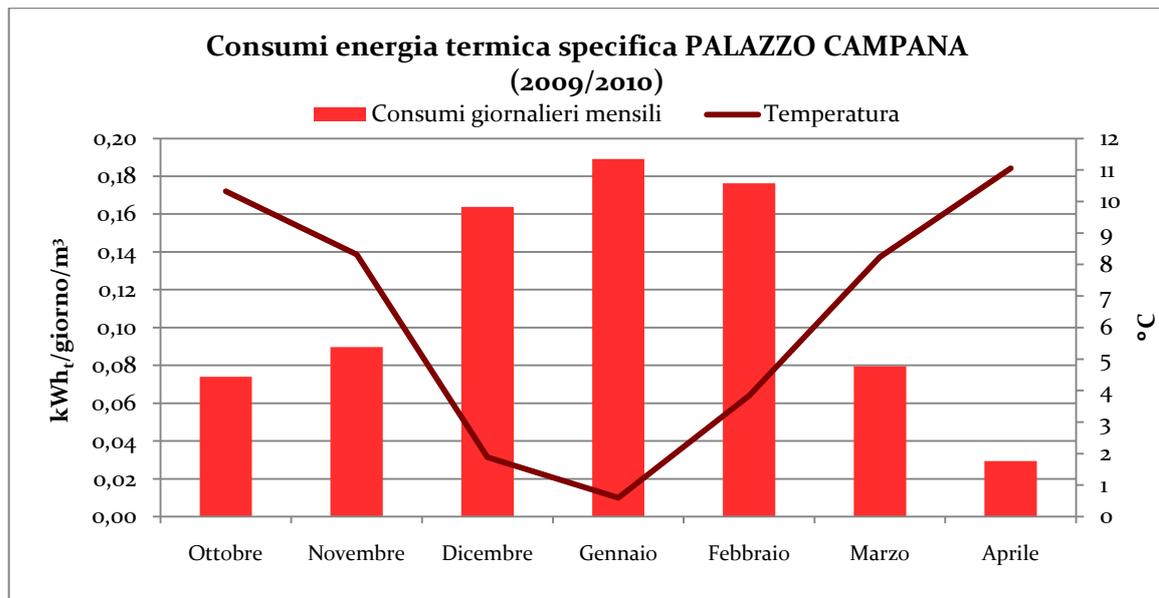


Figura I.2. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi. Il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi. Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

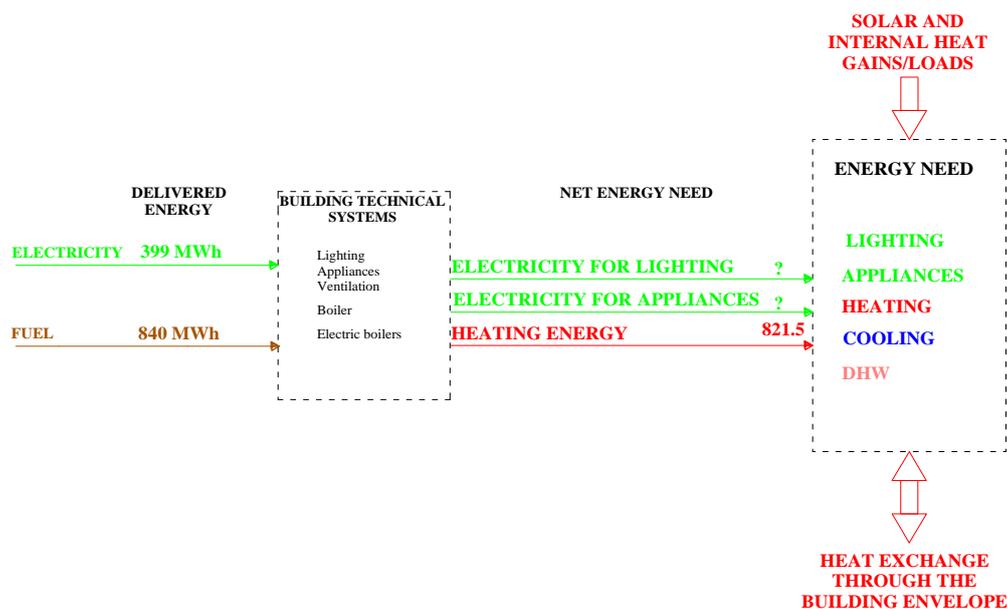


Figura I.2. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Dai dati del diagramma si deduce che il peso dell'elettricità sul consumo energetico totale è pari al 32%.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	61321	4,77	35,04	1,53
2010/2011	65305	5,08	37,32	1,63

Il costo elettrico su m² relativamente basso e gli € procapite sono più che accettabili. Inoltre, l'incremento del 4% del consumo di energia elettrica ha prodotto un aumento del suo costo del 5%; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	65988	5,13	37,68	1,65
2010/2011	69004	5,71	41,95	1,84

I circa 40 € termici procapite sono tollerabili, paragonandoli agli altri venti edifici. Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, anche con una leggera diminuzione del consumo del gas il suo costo è salito del 27%. Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo del Palazzo, come mostra la tabella: il bilanciamento tra i due costi ha prodotto un incremento del costo complessivo assoluto del 5%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	127310	9,9	72,7	3,2
2010/2011	134309	10,4	76,7	3,5

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

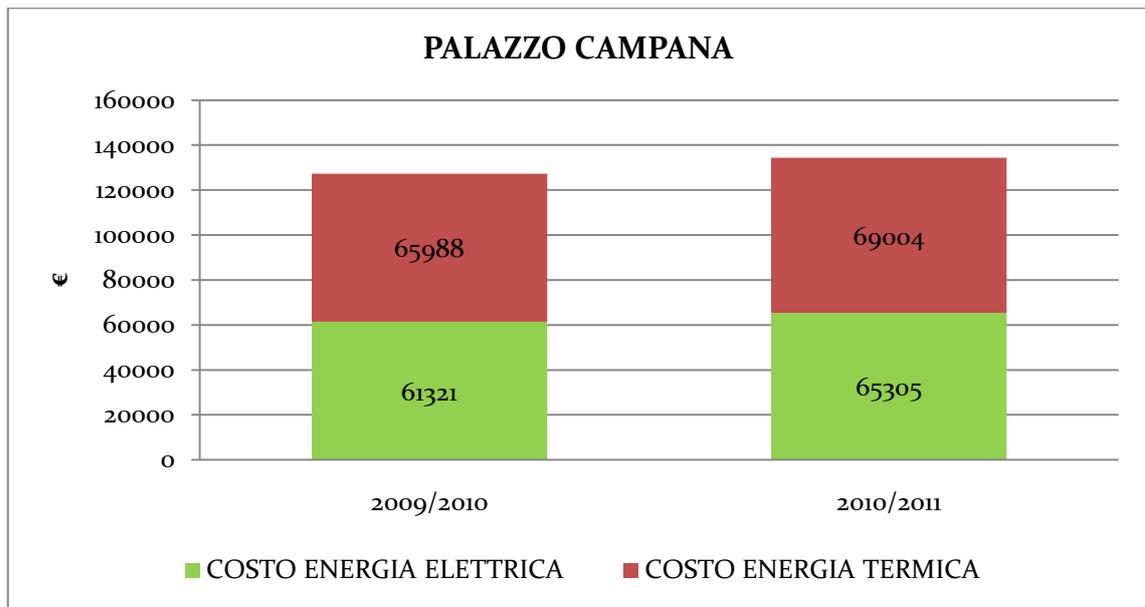


Figura I.2. 8 Parzializzazione dei costi energetici del Palazzo Campana.

Il costo energetico totale, relativamente basso, è comunque equamente ripartito tra quello elettrico e quello termico.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Palazzo\ Campana} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	1201122	93,4	686	30
2010/2011	1253529	97,5	716	31

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Palazzo\ Campana} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	236	18,36	134,87	5,90
2010/2011	246	19,16	140,75	6,16

Trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra uno stesso incremento del 4% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Palazzo\ Campana} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	1230949	96	703	31
2010/2011	1143056	95	695	30

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Palazzo\ Campana} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	251	19,49	143,16	6,26
2010/2011	233	19,27	141,53	6,19

La diminuzione dell'1% del consumo termico, registrato nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente, si mantiene costante anche nella trasformazione in termini ambientali.

I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente: essendo i bilanci analoghi con solo il fattore moltiplicativo differente, le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze.

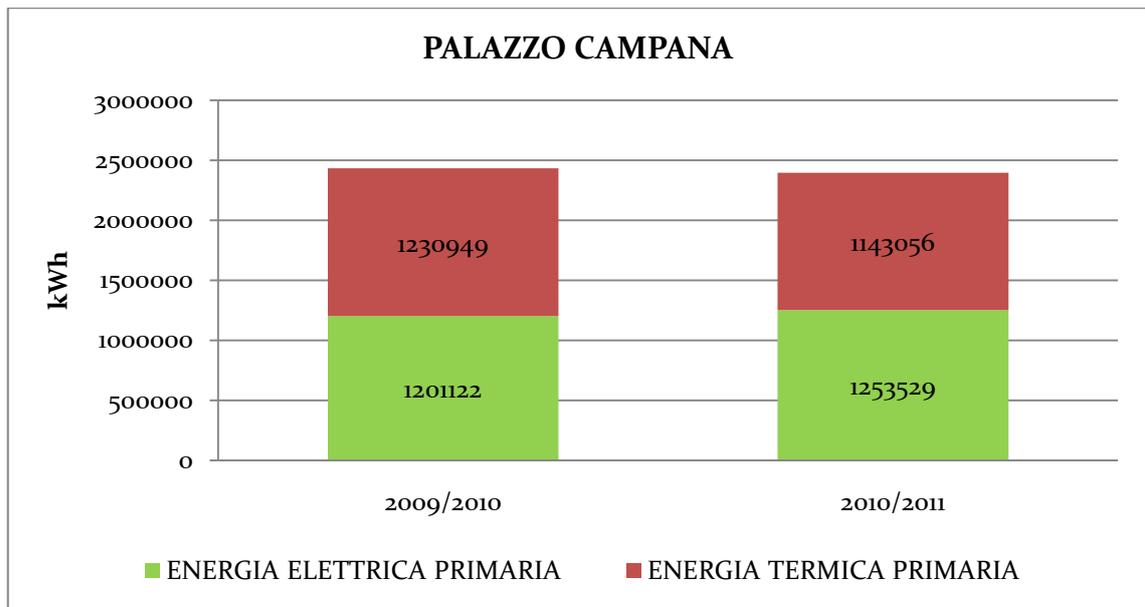


Figura I.2. 9 Parzializzazione dell'energia primaria del Palazzo Campana.

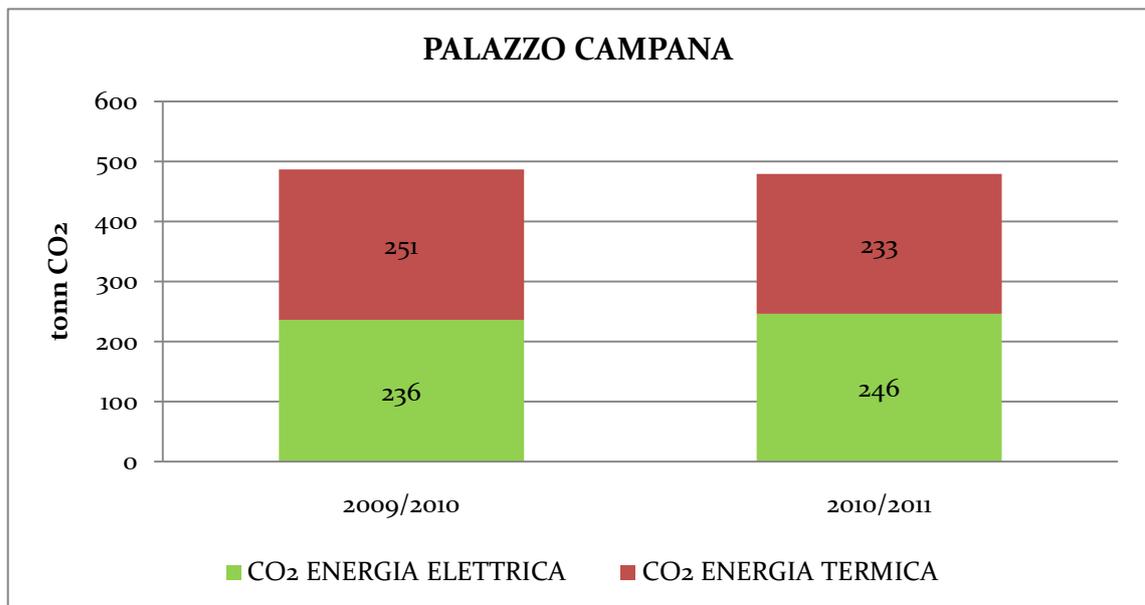


Figura I.2. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente del Palazzo Campana.

L'impatto ambientale è dovuto in sostanza per circa il 50% al consumo elettrico e il 50% del consumo termico.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	2432072	189	1389	61
2010/2011	2396585	192	1411	62

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	487	37,8	278,0	12,2
2010/2011	479	38,4	282,3	12,3

Concludendo nell'analisi globale, in termini ambientali sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente sono incrementati di due punti percentuali.

I.3 PALAZZO DEGLI STEMMI

Il fabbricato è un edificio ottocentesco che sorge nella zona centrale storica ed occupa l'isolato su Via Po nella parte compresa tra Via Rossini e Via Montebello. L'attuale denominazione deriva dalla presenza dei 27 stemmi sul fronte dell'edificio: l'emblema araldico centrale è quello di Vittorio Amedeo II delle casate dei benefattori che donarono denaro e mezzi di sostentamento all'istituzione assistenziale.



Figura I.3. 1 Palazzo degli Stemmai di via Po n. 29/37, Torino (TO).

Un altro immobile di notevole valore storico diviene sede dell'attività amministrativa ed istituzionale dell'Ateneo torinese.

Storia

Il Palazzo degli Stemmai risale al 1683 per divenire la sede definitiva dell'Ospizio di Carità, ma per renderlo esemplificativo della nuova normativa in materia subì una ristrutturazione nel 1716, ispirata al metodo del padre gesuita Guevarre, che intendeva disciplinare i poveri con il lavoro e l'osservanza religiosa.

Il 4 giugno 1984 un rovinoso crollo distrusse le strutture interne lasciando, però, immutati la facciata e il portico del Palazzo; con il tempo, l'edificio venne utilizzato per diversi scopi: ricovero per la vecchiaia, sede di uffici RAI e luogo di residenza. L'ultimo passaggio di proprietà, nel 2001, è sancito con l'atto di permuta tra la Città e l'Ateneo, vista l'importanza del rilancio scientifico e universitario per la Città di Torino. In merito all'Accordo di Programma per l'edilizia universitaria è stato previsto un contributo destinato alla riqualificazione funzionale dell'intero edificio, sottoposto ai vincoli dettati dal D.Lgs. n. 490/99 in quanto bene tutelato.

Il piano terra che prospetta i portici su Via Po offre, già da tempo, un lustro e operativo InfoPoint, uno spazio informativo sulle Facoltà e sui servizi offerti dall'Ateneo e dal 2003 è attivo "Emporium UniTo", il merchandising a marchio "Università dell'Università di Torino", volto a promuovere e divulgarne l'immagine.

Le vecchie strutture dell'Ospizio sono ormai mutate per ospitare i moderni ambienti: al primo piano sale riunioni e di rappresentanza con pregevoli soffitti a cassettoni, ai piani superiori uffici realizzati con pareti divisorie, nel sottotetto una propaggine dei locali adibiti a foresteria.

Caratteristiche generali

Il fabbricato è la sede di alcuni Uffici Amministrativi e Tecnici dell'Università degli Studi di Torino, di una foresteria per studenti e professori fuori sede e di alcuni negozi.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.2
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	18.208 m ²
Volumetria degli stabili	59.779 m ³
Numero dipendenti	500
Numero studenti	circa 50

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22kV.

All'interno dell'edificio, al piano interrato, è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22kV a 380V. Essa è equipaggiata con n. 2 trasformatori dalla potenza nominale di 630 kVA, uno di riserva all'altro, con possibilità di funzionamento in parallelo.

In altro locale interrato è installato un gruppo elettrogeno, di potenza 100kVA, posto a servizio delle alimentazioni privilegiata dello stabile.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

L'intero edificio è climatizzato in modo centralizzato attraverso di tipo misto.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da un'unica centrale termica da 1.278 kW a gas metano da novembre 2006 e servono l'intero edificio:

- n. 3 Generatore di calore ad Aria 384 kW per Uffici e residenza universitaria
Soffiata Ecoflam Ecomax N420/2F

Nel corso degli interventi di riqualificazione è stato installato un impianto di telegestione di marca TREND, al fine di controllare i parametri termici ed agire sui dispositivi di regolazione.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

L'impianto di raffrescamento è costituito un condizionatore in un solo locale dedicato:

- n. 2 Climaveneta HRH 380 kW per Uffici del Palazzo degli Stemma

L'aria climatizzata è fornita da diverse unità trattamento aria e ventilconvettori:

n.	1	Torre di raffreddamento	4	kW	per	LOCALI INTERRATI
n.	1	UTA Quarto Piano	3	kW	per	Sottotetto
n.	191	Ventilconvettori Ecoflam	38	kW	per	P.-1/0/1/2/3

IMPIANTO DI ACS

È previsto un impianto centralizzato di acs per la residenza universitaria, mentre negli parte con gli uffici è fornita in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

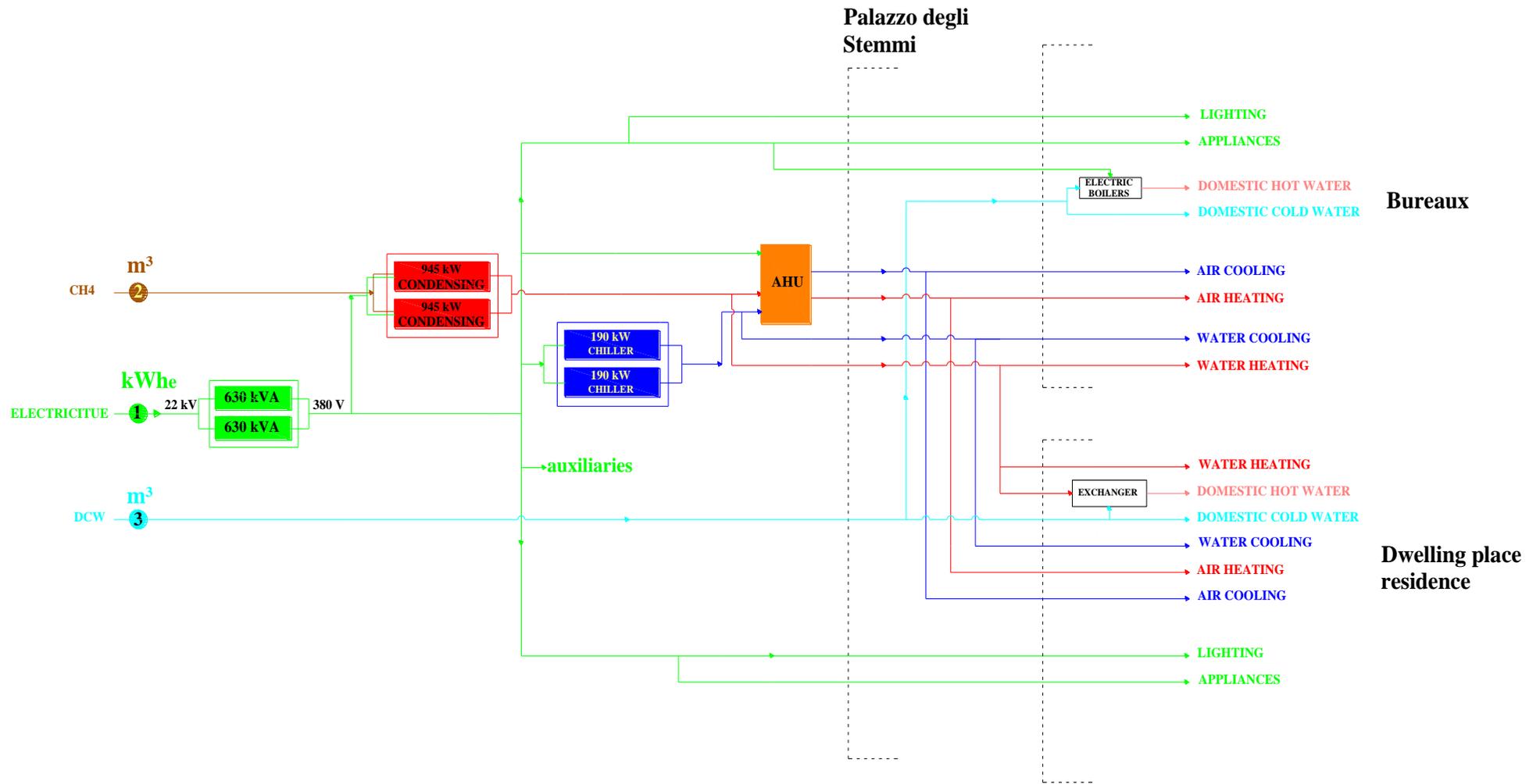


Figura I.3. 2 Schema impiantistico unifilare del Palazzo degli Stemmi.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, gruppi frigoriferi, condizionatori, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh /m ²]	[kWh /persona]	[kWh /m ³]
2009/2010	843857	46,35	1534,29	14,12
2010/2011	937622	51,50	1704,77	15,68

Il consumo elettrico di questo edificio in termini assoluti è abbastanza contenuto e per la sua estensione superficiale, anche quello specifico su m² è piuttosto basso. Al contrario, essendo sede di prevalenza uffici gli studenti sono pochi (solo quelli nella residenza) e il numero degli occupanti è legato in modo particolare ai dipendenti che tuttavia non sono un numero elevato: il consumo elettrico per ogni persona è quindi piuttosto elevato.

Tale consumo proviene in modo particolare da illuminazione per uffici, alimentazione di computer, stampanti,... e dall'impianto di condizionamento estivo. Inoltre, nei due anni si è registrato un aumento del consumo elettrico pari all'11%.

La mensilità del dato permette di valutare l'andamento di questo consumo nell'arco di un anno tipo (2009/2010) e di confrontarlo con quello successivo.

Le prime due figure che seguono mostrano graficamente l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

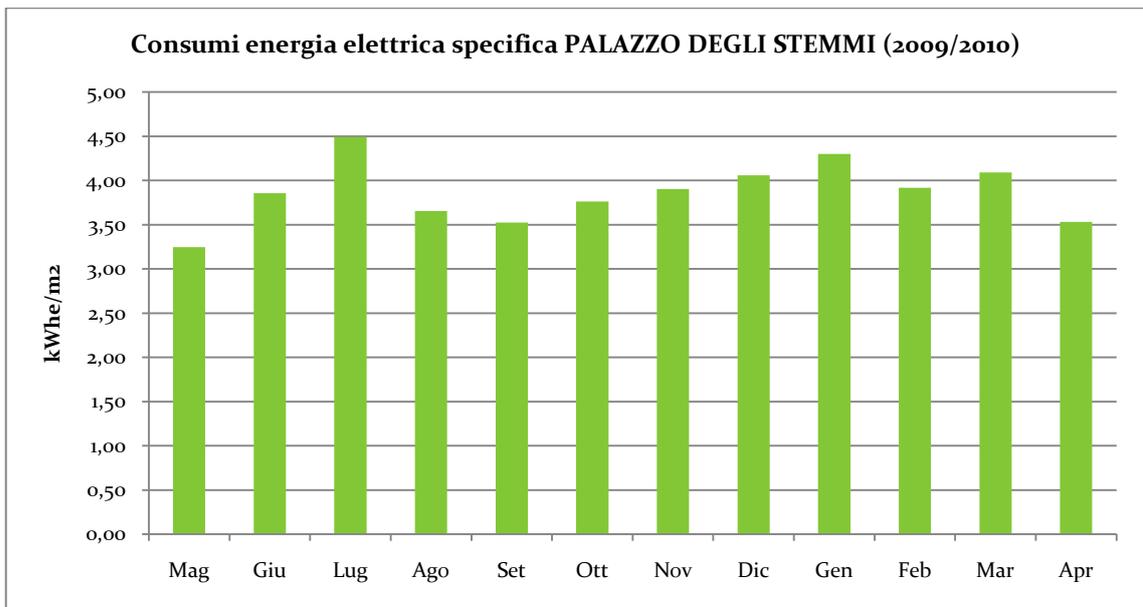


Figura I.3. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

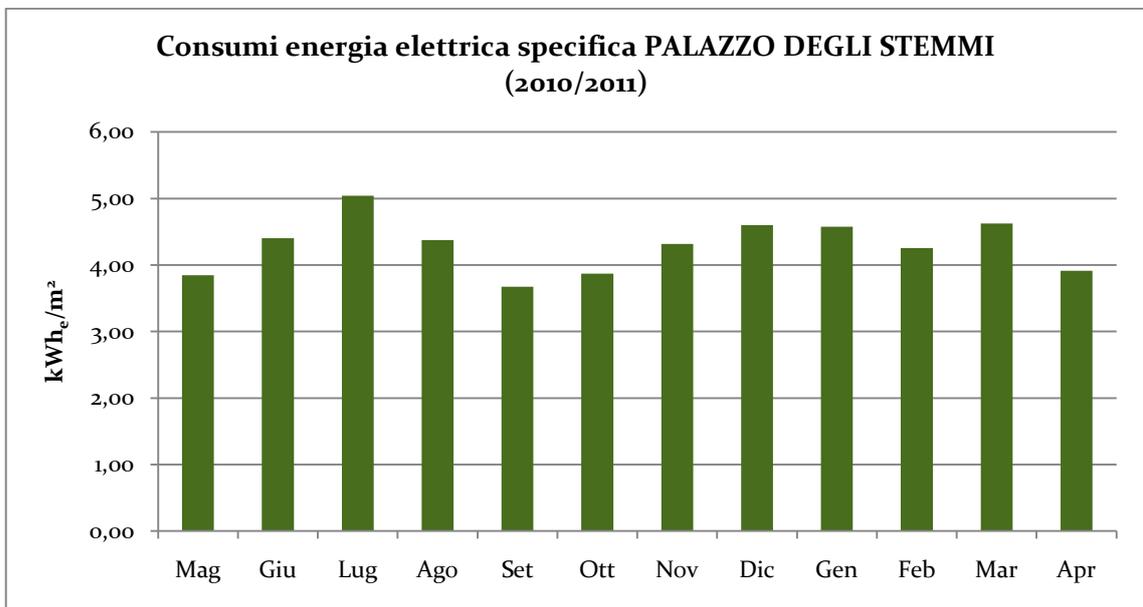


Figura I.3. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

L'andamento dei consumi è di tipo sinusoidale in cui le creste si mostrano nei mesi di residenza degli studenti negli alloggi e di attività negli uffici, con un picco maggiore in luglio dovuto alla maggiore richiesta elettrica per il condizionamento estivo.

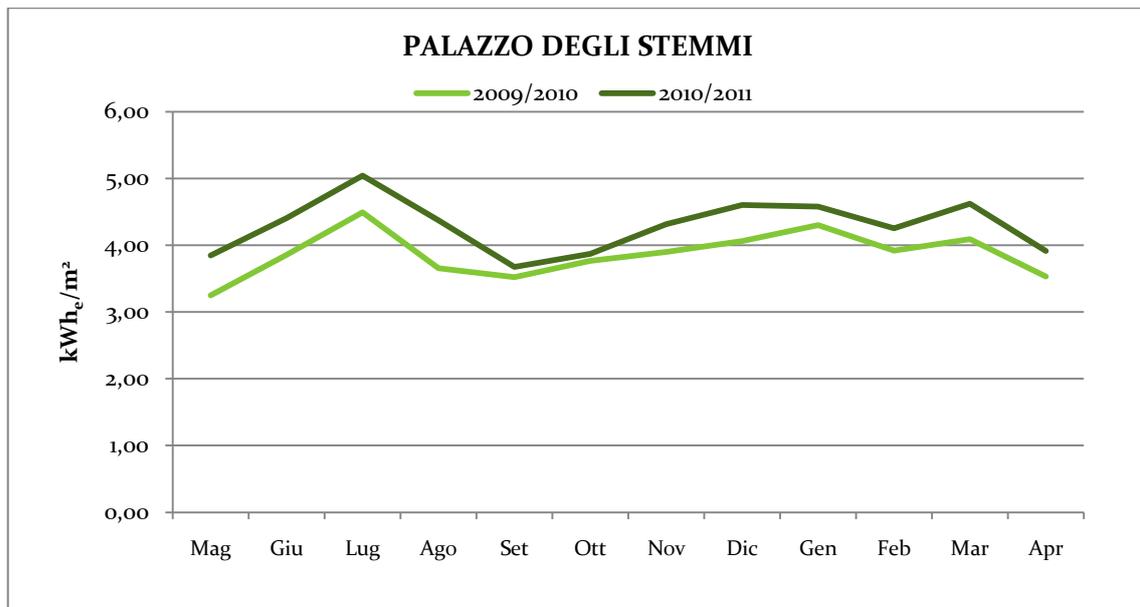


Figura I.3. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Le due linee, nella figura qui sopra, hanno lo stesso trend, ma l'aumento del consumo elettrico nel 2010/2011 ha traslato la linea ad un livello superiore rispetto a quella relativa all'anno precedente.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte della centrale termica che comprende le tre caldaie, espressi in m³.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre – 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre – 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	907307	49,79	1648,39	15,17
2010/2011	871301	50,91	1685,29	15,51

Come per l'aspetto elettrico, anche il consumo termico procapite è elevato (quarto sulla scala degli edifici in esame); quello su m³, invece, è relativamente basso (il 50% del consumo medio).

Inoltre, da una prima visuale dei dati in tabella si può affermare che il consumo dell'energia per il riscaldamento è diminuito in termini assoluti del 4%, ma,

attraverso una normalizzazione sui Gradi Giorno, in consumo specifico è aumentato del 2%.

Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, tipo valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo ufficio e alloggio.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

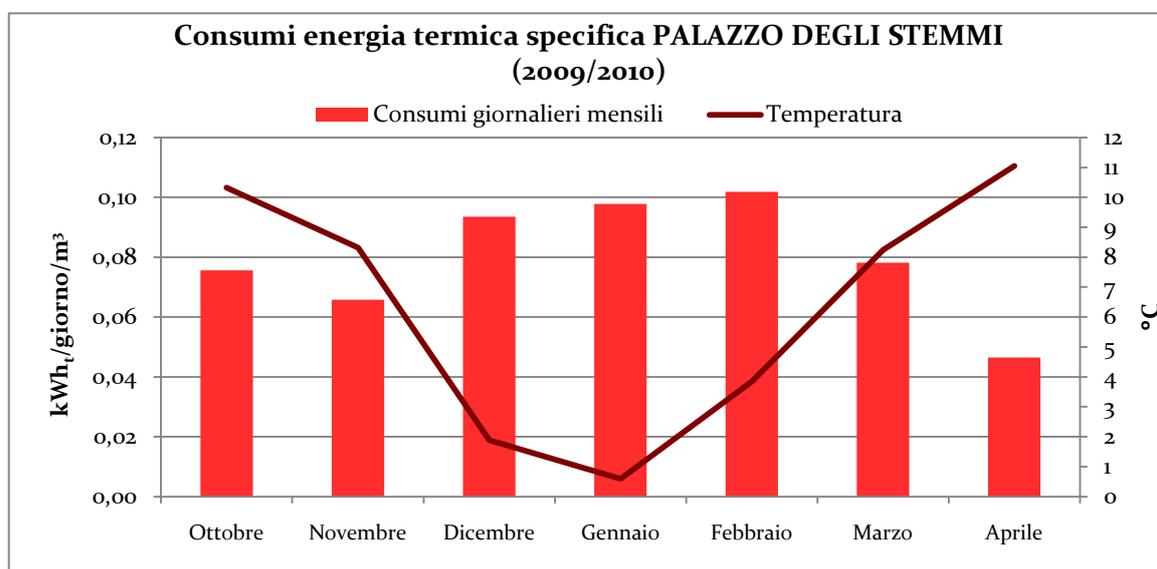


Figura I.3. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta, anche se non c'è una stretta correlazione: febbraio mostra un consumo di maggiore rispetto a dicembre, nonostante la temperatura media registrata sia maggiore di qualche grado. Altra anomalia è il consumo di ottobre, probabilmente, il consumo di gas metano in questo mese è stato maggiore che a novembre nonostante una temperatura maggiore per l'avvio dell'impianto termico, dopo lo stop nella stagione estiva. Certo, un'analisi di primo livello come questa non permette di capirne le ragioni.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

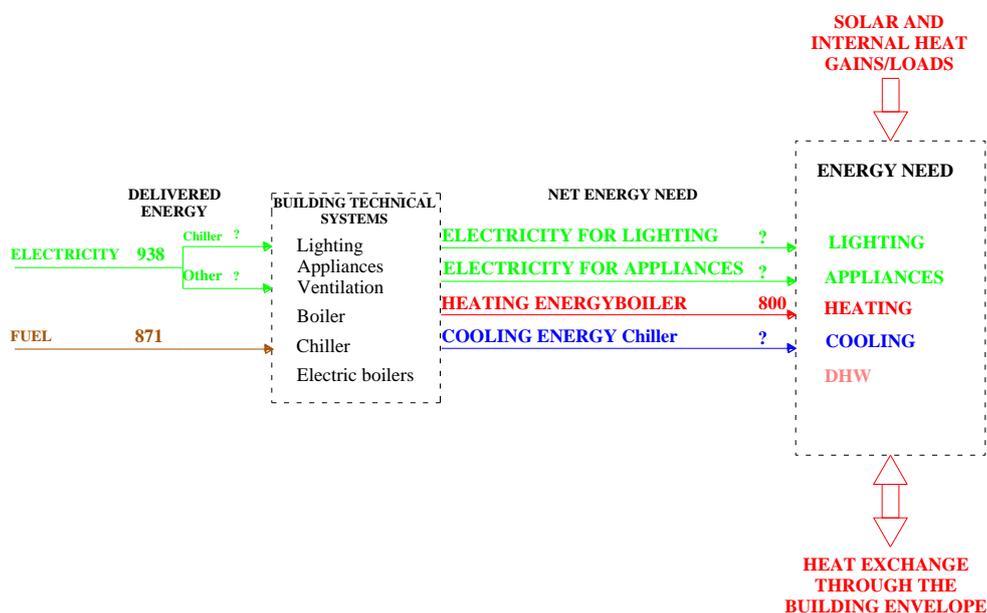


Figura I.3. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Dai dati del diagramma si deduce che il peso dell'elettricità è di poco superiore a quello dell'energia termica sul consumo energetico totale.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	126640	6,96	230,26	2,12
2010/2011	153930	8,45	279,87	2,57

Se si osserva il costo elettrico procapite, questo è piuttosto alto, tenendo conto che si tratta di un edificio adibito ad uffici.

Inoltre, il costo assoluto dell'energia elettrica è aumentato notevolmente (22%), non in modo proporzionale rispetto al consumo; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	66148	3,63	120,18	1,11
2010/2011	71534	4,18	138,36	1,27

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, la diminuzione assoluta del 4% del consumo del combustibile ha comunque portato un incremento di 8 punti percentuali.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo del Palazzo, come mostra la tabella: il costo complessivo assoluto e specifico sono aumentati del 17%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	192789	10,6	350,5	3,2
2010/2011	225464	12,4	409,9	3,8

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

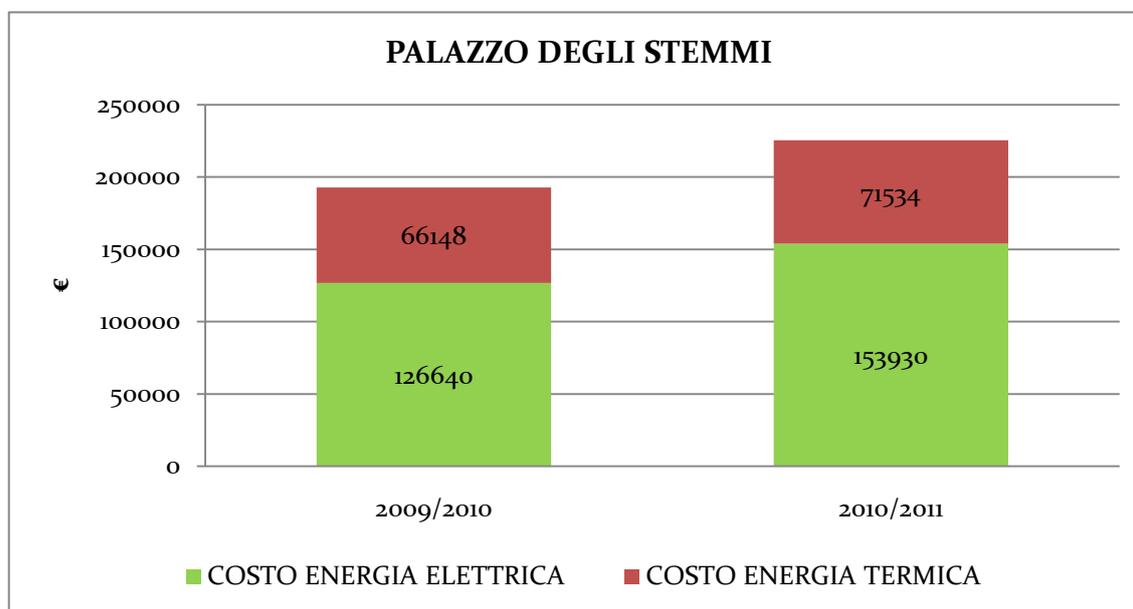


Figura I.3. 8 Parzializzazione dei costi energetici del Palazzo degli Stemmi.

Come si osserva dalla figura sovrastante, è l'energia elettrica che pesa maggiormente sul costo energetico del Palazzo (~67%).

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Palazzo\ degli\ Stemmi} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

in cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	2649711	145,5	4818	44
2010/2011	2944133	161,7	5353	49

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Palazzo\ degli\ Stemmi} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

in cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	520,7	28,60	946,65	8,71
2010/2011	579	31,77	1051,84	9,68

Trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra una incremento del 11% per queste ultime pari a quello del consumo energetico.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Palazzo\ degli\ Stemmi} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

in cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	1233938	68	2242	21
2010/2011	1184969	69	2292	21

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Palazzo\ degli\ Stemmi} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

in cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	251	13,79	456,60	4,20
2010/2011	241	14,10	466,82	4,30

Anche nel caso della trasformazione in termini ambientali, l'incremento del 2% registrato nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante.

Nel grafico che segue si evidenzia la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente; le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze, poiché i bilanci sono analoghi e ciò che cambia è solamente il fattore moltiplicativo.

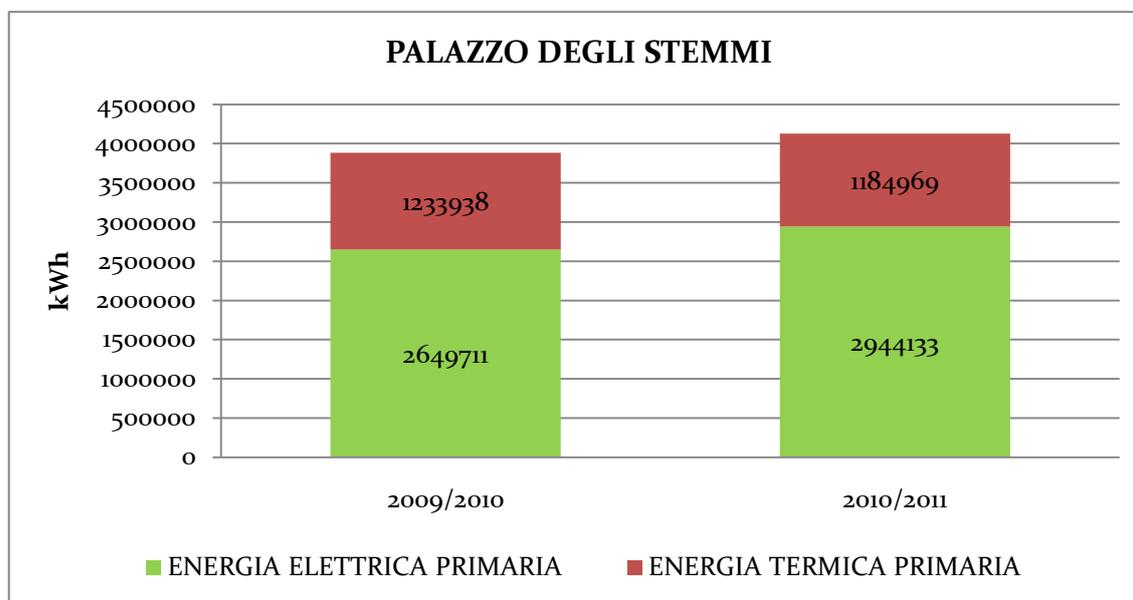


Figura I.3. 9 Parzializzazione dell'energia primaria del Palazzo degli Stemmi.

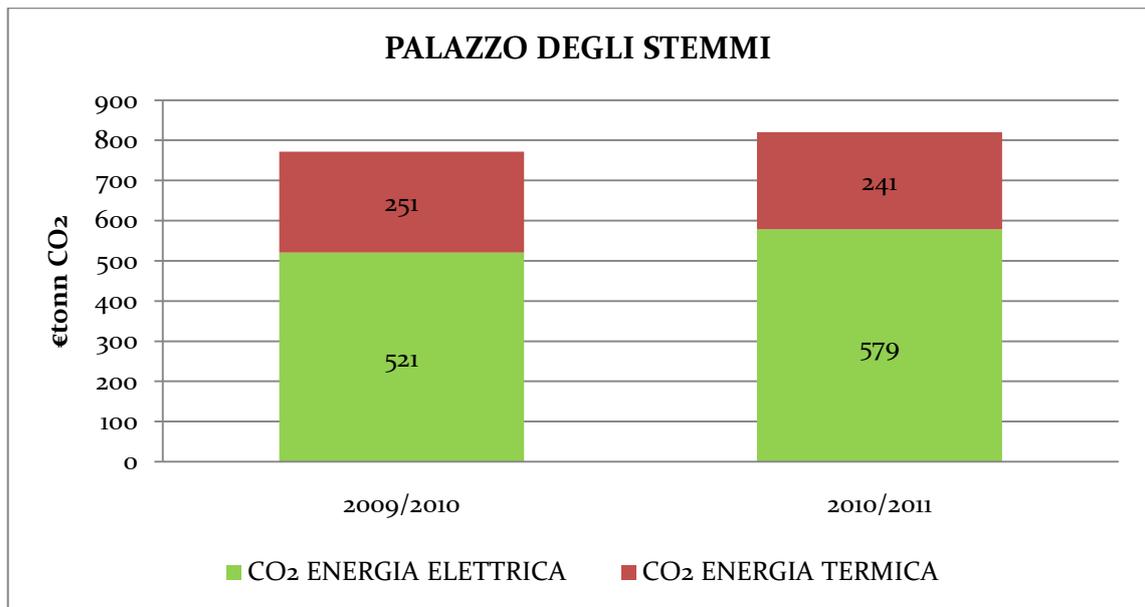


Figura I.3. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente del Palazzo degli Stemmai.

Per entrambi i periodi, è l'energia elettrica che contribuisce maggiormente all'impatto ambientale con una percentuale di 67.5% per il primo anno e di 69.3% per il secondo.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	3883649	213	7059	65
2010/2011	4129102	231	7645	70

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	772	42,4	1403,3	12,9
2010/2011	820	45,9	1518,7	14,0

In conclusione in termini ambientali, si è verificato un incremento dell'8% sia per l'energia primaria e per la CO₂ equivalente.

I.4 ISTITUTO DEI DIPARTIMENTI DI FISICA

Il complesso universitario risulta costituito da due fabbricati indipendenti, uno denominato “edificio vecchio”, in quanto fabbricato d’epoca e prima sede della facoltà di Scienze Matematiche e Fisiche Naturali di Corso Massimo d’Azeglio n. 46 e l’altro “edificio nuovo” in quanto di più recente costruzione, di Via Giuria n. 1. Gli edifici risultano comunicanti ai soli piani seminterrato e terreno.

L’“edificio Vecchio” consta di tre piani fuori terra più un piano interrato, mentre l’“edificio nuovo” di sei piani fuori terra e ben quattro piani interrati.



Figura I.4. 2 A sinistra l’“Edificio Vecchio” e a destra l’“Edificio Nuovo”.



Figura I.4. 1 Istituto dei Dipartimenti di Fisica di via Giuria n. 1 e Corso Massimo d’Azeglio n. 46, Torino (TO).



Storia

Fu nel 1876, quando esponenti del corpo Accademico richiamarono l’attenzione dell’opinione pubblica sulle pessime condizioni in cui versavano gli ambienti che ospitavano gli Istituti scientifici. Questo fatto indusse il Consiglio comunale e provinciale a creare un Consorzio per provvedere alle più urgenti contingenze ed ad imprimere impulso all’opera del Governo. Tale Consorzio iniziò la sua operatività nel febbraio del 1878 e l’Ateneo poté disporre di un primo intervento economico. Solo cinque anni più tardi si ebbe una svolta decisiva con l’incontro a Roma tra il Sindaco della Città di Torino, il Presidente della Provincia, il Rettore dell’Università ed il Ministro della Pubblica Amministrazione per sottoscrivere una nuova convenzione che doveva portare alla costruzione di quattro edifici:

Istituto di Anatomia normale, Patologia e Medicina Legale

Istituto di Chimica Generale e Farmaceutica

Istituto di Fisica e Igiene

Istituto di Fisiologia, Patologia generale e Materia Medica

La collocazione scelta fu quella tra i corsi Massimo d’Azeglio e Raffaello, precisamente sui quattro isolati situati ai due lati di quest’ultimo.

Nel gennaio 1884, la loro progettazione venne affidata al Cav. Leopoldo Mansueti del Genio Civile, che aveva già curato la realizzazione di simili costruzioni a Roma. Al fine di contenere i costi secondo l’indicazione governativa, i docenti concordarono di erigere solo quanto funzionalmente indispensabile ai fini istituzionali, lasciando, però, inalterata la superficie originariamente assegnata a ciascun edificio.

Nel secolo seguente, soprattutto intorno agli anni '60, alcuni edifici subirono notevoli trasformazioni ed anche in tempi più recenti si sono resi necessari interventi edili ed impiantistici, volti al allocare Dipartimenti e uffici nel rispetto della normativa vigente in materia di sicurezza. In particolare, la sede delle Facoltà di Scienze Matematiche e Fisiche Naturali al vecchio istituto storico, di Corso Massimo d'Azeglio n. 46, si è allargata con un fabbricato adiacente, di Via Giuria n.1.

Caratteristiche generali

Il fabbricato è la sede dei tre Dipartimenti dell'Istituto Fisico della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali: Dipartimento di Fisica Generale, Dipartimento di Fisica Sperimentale, Dipartimento di Fisica Teorica.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	16.738 m ²
Volumetria degli stabili	61.400 m ³
Numero dipendenti	500
Numero studenti	Circa 1000

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22kV.

All'interno dell'edificio, al piano interrato, è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22kV a 380V.

Essa è equipaggiata con n. 2 trasformatori dalla potenza nominale di 800 kVA, uno di riserva all'altro, con possibilità di funzionamento in parallelo.

È, inoltre, presente una fornitura BT utilizzata come alimentazione di emergenza della potenza di 200 kW max 250 kW.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

L'intero edificio è climatizzato in modo centralizzato attraverso una tipologia mista.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da un'unica centrale termica da 2241 kW a gas metano da novembre 2008 e servono l'intero edificio:

- n. 3 Generatori di calore a condensazione 747 kW per intero Istituto Fisico
Elco R 3602 SB

Sono inoltre presenti due piccole caldaie nella centrale termica

- n. 2 Beretta Meteo 24CAI per Post-riscaldamento imp. Ventil.

Nel corso degli interventi di riqualificazione è stato installato un impianto di telegestione di marca TREND, al fine di controllare i parametri termici ed agire sui dispositivi di regolazione.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

L'impianto di raffrescamento è costituito un condizionatore in un solo locale dedicato:

n.	1	Split Ecoflam Navigator	7	kW	per	Aula Informatica B
n.	5	Split Ecoflam Navigator	38	kW	per	Aula informatica Piano terra T6
n.	1	Split - Pompa di calore	4	kW	per	III piano
n.	1	Climaveneta	260	kW	per	Intero edificio
n.	1	Refrigeratore autonomo Ecoflam.	5	kW	per	Laboratorio C22
n.	1	Condizionatore Ecoflam Colletion	4,5	kW	per	Locale server D8 piano quarto
n.	1	Refrigeratori autonomi Riello	5	kW	per	Locale server E36
n.	1	Aermec mod. NRA	71	kW	per	P.Interrato N.E.
n.	1	Condizionatore Ecoflamclima	5	kW	per	Ufficio A13
n.	1	Condizionatore Riello	5	kW	per	Ufficio B22
n.	1	Frigo Clivet	35	kW	per	Aula Magna
n.	1	Condizionatore	5	kW	per	Ufficio A36

L'aria climatizzata è fornita da diverse unità trattamento aria e ventilconvettori:

n.	1	UTA	4	kW	per	I Piano interrato - Nuovo edificio
n.	3	UTA SIMCEA	5,5	kW	per	IV Piano interrato - Nuovo edificio
n.	1	UTA CERINI mod. GR01	1	kW	per	Piano Interrato
n.	1	UTA A SAMP locali protetti ventilatore di mandata 3.500 mc/h, ripresa 3.000 mc/h	2,6	kW	per	Piano Interrato Locali Sincrotone - Nuovo edificio
n.	1	UTA B SAMP altri locali ventilatore di mandata 6.000 mc/h, ripresa 5.500 mc/h	4,5	kW	per	Piano Interrato Locali Sincrotone - Nuovo edificio
n.	3	AERMEC loc adiacente I15	5	kW	per	Piano interrato C. Telefonica - Vecchio Edificio
n.	1	Split	4	kW	per	Centrale Telefonica
n.	1	UTA CERINI mod. GR01	1	kW	per	P. Interrato Loc. Archivi e Sala Dottorandi
n.	3	UTA	15	kW	per	Fisico Nuovo Sottotetto
n.	1	UTA Clivet	5	kW	per	Aula Magna
n.	1	Split	4	kW	per	Centrale Telefonica
n.	258	Ventilconvettori	39	kW	per	Intero Edificio

IMPIANTO DI ACS

L'acqua calda sanitaria non è fornita in modo centralizzato attraverso bollitori e/o caldaie combinate, ma è fornita in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

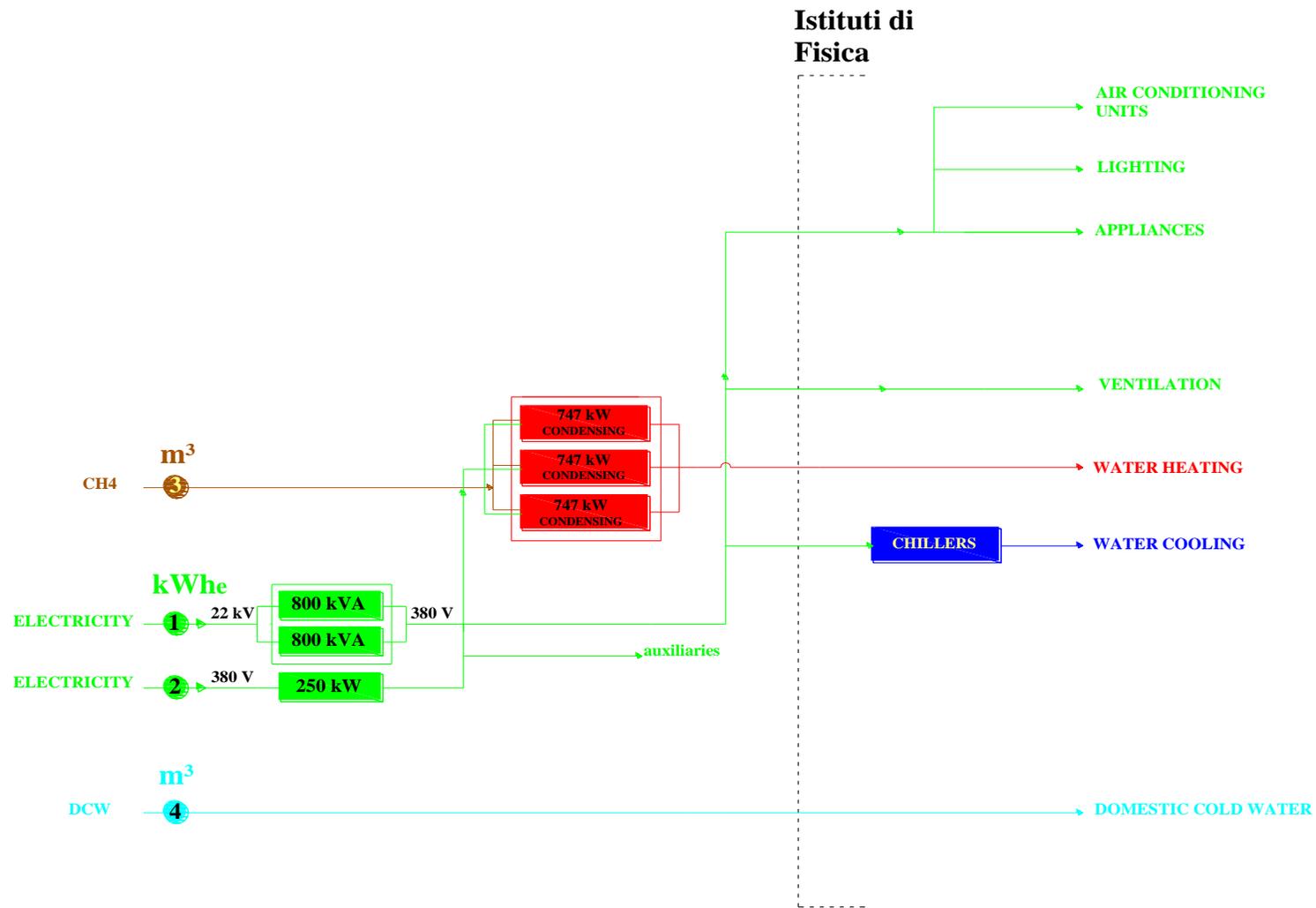


Figura I.4. 3 Schema impiantistico unifilare dell'Istituto dei Dipartimenti di Fisica.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dai due contatori, uno in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione e l'altro all'ingresso alla rete di emergenza in BT: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, gruppi frigoriferi, condizionatori, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	2353843	140,63	1569,23	38,34
2010/2011	2726455	162,89	1817,64	44,40

Il consumo elettrico assoluto non è molto elevato rispetto agli edifici, ma i due edifici fisici non dispongono di un'elevata superficie calpestabile tant'è che il consumo specifico su m² è piuttosto consistente. Inoltre, anche il consumo elettrico su persona è molto grande tanto da classificare al primo posto di questi edifici analizzati come più grande consumatore di energia elettrica.

La grande strumentazione tecnologica utilizzata per materie scientifiche e gli svariati singoli impianti split e di ventilazione in esso presenti sono delle cause possibili dell'ingente quantità di energia richiesta.

Tra i due periodi annuali si è registrato un incremento del 16% e nei grafici successivi si può valutare le distribuzioni mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

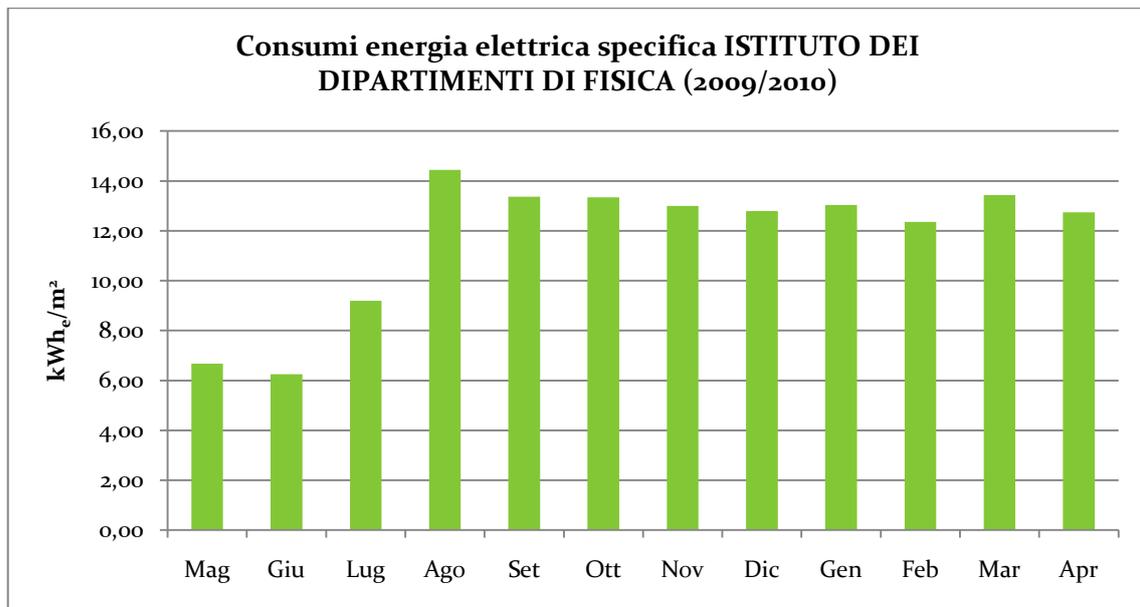


Figura I.4. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

Nel periodo 2009/2010 i consumi dei primi due mesi, maggio e giugno, i consumi sono stati piuttosto contenuti, probabilmente questo è dovuto ai lavori della messa in posa del nuovo trasformatore. In seguito, i consumi sono cresciuti seguendo un andamento pressoché costante.

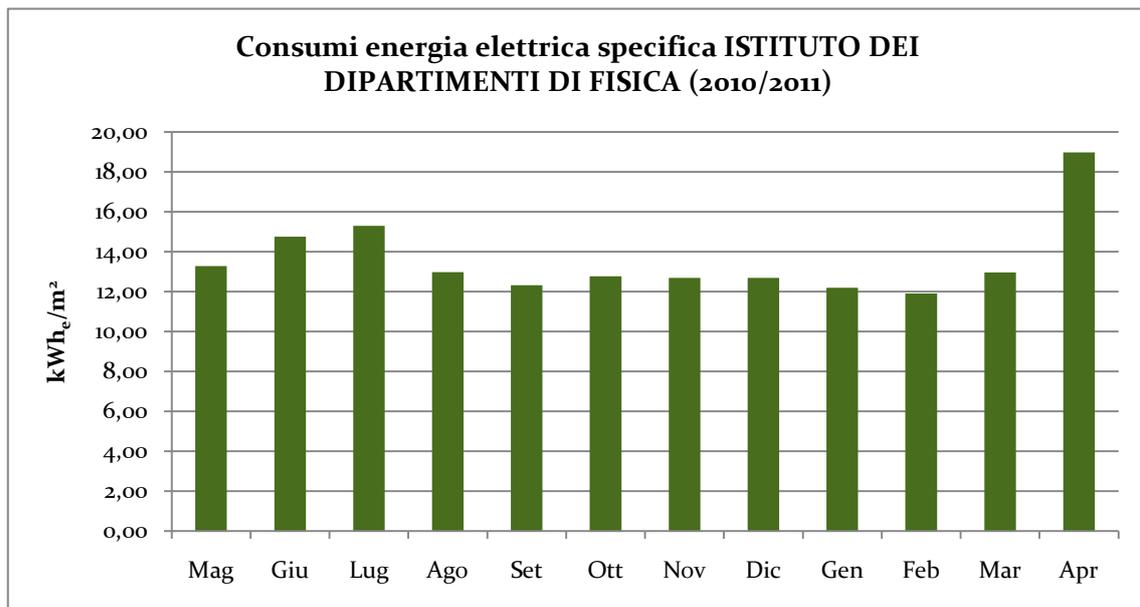


Figura I.4. 5 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

Nel periodo 2010/2011, invece, i consumi mensili non mostrano grosse differenze, se non per un piccolo picco in giugno e luglio probabilmente per un uso degli impianti di raffrescamento in aprile 2011 in cui la richiesta è stata notevole.

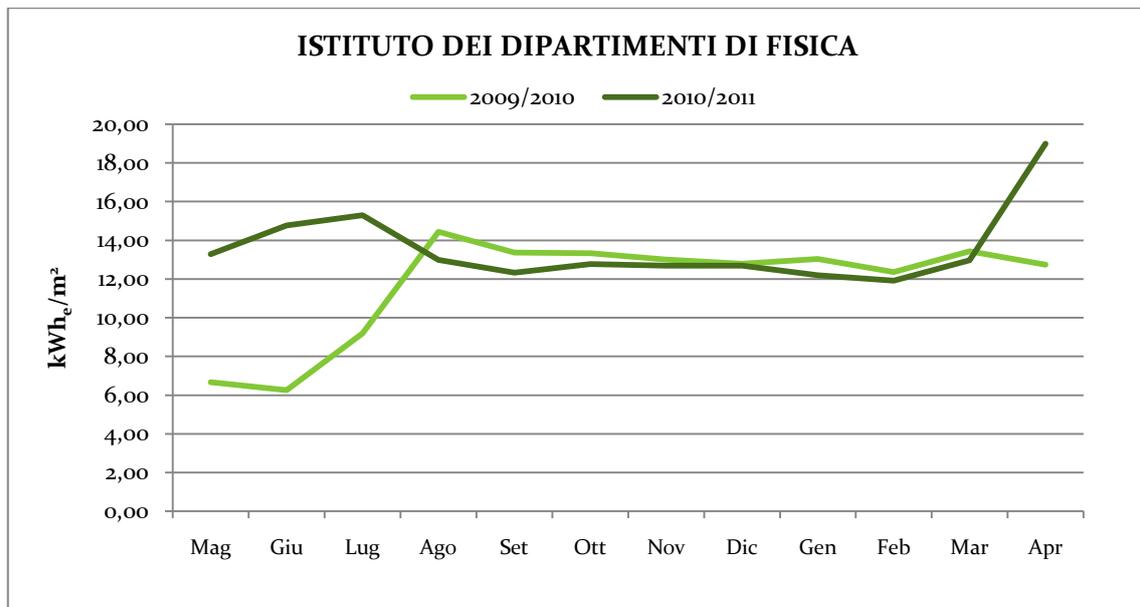


Figura I.4. 6 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Nella figura sopra si vede chiaramente l'incremento nei primi mesi del periodo 2009/2010 per poi seguire un andamento costante nel corso dell'anno similmente all'anno successivo.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte della centrale termica con tre contatori di m³ di metano per le rispettive caldaie grosse.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	1269475	75,79	845,67	20,66
2010/2011	1175370	74,70	833,59	20,36

Diversamente da quanto visto per il consumo elettrico, l'energia termica richiesta dagli Istituti è piuttosto ridotta.

In una prima panoramica, il consumo dell'energia termica assoluta è diminuito del 7%, ma guardando sul consumo specifico e normalizzato sulla temperatura la diminuzione è solo di un punto percentuale. Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in

quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, come valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo ufficio.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

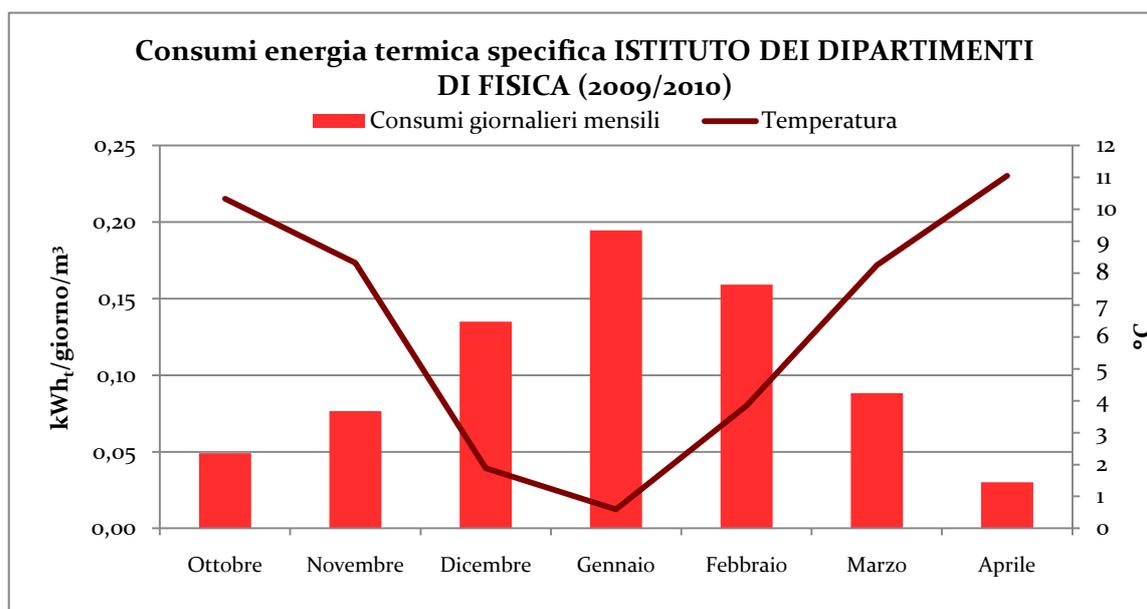


Figura I.4. 7 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

L'abbassarsi delle temperature nella stagione invernale richiede dall'utenza un uso maggiore di energia termica, come si verifica nel mese di gennaio.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

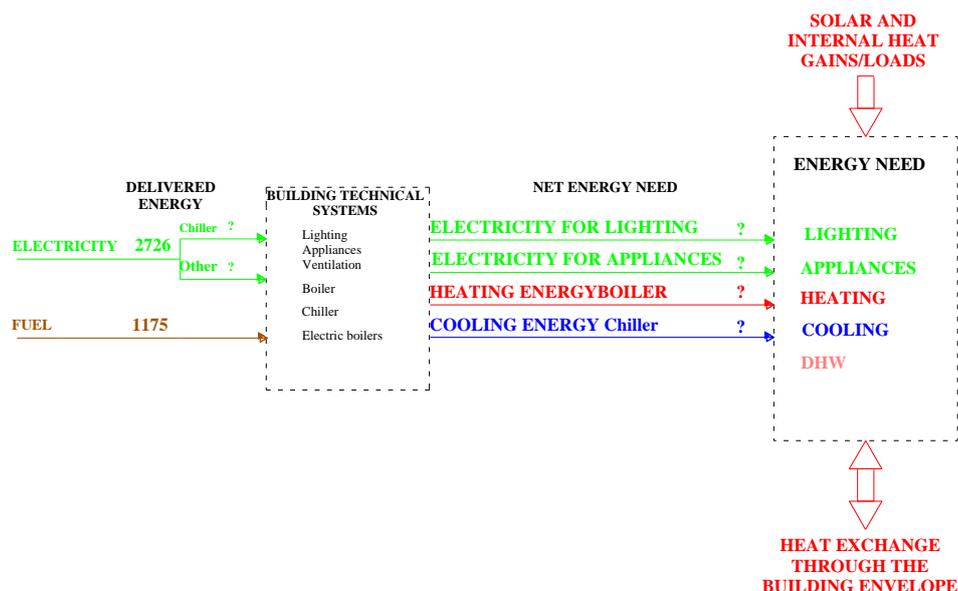


Figura I.4. 8 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Nota importante evidente in questi unici due valore disponibile, è la diversa richiesta di energia: il 70% dell'energia totale deriva da quella elettrica.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	349184	20,86	232,79	5,69
2010/2011	557891	33,33	371,93	9,09

L'elevato consumo elettrico specifico, fanno dell'edificio uno dei più costosi: 372 €/persona, registrati nel 2010/2011, è una cifra da non sottovalutare!

L'incremento del 16% del consumo di energia elettrica ha prodotto un aumento del suo costo: l'Istituto di Fisica è costretto a pagare nel periodo 2010/2011 il 60% in più rispetto all'anno precedente; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	92553	5,53	61,65	1,51
2010/2011	96498	6,13	68,44	1,67

Al contrario, il costo termico su persona è accettabile.

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, anche con una diminuzione del consumo del gas il suo costo è salito del 4%.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo degli Istituti, come mostra la tabella: il bilanciamento tra i due costi ha prodotto un incremento del costo complessivo assoluto del 48%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	441736	26,4	294,5	7,2
2010/2011	654389	39,1	436,3	10,8

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

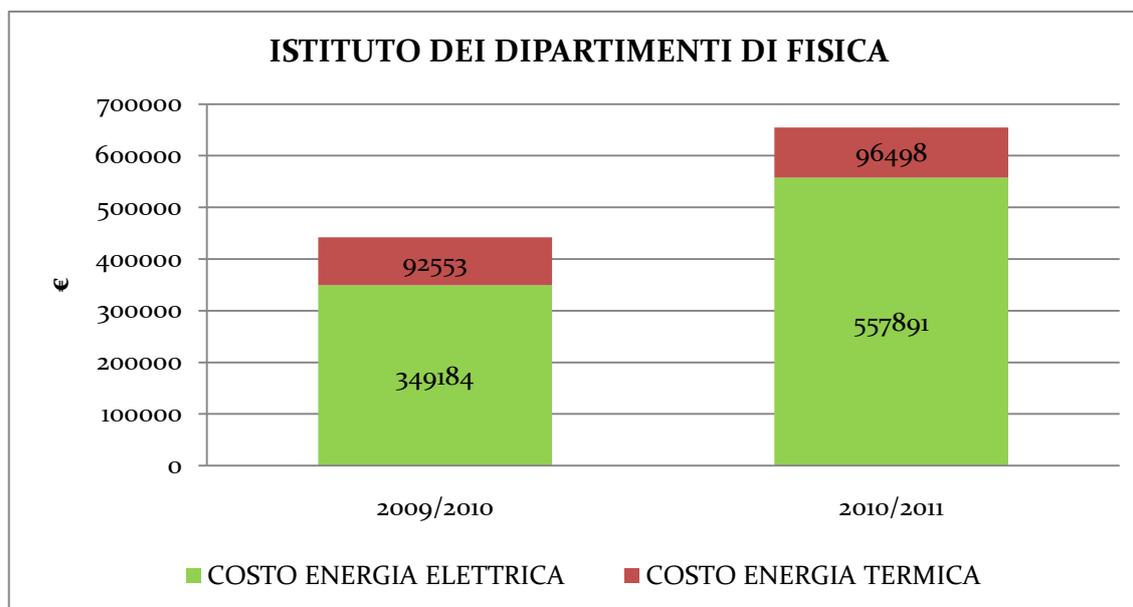


Figura I.4. 9 Parzializzazione dei costi energetici dell'Istituto dei Dipartimenti di Fisica.

Come era prevedibile dai dati economici visti sopra, la responsabile del costo energetico totale è l'energia elettrica con una percentuale del 79% nel primo anno e che sale all'85 nel 2010/2011.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Istituto\ dei\ Dipartimenti\ di\ Fisica} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	7391067	441,6	4927	120
2010/2011	8561069	511,5	5707	139

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Istituto\ dei\ Dipartimenti\ di\ Fisica} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	1452,3	86,77	968,21	23,65
2010/2011	1682	100,50	1121,48	27,40

Trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra uno stesso incremento del suo consumo del 16% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale e senza altre produzioni locali da altre fonti.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Istituto\ dei\ Dipartimenti\ di\ Fisica} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	1726485	103	1150	28
2010/2011	1598503	102	1134	28

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Istituto\ dei\ Dipartimenti\ di\ Fisica} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	352	20,99	234,25	5,72
2010/2011	326	20,69	230,90	5,64

La diminuzione dell'7% dell'energia termica assoluta registrata nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante anche nella trasformazione in termini ambientali.

I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente: essendo i bilanci analoghi con solo il fattore moltiplicativo differente, le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze.

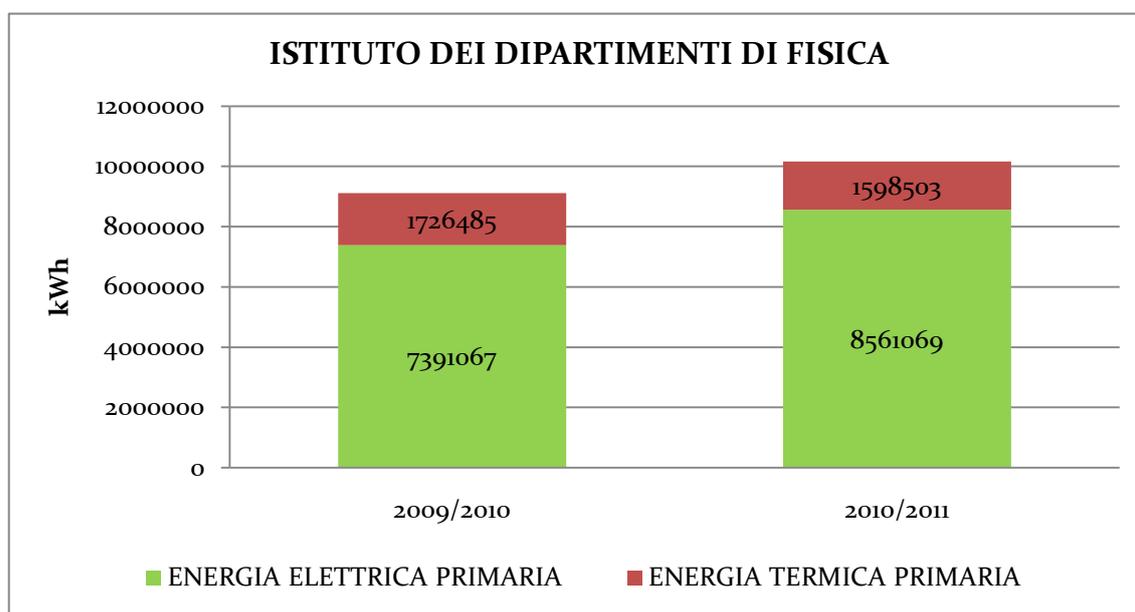


Figura I.4. 10 Parzializzazione dell'energia primaria dell'Istituto dei Dipartimenti di Fisica.

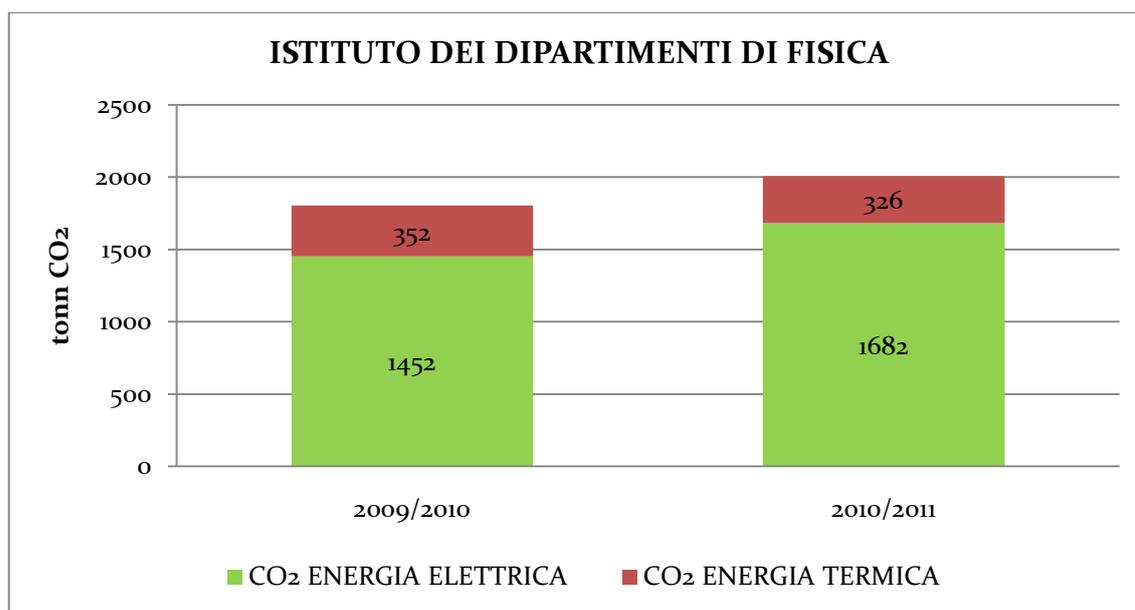


Figura I.4. 11 Parzializzazione della CO₂ equivalente dell'Istituto dei Dipartimenti di Fisica.

L'impatto ambientale è dovuto per la maggior parte all'energia elettrica, responsabile per poco più dell'18o% in entrambi i periodi.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	9117552	545	6077	148
2010/2011	10159572	613	6841	167

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	1804	107,8	1202,5	29,4
2010/2011	2008	121,2	1352,4	33,0

Concludendo nell'analisi globale, in termini ambientali sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente sono incrementati del 12 %.

I.5 ISTITUTO DEI DIPARTIMENTI DI CHIMICA E DELLA FACOLTÀ DI FARMACIA

L'immobile in questione è composto da quattro corpi di fabbrica disposti a "ferro di cavallo" delimitati dalle 4 strade, Via Giuria, Corso Raffaello, Corso Massimo d'Azeglio, Via Bidone, attorno ad una piccola corte interna.

I singoli blocchi edilizi risalgono a differenti epoche di



Figura I.5. 1 Istituto dei Dipartimenti di Chimica e della Facoltà di Farmacia di via Giuria n. 15,7,9 e Corso Massimo d'Azeglio n. 48, Torino (TO).

costruzione presentando pertanto, anche per i successivi interventi di sopraelevazione di cui sono stati oggetto in passato, disomogenee caratteristiche di impianto architettonico e strutturale.

Storia

Fu nel 1876, quando esponenti del corpo Accademico richiamarono l'attenzione dell'opinione pubblica sulle pessime condizioni in cui versavano gli ambienti che ospitavano gli Istituti scientifici. Questo fatto indusse il Consiglio comunale e provinciale a creare un Consorzio per provvedere alle più urgenti contingenze ed ad imprimere impulso all'opera del Governo. Tale Consorzio iniziò la sua operatività nel febbraio del 1878 e l'Ateneo poté disporre di un primo intervento economico. Solo cinque anni più tardi si ebbe una svolta decisiva con l'incontro a Roma tra il Sindaco della Città di Torino, il Presidente della Provincia, il Rettore dell'Università ed il Ministro della Pubblica Amministrazione per sottoscrivere una nuova convenzione che doveva portare alla costruzione di quattro edifici:

Istituto di Anatomia normale, Patologia e Medicina Legale

Istituto di Chimica Generale e Farmaceutica

Istituto di Fisica e Igiene

Istituto di Fisiologia, Patologia generale e Materia Medica

La collocazione scelta fu quella tra i corsi Massimo d'Azeglio e Raffaello, precisamente sui quattro isolati situati ai due lati di quest'ultimo.

Nel gennaio 1884, la loro progettazione venne affidata al Cav. Leopoldo Mansueti del Genio Civile, che aveva già curato la realizzazione di simili costruzioni a Roma. Al fine di contenere i costi secondo l'indicazione governativa, i docenti concordarono di erigere solo quanto funzionalmente indispensabile ai fini istituzionali, lasciando, però, inalterata la superficie originariamente assegnata a ciascun edificio.

Nel secolo seguente, soprattutto intorno agli anni '60, alcuni edifici subirono notevoli trasformazioni ed anche in tempi più recenti si sono resi necessari

interventi edili ed impiantistici, volti al allocare Dipartimenti e uffici nel rispetto della normativa vigente in materia di sicurezza.

Caratteristiche generali

Il fabbricato è la sede dei tre Dipartimenti dell'Istituto Chimico della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali: Dipartimento di Chimica Analitica, Dipartimento di Chimica Generale e Chimica Organica, Dipartimento di Chimica Organica, Fisica e dei Materiali, della Facoltà di Farmacia e del Dipartimento di Scienza e Tecnologia del Farmaco.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	23.784 m ²
Volumetria degli stabili	80.000 m ³
Numero dipendenti	700
Numero studenti	circa 1200

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22kV.

All'interno dell'edificio, al piano interrato, è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22kV a 380V.

Essa è equipaggiata con n. 2 trasformatori dalla potenza nominale di 400 kVA, uno di riserva all'altro, con possibilità di funzionamento in parallelo.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

L'intero edificio è climatizzato in modo centralizzato attraverso una tipologia di tipo misto.

IMPIANTO TERMICO

Istituto di Chimica

Nell'istituto è presente una centrale termica da 1.890 kW a gas metano dal novembre 2007 e servono l'intero edificio:

- n. 2 Generatori di calore a condensazione 945 kW per Istituto di Chimica
Elco R 3604 SB

Sono inoltre presenti due piccole caldaie:

- n. 1 Riello Benessere per Alloggio Custode
- n. 1 Vaillant per Alloggio Custode

Nel corso degli interventi di riqualificazione è stato installato un impianto di telegestione di marca TREND, al fine di controllare i parametri termici ed agire sui dispositivi di regolazione.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

L'impianto di raffrescamento è costituito un condizionatore in un solo locale dedicato:

n.	1	Climaveneta	30	kW	per	I33-34, Loc. Vincenti, Lab.
n.	2	Condizionatori ELECTRA	14	kW	per	B3, Ufficio
n.	1	EASY HUSKY	3	kW	per	C12, Ufficio
n.	1	ARIAGEL condizionatore	4	kW	per	C2, Laboratorio
n.	1	CLIMAVENETA UTA	7,5	kW	per	C10, Laboratorio
n.	2	Condizionatore Ecoflam Collection	11	kW	per	C20, Ufficio
n.	1	EASY HUSKY	3	kW	per	C18/B, Ufficio
n.	1	AIRWELL	4	kW	per	D2, Ufficio
n.	1	AIRWELL	4	kW	per	D3, Ufficio
n.	2	Condizionatori ARIAGEL	14	kW	per	E1, Ufficio
n.	1	Ecoflamclima	7	kW	per	E2, Ufficio
n.	1	ACER	7	kW	per	E2, Ufficio
n.	1	GF Carrier	27	kW	per	B13 - B15 Laboratorio
n.	1	MIZUSHI EXCEL	4	kW	per	B23
n.	1	ARIAGEL	4	kW	per	B32, Ufficio
n.	1	AIRWELL	4	kW	per	B33, Ufficio
n.	1	ELECTRA	4	kW	per	B33, Ufficio
n.	2	Condizionatori mod. ELECTRA	14	kW	per	C32, Lab. Spettroscopia IR
n.	1	ARIAGEL	4	kW	per	C33, Ufficio
n.	2	Dual Split Ecofalm	7	kW	per	C34, Lab. Spettroscopia IR
n.	1	DELCHI CARRIER	4	kW	per	C35, Ufficio
n.	1	DELCHI ARIELE 202	4	kW	per	C36, Ufficio
n.	1	BAG N°210	4	kW	per	C38, Ufficio
n.	1	DELCHI ARIELE 2	4	kW	per	C42, Ufficio
n.	1	AIRWELL	4	kW	per	D13, Ufficio
n.	1	AIRWELL	7	kW	per	D21, Lab. macromolecolare
n.	2	Condizionatori AERMEC	7	kW	per	D21, Lab. macromolecolare
n.	1	CARRIER HOLIDAY ELITE 12	4	kW	per	D30, Ufficio
n.	1	ARIAGEL BAG N.210	4	kW	per	D32, Ufficio
n.	1	ARIAGEL	4	kW	per	D33, Ufficio
n.	1	DELCHI	4	kW	per	D40, Ufficio
n.	1	CARRIER HOLIDAY ELITE 12	4	kW	per	E11, Laboratorio
n.	1	AIRWELL	4	kW	per	E12, Ufficio
n.	1	AIRWELL	4	kW	per	E14, Ufficio
n.	2	Condizionatori STARCLIMA	4	kW	per	E9 Laboratorio
n.	1	Ecoflam condizionatore	5	kW	per	E24, Laboratorio
n.	1	Condizionatore	4	kW	per	F7, Ufficio
n.	1	AERMEC	8	kW	per	I30, Ufficio
n.	1	CLIMASYSTEM	25	kW	per	I41, Lab. Informatica
n.	1	Condizionatore "personal"	4	kW	per	I64, Lab. Microscopia

Elettronica

n.	1	Ecoflam Colletcion	5,4	kW	per	I72, Lab. NMR
n.	1	Ecoflam Collection	5,4	kW	per	I74, Lab. NMR
n.	1	GF Carrier	30	kW	per	I65-I69, Laboratori interrati
n.	1	HITACI Mod. RAK/RAC -60 NH ₄	6	kW	per	T21, Lab. Diffrattometro
n.	1	Ecoflam	4	kW	per	T25, Lab. Spettrometria di Massa
n.	2	Climaveneta	6,8	kW	per	Lab. Ginepro (locale vicino antidopping)
n.	1	Ecoflamclima mod. POLAR 15 cas / ceed	15	kW	per	Icr4
n.	1	Climaveneta	5	kW	per	Lab. Ginepro
n.	1	Condizionatore Lab Raman	10	kW	per	I 54 bis
n.	1	Condizionatore	7	kW	per	I 62 Locale telefoni
n.	1	Amico mp 3 UNIFLAIR	10	kW	per	I16, Ufficio
n.	1	Ecoflam Collection	5,4	kW	per	I38, Ufficio
n.	2	Ecoflamclima	11	kW	per	I40-41 Split Emergenza loc. CED
n.	1	Ecoflamclima mod. RLAS 2.10	40	kW	per	Icr2 - I1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

L'aria climatizzata è fornita da diverse unità trattamento aria e ventilconvettori:

n.	1	UTA - freecooling	1	kW	per	I33-34, Loc. Vincenti, lab.
n.	1	UTA	1,5	kW	per	C10, Laboratorio
n.	1	UTA Samp	4	kW	per	B13 - B15, Laboratorio prof Viscardi
n.	1	UTA AirFan	4	kW	per	E9-E11, Laboratori
n.	1	Mod. CAC 31	3	kW	per	Icr5 - I51-52-53, Locali Chimica Organica
n.	2	UTA Samp	8	kW	per	I65-I69, Laboratori interrati
n.	1	UTA	4	kW	per	T1, Aula Cannizzaro
n.	1	UTA	4	kW	per	T2, Aula Avogadro
n.	2	freecooling	3	kW	per	I41, Lab. Informatica
n.	6	Ventilconvettori	1,8	kW	per	Aula Magna piano primo

IMPIANTO DI ACS

L'acqua calda sanitaria non è fornita in modo centralizzato attraverso bollitori e/o caldaie combinate, ma è fornita in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

Istituto di Farmacia

Nell'istituto è presente una centrale termica da 1.276 kW a gas metano dal novembre 2007 e servono l'intero edificio:

n.	2	Generatori di calore a condensazione Elco R 3601 SB	638	kW	per	Istituto di Farmacia
----	---	---	-----	----	-----	----------------------

È inoltre presente una caldaietta:

n.	1	Bouderus GBo22-24K			per	VI Piano, ex alloggio custode
----	---	--------------------	--	--	-----	-------------------------------

Nel corso degli interventi di riqualificazione è stato installato un impianto di telegestione di marca TREND, al fine di controllare i parametri termici ed agire sui dispositivi di regolazione.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

L'impianto di raffrescamento è costituito un condizionatore in un solo locale dedicato:

n.	1	Condizionatore Ecoflam	11 kW	per	T57, P. Terra, Lab.
n.	2	Condizionatori Ecoflam	15 kW	per	C75-76-77 Lab.
n.	1	GF ACM Kaltekli	51 kW	per	Stabulario Ghi
n.	1	GF YORK	100 kW	per	III, IV, V Piano
n.	1	GF RC	100 kW	per	Aula Magna - P.T. - I - II Piano
n.	2	CARRIER	12 kW	per	2I 11 e 2I14, II P. Interrato, Laboratorio
n.	1	Mod. CAC 31	4 kW	per	2I 5, II P. Interrato Mag. Cosmetica (cdz in loc. 2I 7)
n.	1	Refrigeratore autonomi Ecoflam	7 kW	per	F9, Aula
n.	2	Condizionatori Fujitsu	6 kW	per	B56-B57, Aula
n.	3	Riello trial split	9 kW	per	Locali segreterie
n.	1	MITSUBISCHI mod. ZUBADAN	10 kW	per	Tetto piano locale Centrifughe
n.	1	Condizionatore RC condizionatori Mod. MP99	10 kW	per	I111, P. Interrato, Lab. Infrarossi
n.	1	Condizionatore RC condizionatori	10 kW	per	I94, P. Interrato, Lab.
n.	2	Condizionatore RHOSS	14 kW	per	I99, P. Interrato, Lab. NMR
n.	1	Condizionatore FUJITSU ASY 30 F	8,4 kW	per	I104, P. Interrato, Lab. NMR
n.	1	Condizionatore Ecoflam	5 kW	per	D55, IV P., Lab. Diffrattometri

L'aria climatizzata è fornita da diverse unità trattamento aria e ventilconvettori:

n.	2	CARRIER	12 kW	per	2I 11 e 2I14, II P. Interrato
n.	1	UTA	4 kW	per	E35, (sottotetto) Lab.
n.	1	UTA	4 kW	per	Laboratorio
n.	1	UTA	2 kW	per	II Piano
n.	1	UTA	2 kW	per	IV Piano
n.	1	UTA	2 kW	per	V Piano
n.	1	UTA	2,5 kW	per	Aula Magna + Aula Studenti
n.	1	UTA	2 kW	per	C61 P.Terzo Aula D
n.	2	UTA 1	2,7 kW	per	Stabulario Ghi
n.	2	UTA 2	4 kW	per	Stabulario Ghi
n.	1	ventilconvettore	0,2 kW	per	C77, III Piano, Lab.
n.	7	Ventilconvettori	1,4 kW	per	III Piano CERUTTI
n.	12	Ventilconvettori	2,4 kW	per	PT - I P (Solo Estate)
n.	10	Ventilconvettori	2 kW	per	II Piano
n.	8	Ventilconvettori	1,6 kW	per	Nuova aula studenti PT
n.	2	Ventilconvettori	0,4 kW	per	Aula Magna

IMPIANTO DI ACS

L'acqua calda sanitaria non è fornita in modo centralizzato attraverso bollitori e/o caldaie combinate, ma è fornita in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

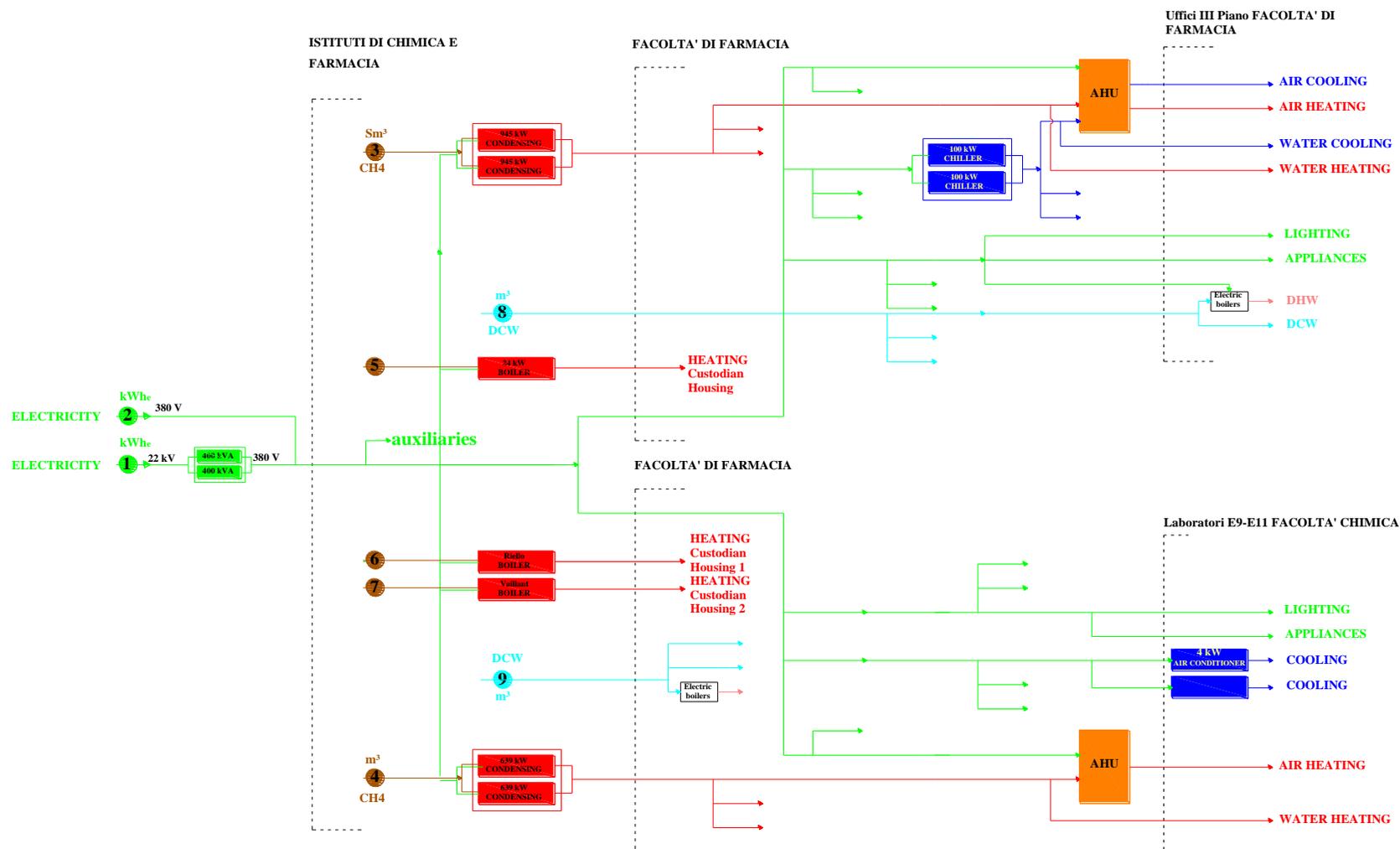


Figura I.5. 2 Schema impiantistico unifilare dell'istituto dei Dipartimenti di Chimica e della Facoltà di Farmacia.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, gruppi frigoriferi, condizionatori, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	2145064	90,14	1128,98	26,81
2010/2011	2102461	88,35	1106,56	26,28

Nonostante il consumo assoluto non sia eccessivamente elevato a confronto con i campioni di edifici in analisi, il consumo elettrico sull'unità superficiale è piuttosto elevato risultando tra questi il secondo maggior consumatore.

I consumi derivano principalmente dall'illuminazione per uffici, aule, laboratori, alimentazione di computer, stampanti, apparecchiature di laboratori e dagli impianti di condizionamento estivo.

La mensilità del dato permette di valutare l'andamento di questo consumo nell'arco di un anno tipo (2009/2010) e di confrontarlo con quello successivo.

Le prime due figure che seguono mostrano graficamente l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

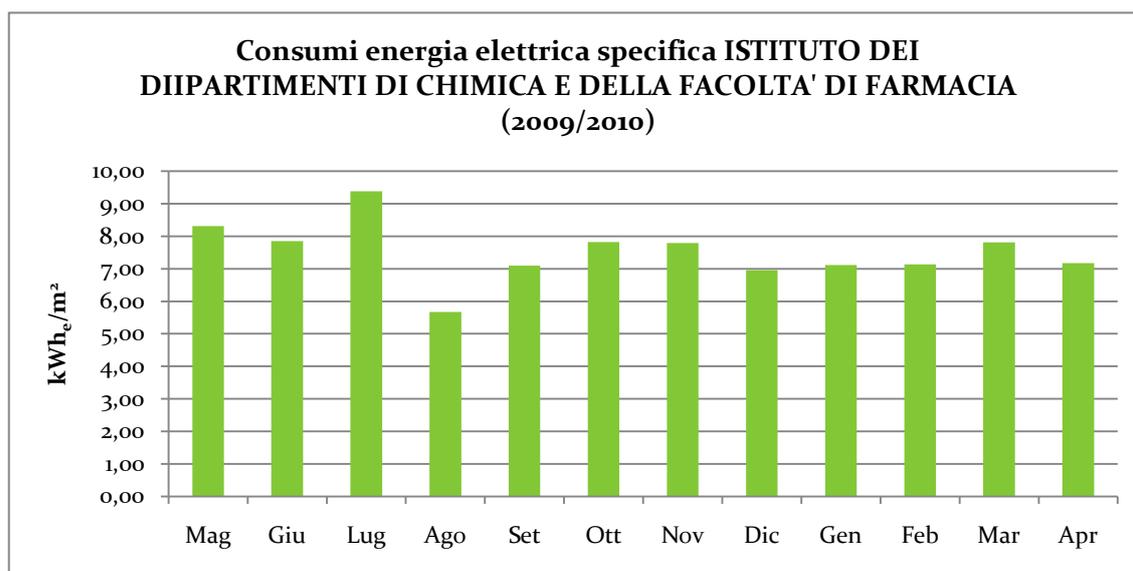


Figura I.5. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

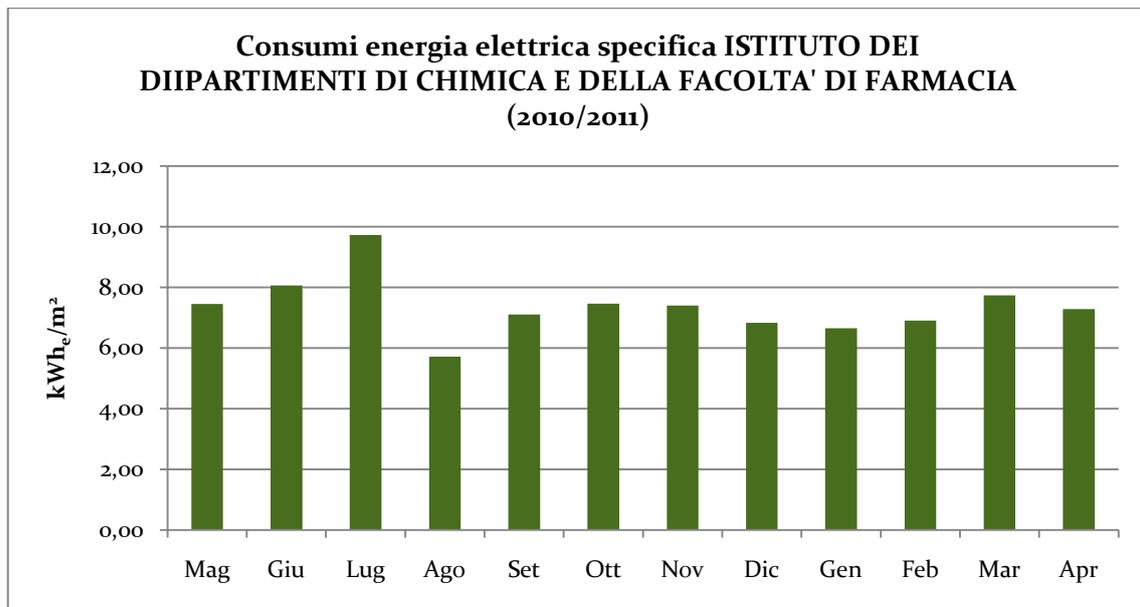


Figura I.5. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

L'andamento dei consumi è abbastanza oscillante sui mesi su un valore medio di circa 7 kWh_e/m²; si registra per entrambi i periodi un picco in luglio per una maggior richiesta del condizionamento e un avvallamento in agosto per la riduzione di studenti per assenza delle lezioni didattiche.

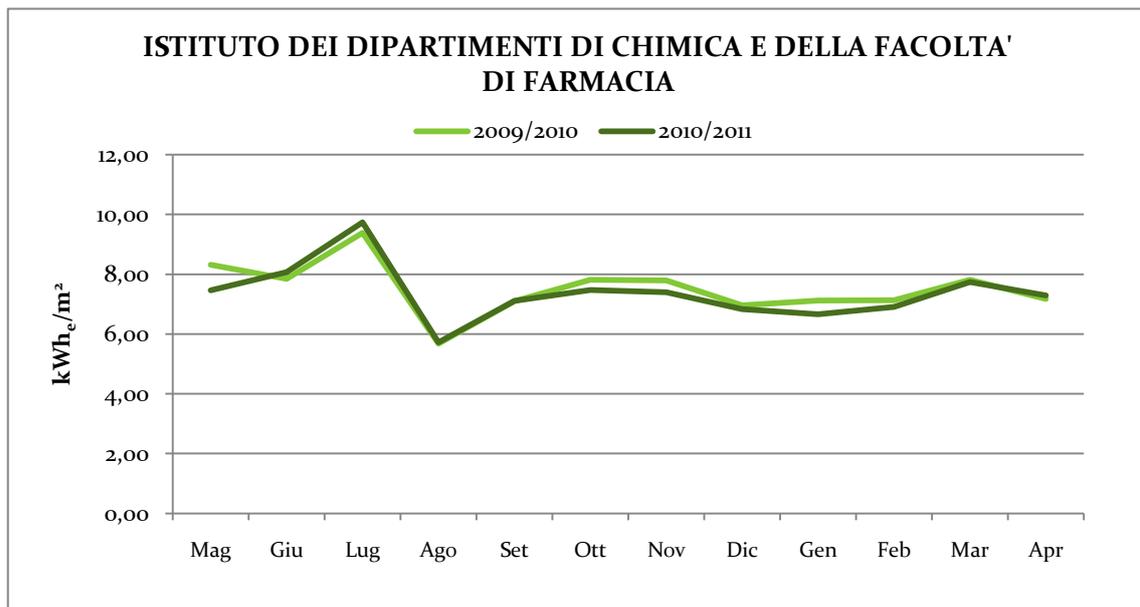


Figura I.5. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

L'immagine sopra mostra, attraverso la sovrapposizione delle due linee, il costante andamento del consumo elettrico nelle due annate, con l'unica differenza di una leggera diminuzione del consumo sul periodo successivo del 2%.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte delle centrali termiche che comprendono le caldaie dei due istituti, espressi in m³.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di

Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	2162333	90,85	1137,20	27,01
2010/2011	2286602	102,28	1280,28	30,41

Il consumo kWh_t/m³ è poco minore alla media globale.

Da una prima panoramica, il consumo assoluto nei due anni è aumentato del 6%, ma normalizzandolo con la temperatura l'incremento in termini percentuali è del 13% a causa del numero inferiore dei GG nel periodo 2010/2011 rispetto all'anno precedente.

Inoltre, nonostante il valore assoluto non risulta eccessivamente rispetto agli altri edifici campione, il dato su m³ porta l'edificio tra i più consumatori di energia termica, mentre essendo edifici con un numero elevato di occupanti il consumo su unità di persona è più piccolo.

Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, tipo valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo ufficio e alloggio.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

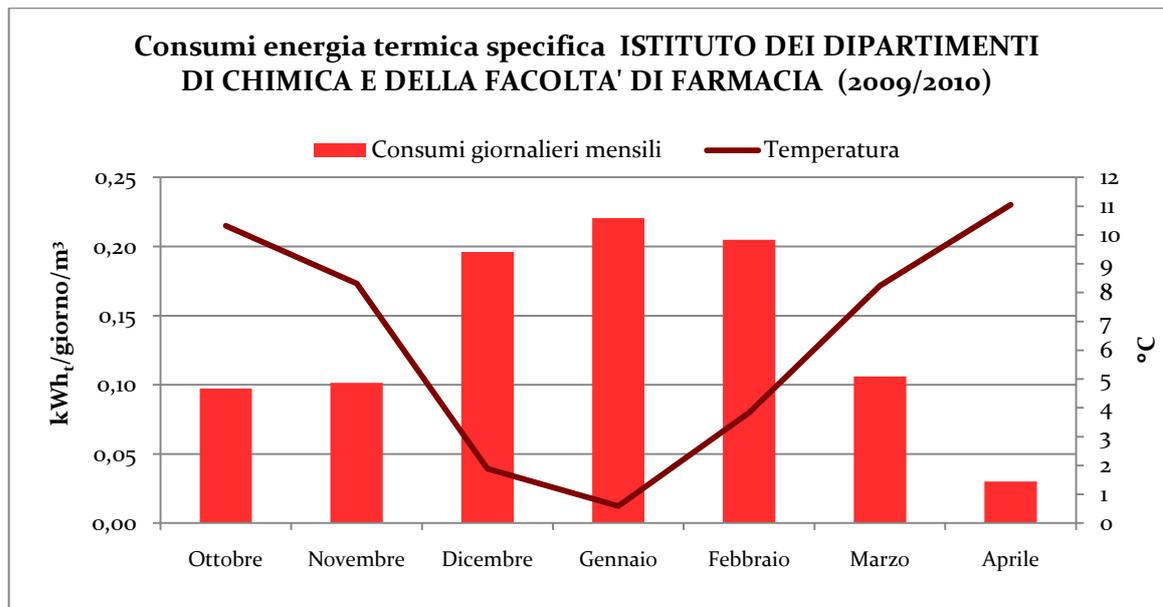


Figura I.5. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh, per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

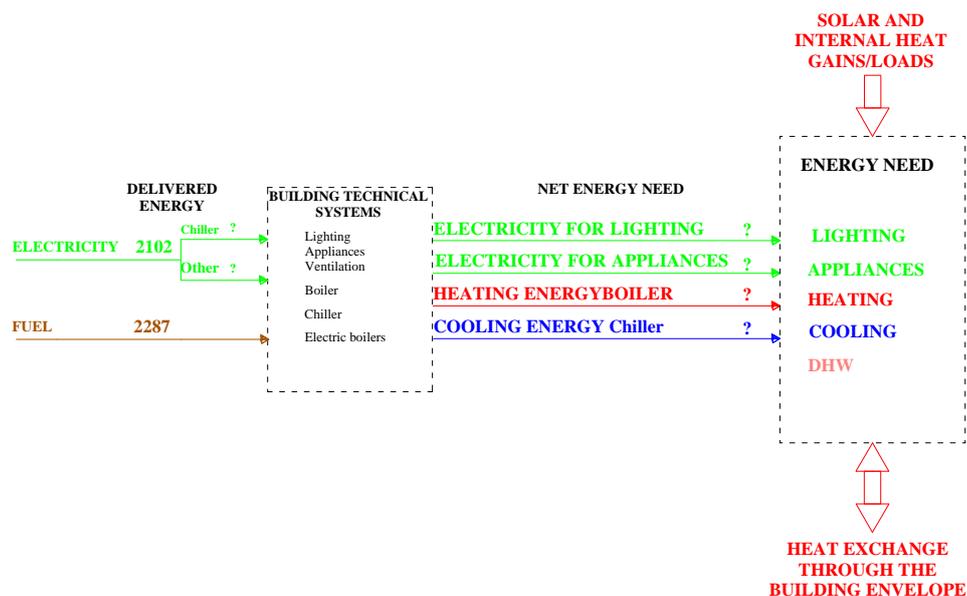


Figura I.5. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	339852	14,29	178,87	4,25
2010/2011	351697	14,79	185,10	4,40

Gli €/persona dovuti per il consumo elettrico sono trascurabili, ma comunque inferiori rispetto ad altri edifici.

Il costo assoluto dell'energia elettrica è aumentato del 3% nonostante ci sia stata una diminuzione del suo consumo; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	157648	6,62	82,91	1,97
2010/2011	187731	8,40	105,11	2,50

I costi specifici sono intorno alla media degli edifici.

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, nei due anni consecutivi l'edificio ha visto aumentare il costo dell'energia termica del 19%.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo degli Istituti, come mostra la tabella: il costo complessivo assoluto e specifico sono aumentati dell'8%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	497500	20,9	261,8	6,2
2010/2011	539427	22,7	283,9	6,9

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

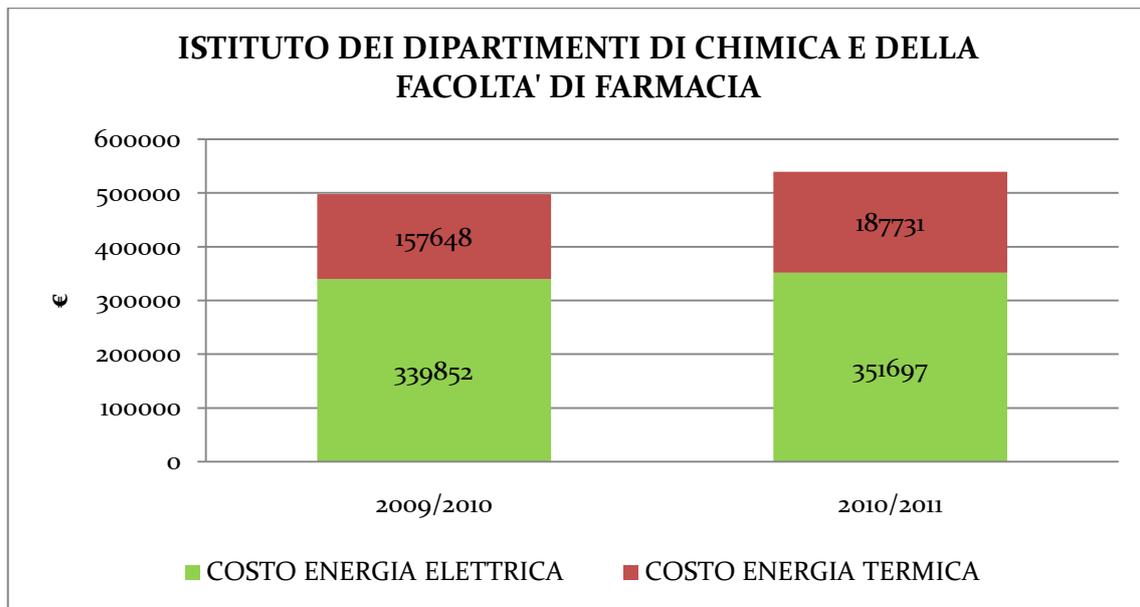


Figura I.5. 8 Parzializzazione dei costi energetici dell'Istituto dei Dipartimenti di Chimica e della Facoltà di Farmacia.

Come si evince dal grafico sopra, è l'energia elettrica che ha un peso maggiore sul costo energetico complessivo, con una percentuale di 68% per il 2009/2010 e di 65% per l'anno successivo.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Istituto\ dei\ Dipartimenti\ di\ Chimica\ e\ della\ Facoltà\ di\ Farmacia} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

in cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	6735501	283,2	3545	84
2010/2011	6601728	277,6	3475	83

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO2,EE,Istituto\ dei\ Dipartimenti\ di\ Chimica\ e\ della\ Facoltà\ di\ Farmacia} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

in cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	1323,5	55,65	696,58	16,54
2010/2011	1297	54,54	682,75	16,22

Trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra una diminuzione del 2% e queste ultime pari alla riduzione del consumo energetico.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Istituto\ dei\ Dipartimenti\ di\ Chimica\ e\ della\ Facoltà\ di\ Farmacia} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

in cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	2940773	124	1547	37
2010/2011	3109779	139	1741	41

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Rettorato} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

in cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	599	25,16	315,00	7,48
2010/2011	633	28,33	354,64	8,42

Anche nel caso della trasformazione in termini ambientali, l'incremento del 6% del consumo assoluto registrato nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante.

Nel grafico che segue si evidenzia la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente; le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze, poiché i bilanci sono analoghi e ciò che cambia è solamente il fattore moltiplicativo.

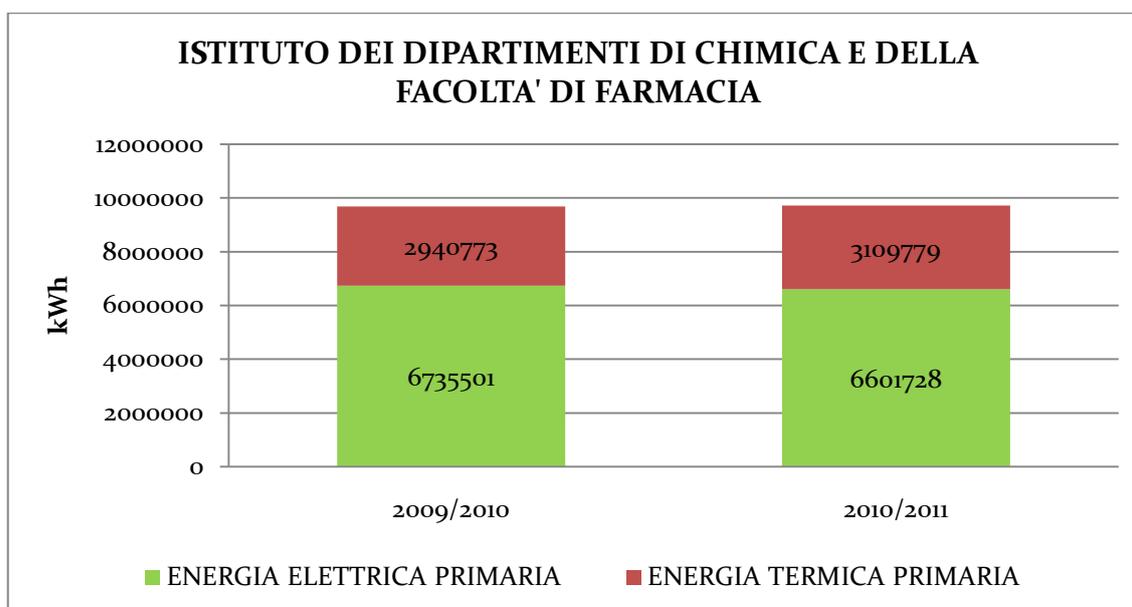


Figura I.5. 9 Parzializzazione dell'energia primaria dell'Istituto dei Dipartimenti di Chimica e della Facoltà di Farmacia.

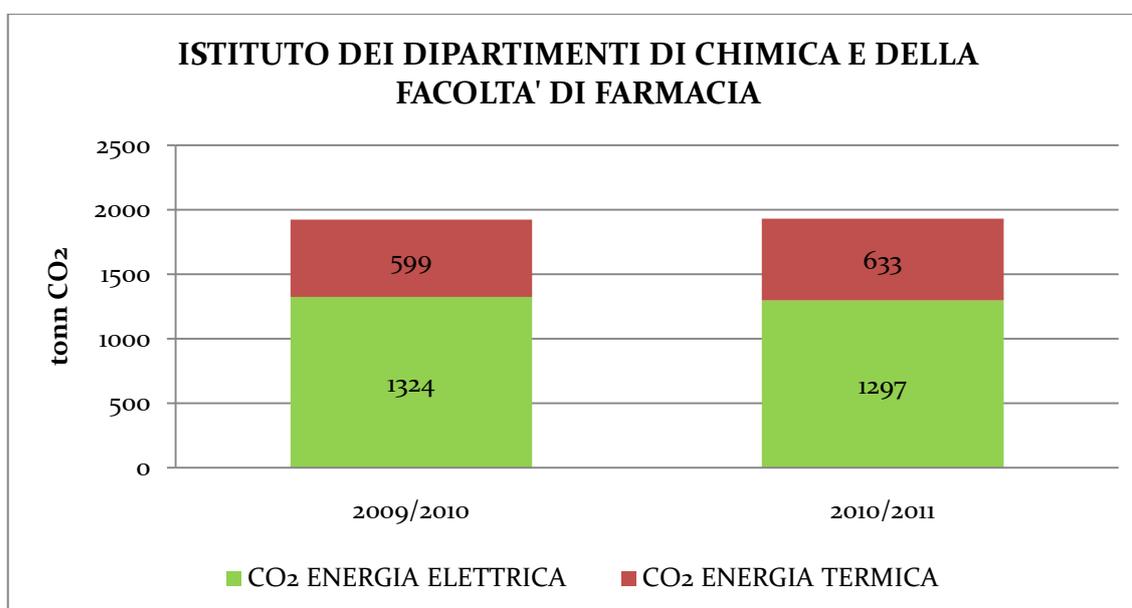


Figura I.5. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente dell'Istituto dei Dipartimenti di Chimica e della Facoltà di Farmacia.

Per entrambi i periodi, è l'energia elettrica che contribuisce maggiormente all'impatto ambientale con una percentuale di poco inferiore al 70%.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	9676274	407	5092	121
2010/2011	9711507	417	5216	124

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	1922	80,8	1011,6	24,0
2010/2011	1931	82,9	1037,4	24,6

In conclusione in termini ambientali, in termini assoluti le tonnellate di CO₂ sono rimaste praticamente costanti, mentre in termini normalizzati con i GG l'impatto peggiora di tre punti percentuali.

I.6 PALAZZO BADINI

L'attuale configurazione architettonica dell'immobile in questione, con ampio cortile quadrato e porticato interno sul lato di via Verdi, risale al XVIII secolo. Dal 1910 l'edificio è soggetto a vincolo monumentale e dal 1997 è parte del patrimonio edilizio dell'Università degli Studi di Torino, che lo ha sottoposto, nell'anno 2000, ad un intervento di restauro e risanamento.



Figura I.6. 1 Palazzo Badini di Via Verdi n. 10, Torino (TO).

Storia

La prima planimetria del Palazzo attuale risale al 1796, ma in vecchi catasti torinesi del 1523 era registrato come un ospizio “hospicium signi Crucis Albae” e le tracce antiche all'interno dell'edificio ne sono la prova.

Fino al 1703 è stato destinato come struttura alberghiera e solo da quel momento viene certificato nel testamento dell'acquirente, Domenico Galliziano dei Conti di Moransengo, discendente di una ricca famiglia di mercanti del ferro, la natura residenziale dello stabile. Tuttavia, l'attuale architettura del palazzo si deve al nipote, Carlo Andrea Domenico Benedetto Galliziano e le decorazioni a soffitto al pittore di corte Beaumont.

Nel corso degli anni numerosi furono i passaggi di proprietà, fino all'anno 2000, in cui, con il D.Lgs. 490/99, l'Università, volendo risolvere il problema degli spazi finalizzati alle attività didattiche e di ricerca, ne delibera l'acquisto. La struttura abitativa e lo stato di abbandono dello stabile, però, erano tali da non consentire l'inserimento di attività didattiche senza importanti interventi di ristrutturazione: oggi, il Palazzo, con l'annesso autosilo meccanizzato scavato cinque piani sottoterra, è un brillante esempio di riutilizzo moderno di una struttura d'epoca.

Caratteristiche generali

Attualmente, l'interno del fabbricato è occupato dalla seguenti strutture:

- Facoltà di Psicologia e di Lingue e Letterature straniere
- Dipartimento di Psicologia
- Dipartimento di Scienze del Linguaggio
- Centro Studi delle Letterature del Commonwealth
- Centro Studi Celtici
- Biblioteca della Facoltà di Psicologia “Federico Kiesow”
- Uffici dell'Amministrazione Centrale – Divisione Organizzazione e Finanza.

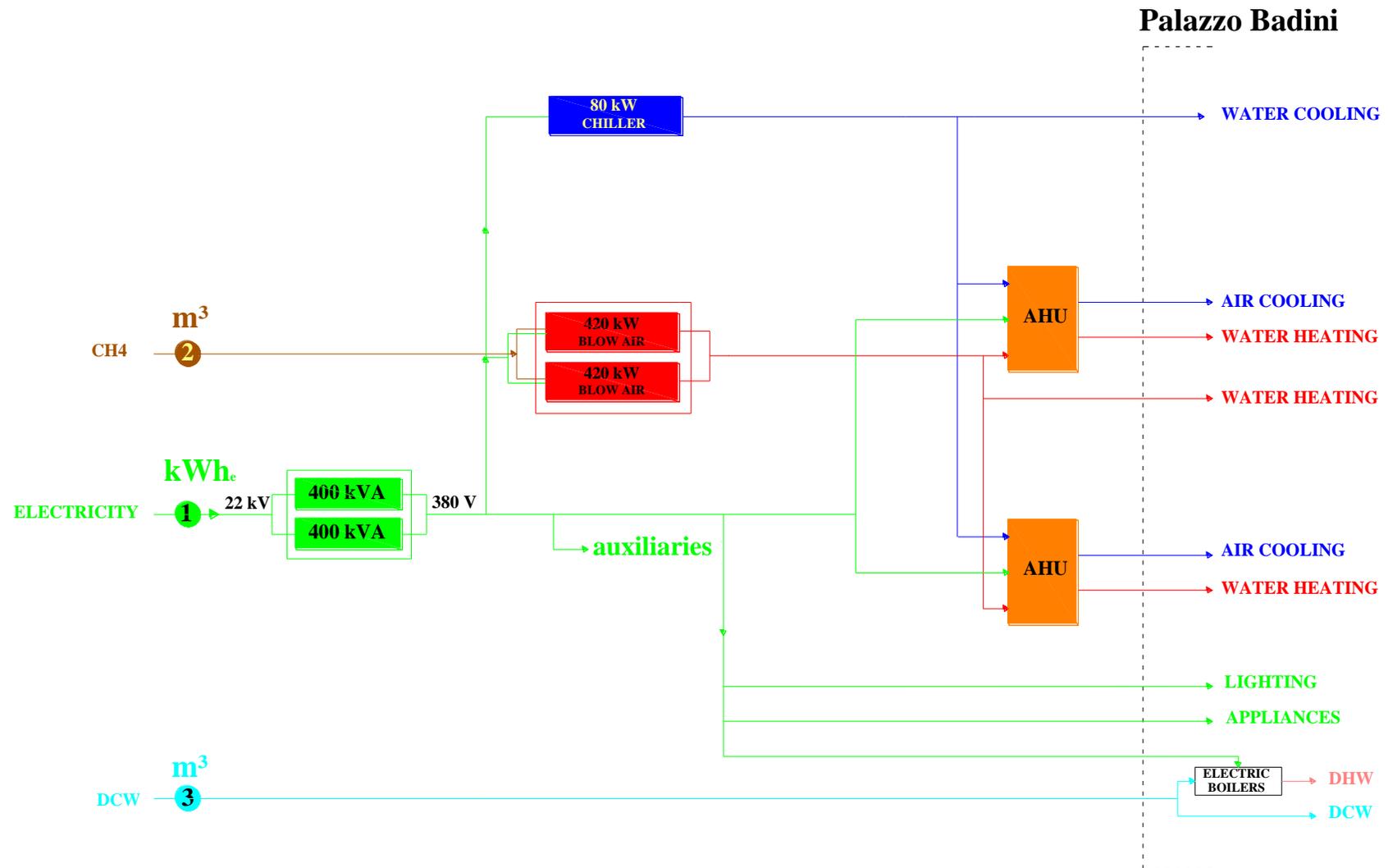


Figura I.6. 2 Schema impiantistico unifilare del Palazzo Badini.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, gruppi frigoriferi, condizionatori, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	349017	53,69	1163,39	17,45
2010/2011	336092	51,71	1120,31	16,80

Tra tutti gli edifici del gruppo di campioni, Palazzo Badini si trova circa a metà scala dei consumi specifici su superficie; dati i suoi pochi occupanti, però, ne fanno un edificio abbastanza energivoro in termini specifici su persona.

Inoltre, sui due periodi temporali a confronto si è registrato una diminuzione di tali consumi del 4%.

Nei grafici successivi si può valutare le distribuzioni mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

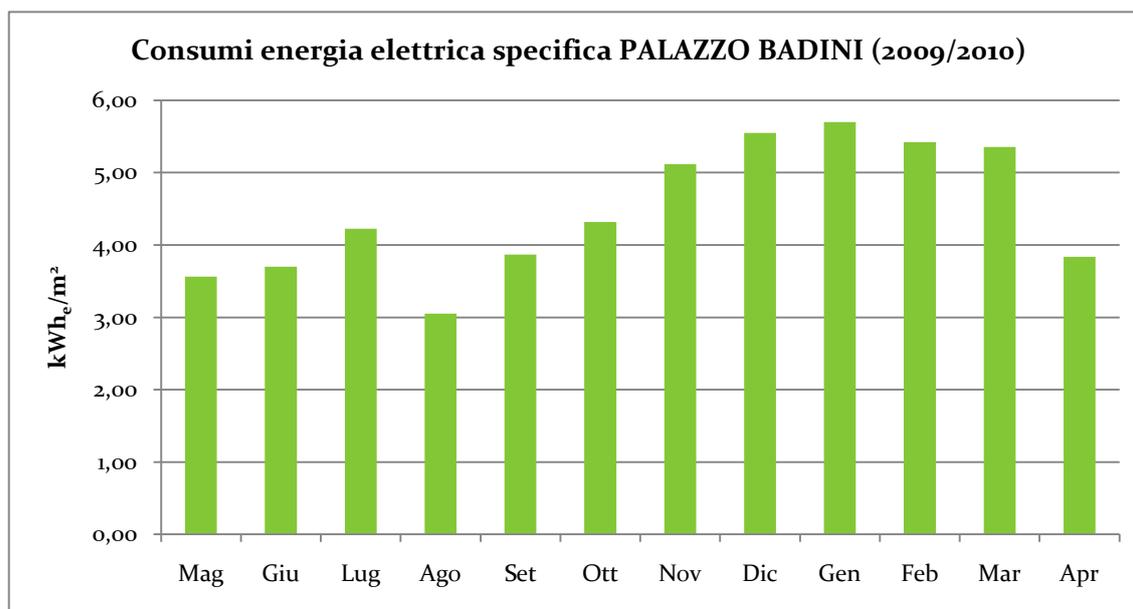


Figura I.6. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

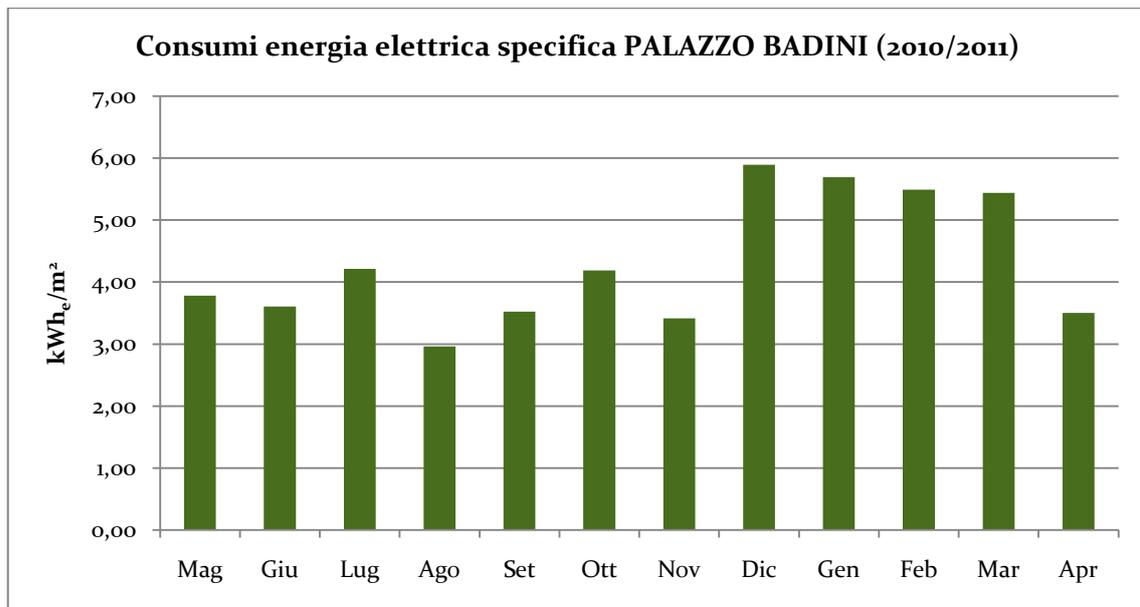


Figura I.6. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

In entrambi i periodi considerati, il consumo ha presenta consumi maggiori nei mesi invernali, mentre da maggio a novembre i consumi sono circa il 60% in meno. Il minimo consumo è registrato nel mese di agosto: probabilmente essendo un periodo di sospensioni delle attività didattiche anche parte degli uffici è rimasta chiusa e l'edificio è meno occupato.

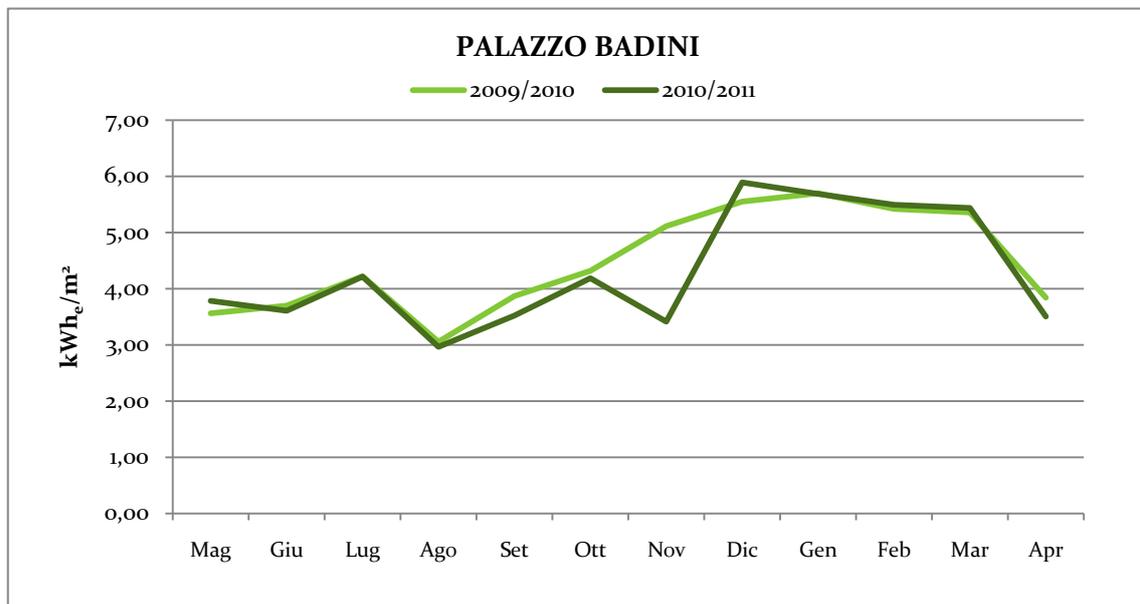


Figura I.6. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

L'andamento è comunque piuttosto simile nelle due annate, con la differenza che mentre nel primo periodo si ha un incremento più lineare verso i mesi invernali, nel secondo questo aumento è più frastagliato.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas in m³ a monte della centrale termica per la due caldaie che alimentano l'intero Palazzo.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	651123	100,10	2168,75	32,53
2010/2011	704034	115,23	2496,55	37,45

A confronto con gli altri edifici in esame, Palazzo Badini risulta uno dei meno energivori termicamente in termini assoluti; le cose si capovolgono normalizzando sul numero di occupanti: infatti, è il secondo della lista con il maggior consumo termico procapite. Il consumo specifico sul volume è poco sopra la media.

In una prima panoramica, il consumo dell'energia termica è cresciuto dell'8% su un'analisi assoluta, su una normalizzazione con i GG effettivi questo aumento raddoppia quasi. Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, come valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo ufficio.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

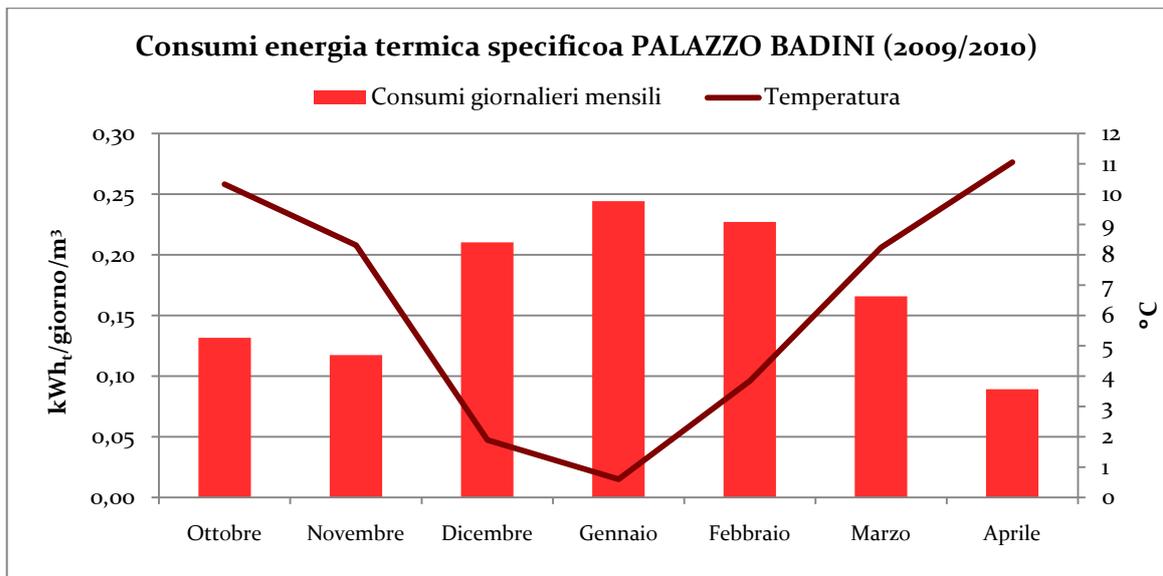


Figura I.6.6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Il grafico mostra che con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta. Un'anomalia è il consumo di ottobre: probabilmente, il consumo di gas metano in questo mese è stato maggiore rispetto a novembre, nonostante la temperatura maggiore per l'avvio dell'impianto termico, per lo stop nella stagione estiva. Un'analisi di primo livello come questa non permette di capirne le ragioni.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

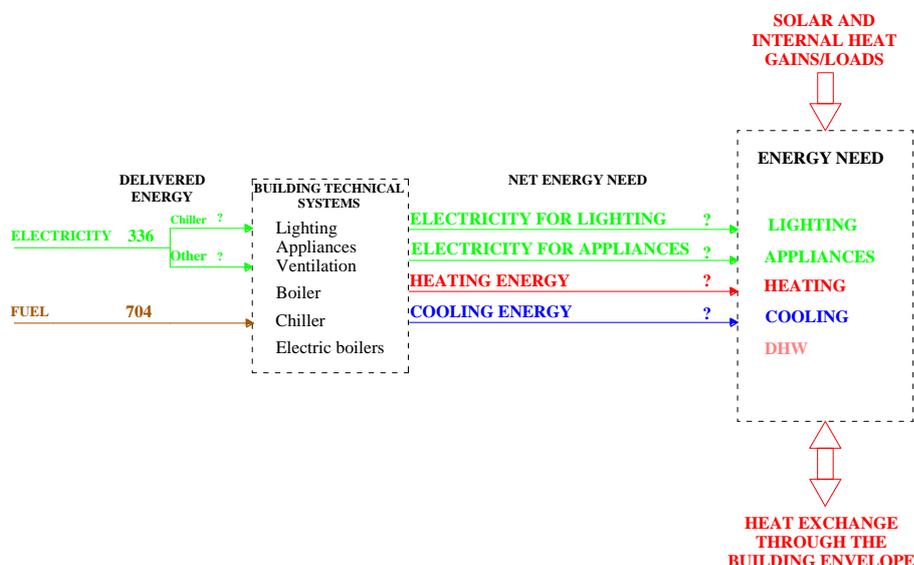


Figura I.6.7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Dai dati del diagramma si deduce che il peso dell'elettricità è poco meno della metà sul consumo energetico totale.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	56722,91	8,73	189,08	2,84
2010/2011	58783	9,04	195,94	2,94

Il costo elettrico procapite non è trascurabile, superiore al costo medio del 36%.

La diminuzione del consumo di energia elettrica ha portato, comunque, un aumento del suo costo del 4%; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	47471	7,30	158,12	2,37
2010/2011	57801	9,46	204,97	3,07

Il prezzo termico procapite è decisamente elevato se rapportato ai costi degli altri edifici: è 2.25 volte superiore al costo medio.

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, l'Università ha dovuto pagare il 22% del 2010/2011 rispetto all'anno precedente. Normalizzando sulla temperatura anche il prezzo, il prezzo sui (kWh_t)_c su persona è incrementato del ben 30%.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo del Palazzo, come mostra la tabella: il bilanciamento tra i due costi ha prodotto un incremento del costo complessivo assoluto del 12%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	104194	16,0	347,3	5,2
2010/2011	116584	17,9	388,6	6,0

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

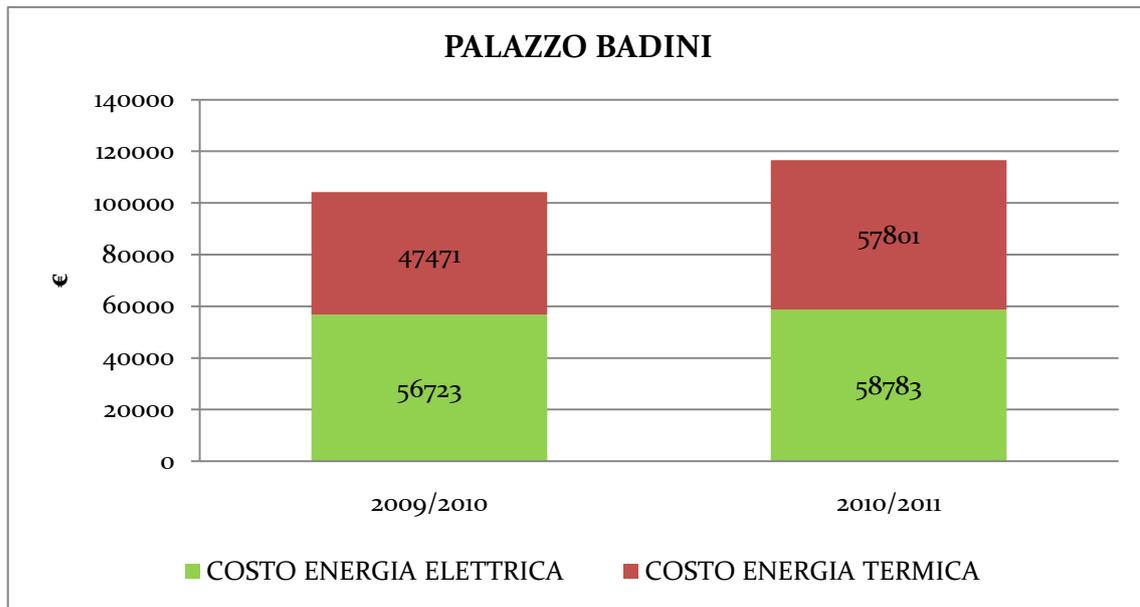


Figura I.6. 8 Parzializzazione dei costi energetici del Palazzo Badini.

Il costo energetico maggiore è ripartito in pratica in modo uguale tra costo elettrico e termico.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Palazzo\ Badini} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	1095913	168,6	3653	55
2010/2011	1055329	162,4	3518	53

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO2,EE,Palazzo\ Badini} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE E SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	215,3	33,13	717,81	10,77
2010/2011	207	31,90	691,23	10,37

Trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra una stessa diminuzione del 4% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Palazzo\ Badini} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	885527	136	2950	44
2010/2011	957487	157	3395	51

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Palazzo\ Badini} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	180	27,73	600,74	9,01
2010/2011	195	31,92	691,55	10,37

La diminuzione dell'8% dell'energia termica assoluta registrata nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante anche nella trasformazione in termini ambientali.

I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente: essendo i bilanci analoghi con solo il fattore moltiplicativo differente, le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze.

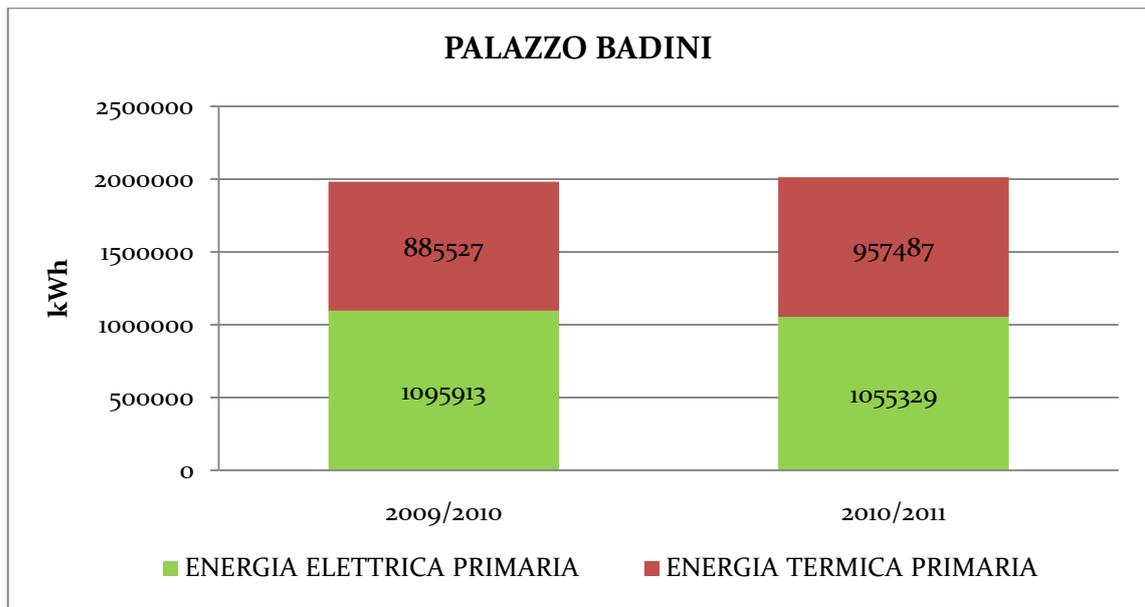


Figura I.6. 9 Parzializzazione dell'energia primaria dell'Istituto del Palazzo Badini.

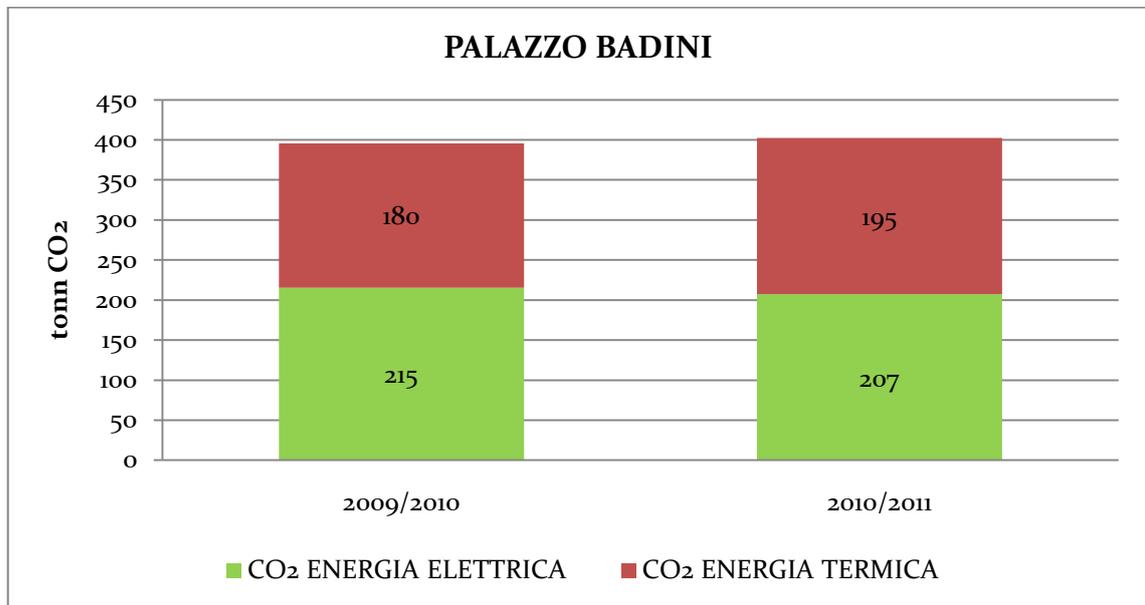


Figura I.6. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente del Palazzo Badini.

L'impatto ambientale, nel primo anno, ricade per circa il 55% sull'energia elettrica, nel secondo è dovuto per metà dal consumo elettrico e per metà di quello termico. L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	1981441	305	6603	99
2010/2011	2012815	319	6913	104

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	396	60,9	1318,6	19,8
2010/2011	402	63,8	1382,8	20,7

Concludendo nell'analisi globale, in termini ambientali sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente assoluti sono incrementati di cinque punti percentuali.

I.7 PALAZZO NUOVO

Lo stabile denominato Palazzo Nuovo, sito in Via S. Ottavio al n. 20, è la sede della Facoltà Umanistiche dell'Università degli Studi di Torino. L'edificio è compreso tra le seguenti 4 vie:

- Via Sant'Ottavio (pedonale)
- Corso San Maurizio
- Via Roero di Cortanze
- Via Verdi (pedonale).

Il complesso universitario, articolato in un fabbricato base ed una cosiddetta torre di 6 piani, è realizzato con strutture in acciaio e parete esterne continue ad



Figura I.7. 1 Palazzo Nuovo di Via Sant'Ottavio n. 20, Torino (TO).

ampia metratura, mentre si hanno numerose interpareti per le divisioni interne. Di recente costruzione è la biblioteca interdipartimentale che si estende in parte su due dei tre piani interrati.

Storia

Palazzo Nuovo a differenza della maggior parte del parco edilizio UniTo è di fondazione recente. Infatti, è il 1957 quando l'Università e Demanio redigono l'atto di costituzione di un diritto di superficie; la ragione di tale atto stava nella sistemazione delle Facoltà Umanistiche «in condizioni assolutamente inadeguate in varie sedi decentrate» e l'intento era «in stretta correlazione al nuovo piano regolatore predisposto dal Comune di Torino per la zona culturale». Dalla corrispondenza intercorsa tra Università e Ministero della Pubblica Istruzione, agli atti presso gli archivi della Sede Centrale e consultata in fase di stesura, si evince l'impegno da parte dello Stato di concorrere per la metà delle spese alla costruzione del nuovo edificio, a condizione che l'altra parte sia assicurata dagli Enti Locali.

L'edificazione, realizzata in collaborazione tra i due studi di progettisti, Bardelli – Morelli-Hutter e Levi Montalcini, che vinsero ex-aequo il concorso ad inviti, inizia nel 1961 e si conclude nel 1966. Tuttavia, la straordinaria crescita delle iscrizioni universitarie ha reso assolutamente inadeguato alla sua funzione il “grande parallelepipedo” in vetro ed acciaio, sebbene l'impatto visivo della sua mole si a notevole.

Con il passare degli anni, si sono rilevati numerosi problemi connessi alla manutenzione e specialmente quelli dovuti alla rimozione dei pannelli pericolanti contenenti amianto.

Oggi, l'attributo *Nuovo* ha un suono quasi ironico e pare volere ulteriormente sollecitare interventi, già in atto, volti a decongestionare ed a rigenerare il Palazzo.

Caratteristiche generali

Il fabbricato è la sede delle Facoltà Umanistiche dell'Università degli Studi di Torino.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	40.200 m ²
Volumetria degli stabili	150.000 m ³
Numero dipendenti	500
Numero studenti	circa 7000

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22 kV.

All'interno dell'edificio, al piano interrato, è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22 kV a 380 V.

Essa è equipaggiata con n. 3 trasformatori dalla potenza nominale di 630 kVA, uno di riserva all'altro, con possibilità di funzionamento in parallelo.

In altro locale interrato è installato un gruppo elettrogeno, di potenza 300 kVA, posto a servizio delle alimentazioni privilegiata dello stabile

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

In tali locali è recentemente avvenuta la ristrutturazione totale degli impianti con l'installazione di nuove caldaie e di un cogeneratore per la produzione combinata di energia elettrica e calore da utilizzare per l'inverno per il riscaldamento dello stabile e per l'estate ad alimentare degli assorbitori per la refrigerazione dello stabile (trigenerazione).

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da una centrale termica da 4355 kW a gas metano da novembre 2007 e servono l'intero edificio:

- n. 3 Generatori di calore a condensazione 945 kW per Palazzo Nuovo
- n. 1 Generatori di calore ad alto rendimento 1520 kW per Palazzo Nuovo

Nell'ottobre 2010, in seguito a un piano di riqualificazione energetica del Palazzo, è stato avviato un impianto di cogenerazione. Successivamente, è stato installato un gruppo frigorifero ad assorbimento alimentato dal calore prodotto da quest'impianto: da giugno 2011 viene avviato così l'impianto di trigenerazione. L'energia elettrica qui prodotta viene venduta alla rete nazionale in MT.

- n. 1 GRUPPO DI COGENERAZIONE A GAS - STONEPOWER₂ 1100 G 1169 kW_e per Palazzo Nuovo
1159 kW_{th}

Nel corso degli interventi di riqualificazione è stato installato un impianto di telegestione di marca TREND, al fine di controllare i parametri termici ed agire sui dispositivi di regolazione.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

L'impianto di raffrescamento è alimentato da una centrale frigorifera:

n.	1	Riello wsi 435	3,5	kW	per	VI Piano CISI ufficio A
n.	1	Riello wsi 435	3,5	kW	per	VI Piano CISI ufficio B
n.	1	Riello wsi 435	3,5	kW	per	VI Piano CISI uff. C
n.	1	Riello wsi 435	3,5	kW	per	VI Piano CISI uff E
n.	1	Riello cix 62	5	kW	per	VI Piano CISI uff F
n.	1	Riello cmx 82	2,3	kW	per	VI Piano CISI uff 1
n.	1	Riello fsi 50	5	kW	per	VI Piano CISI uff 2
n.	1	Riello fsi 50	5	kW	per	VI Piano CISI uff 4
n.	1	Ecoflam ec/mw12	3,5	kW	per	VI Piano CISI uff 5
n.	1	Chigo kfr 32 gw	3,5	kW	per	VI Piano CISI uff 6
n.	1	Riello wsi 435	3,5	kW	per	VI Piano CISI uff8
n.	1	Chigo kfr 32 gw	3,5	kW	per	VI Piano CISI uff 9
n.	1	Riello ces 130	7	kW	per	Portineria PT
n.	1	Clivet	41,6	kW	per	Clifu P -1
n.	1	Ecoflam Polar 7	7,9	kW	per	Clifu P-1
n.	1	Ecoflam Polar 15 CAS/CED	17,8	kW	per	Sala Lettura P -1
n.	4	GF climaveneta	50	kW	per	Sala Lauree PT
n.	4	GF Carrier	500	kW	per	Biblioteca Interdipartimentale
n.	1	Riello cmx 82	2,3	kW	per	PT uff informazioni Giurisprudenza
n.	1	Riello ce 30N	3,3	kW	per	PT uff didattica Giurisprudenza
n.	1	Chigo kfr 32 gw	3,5	kW	per	PT uff Giurisprudenza
n.	1	Chigo kfr 51 gw	5	kW	per	PT uff Giurisprudenza
n.	1	Chigo kfr 51 gw	5	kW	per	PT uff amm/ne Girisprud
n.	1	Ariagel	7	kW	per	PT sala docenti Giurisprud
n.	1	Ariagel	7	kW	per	PT uff Preside Giurisprud

L'aria climatizzata è fornita da diverse unità trattamento aria e ventilconvettori:

n.	1	Ecoflam Polar 7	1,5	kW	per	I Piano Interrato Clifu stanza cieca
n.	1	UTA base	18,5	kW	per	I - II Piano Interrato e T - I Piano Impianti termoventilazione centralizzato
n.	1	UTA Torre	30	kW	per	I - II- III - IV - V- VI Piano Impianti termoventilazione centralizzato
n.	1	UTA	9	kW	per	I Piano Aule Est N° 32
n.	1	UTA	9	kW	per	I Piano Aule Est N° 33
n.	1	UTA	9	kW	per	I Piano Aule Est N° 34
n.	1	UTA	9	kW	per	I Piano Aule Est N° 35
n.	1	UTA	9	kW	per	I Piano Aule Est N° 36
n.	1	UTA	9	kW	per	I Piano Aule Est N° 37

n.	1	UTA	9 kW	per	I Piano Aule Est N° 38
n.	1	UTA	8 kW	per	I Piano Aule Est N° 39
n.	1	UTA	19 kW	per	T Piano Aule Ovest 1
n.	1	UTA Aule Ovest 2	19 kW	per	T Piano Aule Ovest 2
n.	1	UTA Aule Ovest 3	19 kW	per	T Piano Aule Ovest 3
n.	1	SCT	155 kW	per	III Piano Interrato
n.	1	Condizionatore Ecoflam Polar 15 CAS/CED	2 kW	per	I Piano Interrato Sala Lettura Tabacco
n.	1	UTA N° 1	2,2 kW	per	II Piano Ventilazione Biblioteca Interdipartimentale
n.	1	UTA N° 2	7,5 kW	per	II Piano Ventilazione Biblioteca Interdipartimentale
n.	1	UTA N° 3	4 kW	per	II Piano Ventilazione Biblioteca Interdipartimentale
n.	1	UTA N° 4	2,2 kW	per	II Piano Ventilazione Biblioteca Interdipartimentale
n.	1	SCT	16 kW	per	III Piano Interrato Sottocentrale biblioteca
n.	612	Ventilconvettori	91,8 kW	per	Palazzo Nuovo
n.	20	Ventilconvettori	3 kW	per	Biblioteca

IMPIANTO DI ACS

Non è previsto alcun impianto centralizzato per l'acs, ma sono presenti dei boiler elettrici in ogni toilette del Palazzo.

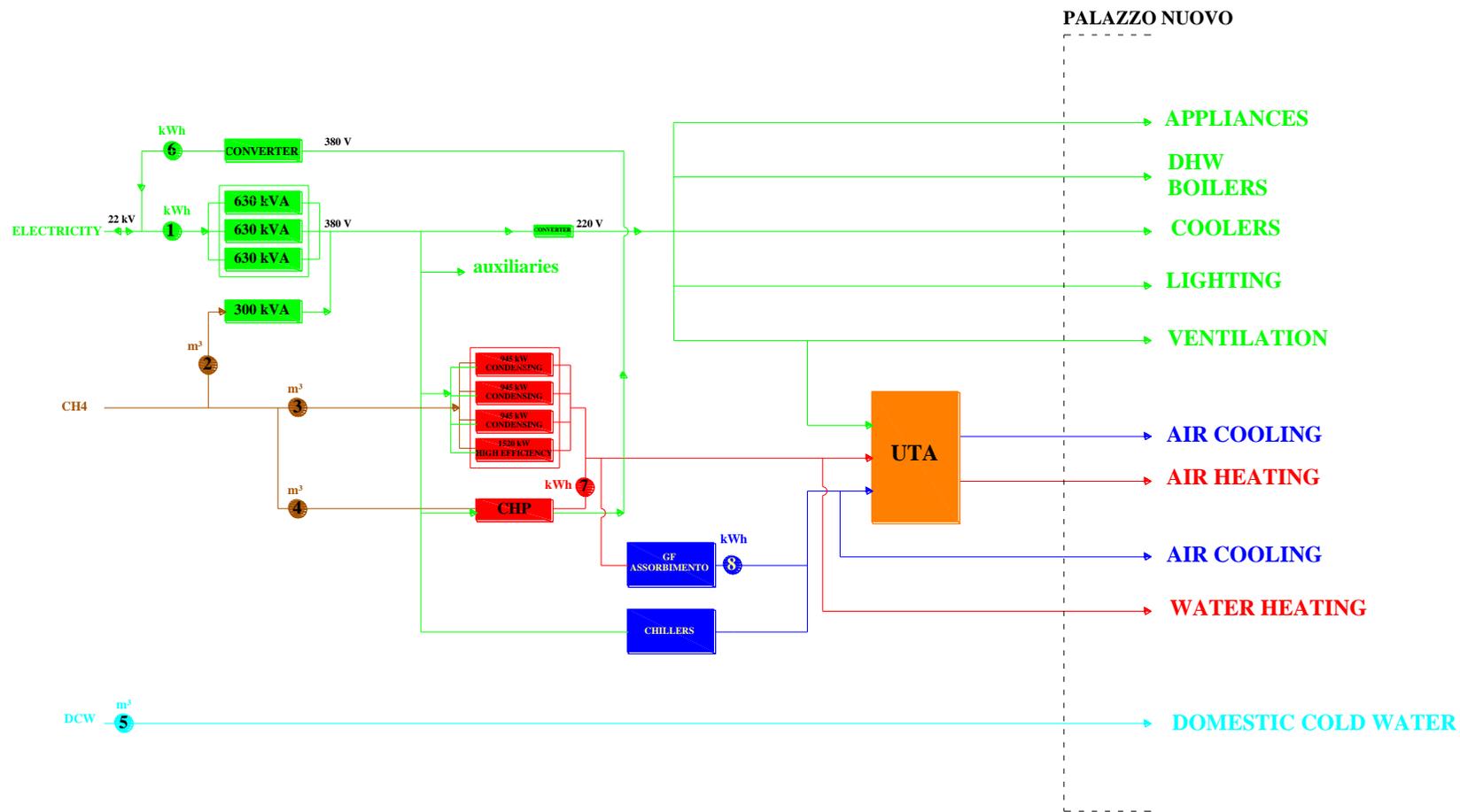


Figura I.7. 2 Schema impiantistico unifilare di Palazzo Nuovo.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono conteggiati da un contatore in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione; tutta l'energia elettrica richiesta dall'edificio viene raccolta in tale dato, quindi l'elettricità per illuminazione, per le apparecchiature elettriche, per i gruppi frigoriferi, per i condizionatori e per i boiler per acs.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	2535265	63,07	338	16,90
2010/2011	2384055	59,30	317,874	15,89

Il consumo elettrico assoluto è abbastanza elevato se rapportato agli altri edifici campione e, avendo un'estensione superficiale non molto grande, anche il consumo specifico su m² è abbondante. Al contrario, Palazzo Nuovo ospita numerosi studenti e dipendenti per cui il consumo per persona è piuttosto contenuto.

Tra i due periodi annuali si è registrato una diminuzione del 6% e per valutare in quale intervallo dell'anno si ha una maggiore richiesta elettrica si valutano le distribuzioni mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

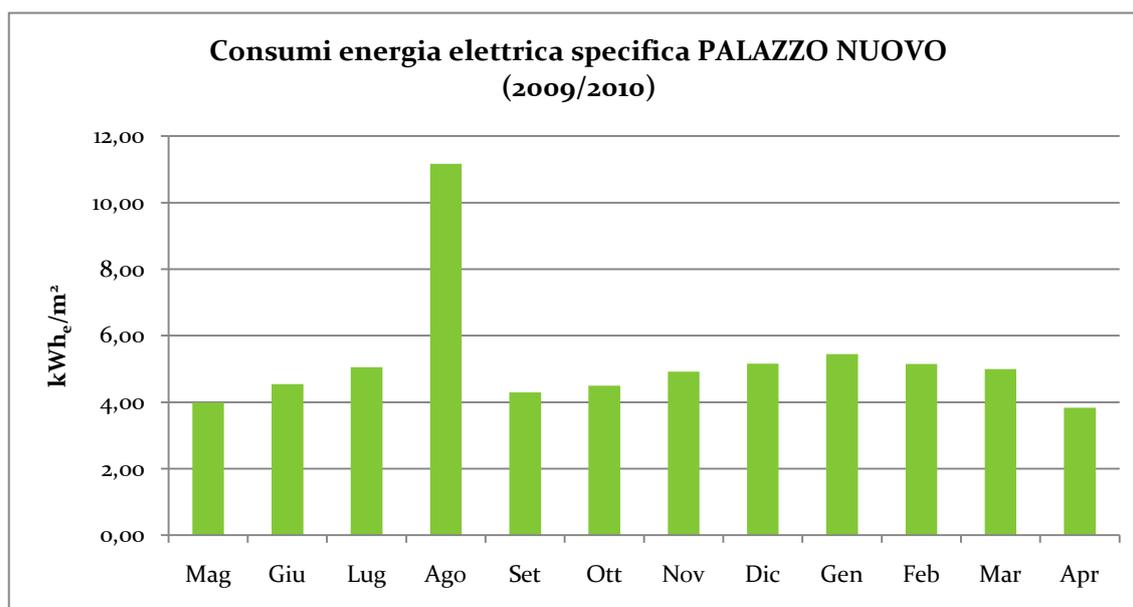


Figura I.7. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

Nel periodo 2009/2010 i consumi sono abbastanza contenuti tra i 4 e i 5 kWh/m² per tutti i mesi, eccetto per il mese di agosto, in cui si è registrato un picco di circa 11 kWh/m².

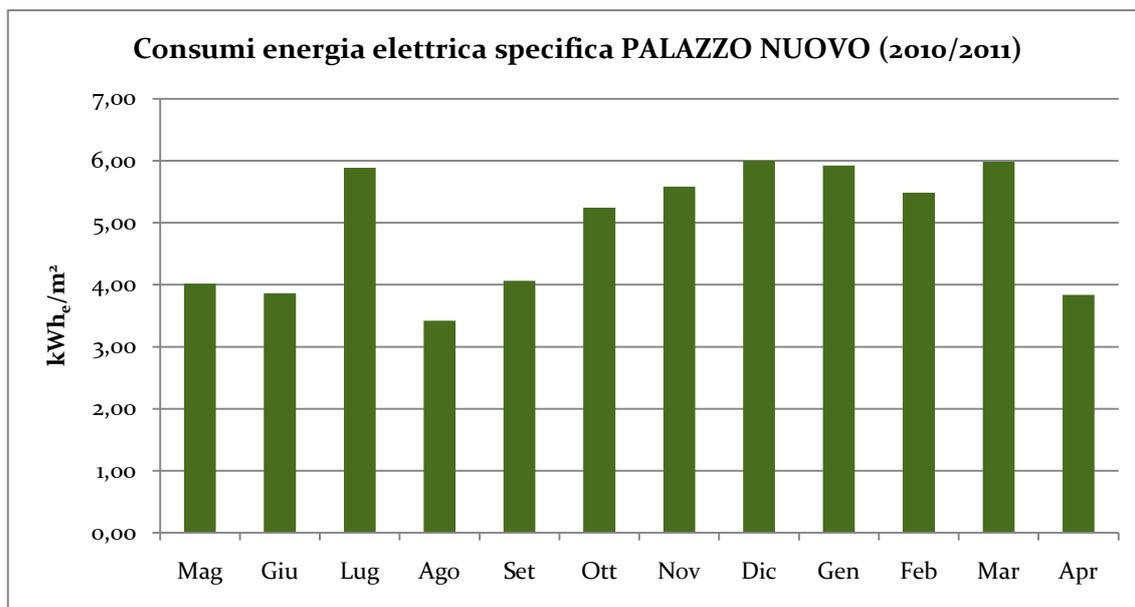


Figura I.7. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

Nel periodo 2010/2011, invece, i consumi mensili non mostrano grosse differenze; al contrario dell'anno precedente agosto è il mese in cui si è registrato il più basso consumo e i più alti sono in luglio, dicembre, gennaio e marzo.

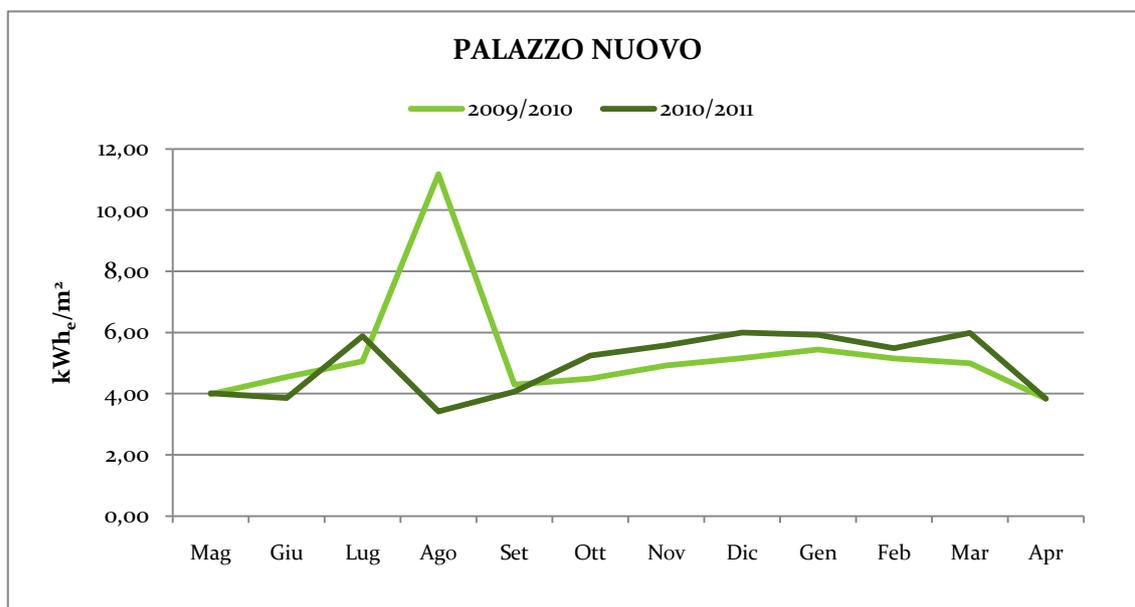


Figura I.7. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Nella figura sopra si vede chiaramente il picco dei consumi nel mese di agosto 2010 e il piccolo incremento costante da ottobre 2010 rispetto all'anno precedente.

I consumi termici sono raccolti dal contatore di m³ di gas metano a monte della centrale termica in cui sono presenti le caldaie grosse. In seguito all'installazione dell'impianto di cogenerazione, è stato inserito un altro contatore di gas a questo

dedicato: il consumo di gas dell'intero cogeneratore si riferisce alla produzione simultanea di energia elettrica e termica, per cui il consumo di gas per l'energia termica è stato calcolato in base alla percentuale di questa prodotta sul totale.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	4597270	114,27	612,50	30,63
2010/2011	4777307	126,42	677,63	33,88

Il consumo termico su m³ è nella media degli edifici in diagnosi, mentre quello procapite è circa 3/5 di quello medio.

In un primo resoconto, il consumo assoluto di gas ha subito un lieve aumento del 4%, il quale rapportato con i GG diventa un 11%.

Come per l'energia elettrica, il consumo termico assoluto è tra i più alti nel gruppo di edifici considerati, come anche quello specifico su m³, ma rapportato al numero di occupanti è piuttosto basso.

Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, come valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente negli uffici.

Per mostrare il trend del consumo termico, si riporta nel grafico che segue i consumi giornalieri mensili per la prima stagione di riscaldamento.

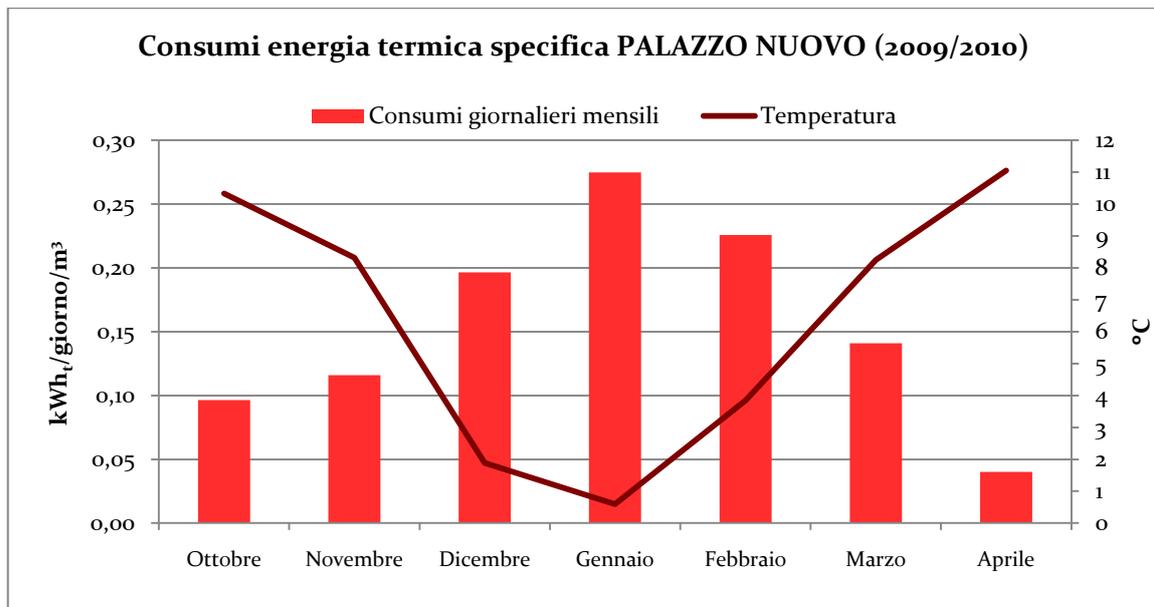


Figura I.7. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta.

I consumi termici mensili per la stagione 2010/2011 si ripartiscono tra cogeneratore e caldaie; la loro frammentazione è evidenziata nel diagramma che segue.

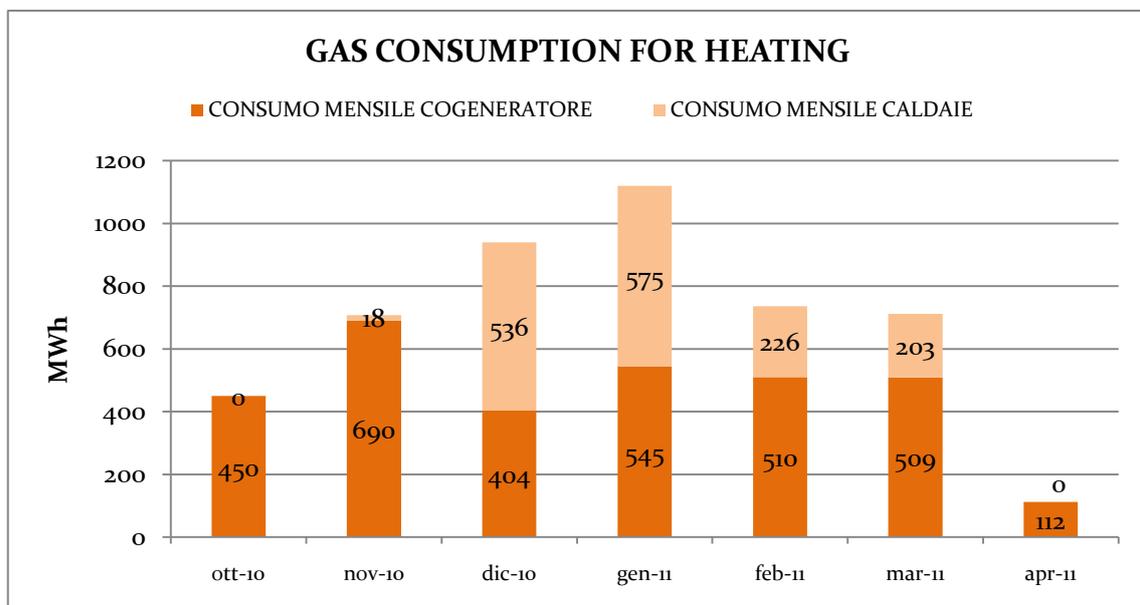


Figura I.7. 7 Ripartizione mensile del consumo di gas per la stagione di riscaldamento 2010/2011.

Secondo il piano d'azione energetico, si è cercato di utilizzare come prima opzione con il cogeneratore per la domanda termica e di servirsi delle caldaie per coprire la

restante richiesta: le caldaie entrano in funzione infatti nei mesi più freddi in cui la richiesta di riscaldamento è maggiore.

La cumulata sull'intera stagione di riscaldamento si mostra nel grafico seguente.

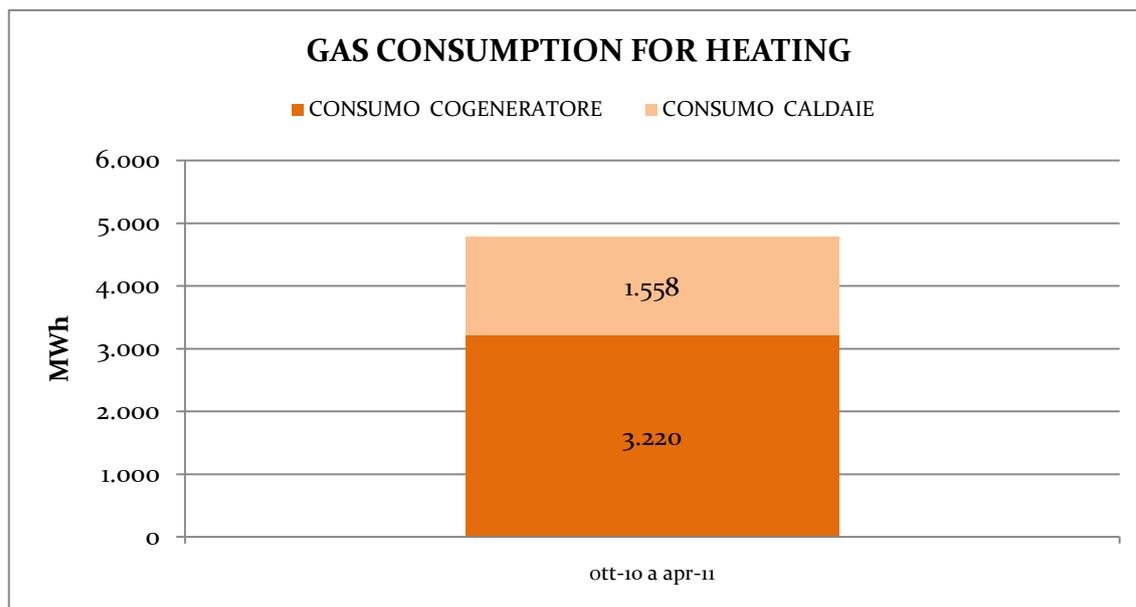


Figura I.7. 8 Ripartizione del consumo di gas per la stagione di riscaldamento 2010/2011.

Il 67% è la percentuale del consumo termico che viene coperto dal cogeneratore. Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh, per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

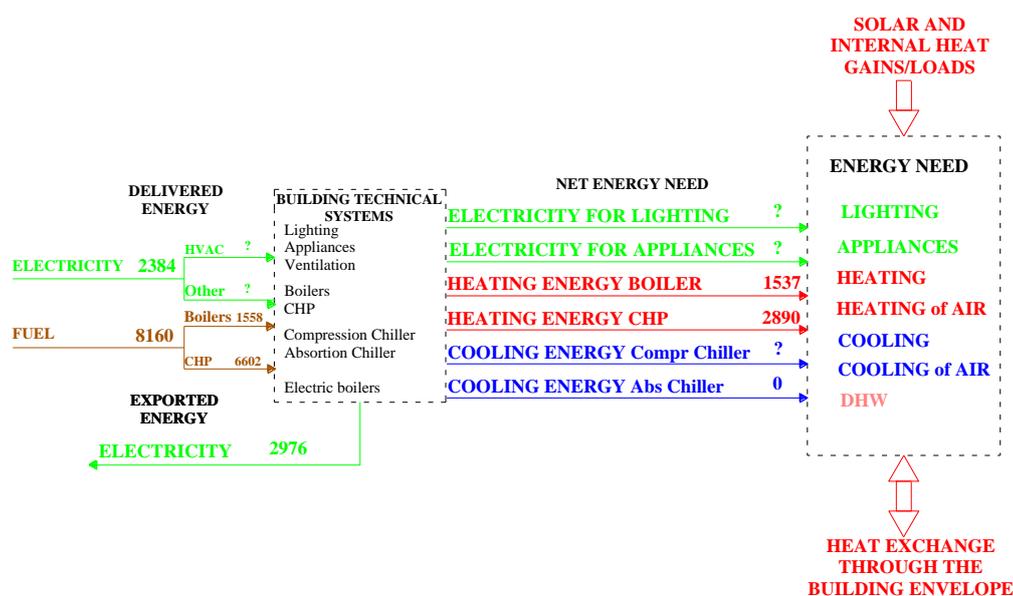


Figura I.7. 9 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Vista la presenza di un impianto di cogenerazione, vale la pena, esaminare il la sua attività vista la disponibilità dei dati.

Analizzando il periodo che finisce con aprile 2011 non compare l'uso trigenerativo dell'impianto come avviene nei mesi estivi successivi. La figura che segue, mostra la ripartizione di produzione dell'impianto in questione tra energia elettrica e calore.

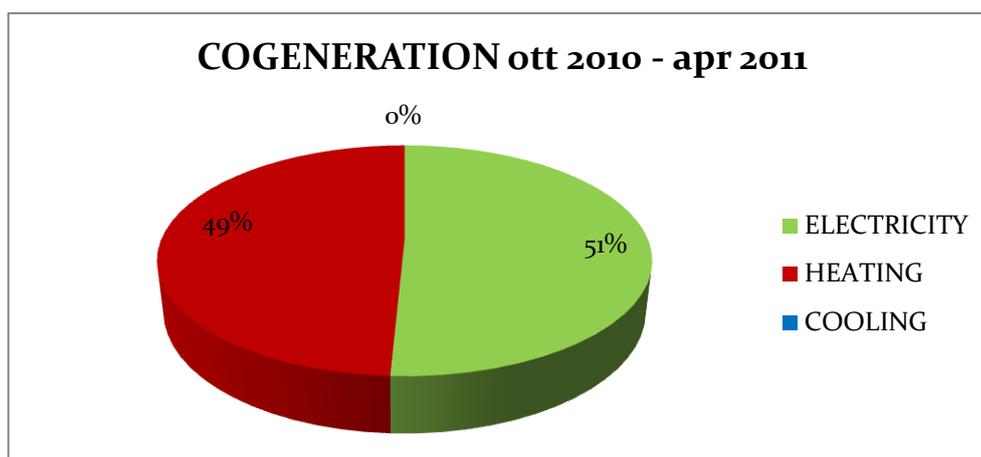


Figura I.7. 10 Ripartizione della produzione dell'impianto di cogenerazione di Palazzo Nuovo nella stagione di riscaldamento 2010/2011.

La figura che segue mostra la ripartizione della produzione elettrica e termica per ogni mese della stagione di riscaldamento 2010/2011.

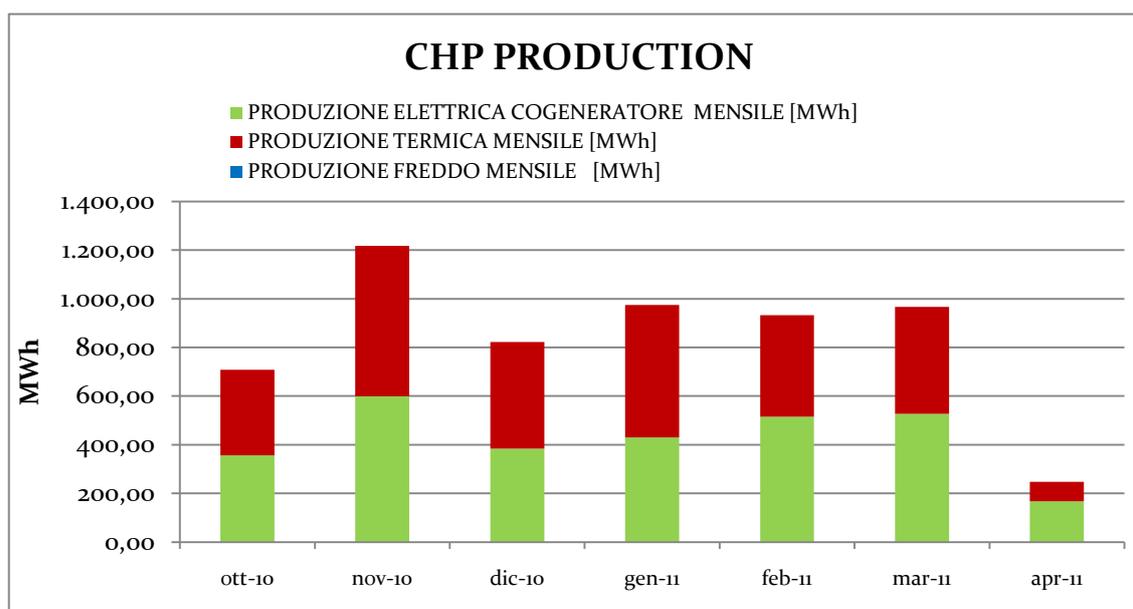


Figura I.7. 11 Ripartizione della produzione mensile dell'impianto di cogenerazione di Palazzo Nuovo per la stagione di riscaldamento 2010/2011.

Per la quasi totale dei mesi in questione la produzione totale del cogeneratore è stata piuttosto alta, con una percentuale più o meno paritaria tra energia elettrica e termica; il mese di aprile, vista la scarsità di richiesta termica, la produzione di calore dell'impianto è diminuita, ma per avere convenienza nello sfruttamento del cogeneratore anche la produzione elettrica è diminuita in questo mese.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

Mentre nel periodo 2009/2010 il costo è relativo semplicemente all'importazione dalla rete elettrica, nel periodo successivo, con l'ingresso del cogeneratore si deve effettuare un bilancio che tenga conto del costo del gas utilizzato per la produzione di energia elettrica e il guadagno ottenuto dalla sua vendita.

$$Costo_{EE,Palazzo\ Nuovo} = \sum_{i=1}^3 (Costo_{EE,Rete})_i + \sum (Costo_{NG,EE\ Cogeneratore}) - \sum_{i=1}^3 (Guadagno_{EE,Cogeneratore})_i^{21}$$

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	391759	9,75	52,23	2,61
2010/2011	496005	12,34	66,13	3,31

Palazzo Nuovo rappresenta una spesa elettrica rilevante in termini di €. Normalizzando tale dato sulla superficie il costo rientra nella media.

A causa della flessibilità del prezzo del gas e dell'energia elettrica sul mercato, in acquisto e in vendita, la diminuzione del consumo elettrico sul 2010/2011 ha comunque visto incrementarne il costo del 27%.

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, anche con una diminuzione del consumo del gas il suo costo è salito del 17%.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	335170	8,33	44,66	2,23
2010/2011	392218	10,38	55,63	2,78

Unendo i due singoli costi si ha un resoconto sul costo energetico complessivo: tra i due periodi il costo totale assoluto che ha dovuto sostenere l'Università per Palazzo nuovo è incrementato del 22% nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	726929	18,1	96,9	4,8
2010/2011	888223	22,1	118,4	6,1

²¹ Il pedice *i* è riferito alle fasce orarie in cui può cambiare il prezzo dell'energia elettrica, sia per l'acquisto, sia per la vendita.

Il grafico evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

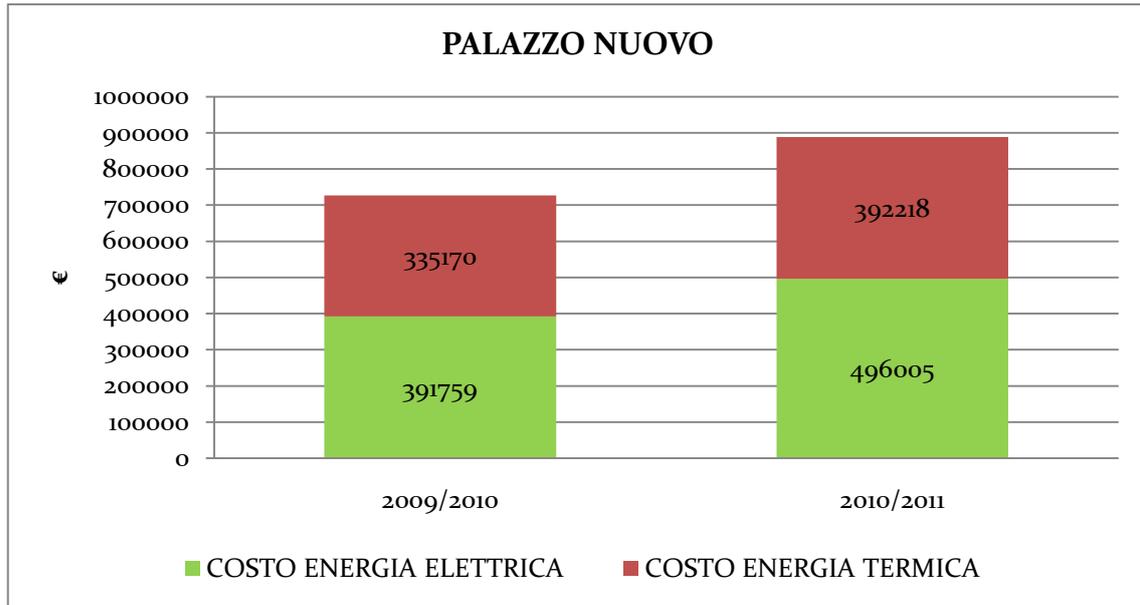


Figura I.7. 12 Parzializzazione dei costi energetici di Palazzo Nuovo.

Il costo globale è aumentato ma la ripartizione è rimasta invariata: 54% per il costo di energia elettrica e 46% per il costo di energia termica.

ANALISI AMBIENTALE

Per il primo anno 2009/2010 tutta l'energia elettrica è fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione, così il bilancio di energia primaria si può scrivere:

$$E_{P,EE,Palazzo\ Nuovo,2009/2010} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

Nel caso dell'anno successivo, invece, il termine di esportazione non è nullo ma ha un valore relativo alla produzione di energia elettrica dall'impianto di cogenerazione; il bilancio si scrive quindi:

$$E_{P,EE,Palazzo\ Nuovo,2010/2011} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete}) - \sum (E_{exp,cogeneratore} f_{P,exp,cogeneratore})$$

Per calcolare il termine di energia primaria di esportazione si è riportato i kWh_e del cogeneratore esportati in rete in m³ di gas metano e successivamente si è moltiplicato per il fattore $f_{P,exp,cogeneratore}$ 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	7960732	198,0	1061	53
2010/2011	2885608	71,8	385	19

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Palazzo\ Nuovo,2009/2010} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

$$m_{CO_2,EE,Palazzo\ Nuovo,2010/2011} = \sum (E_{del,Rete} K_{P,del,Rete}) - \sum (E_{exp,cogeneratore} K_{P,exp,cogeneratore})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

Come per l'energia primaria, si è riportata la quantità di energia elettrica venduta in rete in m³ equivalenti di gas metano e si è utilizzato il fattore di conversione $K_{del,NG}$ pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}, per ricavare i CO₂ equivalenti della termine di esportazione.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	1564	38,91	208,57	10,43
2010/2011	534	13,28	71,20	3,56

Grazie all'introduzione dell'impianto di cogenerazione e, quindi, all'esportazione in rete dell'energia elettrica prodotta in loco, si ha una forte diminuzione dell'impatto ambientale, sia in termini di energia primaria che di CO₂ equivalente (-64%).

L'energia termica è fornita tramite i generatori di calore e poi anche con il cogeneratore da ottobre 2010, tutti alimentati a gas metano, e senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Palazzo\ Nuovo} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	6252287	155	833	42
2010/2011	6497138	172	922	46

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Palazzo\ Nuovo} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,NG}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENT E ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	1273	31,65	169,66	8,48
2010/2011	1323	35,02	187,70	9,39

Visto un incremento del consumo di energia termica, si registra anche un aumento in termini di energia primaria e di CO₂ equivalente (11%) nel periodo successivo al 2009/2010.

I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente.

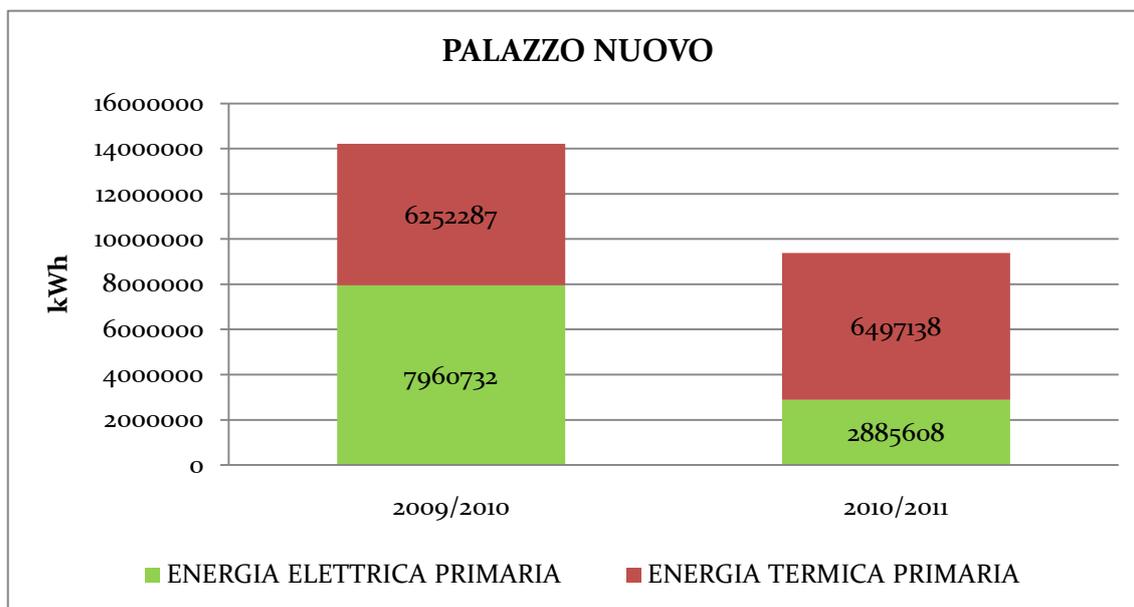


Figura I.7. 13 Parzializzazione dell'energia primaria di Palazzo Nuovo.

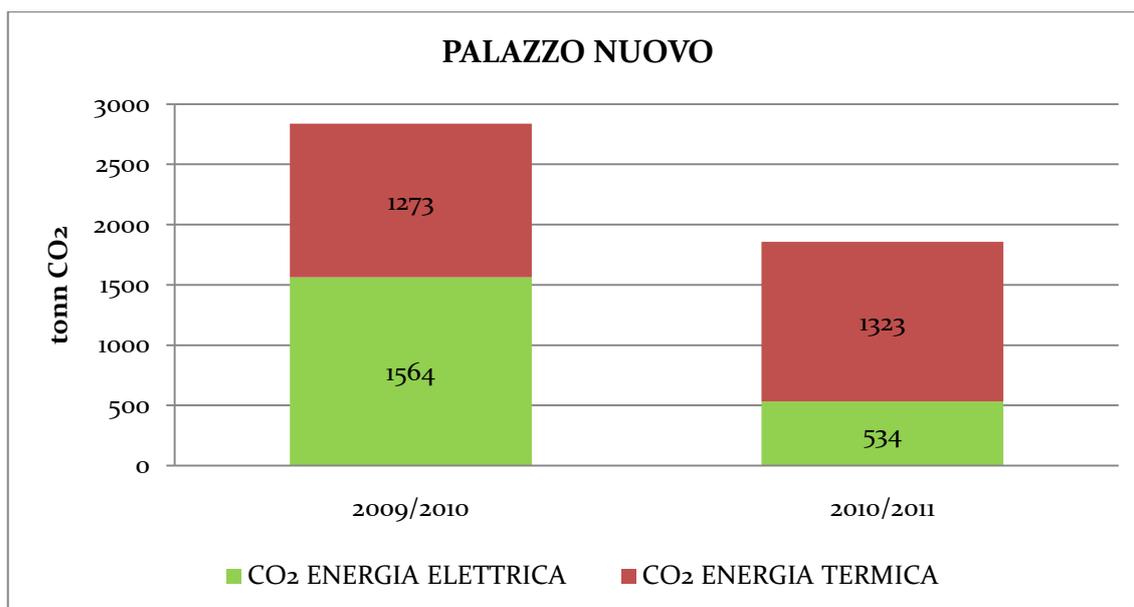


Figura I.7. 14 Parzializzazione della CO₂ equivalente di Palazzo Nuovo.

Mentre per il primo anno è l'energia elettrica che influisce in modo maggiore sull'impatto ambientale, con una percentuale di circa 55%, nel periodo successivo le cose si capovolgono: grazie alla produzione in loco di energia elettrica e sua esportazione, questa è responsabile solamente per il 27% sul totale.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	14213019	353	1894	95
2010/2011	9382746	244	1306	65

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	2838	70,6	378,2	18,9
2010/2011	1857	48,3	258,9	12,9

Concludendo, in generale si è ottenuto con l'introduzione dell'impianto di cogenerazione una riduzione sull'impatto ambientale del 31%.

I.8 FABBRICATO DI VIA GIURIA

L'immobile in questione è composto da diversi corpi di fabbrica delimitati dalle Vie Giuria (n. civico 15), Via Donizetti, Corso Massimo d'Azeglio (n. civico 52) e Via Michelangelo Buonarroti (n. civico 32).



Figura I.8. 1 Fabbricato di Via Giuria in Via Pietro Giuria n. 15 - Via Corso Massimo d'Azeglio n. 20, Torino (TO).

Storia

Fu nel 1876, quando esponenti del corpo Accademico richiamarono l'attenzione dell'opinione pubblica sulle pessime condizioni in cui versavano gli ambienti che ospitavano gli Istituti scientifici. Questo fatto indusse il Consiglio comunale e provinciale a creare un Consorzio per provvedere alle più urgenti contingenze ed ad imprimere impulso all'opera del Governo. Tale Consorzio iniziò la sua operatività nel febbraio del 1878 e l'Ateneo poté disporre di un primo intervento economico. Solo cinque anni più tardi si ebbe una svolta decisiva con l'incontro a Roma tra il Sindaco della Città di Torino, il Presidente della Provincia, il Rettore dell'Università ed il Ministro della Pubblica Amministrazione per sottoscrivere una nuova convenzione che doveva portare alla costruzione di quattro edifici:

Istituto di Anatomia normale, Patologia e Medicina Legale

Istituto di Chimica Generale e Farmaceutica

Istituto di Fisica e Igiene

Istituto di Fisiologia, Patologia generale e Materia Medica

La collocazione scelta fu quella tra i corsi Massimo d'Azeglio e Raffaello, precisamente sui quattro isolati situati ai due lati di quest'ultimo.

Nel gennaio 1884, la loro progettazione venne affidata al Cav. Leopoldo Mansueti del Genio Civile, che aveva già curato la realizzazione di simili costruzioni a Roma. Al fine di contenere i costi secondo l'indicazione governativa, i docenti concordarono di erigere solo quanto funzionalmente indispensabile ai fini istituzionali, lasciando, però, inalterata la superficie originariamente assegnata a ciascun edificio.

Nel secolo seguente, soprattutto intorno agli anni '60, alcuni edifici subirono notevoli trasformazioni ed anche in tempi più recenti si sono resi necessari interventi edili ed impiantistici, volti ad allocare Dipartimenti e uffici nel rispetto della normativa vigente in materia di sicurezza.

Caratteristiche generali

Oggi, il comprensorio ospita le seguenti strutture::

- Presidenza della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali;
- Presidenza della Facoltà di Farmacia
- Presidenza della Scuola di Dottorato in Scienza e Alta Tecnologia
- Dipartimento di anatomia, farmacologia e medicina legale
- Dipartimento di Medicina ed Oncologia Sperimentale
- Museo di Anatomia "Luigi Rolando"
- Museo della Frutta "Francesco Garnier Valletti".

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	10.000 m ²
Volumetria degli stabili	40.000 m ³
Numero dipendenti	circa 100
Numero studenti	circa 5000

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22 kV.

All'interno dell'edificio, al piano interrato, è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22 kV a 380 V.

Essa è equipaggiata con n. 1 trasformatore dalla potenza nominale di 400 kVA.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

All'interno dell'edificio si possono riconoscere due impianti di climatizzazione di tipo misto: uno che alimenta il Museo sul lato di Via Pietro Giuria n. 15 e l'altro la parte su Corso Massimo d'Azeglio n. 52.

Inoltre, per la foresteria del custode è presente un impianto termico dedicato:

n. 1 SIME Format 25BF per Foresteria

mentre, sul lato di Via M. Buonarroti è presente un eccesso di raffrescamento estivo attraverso

n. 1 Condizionatore Carrier 5 kW per T45 Centro Rete, Via Michelangelo n. 32

Museo - Lato Via Pietro Giuria n. 15

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da una centrale termica da 454 kW a gas metano da novembre 2006 e servono l'intero edificio:

n. 2 Gen. di calore a condensazione 454 kW per lato Via Giuria n. 15

Nel corso degli interventi di riqualificazione è stato installato un impianto di telegestione di marca TREND, al fine di controllare i parametri termici ed agire sui dispositivi di regolazione.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

L'impianto di raffrescamento è alimentato da una centrale frigorifera:

n. 1	GF	83 kW	per Museo Lombroso
------	----	-------	--------------------

L'aria climatizzata è fornita da diverse unità trattamento aria e ventilconvettori:

n. 1	UTA	2 kW	per Museo Lombroso
n. 13	Ventilconvettori	2,6 kW	per Museo Lombroso
n. 6	Ventilconvettori	1,2 kW	per Aula Magna

IMPIANTO DI ACS

Non è previsto un impianto centralizzato di acs per il museo, ma solo dei boiler elettrici nei servizi igienici.

Lato Corso Massimo d'Azeglio n. 52

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da una centrale termica da 454 kW a gas metano da novembre 2006 e servono l'intero edificio:

n. 2	Gen. di calore a condensazione	454 kW	per lato C.so M. d'Azeglio n. 52
------	--------------------------------	--------	----------------------------------

Nel corso degli interventi di riqualificazione è stato installato un impianto di telegestione di marca TREND, al fine di controllare i parametri termici ed agire sui dispositivi di regolazione.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

L'impianto di raffrescamento è alimentato da una centrale frigorifera:

n. 1	GF	10 kW	per Locali interrati: microscopia
------	----	-------	-----------------------------------

L'aria climatizzata è fornita da diverse unità trattamento aria e ventilconvettori:

n. 1	UTA	1,5 kW	per Locali interrati: microscopia
------	-----	--------	-----------------------------------

IMPIANTO DI ACS

Non è previsto un impianto centralizzato di acs, ma solo dei boiler elettrici nei servizi igienici.

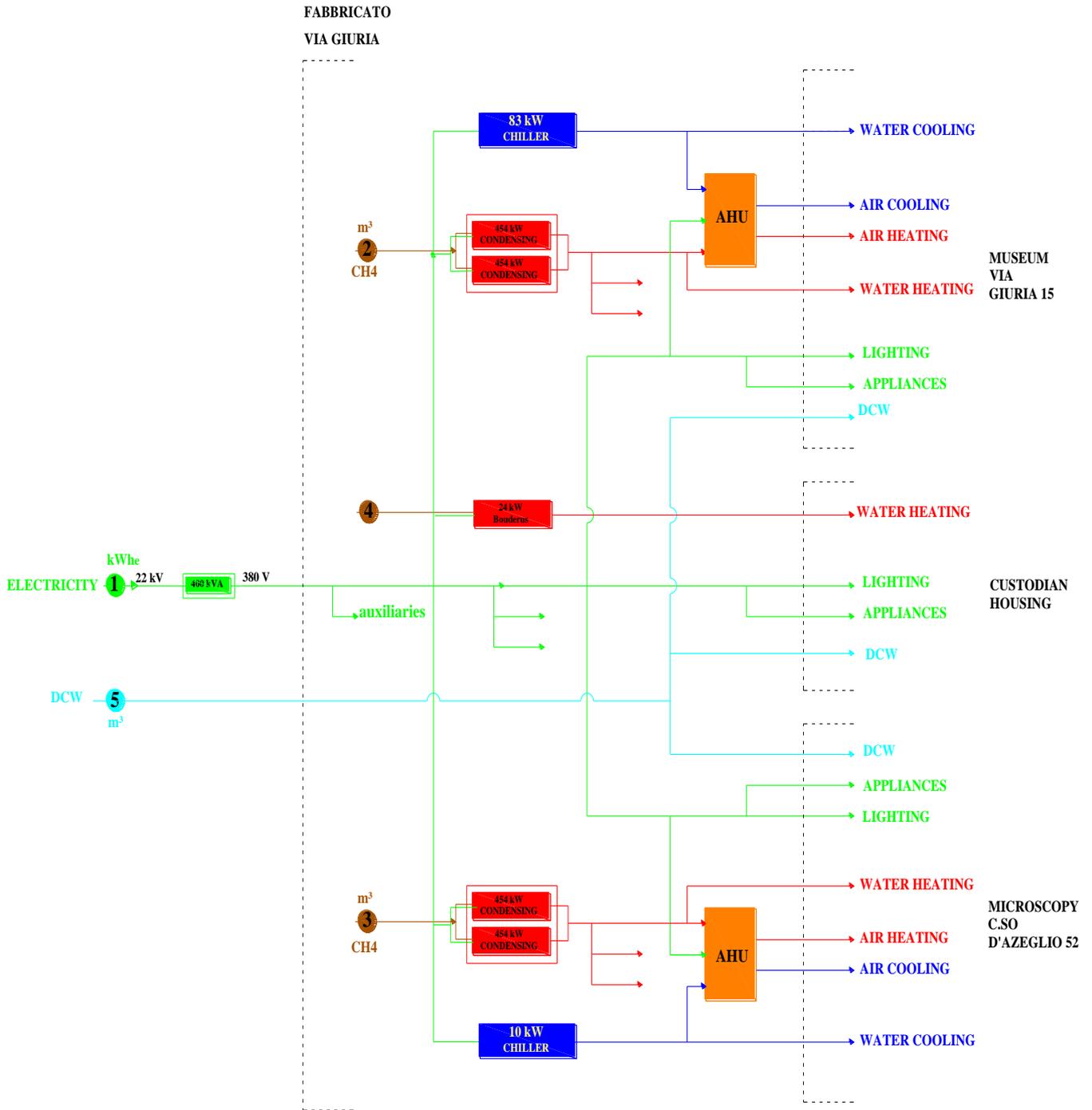


Figura I.8. 2 Schema impiantistico unifilare del Fabbricato di Via Giuria.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore, in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione; questo misura tutta l'elettricità del Fabbricato, per l'illuminazione, per le apparecchiature elettriche, per i gruppi frigoriferi, per i condizionatori, boiler per acs.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	490365	49,04	817,28	12,26
2010/2011	430672	43,07	717,79	10,77

Tra gli edifici in esame, il Fabbricato si trova a metà delle rispettive scale dei consumi elettrici assoluti e specifici, su superficie e su persona.

Tra i due periodi annuali si è registrato una diminuzione del consumo elettrico pari al 12%; nei grafici che seguono si può valutare le distribuzioni mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

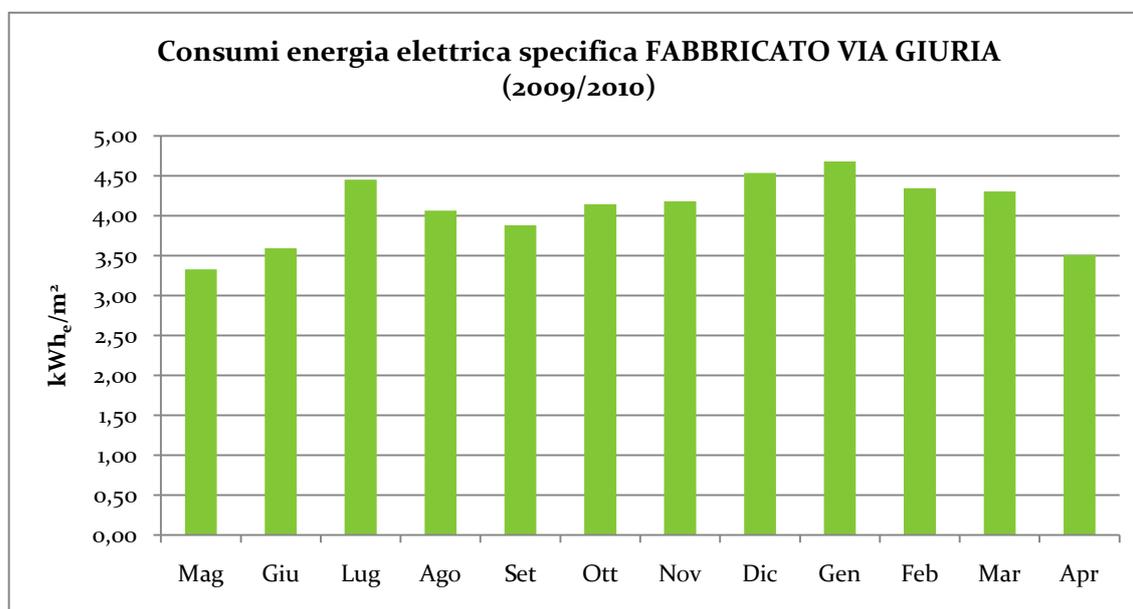


Figura I.8. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

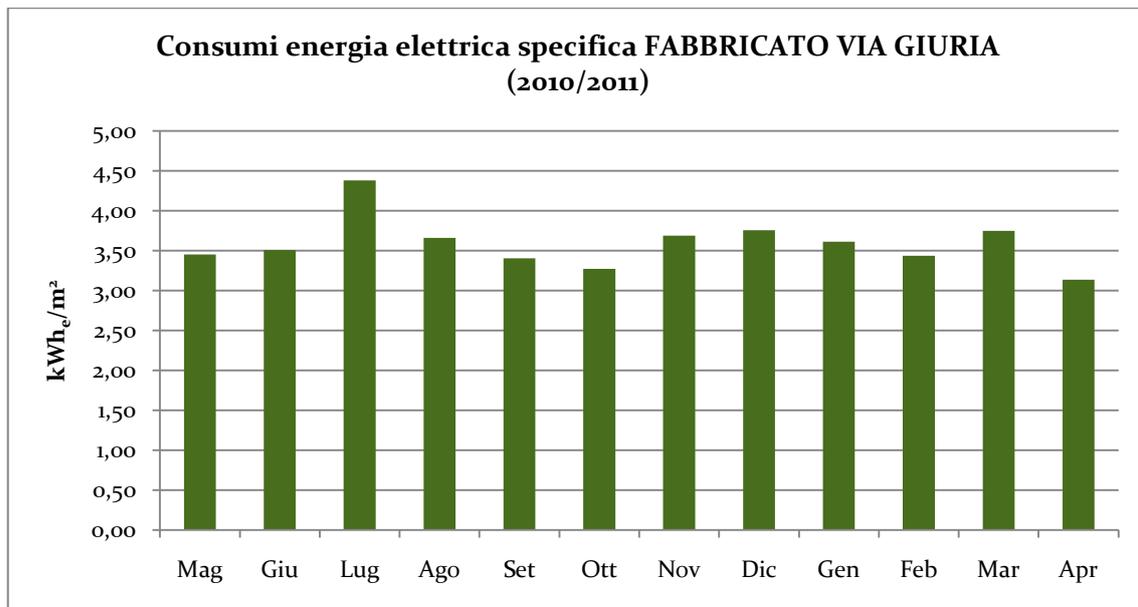


Figura I.8. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

In entrambi i periodi l'andamento è lo stesso, una sinusoide con le creste nei mesi di luglio, in cui la richiesta elettrica aumenta per fornire il condizionamento e in gennaio.

I mesi con la minore richiesta risultano aprile, maggio e ottobre, probabilmente per uno scarso afflusso di occupanti.

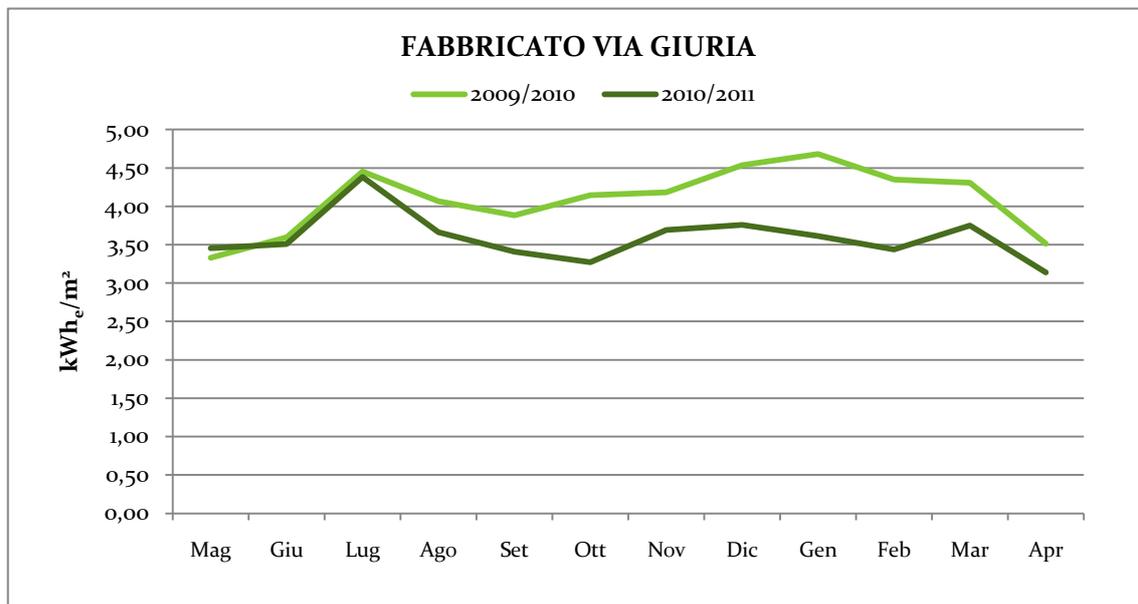


Figura I.8. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Nella figura sopra si manifesta lo stesso trend per i due archi temporali, con la diminuzione abbastanza costante da luglio nel periodo 2010/2011.

I consumi termici sono raccolti dai due contatori di gas a monte delle due centrali termiche per entrambi i lati del Fabbricato. I consumi delle piccole caldaie per le foresterie risultano nulli.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	983790	98,30	1638,40	24,58
2010/2011	980283	104,28	1738,08	26,07

Il consumo termico sul volume è inferiore alla media, mentre quello procapite è piuttosto elevato (1,5 volte superiore al valore medio).

Al primo sguardo, il consumo dell'energia termica assoluta è rimasto costante nei due anni, ma normalizzato sui Gradi Giorno si registra un incremento del 6%.

A rapporto con gli altri edifici campione il suo consumo assoluto non è elevato, ma standardizzato sulla volumetria diventa non trascurabile.

Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, come valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo ufficio.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

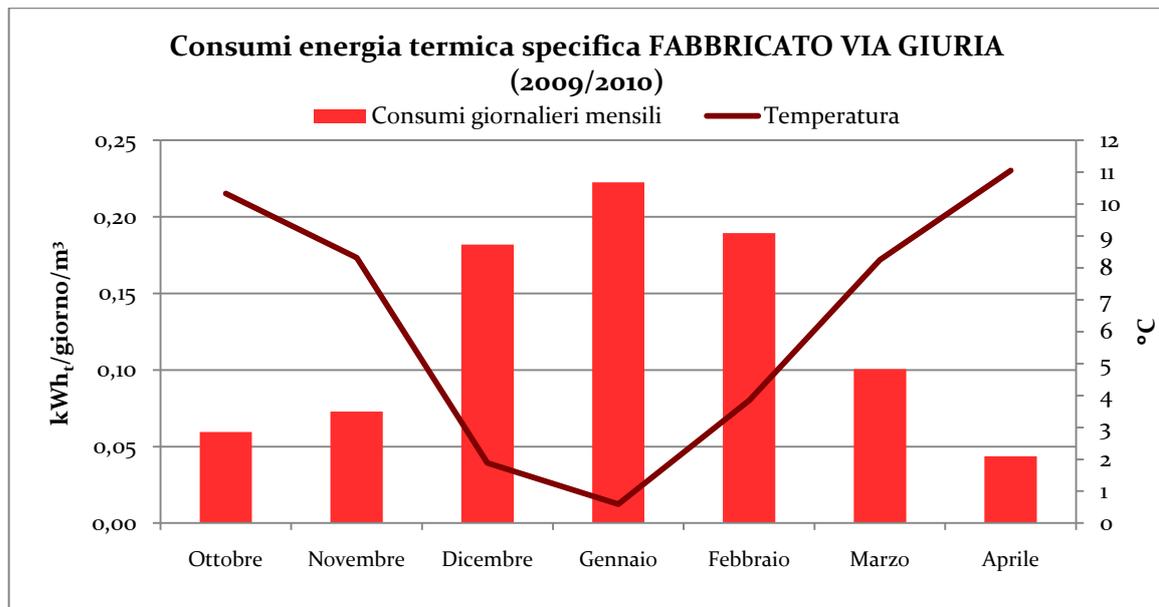


Figura I.8. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi. Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

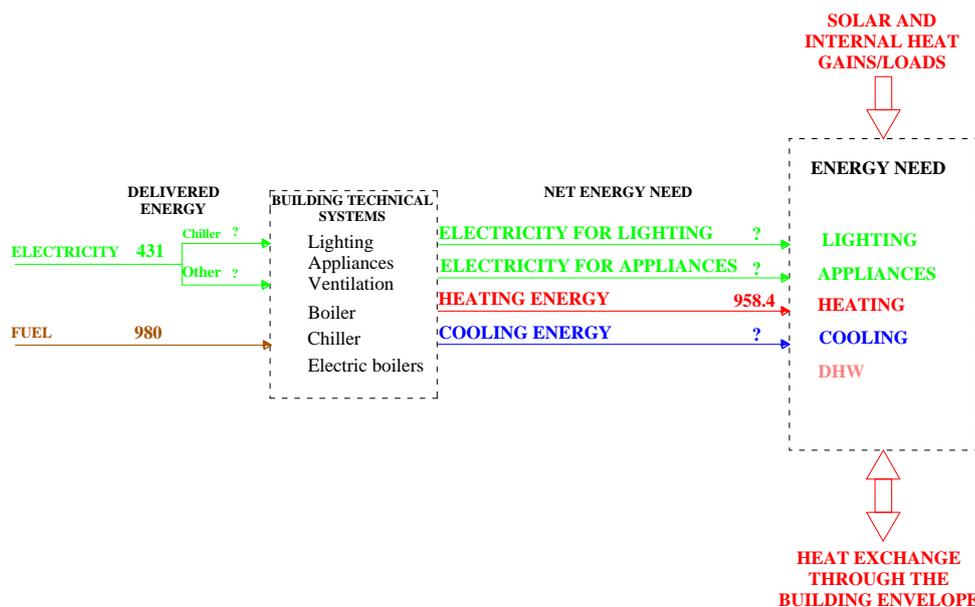


Figura I.8. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Dai dati del diagramma si deduce che il peso dell'elettricità sul consumo energetico totale è del 30%.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	77388	7,74	128,98	1,93
2010/2011	75131	7,51	125,22	1,88

Come per il consumo elettrico, anche il suo costo colloca il Fabbricato in posizione media nella scala degli edifici.

La diminuzione del 12% del consumo di energia elettrica ha prodotto una leggera diminuzione del suo costo, pari al 3%; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	71724	7,17	119,45	1,79
2010/2011	80482	8,56	142,70	2,14

Il costo termico procapite non è trascurabile; tra gli edifici in questione è il quarto, su persona, più costoso.

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, anche con uno stesso consumo di gas metano, il suo costo è incremento del 12%.

Aggregando i due singoli costi si ha una quadro sul costo energetico complessivo degli Istituti: il bilanciamento tra i due costi ha prodotto un incremento lieve del costo complessivo assoluto del 4%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	149112	14,9	248,5	3,7
2010/2011	155613	15,6	259,4	4,0

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

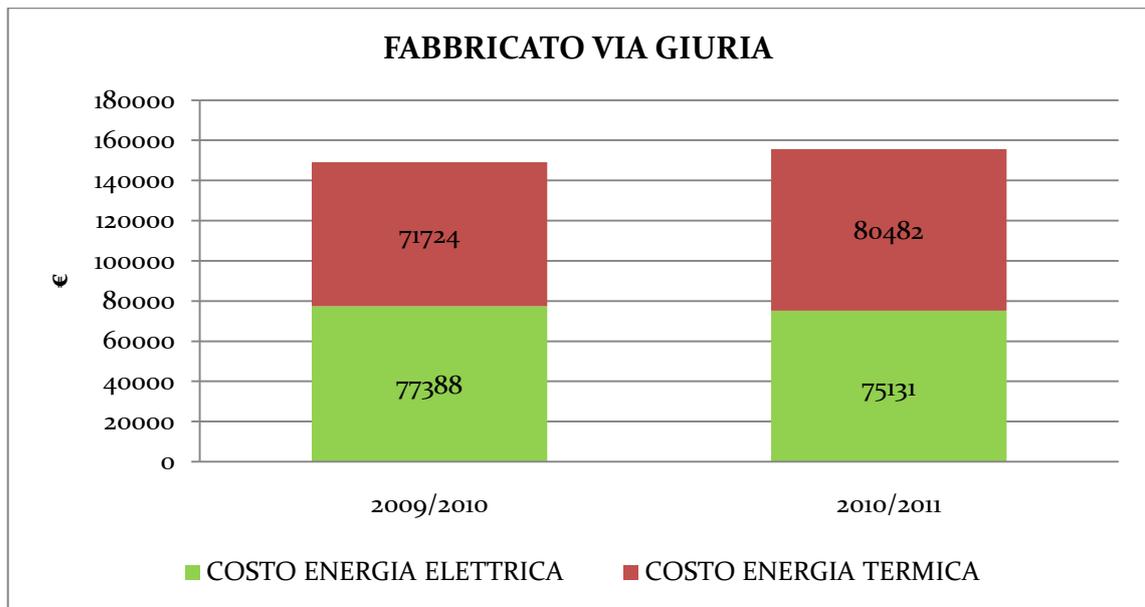


Figura I.8. 8 Parzializzazione dei costi energetici del Fabbricato di Via Giuria.

Come si può vedere dal grafico qui sopra, il costo energetico pesa poco di più verso quello elettrico di una percentuale attorno al 60% per entrambi i periodi annuali.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Fabbricato\ Via\ Giuria} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	1539746	154,0	2566	38
2010/2011	1352310	135,2	2254	34

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Fabbricato\ Via\ Giuria} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	302,6	30,26	504,26	7,56
2010/2011	266	26,57	442,87	6,64

Convertendo l'energia elettrica in termini ambientali, si registra una stessa diminuzione del suo consumo del 12% per l'energia primaria e per la CO₂ equivalente, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale e senza altre produzioni locali da altre fonti.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Fabbricato\ Via\ Gluria} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	1337954	134	2228	33
2010/2011	1333185	142	2364	35

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Fabbricato\ Via\ Gluria} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	273	27,23	453,84	6,81
2010/2011	272	28,89	481,45	7,22

Per l'energia termica si registra un incremento dell'energia primaria del 6% pari all'aumento della stessa energia termica.

I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente: essendo i bilanci analoghi con solo il fattore moltiplicativo differente, le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze.

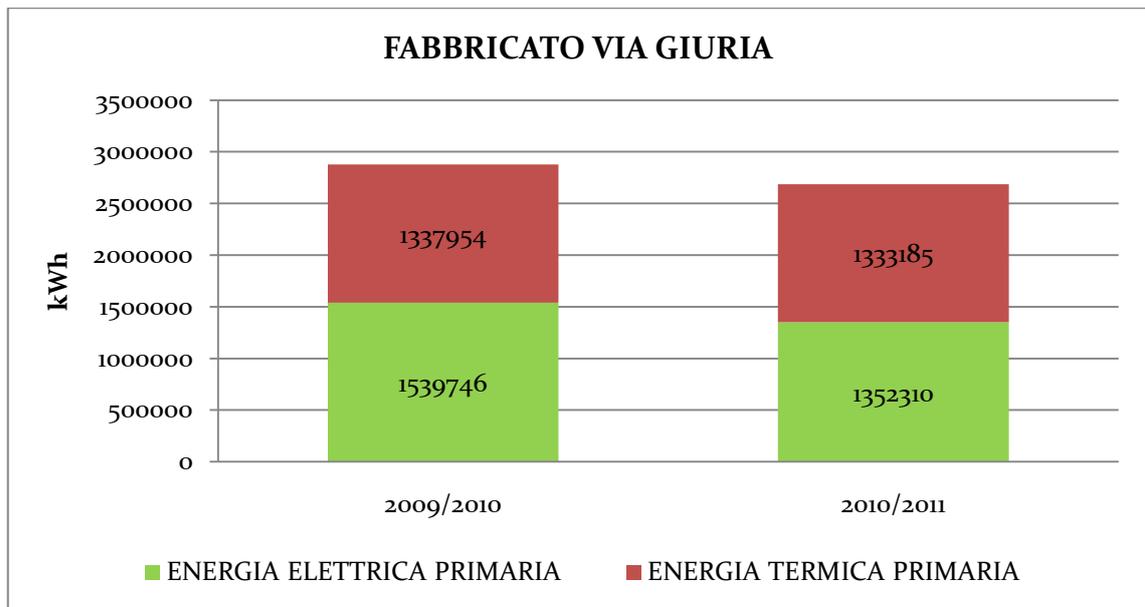


Figura I.8. 9 Parzializzazione dell'energia primaria del Fabbricato di Via Giuria.

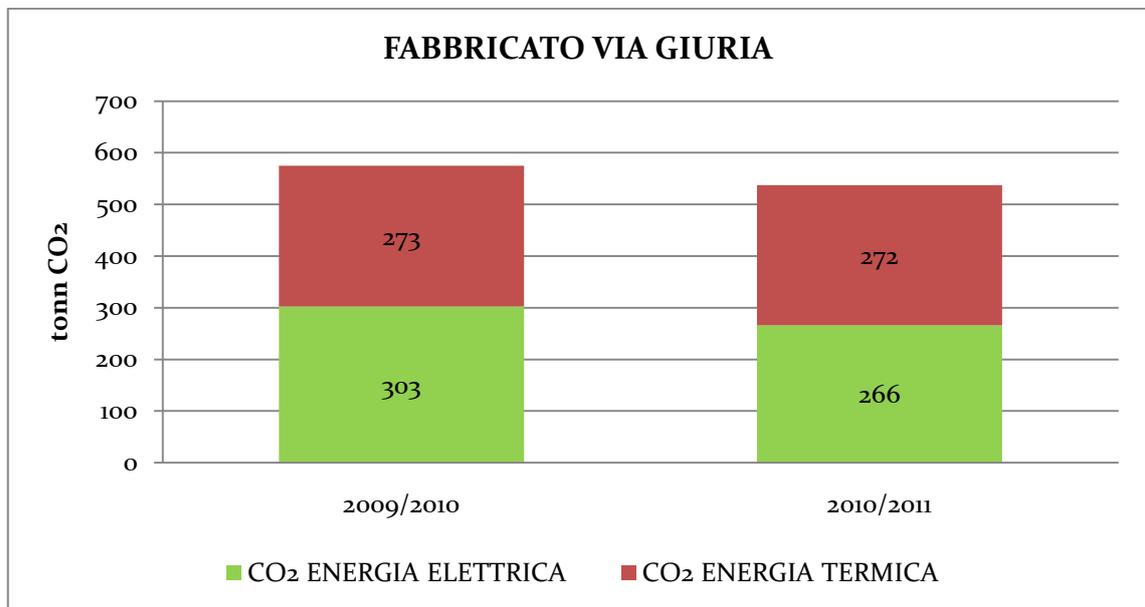


Figura I.8. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente del Fabbricato di Via Giuria.

I responsabili per l'impatto ambientale sono più o meno in egual misura sia l'energia termica che l'energia elettrica.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	2877700	288	4794	72
2010/2011	2685495	277	4618	69

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	575	57,5	958,1	14,4
2010/2011	537	55,5	924,3	13,9

In conclusione, in un'analisi globale ambientale, si è registrata una diminuzione del 3% sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente.

I.9 POLO SCIENTIFICO DI GRUGLIASCO

Il Polo Scientifico comprende le Facoltà di Agraria e Medicina Veterinaria. In particolare, la Facoltà di Agraria, che unisce i suoi cinque Dipartimenti, è sistemata nelle aree dell'ex Ospedale Psichiatrico, mentre la Facoltà di Medicina Veterinaria, con i suoi tre dipartimenti e un ospedale veterinario-didattico, occupa un complesso costituito da 9 fabbricati entrato in funzione attorno al 2000.



Figura I.9. 1 Polo Scientifico di Via Leonardo da Vinci n. 44, Grugliasco (TO).

Storia

Le Facoltà di Medicina Veterinaria e di Agraria furono istituite rispettivamente nel 1934 e nel 1935. In origine, le loro sedi erano situate nella Città di Torino, in Via Nizza 52 e Via Pietro Giuria 15, ma vista il forte incremento di studenti sono state trasferite a Grugliasco per costituire l'avamposto del Polo Scientifico, ambizioso progetto che a regime vedrà insediare anche le Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturale e Farmacia a formare un moderno "campus urbano".

Le nuove sedi delle Facoltà sono nate dal restauro e recupero funzionale, con la realizzazione delle nuove strutture, nel comprensorio degli ex Ospedali Psichiatrici.

L'aggregazione delle due realtà universitarie ha permesso di ottimizzare l'utilizzo di servizi di interesse comune, quali segreterie studenti, sale studio e la biblioteca centralizzata.

La Facoltà di Agraria si estende su 300.000 metri quadrati, con i suoi cinque Dipartimenti, le aule per didattica e ricerca, le serre e i tre centri sperimentali è una struttura all'avanguardia.

Nove fabbricati, 33 ettari di territorio, tre Dipartimenti, un ospedale veterinario didattico, servizi per l'utilizzazione e la protezione degli animali da esperimento ed un piccolo museo nel quale ha trovato spazio materiale scientifico di varia natura rappresentano la natura della Facoltà di Medicina Veterinaria.

Caratteristiche generali

Il Comprensorio è la sede delle Facoltà di Agraria, della Facoltà di Medicina Veterinaria e della Biblioteca Centralizzata delle due Facoltà.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2687
Superficie utile	80.000 m ²
Volumetria degli stabili	250.000 m ³
Numero dipendenti	3000
Numero studenti	circa 300

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22 kV.

All'interno dell'edificio, al piano interrato, è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22 kV a 380 V.

Essa è equipaggiata con n. 1 trasformatore dalla potenza nominale di 400 kVA.

Nel comprensorio sono presenti tre cabine

Facoltà di Medicina Veterinaria

All'interno dell'edificio, al piano interrato, è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22 kV a 380V. Essa è equipaggiata con n. 3 trasformatori dalla potenza nominale di 1600 kVA, di cui solo uno con funzione esclusiva di riserva.

In altro locale interrato è installato un gruppo elettrogeno, di potenza 1000 kVA, posto a servizio delle alimentazioni privilegiata dello stabile.

Facoltà di Agraria

All'interno dell'edificio sono presenti due cabine:

- la prima è una cabina di trasformazione MT/BT da 22 kV a 380V ed è al piano interrato. Essa è equipaggiata con n. 3 trasformatori dalla potenza nominale di 400 kVA, funzionanti in parallelo.
- la seconda cabina di trasformazione MT/BT da 22 kV a 380V è ubicata in un apposito prefabbricato esterno. Essa è dotata di n. 2 trasformatori dalla potenza nominale di 400 kVA, funzionanti in parallelo.

In altro locale interrato è installato un gruppo elettrogeno, di potenza 250 kVA, posto a servizio delle alimentazioni privilegiata dello stabile.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

All'interno dell'intero complesso scientifico si riconoscono diversi impianti di climatizzazione che servono le diverse palazzine; in particolare, si possono fare due distinzioni come già fatto per l'impianto elettrico: Facoltà di Medicina Veterinaria e Facoltà di Agraria.

Prima di procedere nella loro descrizioni si cita, inoltre, la presenza di impianti termici per gli alloggi dei custodi:

n.	1	Baltur Fida CA225 SE	per	Alloggio Custode
n.	1	Baltur Colibri 20SE	per	Alloggio Custode
n.	1	Bouderus GB112-29	per	Foresteria

e la presenza di impianti termici/raffrescamento per il Centro Incontro Studenti:

n.	1	Generatore di calore a condensazione				Centro incontro studenti
n.	1	DAIKIN tipo RXS60F	6,7	kW	per	Reception Centro Incontro Studenti

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è costituito da diverse sezioni:

- 2 sottostazioni²² di teleriscaldamento per la Facoltà di Medicina Veterinaria della potenza rispettivamente di 300 kW e 4000 kW, il cui calore è fornito dalla società NOVE di Grugliasco da dicembre 2007;
- generatori di calore alimentati a metano
 - n. 2 Generatori di calore per Facoltà di Med. Veterinaria
 - n. 1 Caldaietta per Stabulario - Palazzina verde
 - n. 1 Ferroli Pegasus F2 68 T matr. 9742L40330 per Stalla Contumaciale
 - n. 1 Ferroli Pegasus F2 251 T per Sala Chirurgica
- impianto di cogenerazione in comunione con la Facoltà di Agraria
 - n. 1 GRUPPO DI COGENERAZIONE A 1169 kW_e per per Facoltà di Med. Veterinaria e Agraria
 - n. 1 GAS - STONEPOWER2 1100 G 1159 kW_{th}

Il cogeneratore è entrato in funzione nel dicembre 2009 con la produzione di energia elettrica che viene venduta alla rete nazionale e di calore che viene auto consumata negli edifici. Solo nel maggio 2010 l'impianto si è trasformato in un sistema di trigenerazione, che permette l'utilizzo dell'energia termica anche nei periodi estivi: questa alimenta un gruppo frigorifero ad assorbimento per la produzione di acqua refrigerata per il condizionamento estivo.

È inoltre presente una piccola caldaia che alimenta il centro del ricovero animali.

- n. 1 Vaillant Eco blockplus VMW346/3-5 per Palazzina CISRA

Nel corso degli interventi di riqualificazione è stato installato un impianto di telegestione di marca TREND, al fine di controllare i parametri termici ed agire sui dispositivi di regolazione.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

L'impianto di raffrescamento è alimentato da una centrale frigorifera:

- n. 2 GF McQuay 2200 kW per Facoltà di Med. Veterinaria
- n. 1 GF Blue Box 50 kW per Ospedale Ricovero Animali
- n. 1 GF 10 kW per Facoltà di Med. Veterinaria
- n. 3 Condizionatori Microscopia 21 kW per Facoltà di Med. Veterinaria
- n. 1 GF Mariani Clima 95 kW per Stabulario Merighi
- n. 4 Split a cassetta Mitsubishi modello 14 kW per Ospedale Veterinario locale
- n. 1 GF Clivet 100 kW per Presidenza Facoltà di Med. Veterinaria ed Agraria

²² Le sottostazioni di scambio termico sono del tipo a scambio "indiretto" ossia con interposizione di scambiatore tra il circuito primario (rete di distribuzione) e circuito secondario (circuito dell'utente). A bordo della sottocentrale, oltre allo scambiatore, vi sono i relativi equipaggiamenti per la regolazione, la sicurezza e la misura.

L'aria climatizzata è fornita da diverse unità trattamento aria e ventilconvettori:

n.	1	UTA 1 - Covenco portata 3700 mc/h	2,2 kW	per	Fabbr. 2b Atrio Generale
n.	1	UTA 2 - Covenco portata 8800 mc/h	5,5 kW	per	Fabbr. 4a Palazzina Rossa Dip. Morfofisiologia
n.	1	UTA 3 - Covenco portata 17600 mc/h	9 kW	per	Fabbr. 4a Palazzina Rossa Dip. Morfofisiologia
n.	1	UTA 4 - Covenco portata 12400 mc/h mod. TZL450R	11 kW	per	Fabbr. 2a Palazzina Blu Dip. di Produzioni Animali
n.	1	UTA 5 - Covenco portata 28400 mc/h mod. TZL630R	15 kW	per	Fabbr. 2a Palazzina Blu Dip. di Produzioni Animali
n.	1	UTA 6 - Covenco portata 10700 mc/h	5,5 kW	per	Fabbr. 3d Palazzina Gialla Dip. di Patologia Animale
n.	1	UTA 7 - Covenco portata 16700 mc/h	9 kW	per	Fabbr. 3d Palazzina Gialla Dip. di Patologia Animale
n.	1	UTA 8 - Covenco portata 10500 mc/h	5,5 kW	per	Fabbr. 3d Palazzina Gialla Dip. di Patologia Animale
n.	1	UTA 9 - Covenco portata 20000 mc/h mod. TLZ560R	11 kW	per	Fabbr. 4b Palazzina Lilla Centro didattico di Veterinaria
n.	1	UTA 10 - Covenco portata 13900 mc/h mod. TLZ450R	7,5 kW	per	Fabbr. 4b Palazzina Lilla Centro didattico di Veterinaria
n.	1	UTA 11 - Covenco portata 10500 mc/h mod.105	5,5 kW	per	Fabbr. 3c Palazzina Verde Ambulatorio Ospedale Veterinario
n.	1	UTA 12 - Covenco portata 7700 mc/h mod.76	4 kW	per	Fabbr. 3c Palazzina Verde Ospedale Veterinario
n.	1	UTA 13 - Covenco portata 12300 mc/h mod.119	7,5 kW	per	Fabbr. 3b Palazzina Verde Ospedale Veterinario Aula a gradoni e Aula Micheletto
n.	1	UTA 14 - Covenco portata 11650 mc/h mod.115	9 kW	per	Fabbr. 3b Palazzina Verde Ospedale Veterinario Sale Operatorie
n.	1	UTA 15 - Covenco portata 11600 mc/h mod.116	9 kW	per	Fabbr. 3b Palazzina Verde Ospedale Veterinario Sale Operatorie
n.	1	Ventilatori Estrazione - Covenco Vr 4 (2,2 Kw) + Vr 5 (7,5 Kw)	9,7 kW	per	Fabbr. 2a Palazzina Blu Dip. di Produzioni Animali
n.	1	Ventilatori Estrazione - Covenco Vr 12 e 18 (1,5 Kw) + Vr 13 -14-15 (3 Kw) + Vr 16 e 19 (0,55 Kw)	13 kW	per	Fabbr. 3abc Palazzina Verde Ospedale Veterinario
n.	1	Ventilatore Estrazione - Covenco Vr 1 (0,37 Kw)	0,37 kW	per	Fabbr. 2b Atrio Generale
n.	1	Ventilatori Estrazione - Covenco Vr 6 e 9 (2,2 Kw) + Vr 7 (5,5 Kw) + Vr 8 (0,55 Kw)	8,75 kW	per	Fabbr. 3d Palazzina Gialla Dip. di Patologia Animale
n.	1	Ventilatori Estrazione - Covenco Vr 10 (5,5 Kw) + Vr 11 (3 Kw)	8,5 kW	per	Fabbr. 4b Palazzina Lilla Centro didattico di Veterinaria
n.	1	Ventilatori Estrazione - Covenco Vr 2 (1,5 Kw) + Vr 3 (2 Kw)	4,5 kW	per	Fabbr. 4a Palazzina Rossa Dip. Morfofisiologia
n.	120	Mobiletti	24 kW	per	Facoltà di Medicina Veterinaria
n.	3	Armadi Mensa	12 kW	per	Facoltà di Med.Veterinaria - Agraria
n.	15	Ventilconvettori Aule 9-10-11-12	2,25 kW	per	Facoltà di Med.Veterinaria
n.	1	Uta	6 kW	per	Stabulario Merighi
n.	9	Ventilconvettori	1,5 kW	per	Biblioteca Alberghetto
n.	1	UTA piano primo interrato deposito archivi	0,55 kW	per	Biblioteca Alberghetto

n.	21	Ventil Sabiana PIANO TERRA E PRIMO	3,15 kW	per	Ospedale Degenza + ambulatori
n.	53	PALAZZINA Rossa ventilconvettori	10,6 kW	per	Dip. Morfologia
n.	1	Ventil locale 1820	0,15 kW	per	Palazzina blu
n.	1	recuperatore di calore Lossnay Mitsubishi LGH-50RX4	0,26 kW	per	Ospedale Veterinario locale TAC p.t.
n.	2	ventilconvettori Maccarrone stanza 1323 piano terra	0,3 kW	per	Palazzina blu
n.	1	Uta Airfan 1200 mc/h	0,55 kW	per	Ospedale Veterinario locali ricovero animali infettivi PT

IMPIANTO DI ACS

Non è previsto un impianto centralizzato di acs, ma solo dei boiler elettrici nei servizi igienici.

Facoltà di Agraria

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è costituito da diverse sezioni:

- 2 sottostazioni di teleriscaldamento per la Facoltà di Agraria della potenza rispettivamente di 300 kW e 4000 kW, il cui calore è fornito dalla società NOVE di Grugliasco;
- generatori di calore alimentati a metano

n.	2	Riello RTQ 300		per	Serra 7 Agroinnova + Capannone lab. Agraria
----	---	----------------	--	-----	---

- impianto di cogenerazione in comunione con la Facoltà di Medicina Veterinaria

n.	1	GRUPPO DI COGENERAZIONE A GAS - STONEPOWER ₂ 1100 G	1169 kW _e 1159 kW _t	per	Facoltà di Med. Veterinaria e Agraria
----	---	--	--	-----	---------------------------------------

Il cogeneratore è entrato in funzione nel dicembre 2009 con la produzione di energia elettrica che viene venduta alla rete nazionale e di calore che viene auto consumata negli edifici. Solo nel maggio 2010 l'impianto si è trasformato in un sistema di trigenerazione, che permette l'utilizzo dell'energia termica anche nei periodi estivi: questa alimenta un gruppo frigorifero ad assorbimento per la produzione di acqua refrigerata per il condizionamento estivo.

Sono inoltre presenti delle piccole caldaie che alimentano le serre del complesso agrario:

n.	1	Omnia Termo air 25		per	Serra 1 Patologia DIVAPRA
n.	1	Pankeros GC29		per	Serra 2 cella 1 Patologia DIVAPRA
n.	1	Pankeros GC29		per	serra 2 cella 2 Patologia DIVAPRA
n.	1	Pankeros GC29		per	Serra 3 cella 1 Patologia DIVAPRA
n.	1	Pankeros GC29		per	Serra 3 Cella 2 Patologia DIVAPRA

n. 1	Pankeros GC29	per	Serra 4 cella 1 Patologia DIVAPRA
n. 1	Pankeros GC29	per	Serra 4 cella 2 Patologia DIVAPRA
n. 1	Pankeros GC29	per	Serra 4 cella 3 Patologia DIVAPRA
n. 1	Pankeros GC29	per	Serra 5 cella 1 Patologia DIVAPRA
n. 1	Pankeros GC29	per	Serra 5 cella 2 Patologia DIVAPRA
n. 1	Pankeros GC29	per	Serra 5 cella 3 Patologia DIVAPRA
n. 1	BIEMMEDUE BMP 20 B	per	Serra 7 cella 1 Agroinnova
n. 1	BIEMMEDUE BMP 20 B	per	Serra 7 cella 2 Agroinnova
n. 1	BIEMMEDUE BMP 20 B	per	Serra 7 cella 3 Agroinnova
n. 1	BIEMMEDUE BMP 20 B	per	Serra 7 cella 4 Agroinnova
n. 1	BIEMMEDUE BMP 20 B	per	Serra 7 cella 5 Agroinnova
n. 1	BIEMMEDUE BMP 20 B	per	Serra 7 cella 6 Agroinnova
n. 1	BIEMMEDUE BMP 20 B	per	Serra 7 cella 7 Agroinnova
n. 1	BIEMMEDUE BMP 20 B	per	Serra 7 cella 8 Agroinnova

Nel corso degli interventi di riqualificazione è stato installato un impianto di telegestione di marca TREND, al fine di controllare i parametri termici ed agire sui dispositivi di regolazione.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

L'impianto di raffrescamento è alimentato da una centrale frigorifera:

n. 2	Condizionatore Aermec I101 + Condizionatore ecoflam collection	7 kW	per	DIVAPRA Facoltà di Agraria
n. 1	GF Clivet	100 kW	per	Presidenza Facoltà di Medicina Veterinaria ed Agraria

L'aria climatizzata è fornita da diverse unità trattamento aria e ventilconvettori:

n. 1	UTA	1,5 kW	per	Laboratorio Botta piano interrato Agraria
n. 3	UTA	15 kW	per	Palazzina Presidenze di Agraria e Veterinaria

In un primo tempo, gli edifici della Facoltà di Medicina Veterinaria e Agraria erano serviti solamente dalle caldaie a gas metano, successivamente, con la pianificazione della rete di teleriscaldamento di Grugliasco e l'estensione anche al polo scientifico di UniTo, le caldaie fornivano solo un'integrazione alla richiesta. Con la predisposizione di un piano per la riqualificazione energetica, si è deciso di installare anche un impianto di cogenerazione, poi trasformato in trigenerazione: l'impianto di teleriscaldamento che alimentava gli stabili UniTo venne chiuso nell'aprile 2010 su richiesta dell'Università e il calore da quel momento venne fornito dall'impianto cogenerativo e dalle caldaie.

IMPIANTO DI ACS

Non è previsto un impianto centralizzato di acs, ma solo dei boiler elettrici nei servizi igienici.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dal contatore in MT a monte delle cabine elettriche di trasformazione: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, gruppi frigoriferi, condizionatori, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	4680527	58,51	1418,34	18,72
2010/2011	5172912	64,66	1567,55	20,69

Nonostante il Polo Scientifico sia il più grande consumatore in termini di kWh_e, in un'analisi specifica si ha un dato di kWh_e/m² nella media degli edifici in diagnosi. Il consumo procapite non è dei più bassi, anzi super il consumo medio di 1.6 volte.

Inoltre, il consumo elettrico assoluto è incrementato dell'11% nei due anni e a confronto con gli altri edifici è il più grande consumatore.

La grande strumentazione tecnologica utilizzata per materie scientifiche e gli svariati singoli impianti split e di ventilazione in esso presenti sono delle cause possibili dell'ingente quantità di energia richiesta.

Nei grafici che seguono si può valutare le distribuzioni dei consumi mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

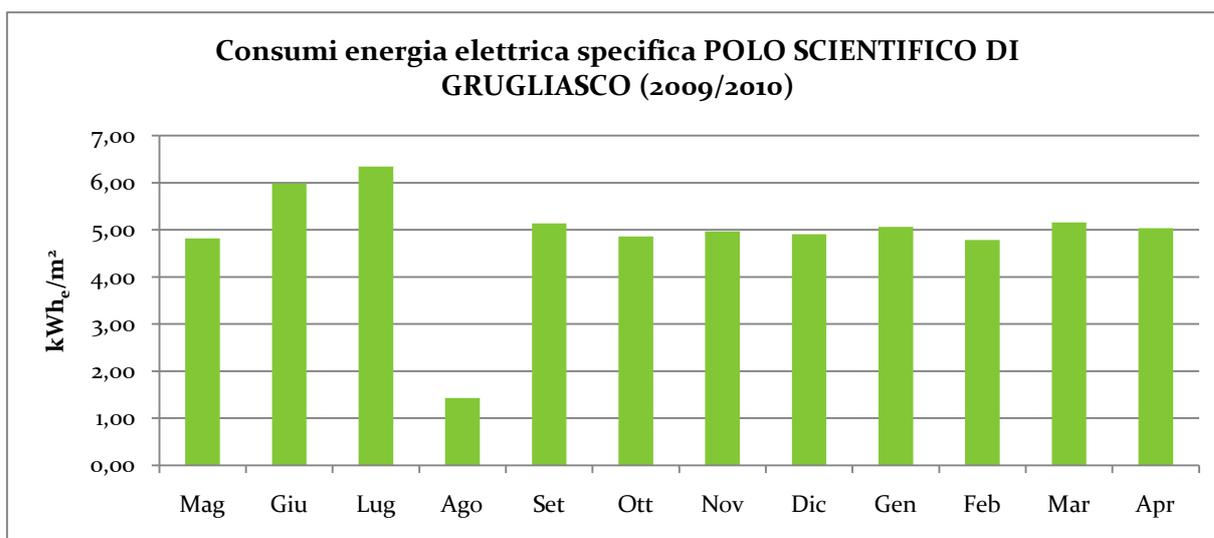


Figura I.9. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

Nel periodo 2009/2010 i consumi si mantengono pressoché costanti nei mesi autunnali e invernali, diverso è il caso di quelli estivi. Si è registrato un maggior consumo in giugno e luglio, probabilmente dovuto al condizionamento estivo, mentre in agosto il consumo è rimasto molto basso, probabilmente per la chiusura di alcuni locali per sospensione di attività didattica.

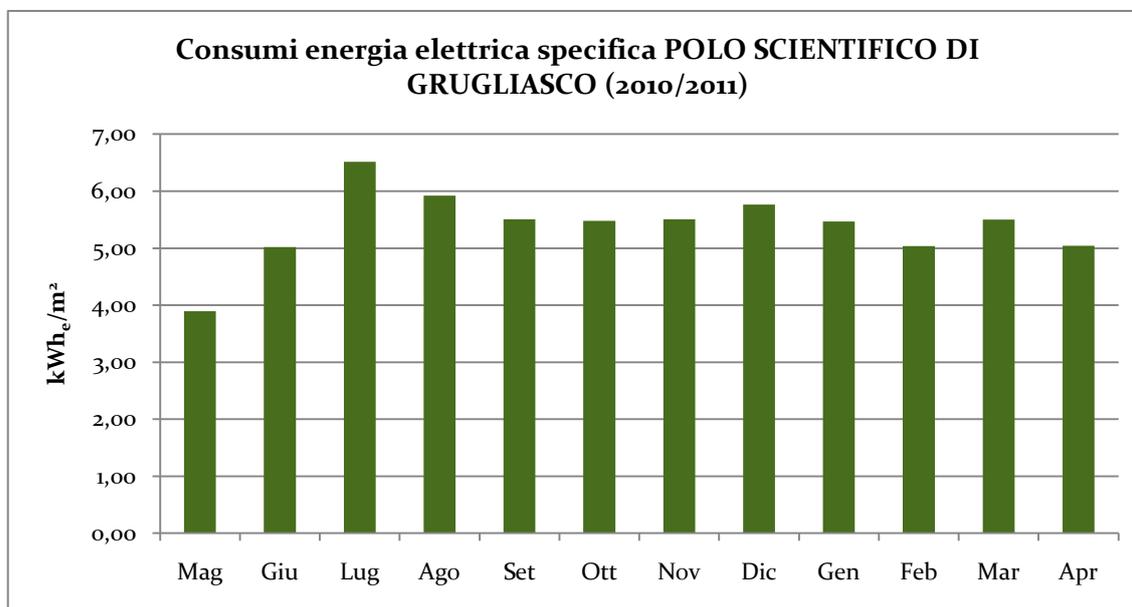


Figura I.9. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

Nel periodo 2010/2011, invece, i consumi mensili non mostrano grosse differenze, se non per un piccolo picco in luglio probabilmente per un uso maggiore degli impianti di raffrescamento.

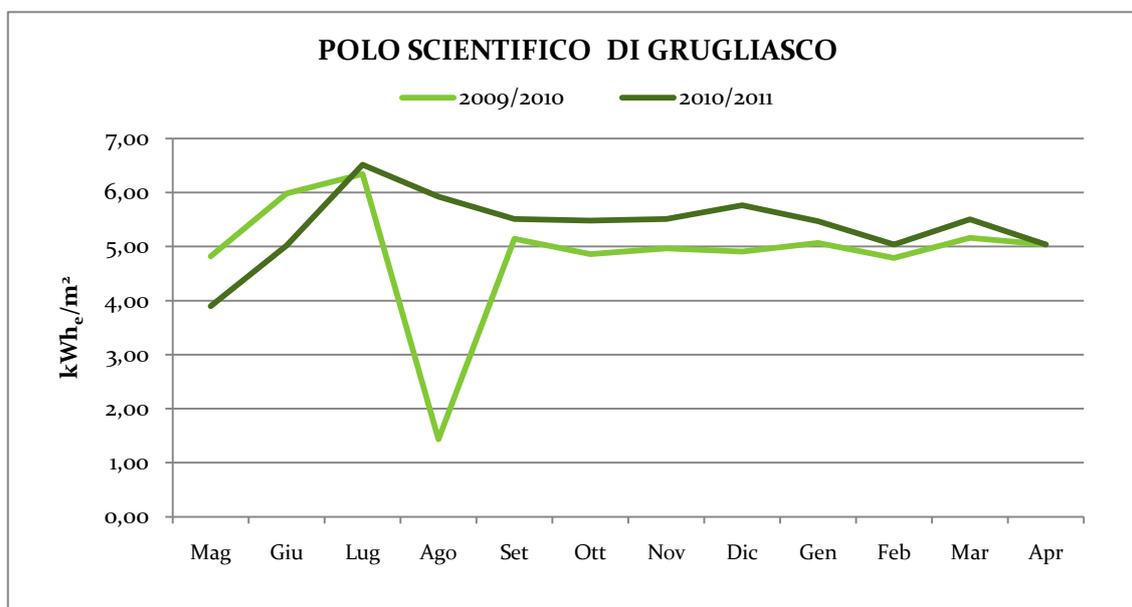


Figura I.9. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Nella figura sopra viene mostrato il trend nei due anni a confronto. La diminuzione dei consumi in agosto 2009 è evidente, mentre da settembre l'andamento è simile con un consumo leggermente maggiore per l'anno 2010/2011.

Per quanto riguarda i consumi termici, al Polo Scientifico sono diverse le fonti che è necessario conteggiare.

Per il periodo 2009/2010 le fonti di riscaldamento sono state:

- teleriscaldamento
- caldaie tradizionali
- cogeneratore a partire da febbraio 2010.

Per il periodo 2010/2011 le fonti di riscaldamento sono state:

- caldaie tradizionali
- cogeneratore.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	6 ottobre – 21 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2688
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre – 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	6730580	77,73	1884,36	24,87
2010/2011	6053851	82,66	2003,78	26,45

Il consumo termico su m³ è al di sotto della media degli edifici, mentre quello procapite colloca l'edificio alla terza posizione nella scala dei ventuno edifici.

In una prima panoramica, il consumo dell'energia termica assoluto è diminuito del 10%, ma osservando il consumo specifico e normalizzato sulla temperatura c'è un incremento del 6%. Inoltre, il consumo specifico non è dei più bassi se rapportato agli edifici in analisi. Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, come valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo ufficio.

Per mostrare il trend di consumo termico, si riporta nel grafico che segue il consumo mensile sulla prima stagione di riscaldamento.

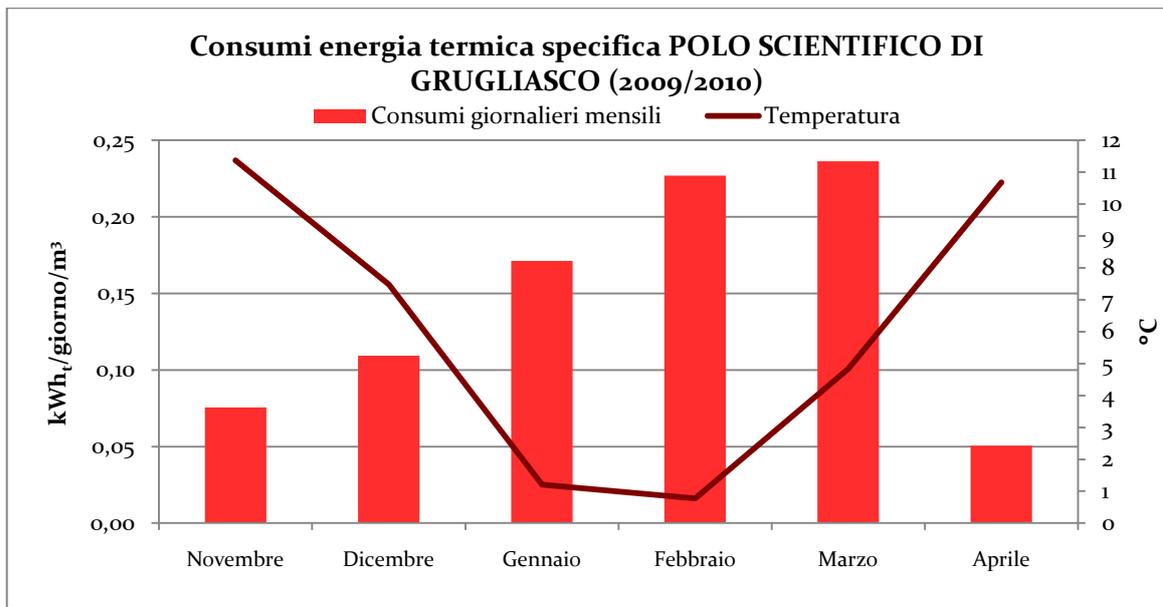


Figura I.9. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Il periodo di riscaldamento 2009/2010 è iniziato il 6 ottobre ed è terminato il 21 aprile: il grafico sopra mostra il consumo specifico su m³ ogni trentacinque giorni circa.

Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta, anche se non c'è una stretta correlazione: marzo mostra un consumo maggiore rispetto a gennaio, nonostante la temperatura media registrata sia maggiore di qualche grado. Certo, un'analisi di primo livello come questa non permette di capirne le ragioni.

I consumi termici mensili sopra evidenziati si ripartiscono tra teleriscaldamento, cogeneratore e caldaie; la loro frammentazione è evidenziata nel diagramma che segue.

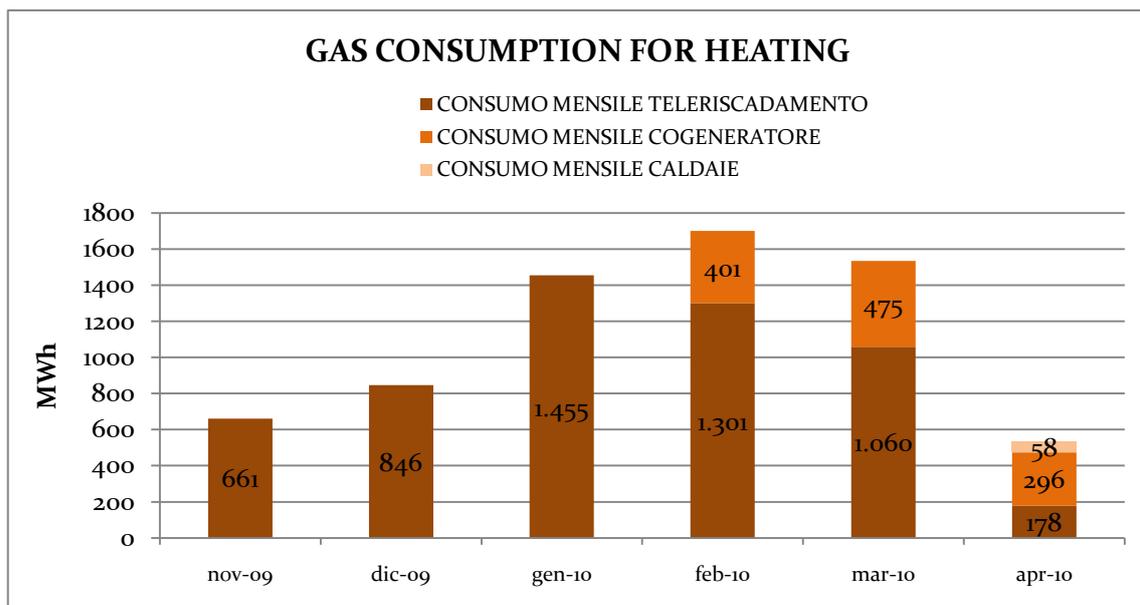


Figura I.9. 7 Ripartizione mensile del consumo di gas per la stagione di riscaldamento 2009/2010.

Il teleriscaldamento copre la parte maggiore della richiesta termica. A febbraio entra in funzione l'impianto di cogenerazione che copre una parte della domanda facendo ridurre il consumo da teleriscaldamento; solo ad aprile compare un piccolo consumo delle caldaie a gas.

La cumulata sull'intera stagione di riscaldamento si mostra nel grafico seguente.

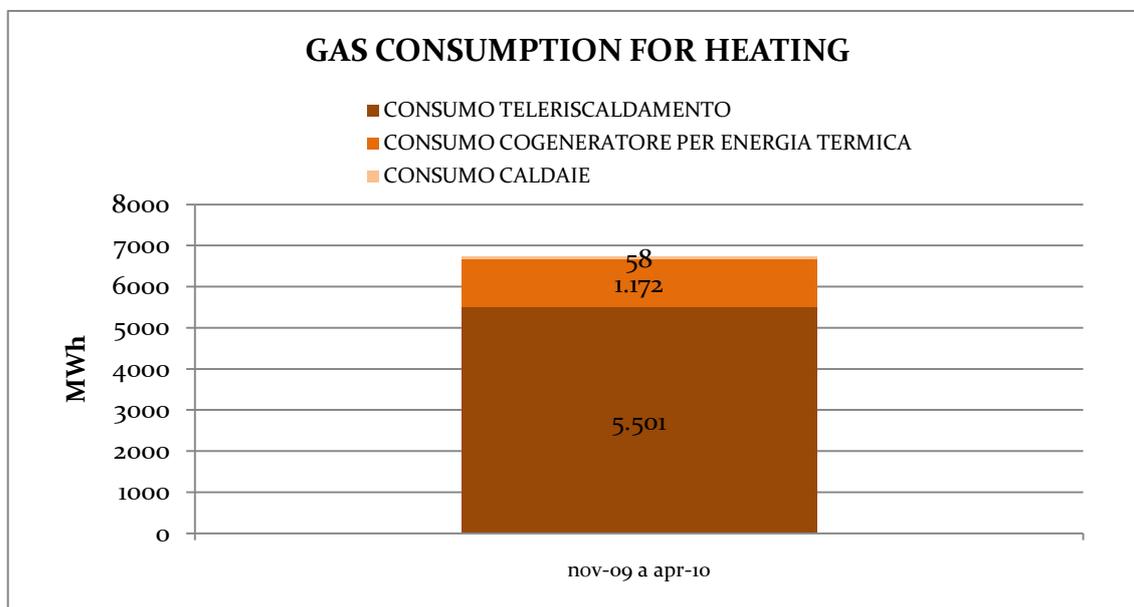


Figura I.9. 8 Ripartizione del consumo di gas per la stagione di riscaldamento 2009/2010.

L'82% è la percentuale coperta dal teleriscaldamento, mentre solo un punto percentuale è riferito al consumo delle caldaie.

Il periodo di riscaldamento 2010/2011 non prevede l'uso del teleriscaldamento secondo decisioni prese dagli Energy manager dell'Università: la prima fonte di riscaldamento diviene il cogeneratore che permette la produzione simultanea di energia elettrica, le caldaie vengono utilizzate come seconda opzione, come mostra la figura che segue.

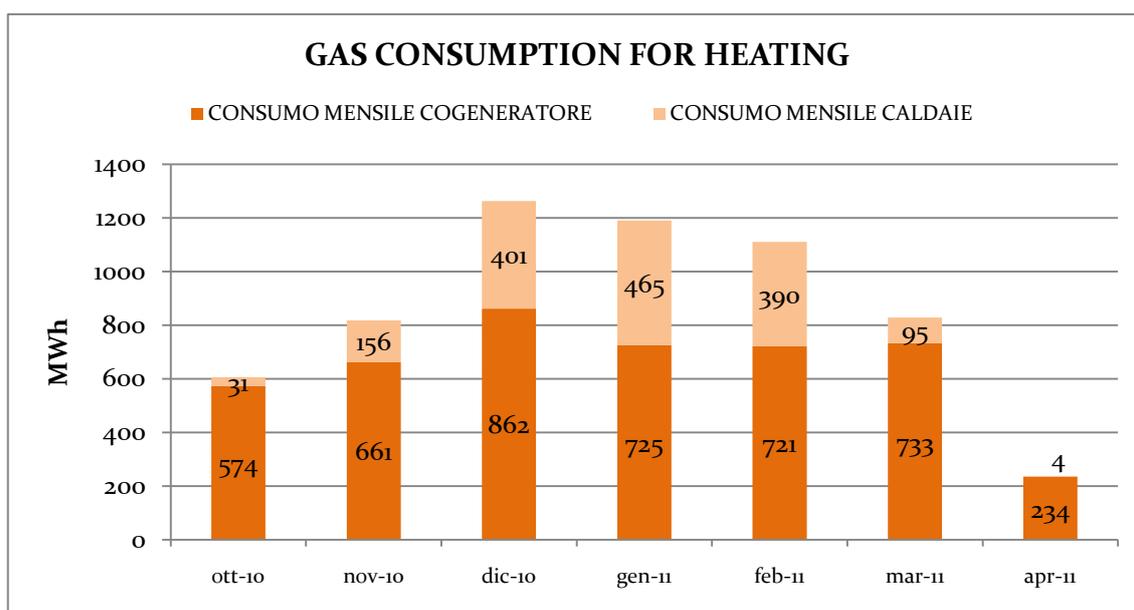


Figura I.9. 9 Ripartizione mensile del consumo di gas per la stagione di riscaldamento 2010/2011.

La cumulata sull'intera stagione di riscaldamento 2010/2011 si mostra nel grafico seguente.

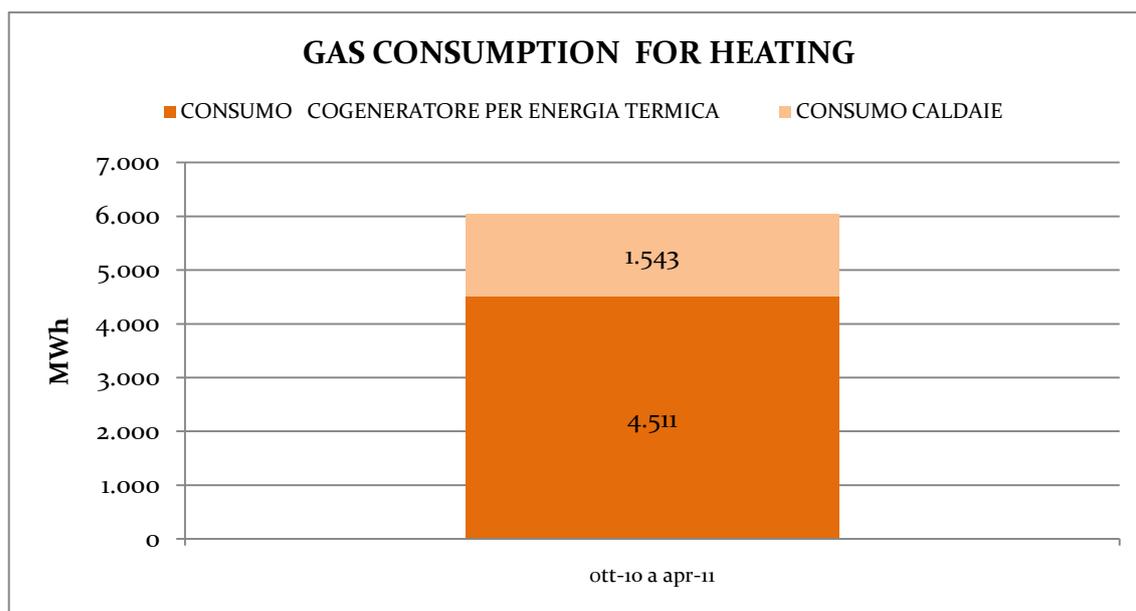


Figura I.9. 10 Ripartizione del consumo di gas per la stagione di riscaldamento 2010/2011.

Come riassume il grafico sopra, il consumo termico maggiore è dovuto al cogeneratore con una percentuale del 75%.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh, per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

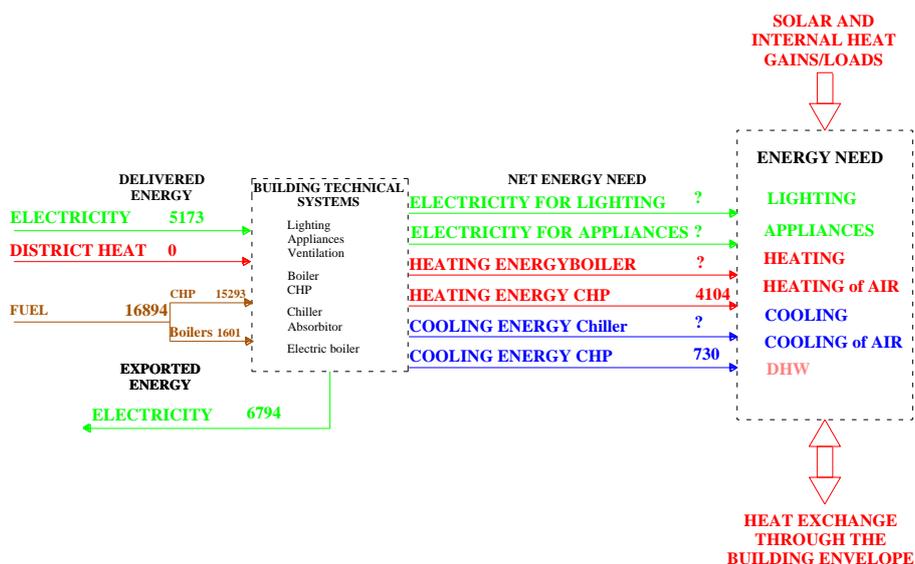


Figura I.9. 11 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Vista la presenza di un impianto di cogenerazione, vale la pena, esaminare il la sua attività vista la disponibilità dei dati.

L'impianto è entrato in funzione a febbraio 2010, per cui nel primo periodo di analisi sarà attivo solo come cogenerazione da febbraio a aprile 2010; per la fase successiva, invece, l'impianto è stato attivo per tutti i dodici mesi da maggio 2010 a aprile 2011 in cui nei mesi estivi il calore prodotto va ad alimentare un gruppo frigorifero ad assorbimento.

Le figure che seguono, mostrano la ripartizione di produzione dell'impianto in questione tra energia elettrica, calore e raffrescamento.

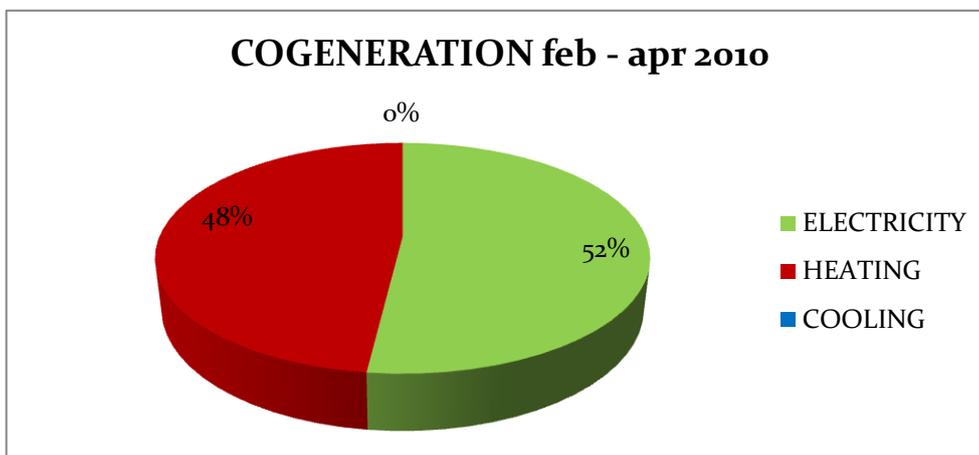


Figura I.9. 12 Ripartizione della produzione dell'impianto di cogenerazione (febbraio - aprile 2010).

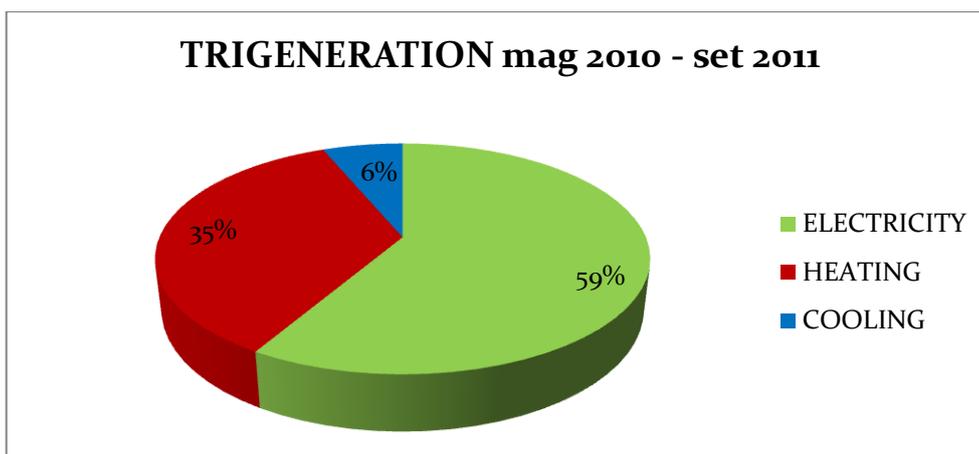


Figura I.9. 13 Ripartizione della produzione dell'impianto di cogenerazione (maggio 2010 - aprile 2011).

Poiché nel primo periodo di analisi tale impianto ha funzionato solo per tre mesi, ci si concentra sul secondo periodo esteso sui dodici mesi. La figura che segue mostra la ripartizione della produzione elettrica, termica, di raffreddamento per ogni mese.

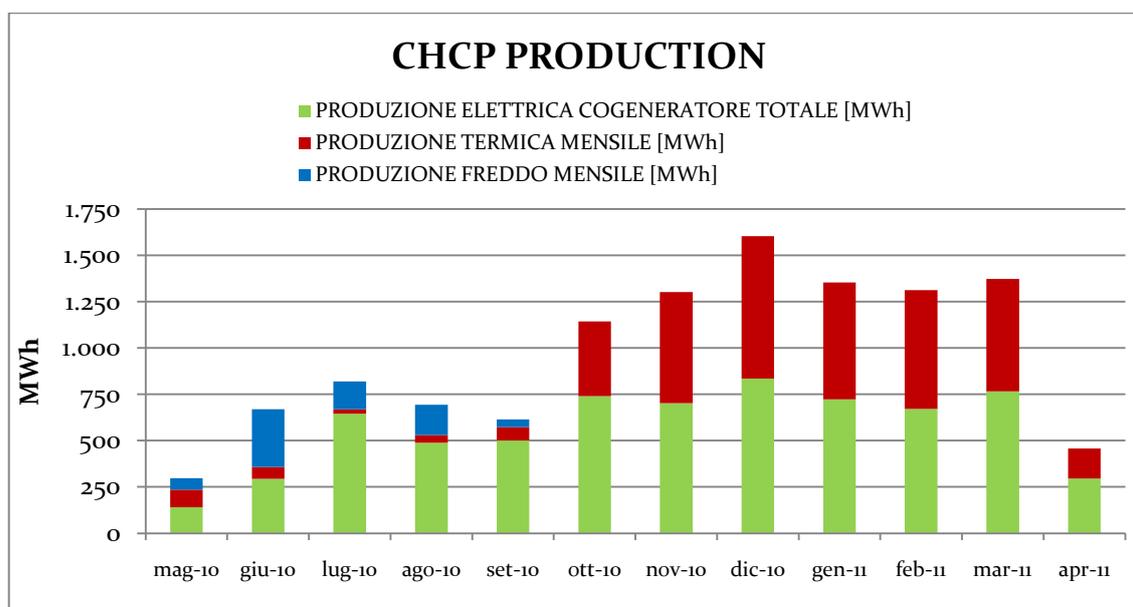


Figura I.9. 14 Ripartizione della produzione mensile dell'impianto di trigenerazione per il periodo 2010/2011.

Come previsto, nella stagione di riscaldamento ottobre-aprile l'impianto produce calore e elettricità con una percentuale quasi paritaria per i mesi più freddi. Nei mesi più caldi, invece, vi è anche la produzione di energia per il raffrescamento; la piccola percentuale di calore prodotta è necessaria per le batterie di riscaldamento delle unità di trattamento aria attive anche nel condizionamento estivo.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

Mentre nei primi mesi del periodo 2009/2010 il costo è relativo all'importazione dalla rete elettrica, nel periodo successivo, con l'ingresso del cogeneratore, si deve effettuare un bilancio che tenga conto del costo del gas utilizzato per la produzione di energia elettrica e il guadagno ottenuto dalla sua vendita.

$$Costo_{EE, Polo Scientifico} = \sum_{i=1}^3 (Costo_{EE, Rete})_i + \sum (Costo_{NG, EE Cogeneratore}) - \sum_{i=1}^3 (Guadagno_{EE, Cogeneratore})_i^{23}$$

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	792393	9,90	240,12	3,17
2010/2011	921076	11,51	279,11	3,68

²³ Il pedice *i* è riferito alle fasce orarie in cui può cambiare il prezzo dell'energia elettrica, sia per l'acquisto, sia per la vendita.

Il costo elettrico procapite è rilevante; il secondo più costoso in questi termini. A causa della flessibilità del prezzo del gas e dell'energia elettrica sul mercato, in acquisto e in vendita, l'aumento del consumo elettrico sul 2010/2011 ha visto incrementarne il costo del 16%.

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, anche con una diminuzione del consumo del gas il suo costo è salito dell'1% in termini assoluti.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	490702	6,13	149	1,96
2010/2011	497023	6,79	164,51	2,17

Unendo i due singoli costi si ha un resoconto sul costo energetico complessivo: tra i due periodi il costo totale assoluto che ha dovuto sostenere l'Università per il Polo Scientifico è aumentato del 11% nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	1283095	16,04	389	5,13
2010/2011	1418099	18,30	444	5,86

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali. Il costo globale è aumentato, ma la ripartizione è rimasta pressoché costante invariata: per circa il 60% pesa il costo dell'energia elettrica sul totale.

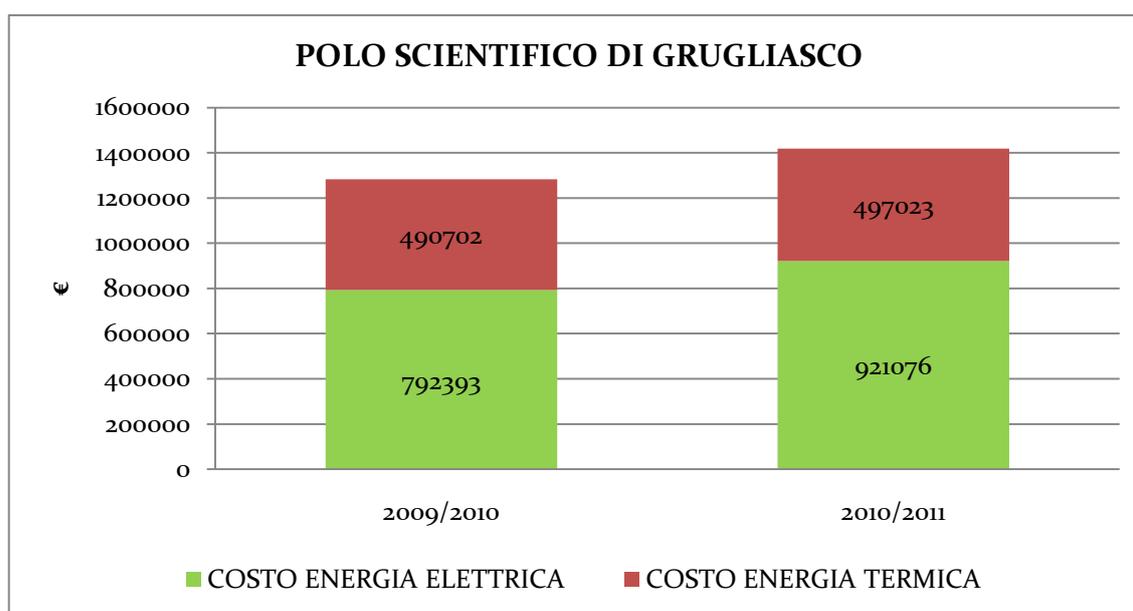


Figura I.9. 15 Parzializzazione dei costi energetici del Polo Scientifico di Grugliasco.

ANALISI AMBIENTALE

Anche a riguardo dell'analisi ambientale si deve riformulare il bilancio che considera anche la produzione in loco di energia elettrica da cogeneratore e sua esportazione in rete.

$$E_{P,EE,Polo\ Scientifico} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete}) - \sum (E_{exp,cogeneratore} f_{P,exp,cogeneratore})$$

Il fattore $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3,14 kWh_p/kWh_e.

Per calcolare il termine di energia primaria di esportazione si sono riportati i kWh_e del cogeneratore esportati in rete in m³ di gas metano e successivamente si è moltiplicato per il fattore $f_{P,exp,cogeneratore}$ 1,36 kWh_p/kWh_{NG}. Per i primi mesi fino a novembre 2009 il secondo termine è nullo per mancanza dell'impianto di cogenerazione.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	11702915	146,3	3546	47
2010/2011	3644937	45,6	1105	15

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Polo\ Scientifico} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete}) - \sum (E_{exp,cogeneratore} K_{P,exp,cogeneratore})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

Il procedimento per il calcolo del secondo termine è analogo a quello visto per l'energia primaria, in cui il fattore $K_{P,exp,cogeneratore}$ è pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	2278	28,48	690	9,11
2010/2011	626	7,82	190	2,50

Trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, una diminuzione dell'effetto sull'impatto ambientale di circa 70%.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano, il teleriscaldamento e il cogeneratore, senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare il seguente bilancio:

$$E_{P,ET,Polo\ Scientifico} = \sum (E_{del,TLR} f_{P,del,TLR}) + \sum (E_{del,NG,caldai} f_{P,del,NG}) + \sum (E_{del,NG,cogeneratore} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1,36 kWh_p/kWh_{NG} ed è lo stesso per caldaie e cogeneratore, mentre per il teleriscaldamento si è utilizzato il fattore $f_{P,del,TLR}$ ²⁴ pari a 0,962 kWh_p/kWh_{utiliTLR} fornito dal Responsabile Engineering Reti della società SEI Energia gestore della rete di teleriscaldamento di Grugliasco. A causa dell'assenza della fonte del teleriscaldamento nel anno 2010/2011, il primo termine del bilancio sarà nullo per tale periodo temporale; la stessa cosa vale per il terzo termine che risulta nullo fino all'installazione del cogeneratore.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	6964358	80,43	1950	25,74
2010/2011	8233237	112,41	2725	35,97

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Polo\ Scientifico} = \sum(E_{del,TLR}K_{del,TLR}) \sum(E_{del,NG,caldaie}K_{P,del,NG}) + \sum(E_{del,NG,cogeneratore}K_{P,del,NG})$$

In cui $K_{del,NG}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG} per le caldaie e il cogeneratore. Per il teleriscaldamento il fattore utilizzato $K_{del,TLR}$ ²⁵ è 0,196 kgCO₂/MWh_{utiliTLR}. A causa

²⁴ Il fattore di conversione per l'energia primaria è stato così calcolato:

$$f_{del,TLR} = \frac{Q_{comb,chp} \cdot f_{comb,chp} + Q_{comb,c} \cdot f_{comb,c} - Q_{ee} \cdot f_{ee}}{Q_{TLR}}$$

dove

$Q_{comb,chp}$ quantitativo di combustibile fossile consumato, in [kWh], per alimentare i cogeneratori.

$Q_{comb,c}$ quantitativo di combustibile fossile consumato, in [kWh], per alimentare le caldaie di integrazione.

$f_{comb,chp}$ fattore di conversione in energia primaria del combustibile che alimenta i cogeneratori;

$f_{comb,c}$ fattore di conversione in energia primaria del combustibile che alimenta le caldaie di integrazione;

Q_{ee} energia elettrica netta ceduta alla rete, in [kWh].

f_{ee} fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica;

Q_{TLR} energia termica netta ceduta alle utenze, in [kWh], misurato al punto di consegna;

$f_{del,TLR}$ fattore di conversione in energia primaria del calore da teleriscaldamento.

²⁵ Il fattore di conversione per la CO₂ equivalente è stato così calcolato:

$$K_{del,TLR} = \frac{Q_{comb,chp} \cdot K_{comb,chp} + Q_{comb,c} \cdot K_{comb,c} - Q_{ee} \cdot K_{ee}}{Q_{TLR}}$$

dove

$Q_{comb,chp}$ quantitativo di combustibile fossile consumato, in [kWh], per alimentare i cogeneratori della centrale di teleriscaldamento.

$Q_{comb,c}$ quantitativo di combustibile fossile consumato, in [kWh], per alimentare le caldaie di integrazione della centrale di teleriscaldamento.

$K_{comb,chp}$ fattore di conversione in CO₂ equivalente del combustibile che alimenta i cogeneratori;

$K_{comb,c}$ fattore di conversione in CO₂ equivalente del combustibile che alimenta le caldaie di integrazione;

Q_{ee} energia elettrica netta ceduta alla rete, in [kWh].

K_{ee} fattore di conversione in CO₂ equivalente dell'energia elettrica;

Q_{TLR} energia termica netta ceduta alle utenze, in [kWh], misurato al punto di consegna;

$K_{del,TLR}$ fattore di conversione in CO₂ equivalente del calore da teleriscaldamento.

dell'assenza della fonte del teleriscaldamento nel anno 2010/2011, il primo termine del bilancio sarà nullo per tale periodo temporale; la stessa cosa vale per il terzo termine che risulta nullo fino all'installazione del cogeneratore.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	1419	17,96	435,5	5,75
2010/2011	1677	22,90	555,1	7,33

La non utilizzazione del teleriscaldamento nel II periodo ha portato un enorme incremento dell'energia primaria e della CO₂ equivalente sia in termini assoluti che in termini specifici. (40%). I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente.

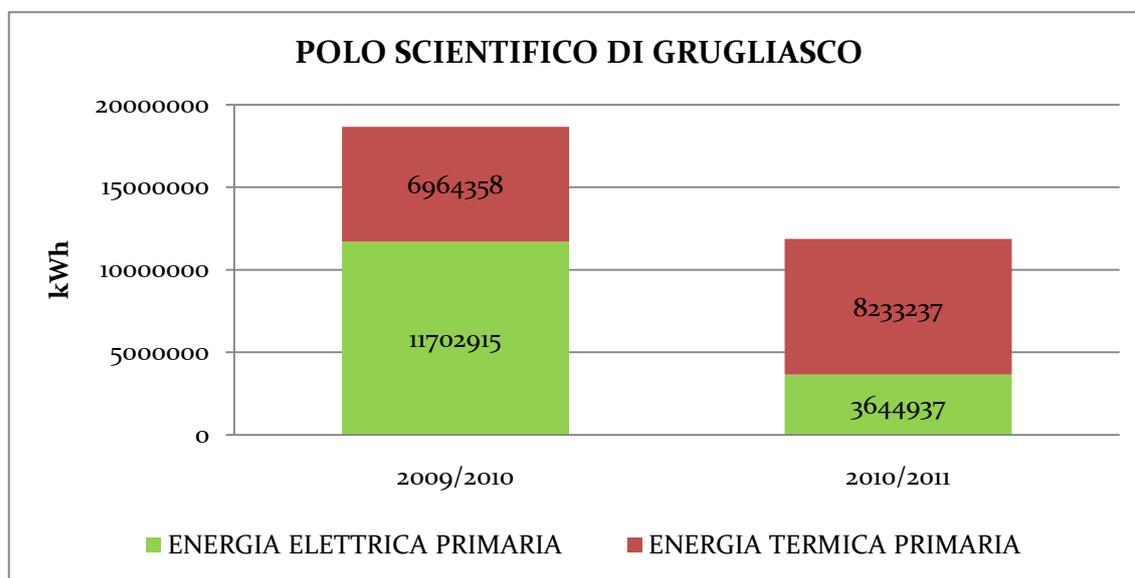


Figura I.9. 16 Parzializzazione dell'energia del Polo Scientifico di Grugliasco.

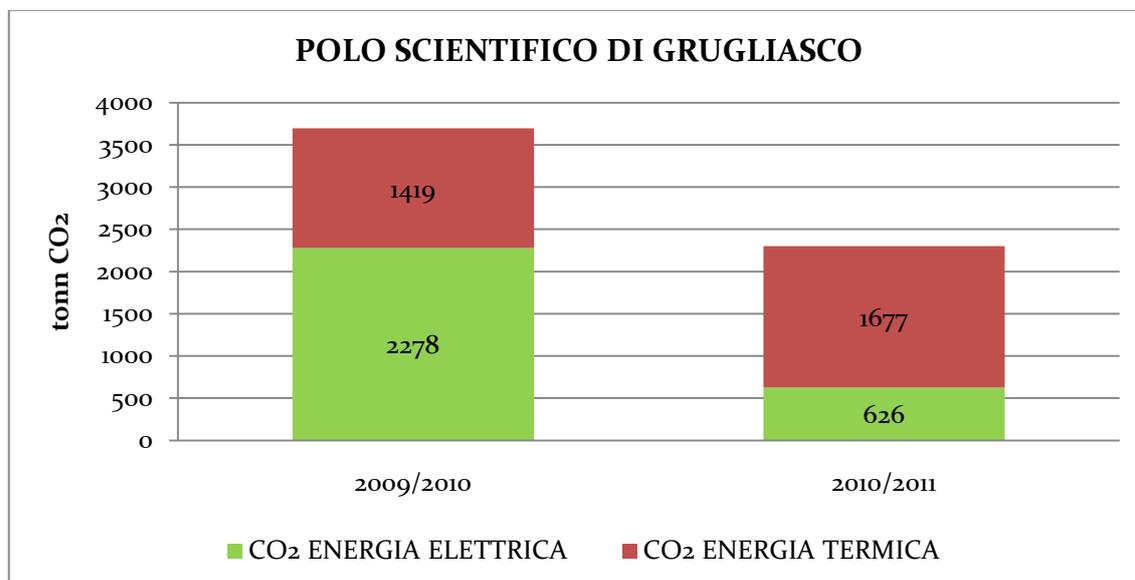


Figura I.9. 17 Parzializzazione della CO₂ equivalente del Polo Scientifico di Grugliasco.

Come mostrano i grafici qui sopra, nel I periodo il maggior responsabile all'impatto ambientale è l'energia elettrica con un percentuale superiore al 60%: questo deriva dal fatto che l'utilizzo del teleriscaldamento ha un impatto sull'inquinamento e sull'energia primaria molto minore rispetto al gas delle singole caldaie. Nel II periodo la situazione è capovolta più del 70% dell'energia termica è responsabile dell'impatto ambientale a causa della sostituzione del teleriscaldamento con le caldaie e cogeneratore. Inoltre, si vede che la quantità relativa all'energia elettrica è diminuita grazie alla produzione in loco e esportazione di tale energia.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	18667273	227	5496	72,55
2010/2011	11878175	158	3830	50,55

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	3697	46,44	1126	14,86
2010/2011	2303	30,73	745	9,83

Concludendo, globalmente con tutti questi cambiamenti tra il primo e il secondo periodo temporale, si ha una riduzione di circa 30% sull'impatto ambientale.

I.10 ISTITUTO PLANA

L'Istituto Plana è attualmente una delle sedi didattiche per la Facoltà di Scienze Politiche dell'Università degli Studi di Torino. La palazzina sorge nella zona centrale storica della città di Torino all'indirizzo di Via Plana n. 10.



Figura I.10. 1 Istituto Plana di Via Plana n.10, Torino (TO).

Caratteristiche generali

La palazzina è utilizzata per le lezioni didattiche delle materie inerenti alla Facoltà di Scienze Politiche, fornendo un valido appoggio all'altra sede didattica della palazzina "Luigi Einaudi".

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile:	2515 m ²
Volumetria degli stabili:	8551 m ³
Numero dipendenti e studenti:	circa 935

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata e fornita in Bassa Tensione.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

L'intero edificio è climatizzato in modo centralizzato attraverso una tipologia a sola acqua.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da un'unica centrale termica con un generatore di calore alimentato a gas metano che serve l'intero edificio:

- n. 1 Generatori di calore per l'intera palazzina Plana

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

Non è presente, secondo i dati, alcuno impianto di raffrescamento estivo.

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria non è fornita in modo centralizzato, ma in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

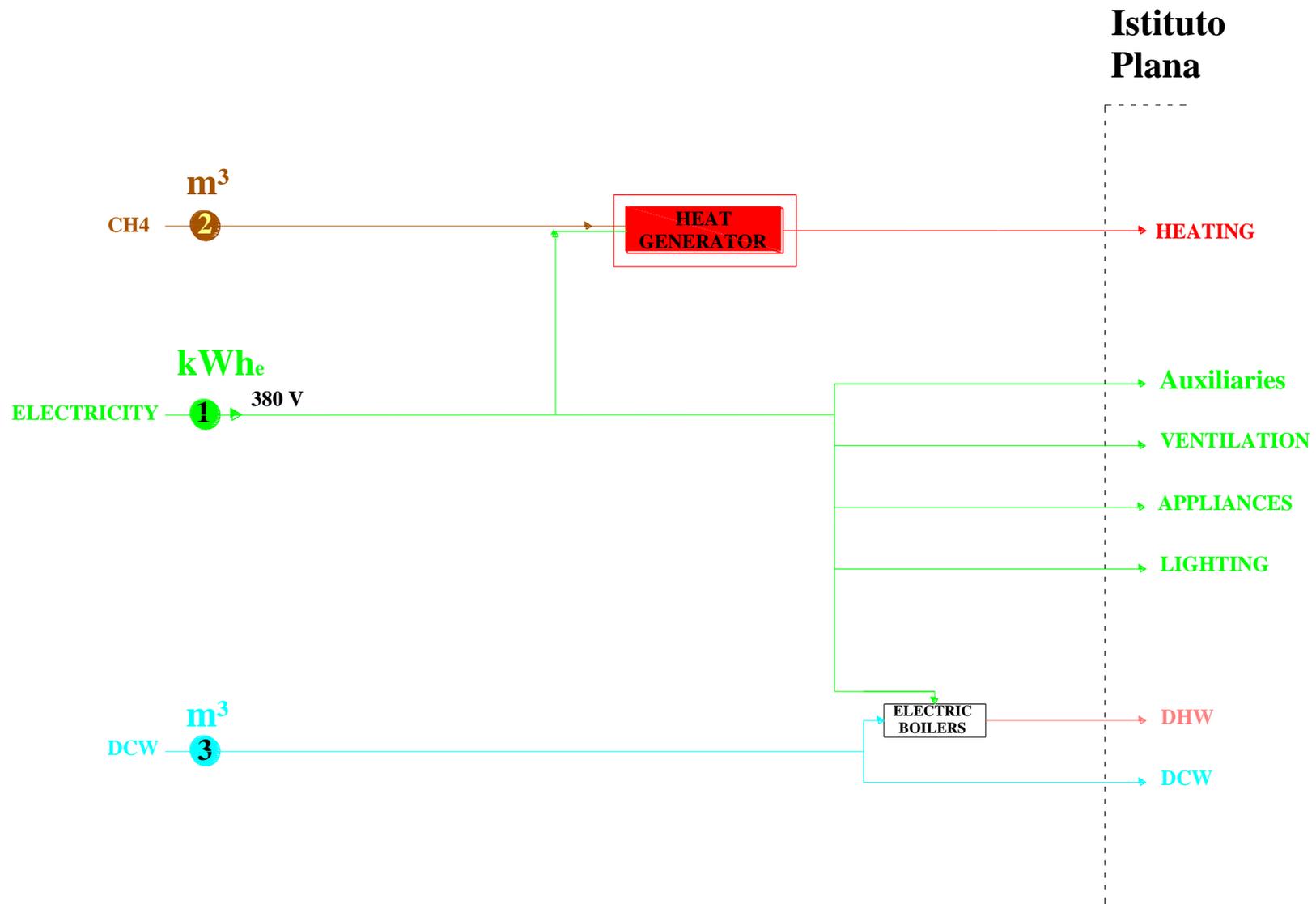


Figura I.10. 2 Schema impiantistico unifilare dell'Istituto Plana.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in BT: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche e boiler per acs è conteggiata in questo unico dato. La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh /m ²]	[kWh /persona]	[kWh /m ³]
2009/2010	59975	23,85	64,14	7,01
2010/2011	64253	25,55	68,72	7,51

Dai dati si deduce che nelle due annate successive si è registrata un aumento dei consumi del 7%. Il valore assoluto, se paragonato agli altri edifici in esame, è tra i più bassi, ma anche i dati elettrici specifici permettono di classificare tale immobile tra i minori consumatori di energia elettrica (il secondo). Il ridotto consumo dell'Istituto è dovuto al fatto che essendo prevalentemente adibito a didattica, il consumo elettrico deriverà solo da illuminazione, alimentazione di computer e proiettori, senza particolare strumentazione elettrica e senza la presenza di apparecchiature di condizionamento elettrico.

La mensilità del dato permette di valutare l'andamento di questo consumo nell'arco di un anno tipo (2009/2010) e di confrontarlo con quello successivo. Le prime due figure che seguono mostrano graficamente l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

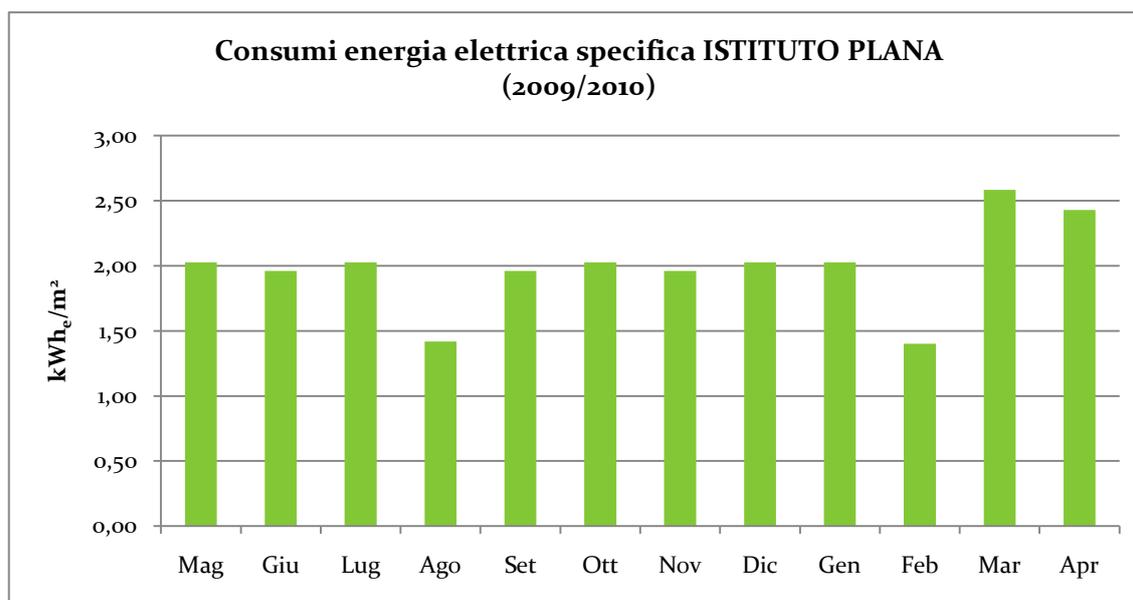


Figura I.10. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

Nel primo periodo 2009/2010, il consumo elettrico mensile è abbastanza omogeneo: ad eccezione dei mesi di Agosto e Febbraio che dimostrano una riduzione di circa il 30% rispetto alla media. Negli ultimi due mesi del periodo, Marzo e Aprile, mostrano un incremento rispetto alla media mensile, che seguirà anche nell'anno successivo.

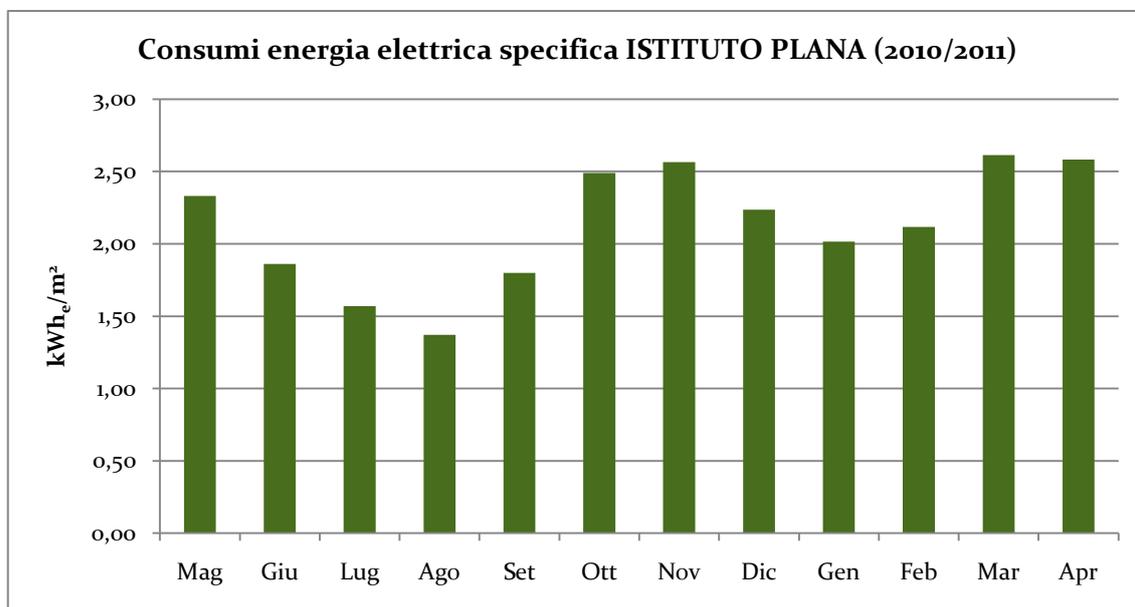


Figura I.10. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

Al contrario del primo periodo, i consumi mensili del 2010/2011 hanno un andamento piuttosto variabile, con un andamento sinusoidale: gli abbassamenti si registrano nei mesi estivi e in Gennaio e Febbraio, probabilmente dovuti alle sessioni esami e alla sospensione delle attività didattiche.

Il grafico seguente mette meglio in relazione i due consumi sui 12 mesi, identificando così le creste e gli avvallamenti dei consumi elettrici.

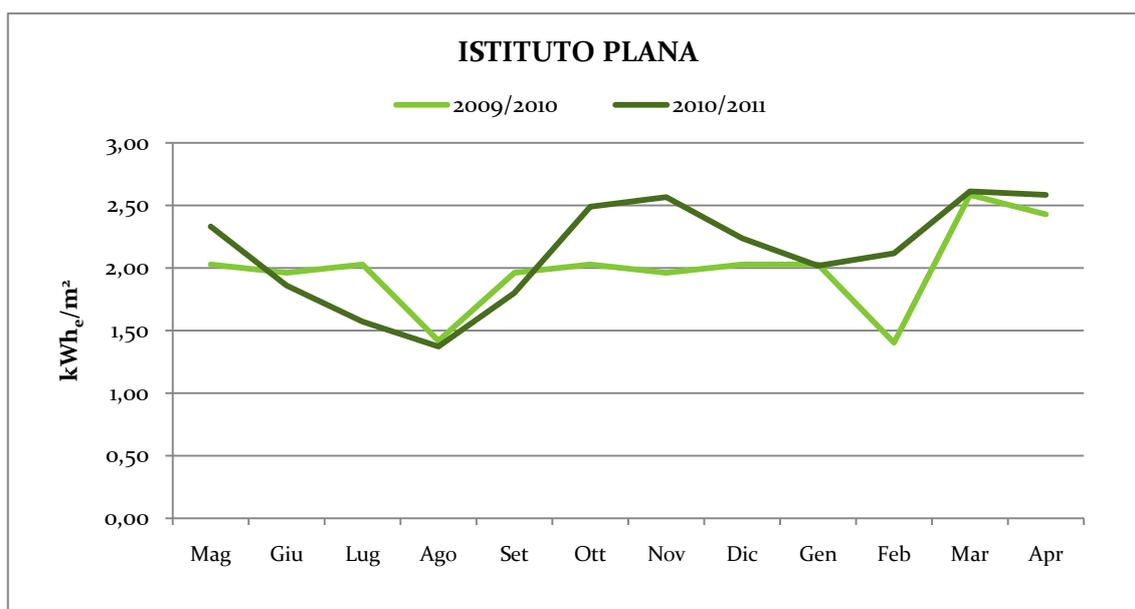


Figura I.10. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte della caldaia: i consumi analizzati si riferiscono alla centrale termica, espressi in m³.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	223834	88,93	239,21	26,16
2010/2011	293598	124,19	334,05	36,53

Da una prima visuale di questi dati si può affermare che il consumo dell'energia per il riscaldamento è aumentato nonostante la temperatura registrata nella stagione di riscaldamento sia stata maggiore: un aumento del 31% sul consumo assoluto che normalizzato con la temperatura sale al 40%.

Tutto sommato, il consumo termico dell'Istituto, paragonato tra gli edifici in diagnosi presenta un consumo specifico sul volume di poco al di sotto della media.

Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, tipo valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo ambiente.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

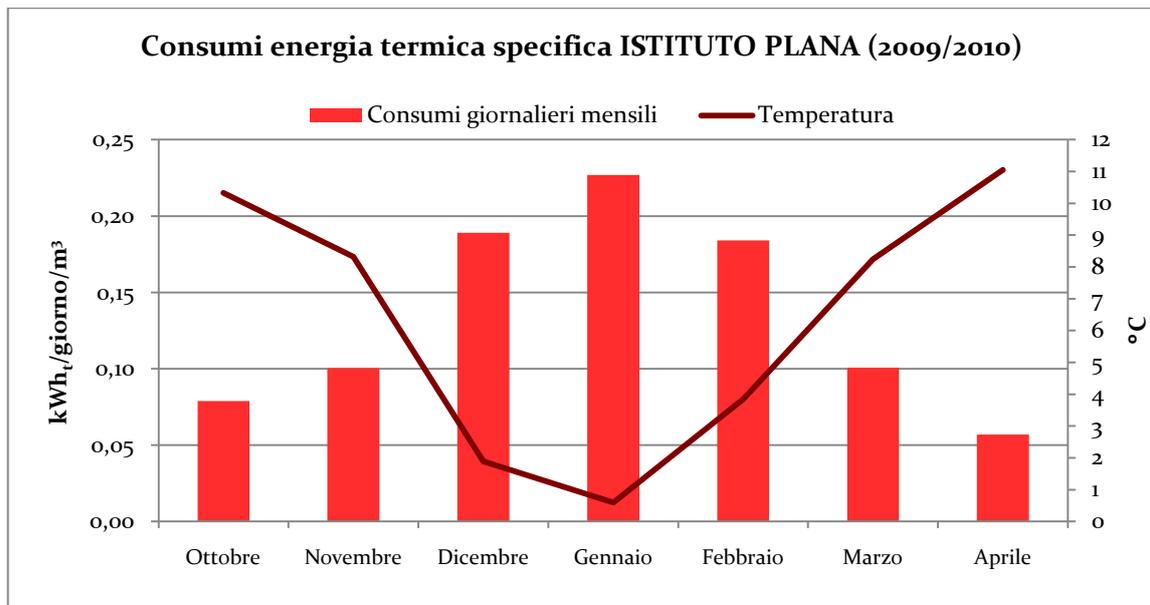


Figura I.10. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh, per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

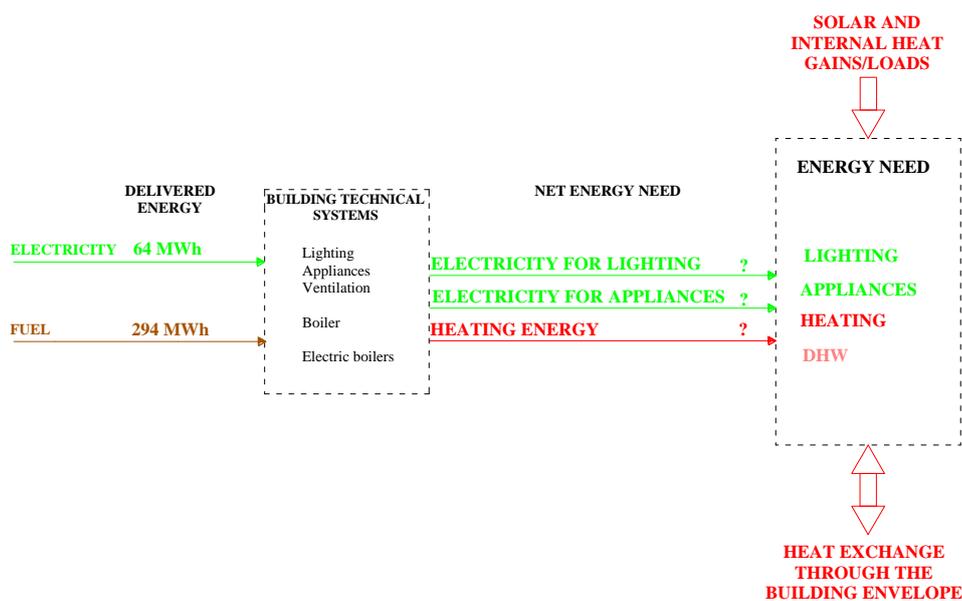


Figura I.10. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Dai dati nel grafico si vede come l'energia elettrica sia una minima parte del consumo energetico totale, a differenza dell'energia termica che detiene l'82%.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica ed stabilito sulla tariffazione di bassa tensione.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	8938	3,55	9,56	1,05
2010/2011	12446	4,95	13,31	1,46

L'aumento del 7% sul consumo di energia elettrica ha prodotto un incremento del suo costo non proporzionale, ovvero del 39%; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	16319	6,48	17	1,91
2010/2011	24105	10,20	27	3

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, l'aumento del consumo del gas del 31% ha prodotto un incremento di ben 48 punti percentuali.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo dell'Istituto, come mostra la tabella: la compensazione tra la riduzione del costo elettrico e l'aumento di quello termico ha prodotto un incremento del costo complessivo assoluto del 45%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	25257	10,0	27,0	3,0
2010/2011	36551	15,1	40,7	4,5

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali. L'incremento del costo è evidente nell'istogramma, ma la ripartizione tra

il costo elettrico e termico non è quasi cambiata: 35% circa è il costo sostenuto per l'energia elettrica e il restante 65% circa è quello relativo al consumo di gas.

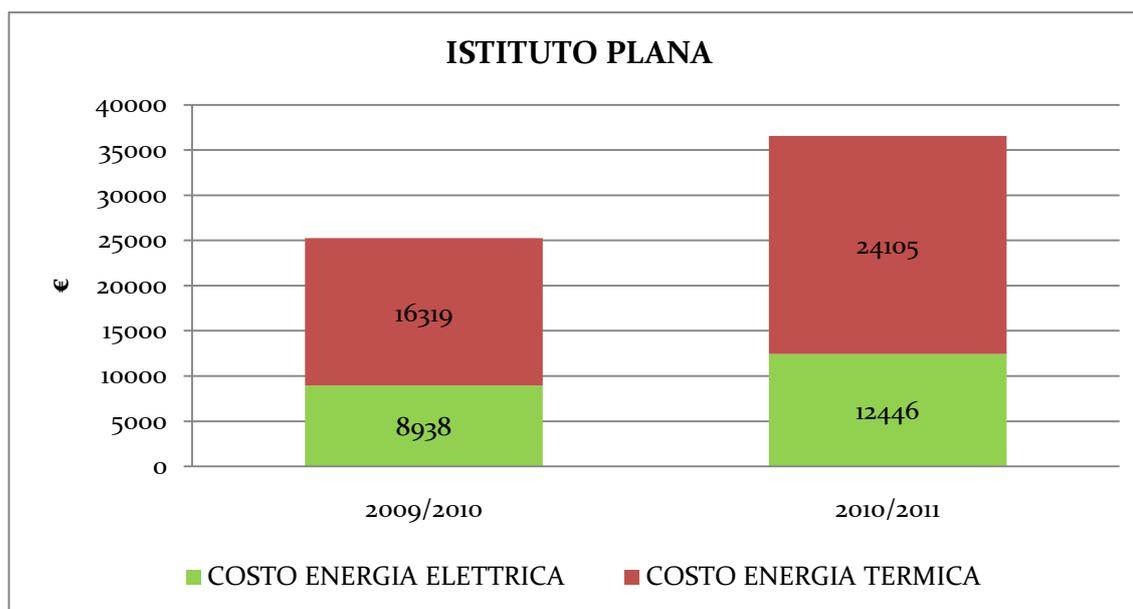


Figura I.10. 8 Parzializzazione dei costi energetici dell'Istituto Plana.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Istituto\ Plana} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	188322	74,9	201	22
2010/2011	201754	80,2	216	24

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Istituto\ Plana} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	37,0	14,71	39,58	4,33
2010/2011	40	15,76	42,40	4,64

Anche trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra uno stesso incremento del 7% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Istituto\ Plana} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	304415	121	325	36
2010/2011	399294	169	454	50

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Istituto\ Plana} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	62	24,63	66,26	7,25
2010/2011	81	34,40	92,53	10,12

Anche nel caso della trasformazione in termini ambientali, l'incremento del 40% registrato nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante.

Nel grafico che segue si evidenzia la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente; le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze, poiché i bilanci sono analoghi e ciò che cambia è solamente il fattore moltiplicativo.

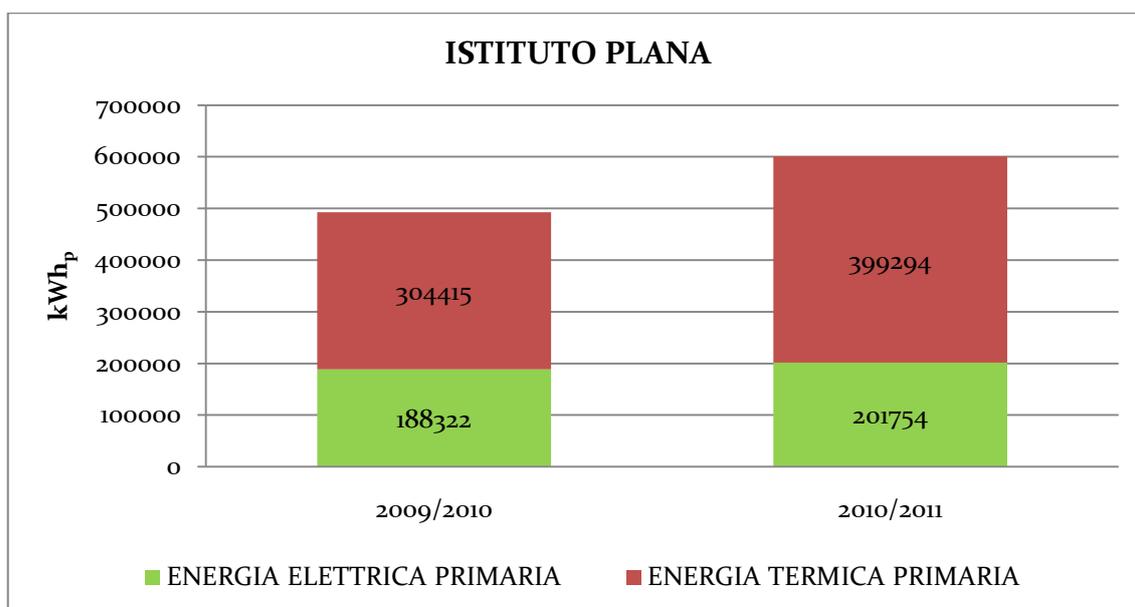


Figura I.10. 9 Parzializzazione dell'energia primaria dell'Istituto Plana.

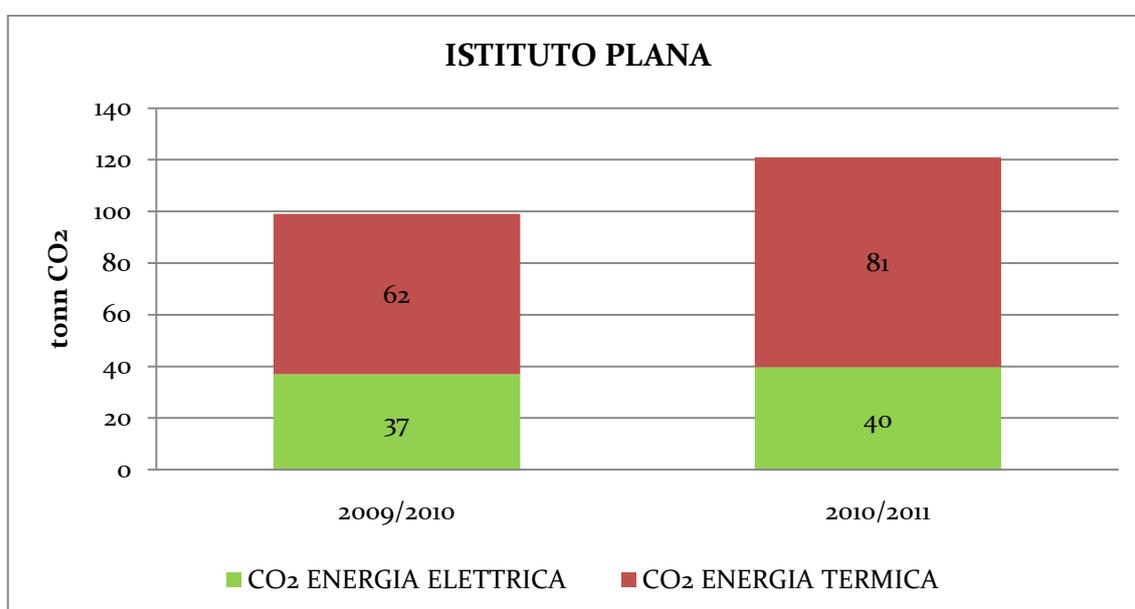


Figura I.10. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente dell'Istituto Plana.

La quota che influisce maggiormente sull'inquinamento resta l'energia termica, che è passata dal 63% al 69% circa nell'anno successivo.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	492736	196	527	58
2010/2011	601048	249	670	73

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	99	39,3	105,8	11,6
2010/2011	121	50,2	134,9	14,8

In conclusione, si può affermare che in termini complessivi ambientali sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente siano aumentati del 27%.

I.11 DIPARTIMENTO SCIENZE SOCIALI

Il palazzo sito in Via Sant'Ottavio n.50 è attualmente la sede del Dipartimento di Scienze Sociali dell'Università degli Studi di Torino.



Figura 5.11. 1 Dipartimento di Scienze Sociali di Via Sant'Ottavio n.50, Torino (TO).

Storia

Nell'anno 1985, il Consiglio di Amministrazione dell'Università approvava l'acquisto dei locali siti in Via Sant'Ottavio al numero 50 per ubicazione, superficie e stato di conservazione, idoneo all'immediato insediamento di un dipartimento umanistico, al fine di congestionare l'affollato Palazzo Nuovo. Approvate le modifiche necessarie e indispensabili alla trasformazione dell'edificio dall'uso abitativo a uso scolastico, attualmente è sede del Dipartimento di Scienze Sociali.

Caratteristiche generali

La palazzina è utilizzata per le lezioni didattiche delle materie inerenti alla Facoltà di Scienze Sociali.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile:	1149 m ²
Volumetria degli stabili:	3618 m ³
Numero dipendenti e studenti:	circa 95

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in bassa tensione.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

L'intero edificio è climatizzato in modo centralizzato attraverso una tipologia di tipo misto.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da un'unica centrale termica con un generatore di calore alimentato a gas metano che serve l'intero edificio:

n. 1 Generatori di calore per l'intero palazzo

Non sono inoltre presenti delle piccole caldaie in piccoli locali dello stabile.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

Il raffrescamento estivo è fornito in modo centralizzato da un gruppo frigorifero.

n. 1	Gruppo Frigo	80	kW	per	Scienze sociali condiz. Centralizzato
------	--------------	----	----	-----	---------------------------------------

L'aria climatizzata è fornita da diverse unità trattamento aria e ventilconvettori:

n. 1	TORRE DI RAFFREDDAMENTO	4	kW	per	Scienze sociali condiz. Centralizzato
n. 9	Uta aerferri	13,5	kW	per	Scienze sociali condiz. Centralizzato
n. 2	Ventilconvettori	0,3	kW	per	Scienze sociali condiz. Centralizzato

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria non è fornita in modo centralizzato, ma in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

Dipartimento di Scienze Sociali

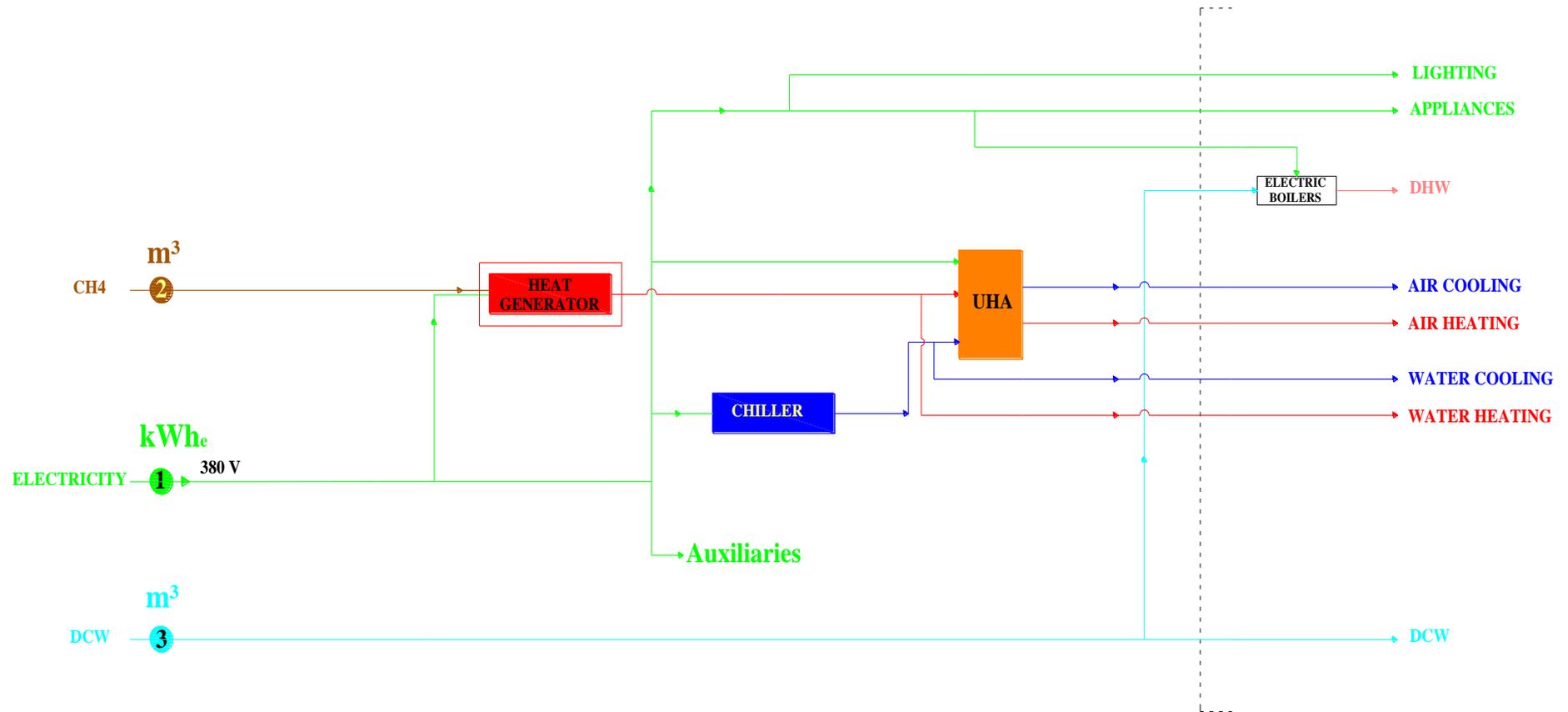


Figura 5.11. 2 Schema impiantistico unifilare del Dipartimento di Scienze Sociali.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in BT: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, il gruppo frigorifero, gli UTA e i boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	72246	62,89	760,48	19,97
2010/2011	66180	57,61	696,63	18,29

Dai dati si deduce che nelle due annate successive si è registrata una diminuzione dei consumi dell'8%. Rapportando il Dipartimento di Scienze Sociali con gli altri edifici in diagnosi, il consumo elettrico assoluto di questo è uno dei più bassi, mentre quello specifico su superficie è nella media.

La mensilità del dato permette di valutare l'andamento di questo consumo nell'arco di un anno tipo (2009/2010) e di confrontarlo con quello successivo.

Le prime due figure che seguono mostrano graficamente l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

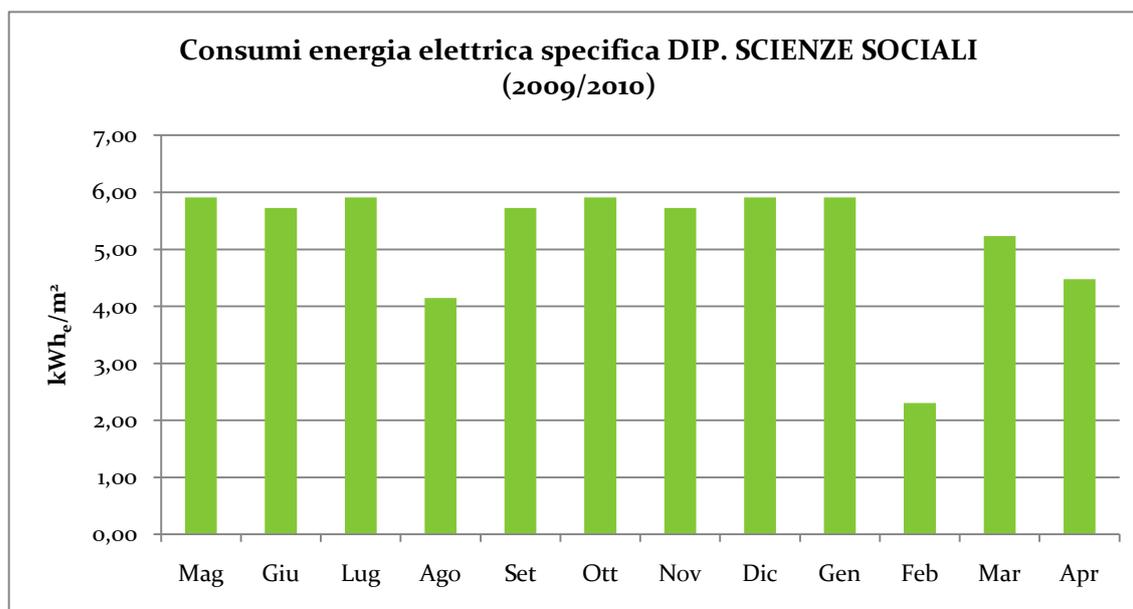


Figura 5.11. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

Il consumo mensile nel periodo 2009/2010 è piuttosto costante; due sono i mesi in cui si sono verificati degli abbassamenti di consumi: Agosto, probabilmente per la chiusura estiva del periodo didattico e Febbraio.

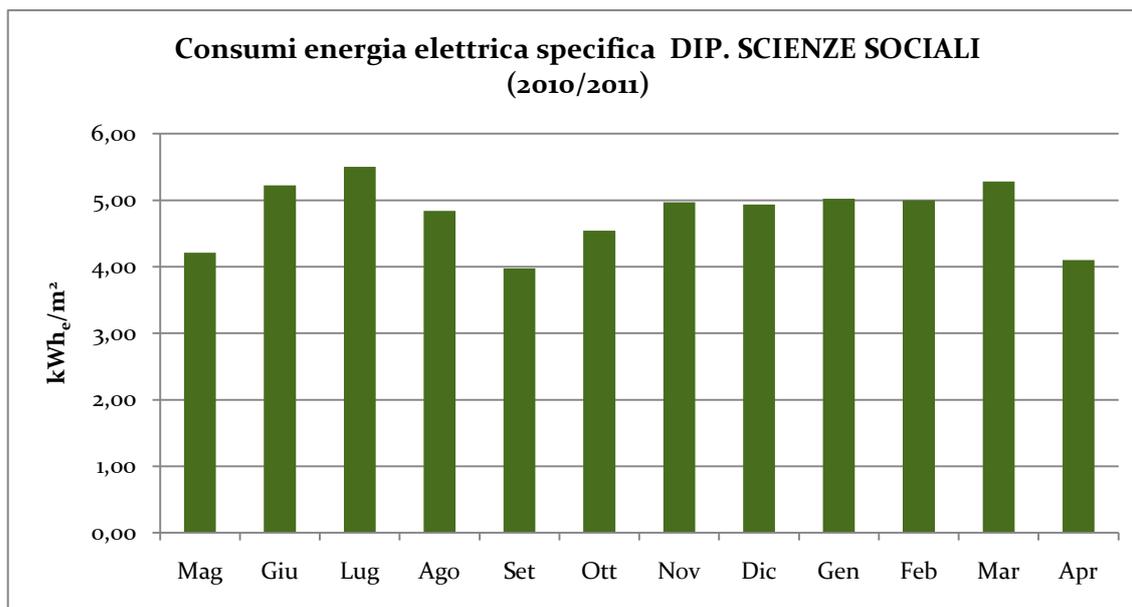


Figura 5.11. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

Piccole diminuzioni di consumi elettrici si sono registrate nei mesi di Maggio, Settembre e Aprile, nel periodo 2010/2011, probabilmente per una diminuzione della richiesta di ventilazione essendo mesi a cavallo di stagioni diverse.

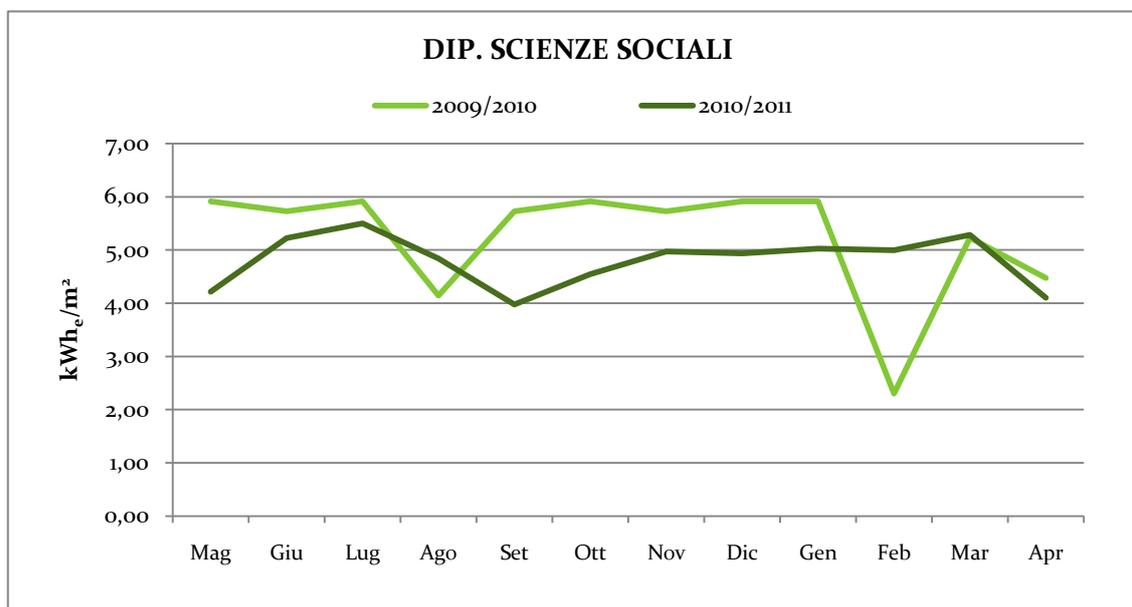


Figura 5.11. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte della caldaia: i consumi analizzati si riferiscono alla centrale termica, espressi in m³.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati

sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	107008	93,09	1126	29,55
2010/2011	105093	97,33	1177	30,90

Da una prima visuale di questi dati si può affermare che il consumo dell'energia assoluta per il riscaldamento è diminuita; tuttavia, normalizzando sulla temperatura il consumo è incremento del 5%. Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, tipo valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo locale.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

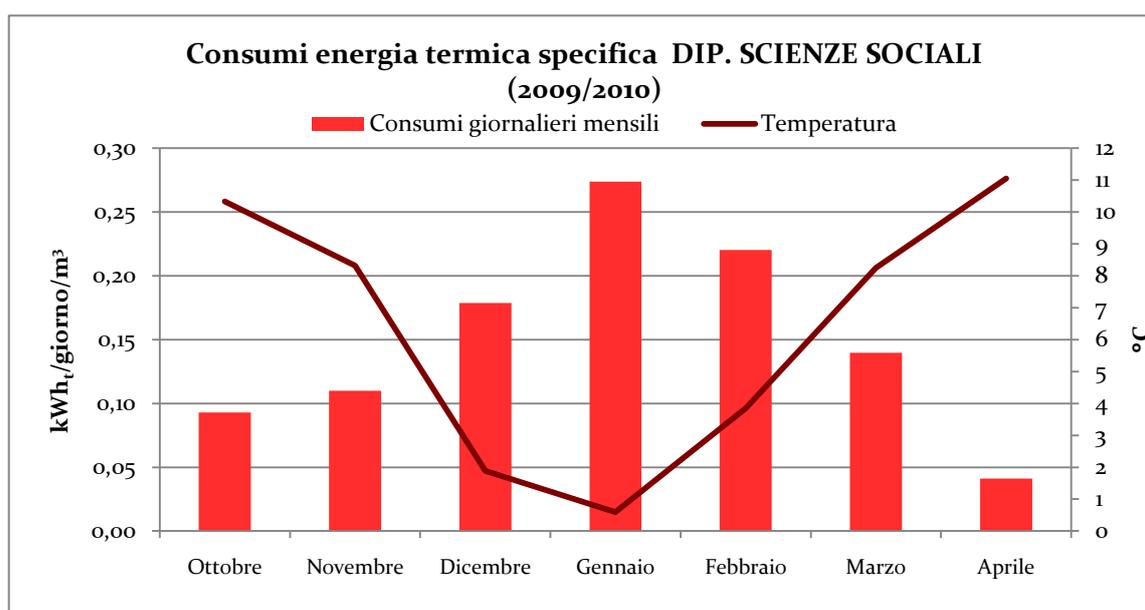


Figura 5.11. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta: il picco di consumo si è registrato nel mese di gennaio. Unica piccola anomalia è il consumo di febbraio maggiore rispetto a quello di dicembre nonostante la temperatura registrata sia maggiore. Certo, un'analisi di primo livello come questa non permette di capirne le ragioni.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

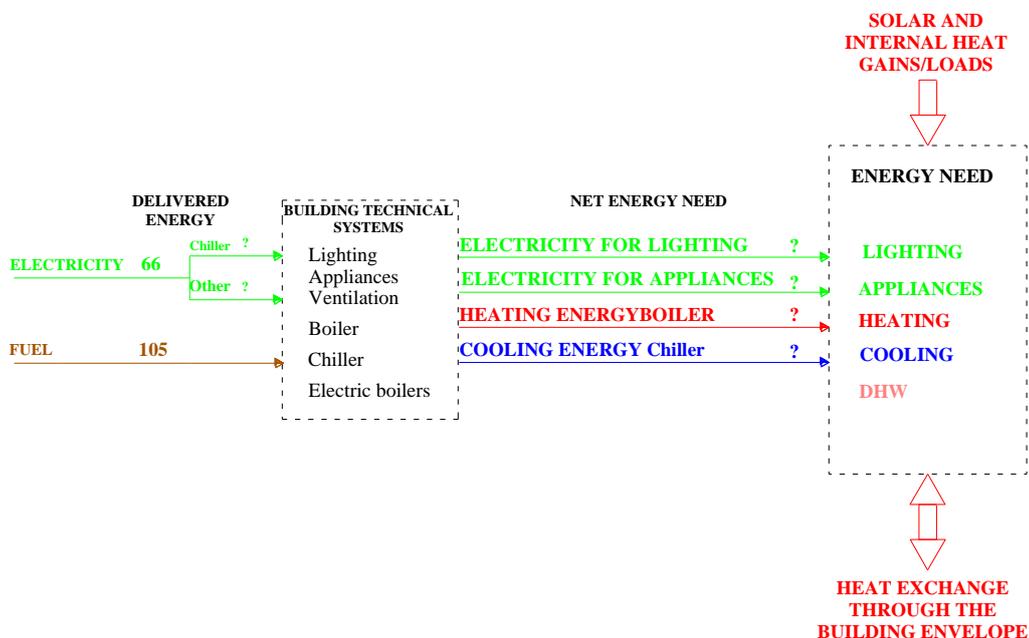


Figura 5.11. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Dai dati nel grafico si vede che l'energia elettrica pesa sul consumo energetico totale con una quota del 39%.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	12107	10,54	127,44	3,35
2010/2011	12380	10,78	130,32	3,42

La diminuzione dell'8% del consumo di energia elettrica ha prodotto comunque un piccolo incremento del suo costo, del 2%; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	7802	6,79	82,06	2,15
2010/2011	8628	7,99	96,62	2,54

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, la diminuzione assoluta del consumo del gas del 2% ha prodotto un incremento dell'11%.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo del Dipartimento, come mostra la tabella: il costo totale assoluto è salito del 6%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	19908	17,3	209,6	5,5
2010/2011	21008	18,8	226,9	6,0

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

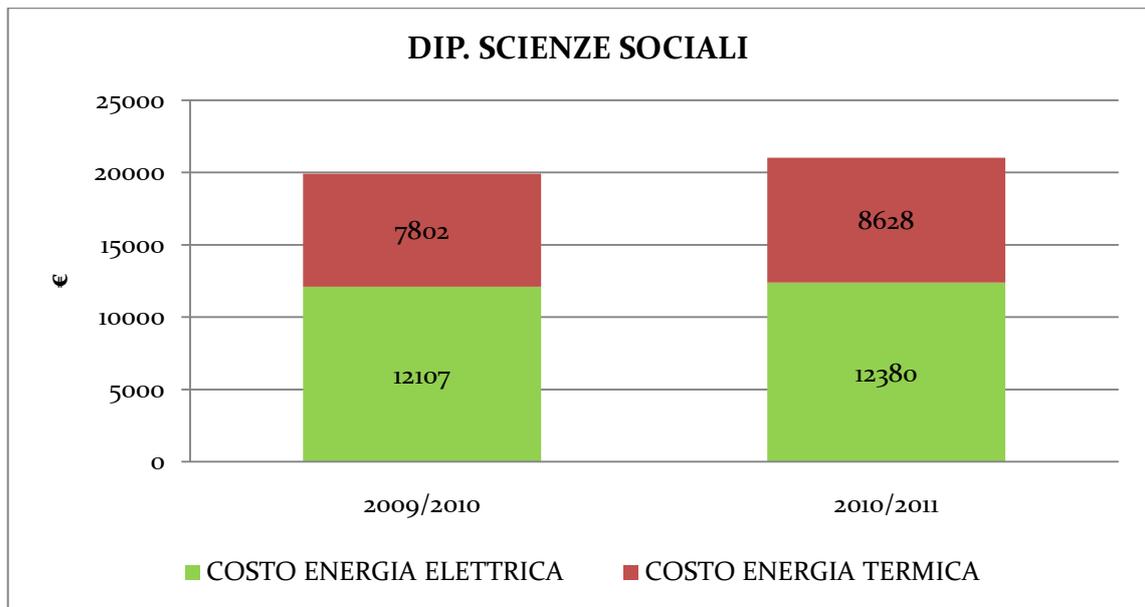


Figura 5.11. 8 Parzializzazione dei costi energetici del Dipartimento di Scienze Sociali.

In entrambi i periodi, nonostante il piccolo incremento del costo complessivo, la quota dell'energia elettrica è quella che con una percentuale di circa il 60%, per entrambi gli anni, che pesa di più.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Dipartimento\ Scienze\ Sociali} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	226852	197,5	2388	63
2010/2011	207805	180,9	2187	57

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO2,EE,Dipartimento\ Scienze\ Sociali} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	44,6	38,81	469,22	12,32
2010/2011	41	35,55	429,82	11,28

Anche trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra una stessa diminuzione dell'8% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Dipartimento Scienze Sociali} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	145531	127	1531	40
2010/2011	142926	132	1601	42

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO2,ET,Dipartimento Scienze Sociali} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE E SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	30	25,78	311,78	8,19
2010/2011	29	26,96	325,98	8,56

Anche nel caso della trasformazione in termini ambientali, l'incremento del 5% registrato sul consumo normalizzato sui GG nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante.

Nel grafico che segue si evidenzia la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente; le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze, poiché i bilanci sono analoghi e ciò che cambia è solamente il fattore moltiplicativo.

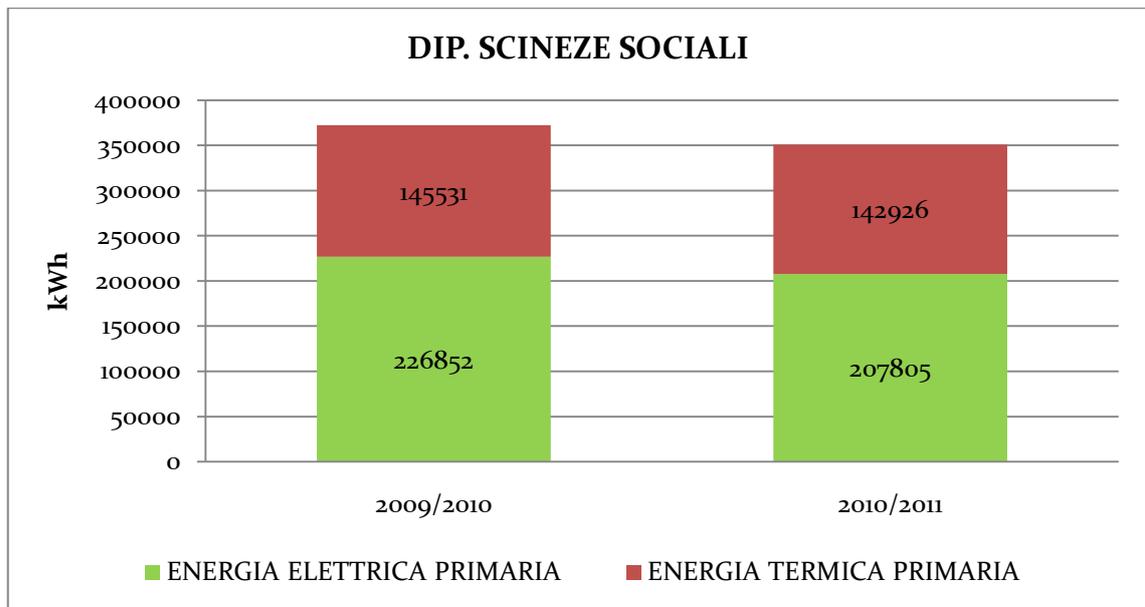


Figura 5.11. 9 Parzializzazione dell'energia primaria del Dipartimento di Scienze Sociali.

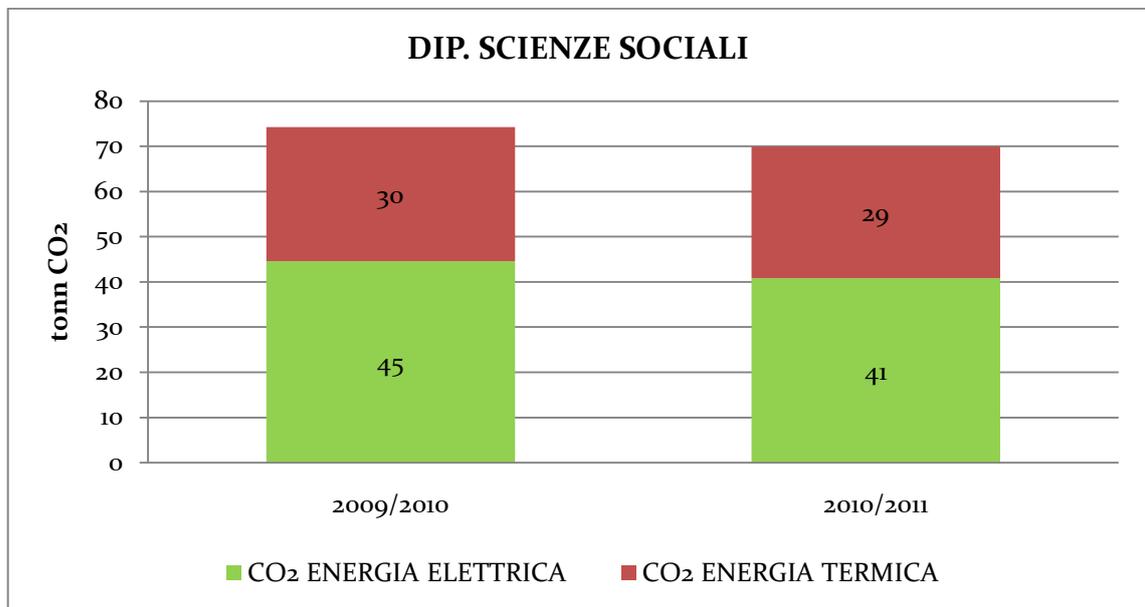


Figura 5.11. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente del Dipartimento di Scienze Sociali.

La ripartizione in termini ambientali tra energia elettrica e termica è di poco variata nei due periodi annuali: l'energia elettrica detiene la quota leggermente superiore con il 60% e il 56.9% rispettivamente nel primo e secondo anno.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	372384	324	3919	103
2010/2011	350731	313	3788	99

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	74	64,6	781,0	20,5
2010/2011	70	62,5	755,8	19,8

In conclusione, si può affermare che in termini complessivi ambientali sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente siano diminuiti del 3%.

I.12 DIPARTIMENTO SCIENZE GIURIDICHE

Il palazzo sito in Via Sant’Ottavio n.54 è attualmente la sede del Dipartimento di Scienze Giuridiche dell’Università degli Studi di Torino.



Figura I.12. 1 Dipartimento di Scienze Giuridiche di Via Sant’Ottavio n.54, Torino (TO).

Storia

Nell’anno 1989, il Consiglio di Amministrazione dell’Università deliberava l’acquisizione di una palazzina al numero 54 di Via Sant’Ottavio, che disponeva di uno spazio insediativo adeguato alle esigenze del Dipartimento di Scienze Giuridiche. In considerazione del fatto che i lavori indispensabili ad un rapido trasferimento in quei locali erano contenuti, lo si ritenne consono a fronteggiare la situazione di sovraffollamento della sede delle Facoltà Umanistiche. Ancora oggi, il Dipartimento di Scienze Giuridiche occupa quella sede.

Caratteristiche generali

La palazzina è utilizzata per le lezioni didattiche delle materie inerenti alla Facoltà di Scienze Giuridiche.

Classe prevalente destinazione d’uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile:	1160 m ²
Volumetria degli stabili:	2579 m ³
Numero dipendenti e studenti:	circa 450

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L’energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22 kV.

Nell’edificio, è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22kV a 380V.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

L’intero edificio è climatizzato in modo centralizzato a sola acqua.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da un'unica centrale termica con tre generatori di calore alimentato a gas metano che servono l'intero edificio:

n. 3	Generatori di calore		per	Scienze giuridiche condiz.
				Centralizzato

Non sono inoltre presenti delle piccole caldaie in piccoli locali dello stabile.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

Il raffrescamento estivo è fornito in modo centralizzato da un gruppo frigorifero.

n. 1	Gruppo Frigo	200 kW	per	Scienze giuridiche condiz.
				Centralizzato

L'aria climatizzata è fornita da ventilconvettori:

n. 85	Ventilconvettori	12,8 kW	per	Scienze giuridiche condiz.
				Centralizzato

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria non è fornita in modo centralizzato, ma in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

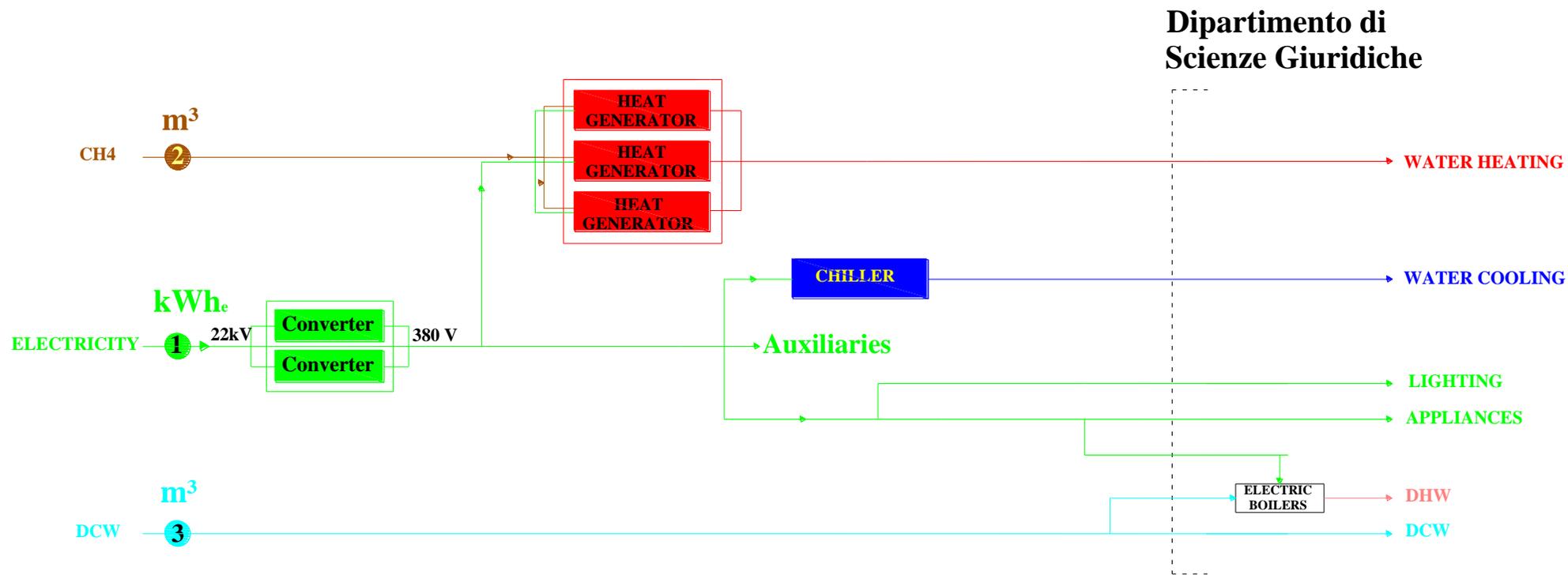


Figura I.12. 2 Schema impiantistico unifilare del Palazzo del Dipartimento di Scienze Giuridiche.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, il gruppo frigorifero, i boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh /m ²]	[kWh /persona]	[kWh /m ³]
2009/2010	107596	92,73	239,10	41,73
2010/2011	101272	87,28	225,04	39,28

Dai dati si deduce che nelle due annate successive si è registrata una diminuzione dei consumi del 6%. Nonostante il consumo assoluto sia nel catasto energetico degli edifici in esame sia uno dei più ridotti, il consumo specifico su m² ne fanno il terzo più grande consumatore.

La mensilità del dato permette di valutare l'andamento di questo consumo nell'arco di un anno tipo (2009/2010) e di confrontarlo con quello successivo.

Le prime due figure che seguono mostrano graficamente l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

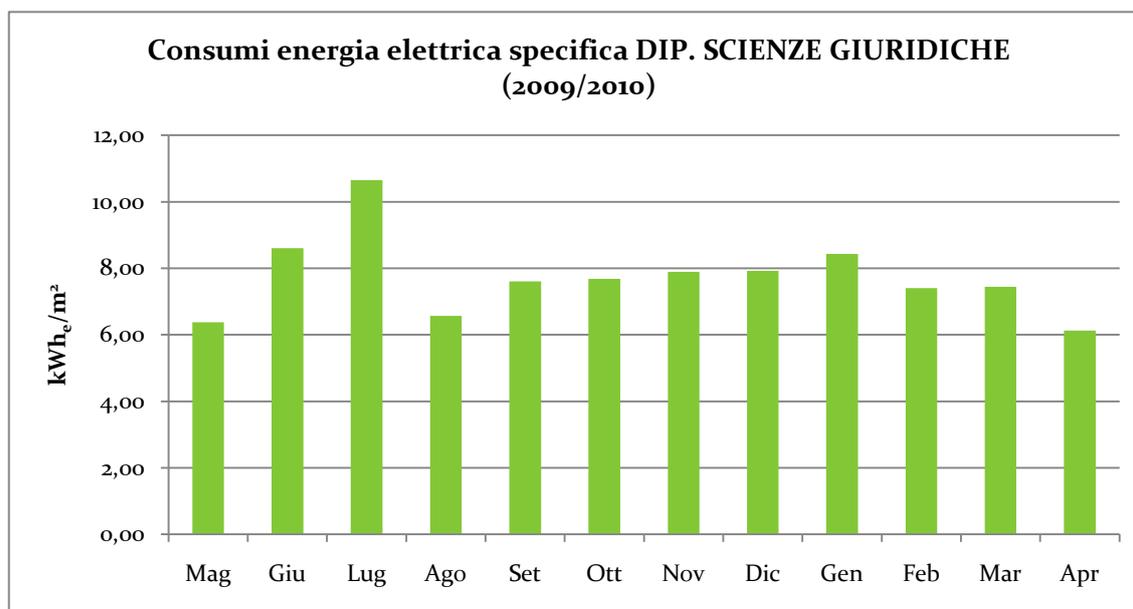


Figura I.12. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

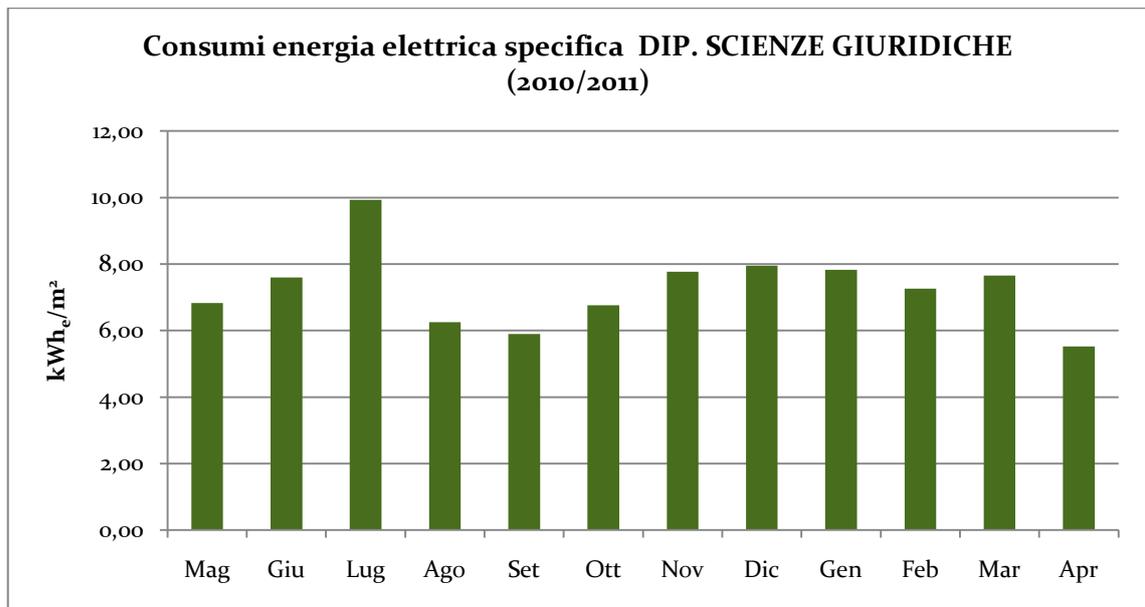


Figura I.12. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

I consumi mensili per entrambi i periodi sono piuttosto simili: i mesi di luglio presentano un consumo maggiore dovuto alla maggior richiesta di energia di raffrescamento dal gruppo frigo.

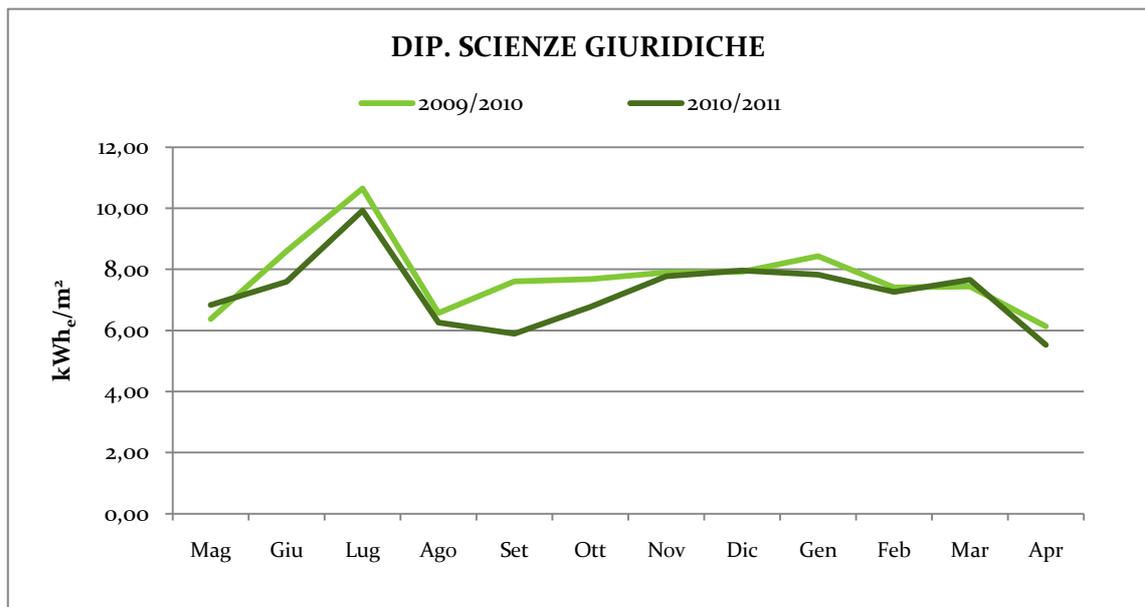


Figura I.12. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

L'andamento è pressoché uguale nelle due annate, ma si registra un leggera diminuzione nel secondo periodo di analisi, che attraverso un'analisi di primo livello come questa non è possibile definire in modo preciso le ragioni.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte delle caldaie: i consumi analizzati si riferiscono alla centrale termica, espressi in m³.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati

sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	239639	206,37	532,12	92,87
2010/2011	230420	211,26	544,72	95,07

Da una prima visuale di questi dati si può affermare che il consumo dell'energia per il riscaldamento è diminuito in termini di kWh assoluti. Tuttavia, il valore normalizzato sulla temperatura presenta un incremento nel 2010/2011. Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, tipo valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo locale.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

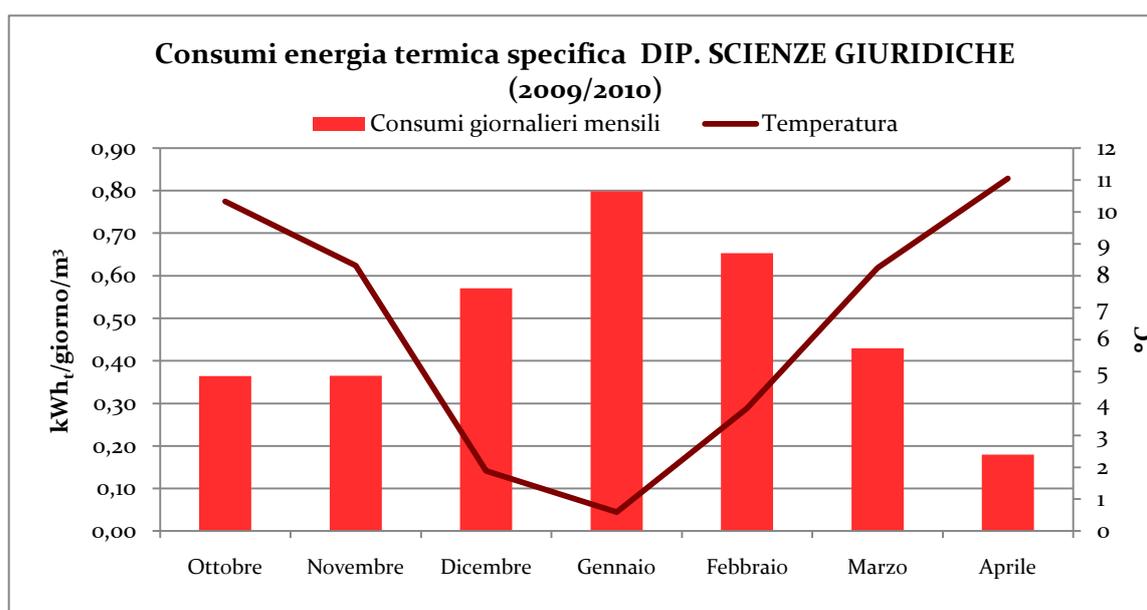


Figura I.12. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta. Piccola anomalia è il consumo di ottobre, probabilmente, il consumo di gas metano in questo mese è stato uguale a quello di novembre nonostante una temperatura maggiore per l'avvio dell'impianto termico, dopo lo stop nella stagione estiva. Certo, un'analisi di primo livello come questa non permette di capirne le ragioni precise.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

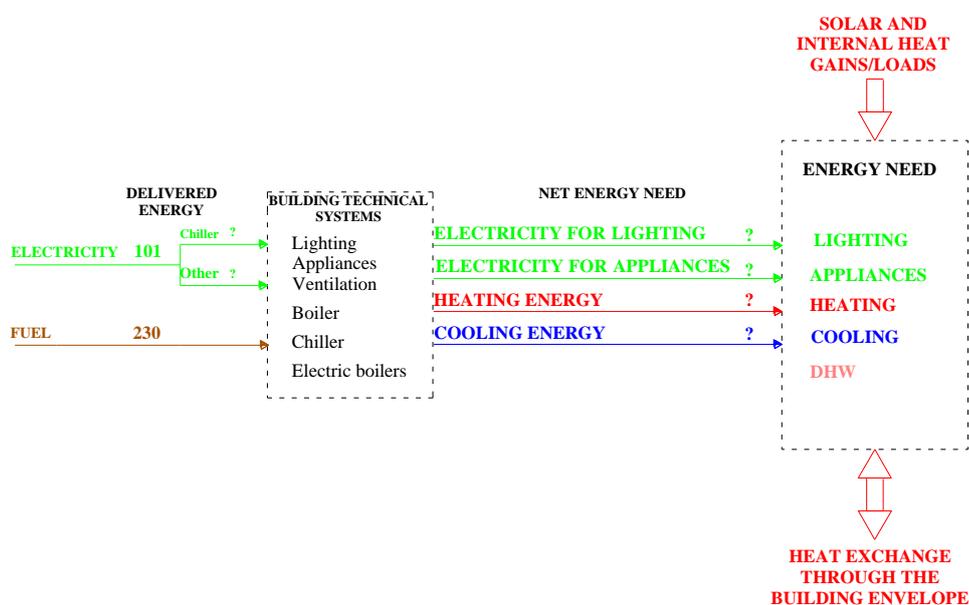


Figura I.12. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Dai dati nel grafico si vede che l'energia elettrica pesa sul consumo energetico totale con una quota del 31%.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	19586	16,88	43,53	7,60
2010/2011	21061	18,15	46,80	8,17

La diminuzione del consumo di energia elettrica del 6% ha comunque prodotto un aumento del suo costo: 8%; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato e dalle ore di utilizzo dell'energia. Il costo elettrico su persona è comunque del tutto accettabile se paragonato agli altri edifici in esame.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²] _c	[€/persona] _c	[€/m ³] _c
2009/2010	17471	15,05	38,80	6,77
2010/2011	18918	17,34	44,72	7,80

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, la diminuzione assoluta del consumo di gas ha prodotto un incremento del 8%.

Il costo normalizzato sul volume è il maggiore sugli altri edifici, ma il costo su persona è decisamente inferiore alla media generale.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo del Dipartimento, come mostra la tabella: l'incremento assoluto è pari all'8%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²] _c	[€/persona] _c	[€/m ³] _c
2009/2010	37058	31,9	82,4	14,4
2010/2011	39978	35,5	91,5	16,0

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

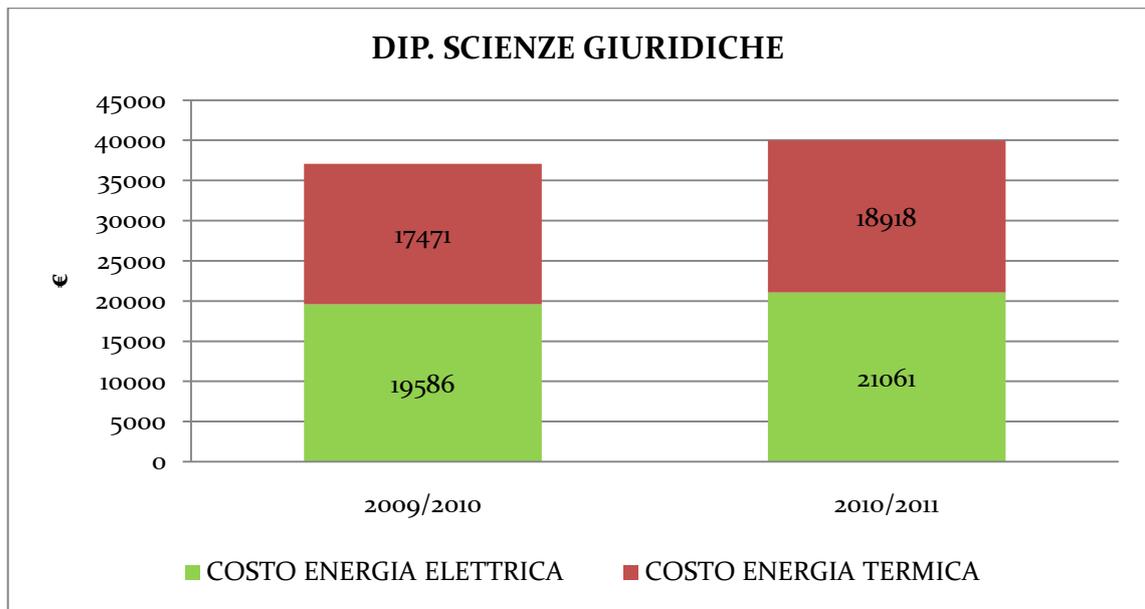


Figura I.12. 8 Parzializzazione dei costi energetici del Dipartimento di Scienze Giuridiche.

Nonostante l'aumento complessivo del costo energetico, la percentuale tra le due quantità è rimasto costante: 53% è la quota elettrica e il restante 47% è la quota termica.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Dipartimento\ Scienze\ Giuridiche} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	337851	291,2	751	131
2010/2011	317994	274,1	707	123

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Dipartimento\ Scienze\ Giuridiche} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	66,4	57,21	147,53	25,75
2010/2011	62	53,85	138,86	24,23

Anche trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra una stessa diminuzione del 6% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Dipartimento Scienze Giuridiche} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	325909	281	724	126
2010/2011	313371	287	741	129

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Dipartimento Scienze Giuridiche} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	66	57,16	147,40	25,72
2010/2011	64	58,52	150,89	26,33

Anche nel caso della trasformazione in termini ambientali, l'incremento del 2% registrato nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante.

Nel grafico che segue si evidenzia la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente; le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze, poiché i bilanci sono analoghi e ciò che cambia è solamente il fattore moltiplicativo.

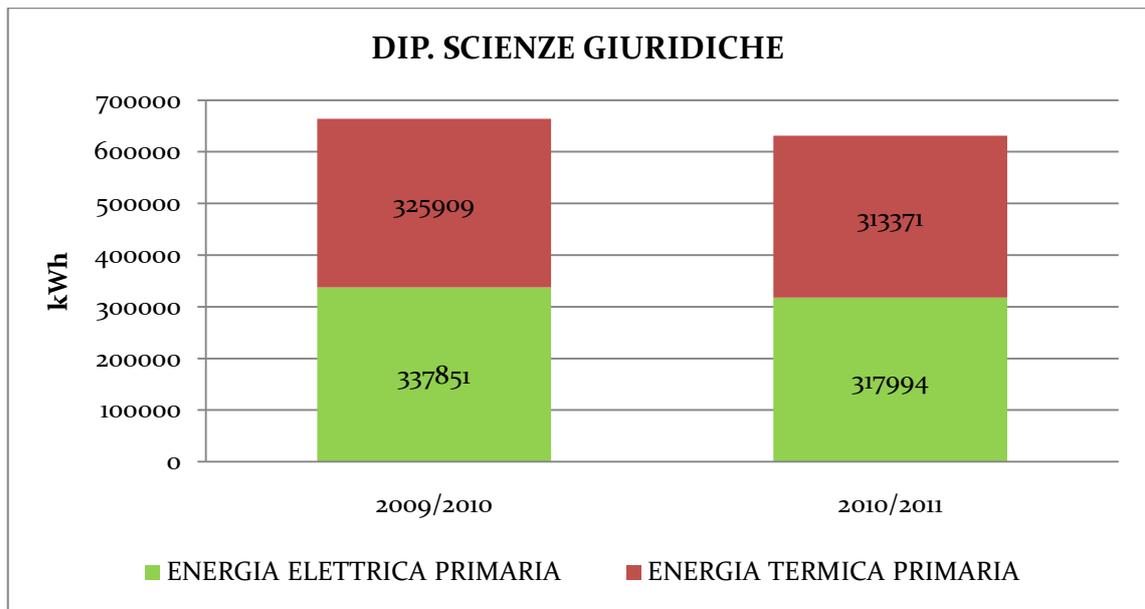


Figura I.12. 9 Parzializzazione dell'energia primaria del Dipartimento di Scienze Giuridiche.

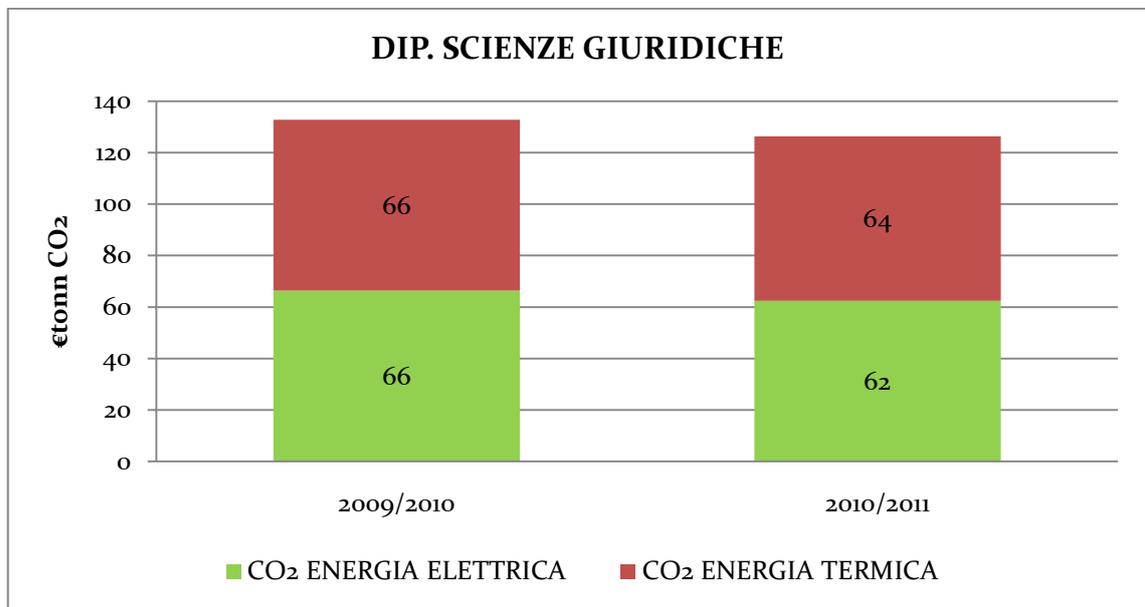


Figura I.12. 10 Parzializzazione della CO2 equivalente del Dipartimento di Scienze Giuridiche.

Nonostante si sia registrato una diminuzione in termini ambientali totali, la parzializzazione è sostanzialmente paritaria tra la quota che proviene dall'energia elettrica e quella dall'energia termica.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _e]	[(kWh/persona) _e]	[(kWh/m ³) _e]
2009/2010	663761	572	1474	257
2010/2011	631365	561	1447	253

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENT E SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	133	114,4	294,9	51,5
2010/2011	126	112,4	289,7	50,6

In conclusione, si può affermare che in termini complessivi ambientali sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente siano diminuiti del 2%.

I.13 EX VETRERIE BERRUTO

Ora trasformato, l'edificio che inizialmente ospitava una fabbrica del vetro nel centro storico della città in Via Giulia di Barolo n.3/A è divenuto di proprietà dell'Università degli Studi di Torino.



Figura I.13. 1 Ex Vetriere Berruto di Via Giulia di Barolo 3/A, Torino (TO).

Storia

Nella Contrada di Po, tra il 1694 e 1747, era attiva una fabbrica di vetri e cristalli, poi trasferita a Chiusa Pesio a causa dei difficoltosi approvvigionamenti di acqua e legno indispensabili per le lavorazioni. Edificata al di sopra di un bastione spianato dopo la demolizione delle mura cittadine durante l'occupazione francese di Torino, l'attuale facies è frutto della ristrutturazione avvenuta intorno al 1835, che ampliò la vecchia vetreria. A quell'epoca, l'ex Istituto Cairoli presentava ancora solo due degli odierni quattro piani fuori terra, che si aggiunsero solo negli anni '50 quando divenne edificio scolastico. La vicinanza alla congestionata sede delle facoltà Umanistiche e l'ampia superficie disponibile, così vitale per il consono svolgimento delle attività istituzionali, introdussero l'Università a deliberare l'acquisto del complesso immobiliare Cairoli-Vetriere nel 1998. L'Accordo di Programma per l'edilizia universitaria, sottoscritto nel 2001 con il M.I.U.R., ha coperto una parte dei costi sostenuti per l'acquisizione e l'arredo dell'immobile. Gli ambienti dell'ex Istituto Cairoli, terminato il restauro dei decori, dei pavimenti in legno e dei caminetti che furono delle abitazioni, sono divenuti aule per le facoltà ed uffici per il Dipartimento di Orientalistica. Il magazzino della vetreria, con la bella sala di vendita riportata alla sua primitiva eleganza, è stato invece adibito a sede delle biblioteche di Scienze del Linguaggio, di Orientalistica e di Scienze Religiose "Erik Peterson".

Caratteristiche generali

L'immobile è ora sede della Biblioteca di scienze Religiose, del Dipartimento di Orientalistica e relativa Biblioteca e della Biblioteca del Dipartimento di Scienze del Linguaggio e Letterature Moderne e Comparate.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile:	4885 m ²
Volumetria degli stabili:	19540 m ³
Numero dipendenti e studenti:	circa 820

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22 kV.

All'interno dell'edificio è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22kV a 380V.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

L'intero edificio è climatizzato in modo centralizzato attraverso una tipologia mista.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da un'unica centrale termica con due generatori di calore alimentati a gas metano che servono l'intero edificio:

n. 2 Generatori di calore per Intero edificio

Non sono inoltre presenti delle piccole caldaie in piccoli locali dello stabile.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

Non è presente nell'edificio un impianto di raffrescamento estivo.

L'aria climatizzata è fornita da un impianto di trattamento aria e da ventilconvettori

n. 2 Uta 10 kW per Intero edificio

n. 87 Ventilconvettori 13,5 kW per Intero edificio

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria non è fornita in modo centralizzato, ma in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

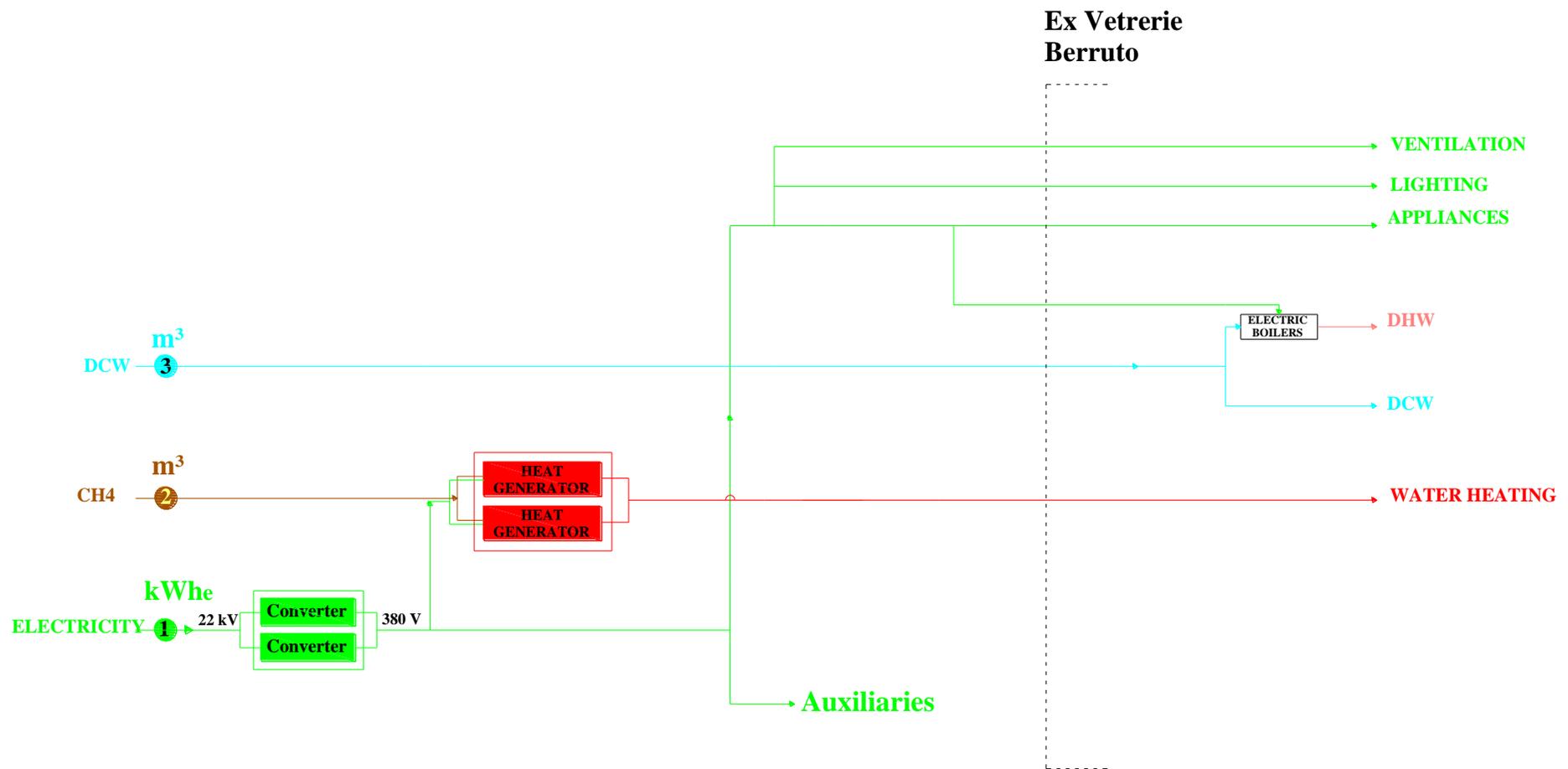


Figura I.13. 2 Schema impiantistico unifilare delle Ex Vetriere Berruto.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh /m ²]	[kWh /persona]	[kWh /m ³]
2009/2010	168284	34,45	205,2	8,61
2010/2011	172699	35,35	210,61	8,84

Dai dati si deduce che nelle due annate successive si è registrato un incremento dei consumi dell'3%. Il dato specifico, sia su superficie, sia su persona è piuttosto basso rapportato al resto degli edifici dell'UniTo qui analizzati.

La mensilità del dato permette di valutare l'andamento di questo consumo nell'arco di un anno tipo (2009/2010) e di confrontarlo con quello successivo.

Le prime due figure che seguono mostrano graficamente l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

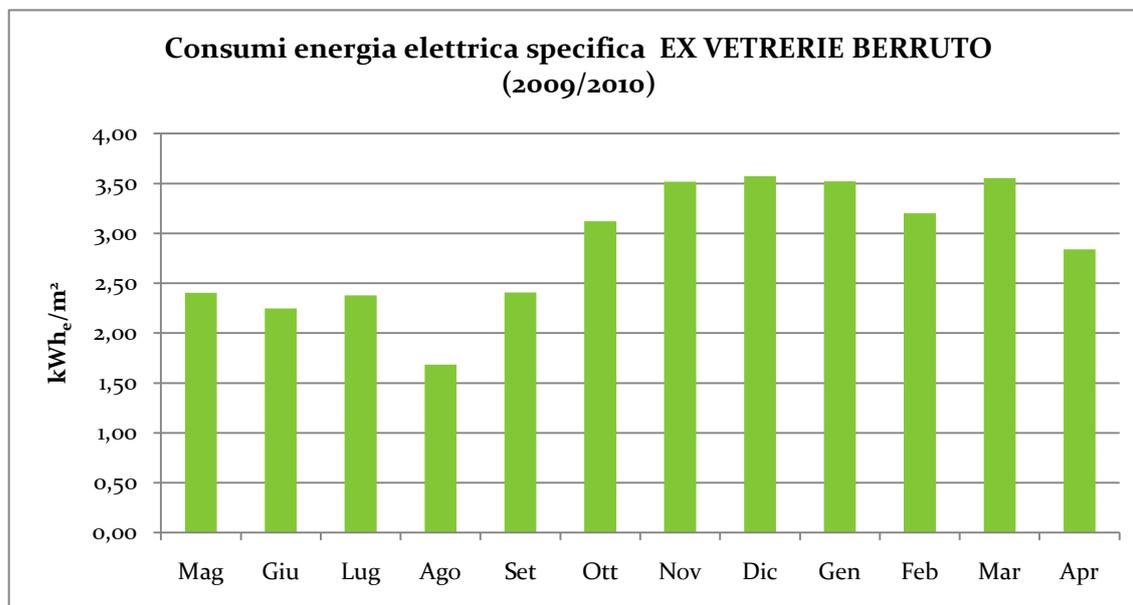


Figura I.13. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

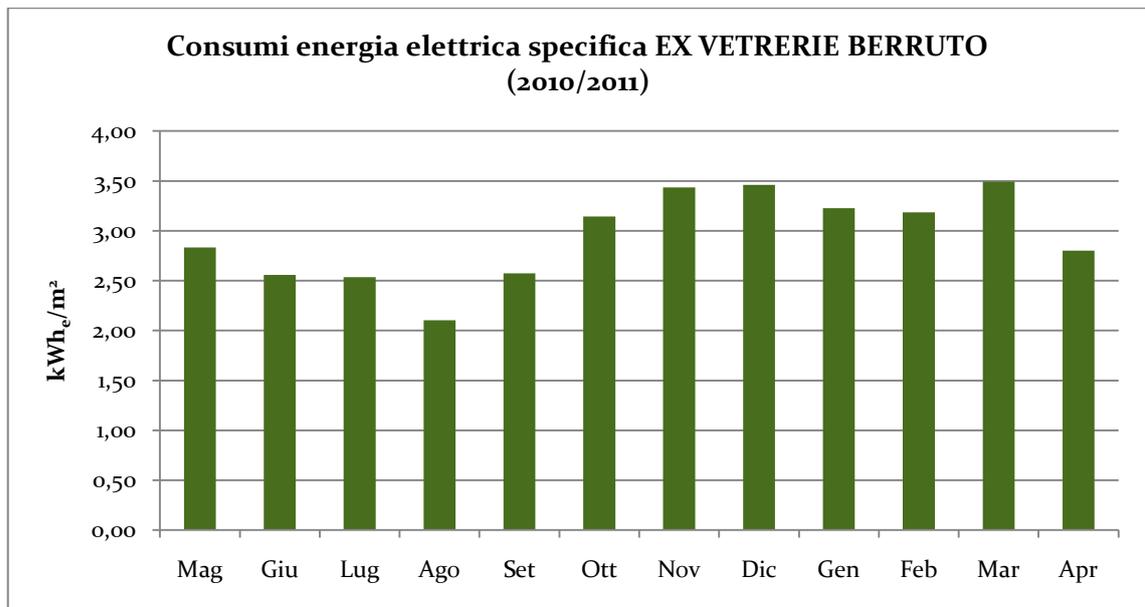


Figura I.13. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

In entrambi i periodi considerati, il consumo mensile è piuttosto simile: i mesi di maggior consumo sono quelli invernali in cui c'è una maggiore affluenza dell'immobile; viceversa i mesi estivi si registra un consumo minore per chiusura del periodo didattico e per mancanza di impianti di raffrescamento elettrico, quali gruppi frigo.

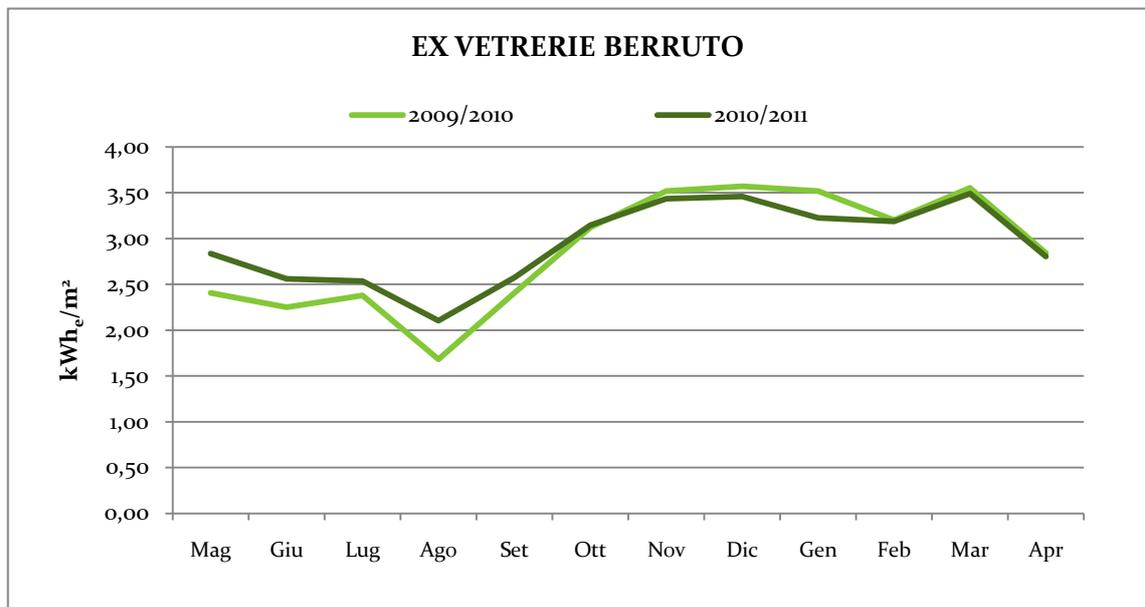


Figura I.13. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Le due linee nel grafico sopra mostrano lo stesso andamento dei consumi elettrici per i due anni, anche se c'è un leggera diminuzione nei primi mesi del periodo 2009/2010 e un piccolo incremento negli ultimi mesi.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte delle caldaie: i consumi analizzati si riferiscono alla centrale termica, espressi in m³.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	500632	102,41	610,06	25,60
2010/2011	501915	109,30	651,16	27,33

Da una prima visuale di questi dati si può affermare che il consumo assoluto dell'energia per il riscaldamento è rimasto praticamente costante; tuttavia visto che la temperatura registrata nella stagione di riscaldamento 2010/2011 è stata maggiore, il consumo normalizzato sui gradi giorno vede un incremento percentuale del 7%. Tale consumo è comunque nella media con gli edifici del catasto. Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, tipo valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo ufficio.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

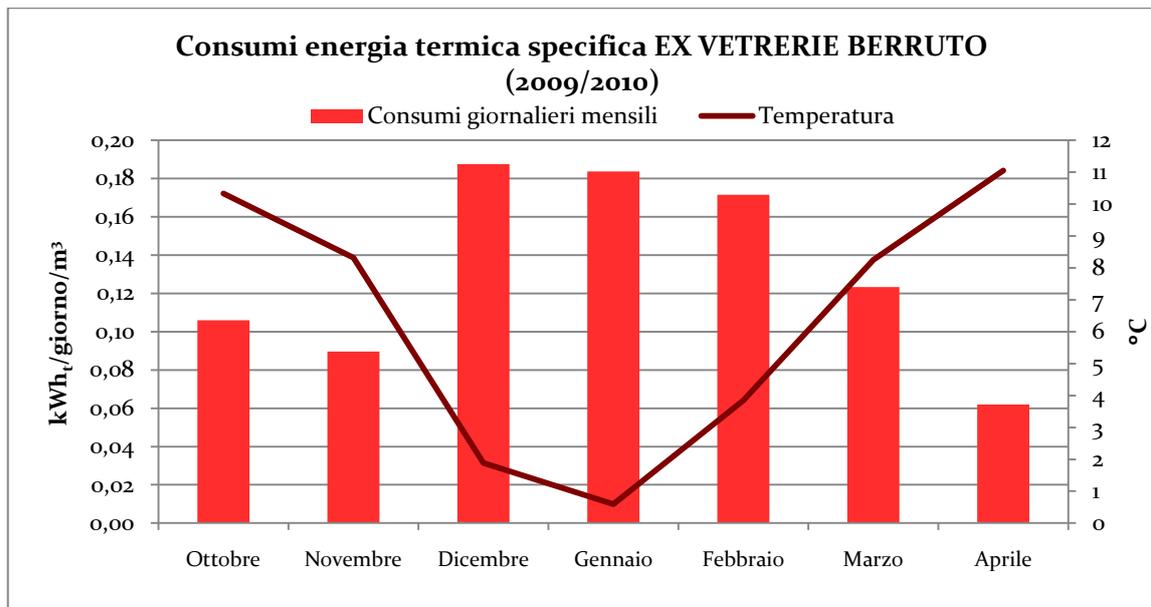


Figura I.13. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta, anche se non c'è una stretta correlazione: dicembre mostra un consumo maggiore rispetto a gennaio, nonostante la temperatura media registrata sia maggiore. Altra anomalia è il consumo di ottobre, probabilmente, il consumo di gas metano in questo mese è stato maggiore che a novembre nonostante una temperatura maggiore per l'avvio dell'impianto termico, dopo lo stop nella stagione estiva. Con un'analisi di primo livello come questa non permette di capirne le ragioni precise.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh, per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

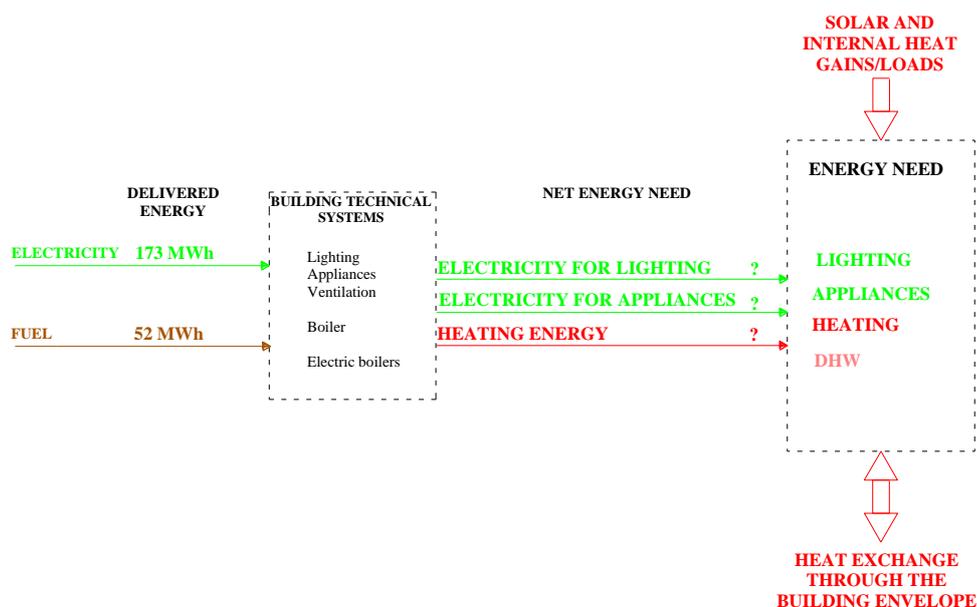


Figura I.13. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Dai dati nel grafico si vede che l'energia elettrica pesa maggiormente sul consumo energetico totale con una quota del 77%.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	28106	5,75	34,28	1,44
2010/2011	28921	5,92	35,27	1,48

La percentuale di incremento del consumo elettrico si è mantenuta costante anche per il suo costo.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	36499	7,47	44,48	1,87
2010/2011	41207	8,97	53,46	2,24

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, la lieve variazione del consumo assoluto di gas, ha prodotto un incremento del 13%.

Il costo specifico su m2 e su persona sono comunque contenuti nella visione globale del catasto economico.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo dell'immobile, come mostra la tabella: globalmente si è registrato un incremento in termini di euro complessivi del 5%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	64605	13,2	78,8	3,3
2010/2011	70128	14,9	88,7	3,7

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

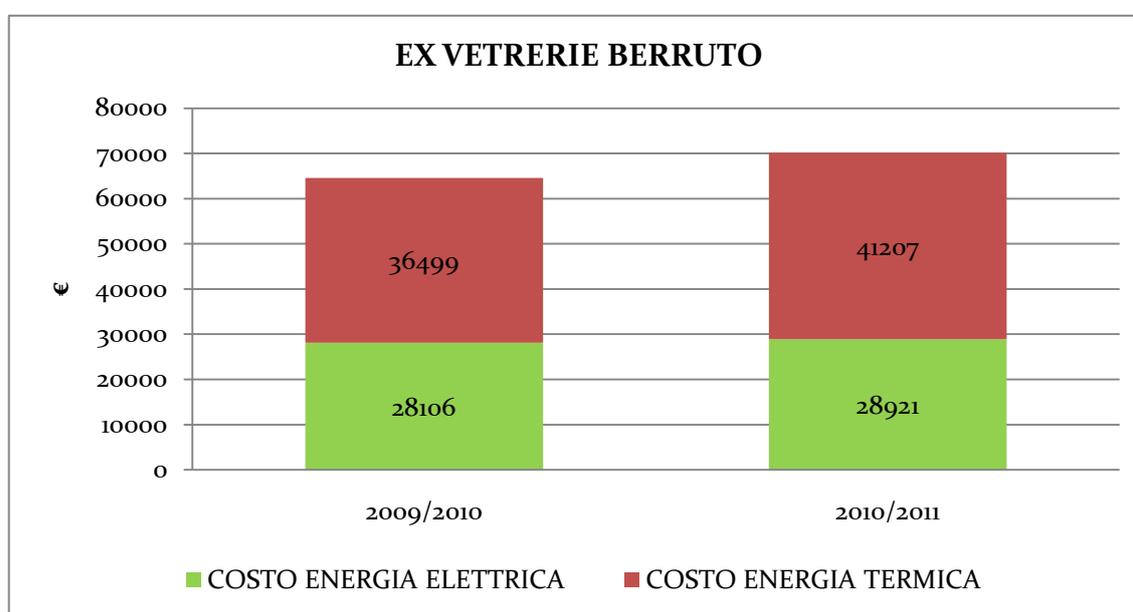


Figura I.13. 8 Parzializzazione dei costi energetici delle Ex Vetriere Berruto.

In entrambi i periodi analizzati, la ripartizione dei costi energetici, vede una percentuale maggiore per la quota sull'energia termica, di 56% e 59% rispettivamente per il primo e il secondo anno.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Ex\ Vetrierie\ Berruto} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3,14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	528412	108,2	644	27
2010/2011	542275	111,0	661	28

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Ex\ Vetrierie\ Berruto} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	103,8	21,26	126,62	5,31
2010/2011	107	21,81	129,95	5,45

Anche trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra uno stesso aumento di tre punti percentuali per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale e senza produzione locale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Ex\ Vetrierie\ Berruto} = \sum (E_{del,NG} f_{p,del,NG})$$

In cui $f_{p,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	680859	139	830	35
2010/2011	682605	149	886	37

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Ex\ Vetrierie\ Berruto} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	139	28,37	168,99	7,09
2010/2011	139	30,28	180,37	7,57

Anche nel caso della trasformazione in termini ambientali, l'incremento del consumo assoluto del 7% registrato nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante.

Nel grafico che segue si evidenzia la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente; le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze, poiché i bilanci sono analoghi e ciò che cambia è solamente il fattore moltiplicativo.

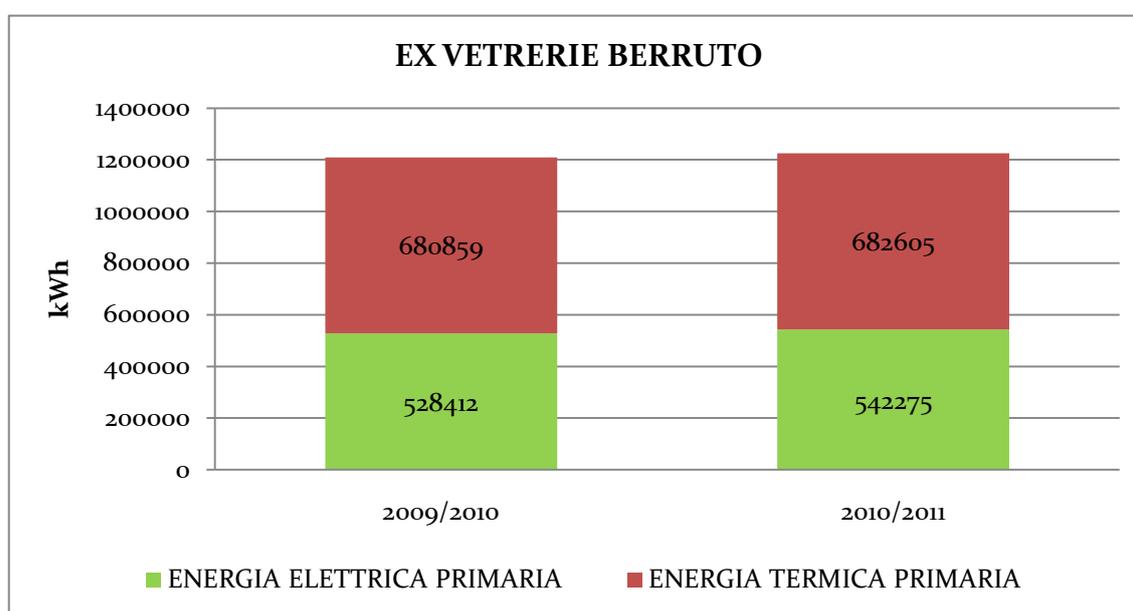


Figura I.13. 9 Parzializzazione dell'energia primaria delle Ex Vetriere Berruto.

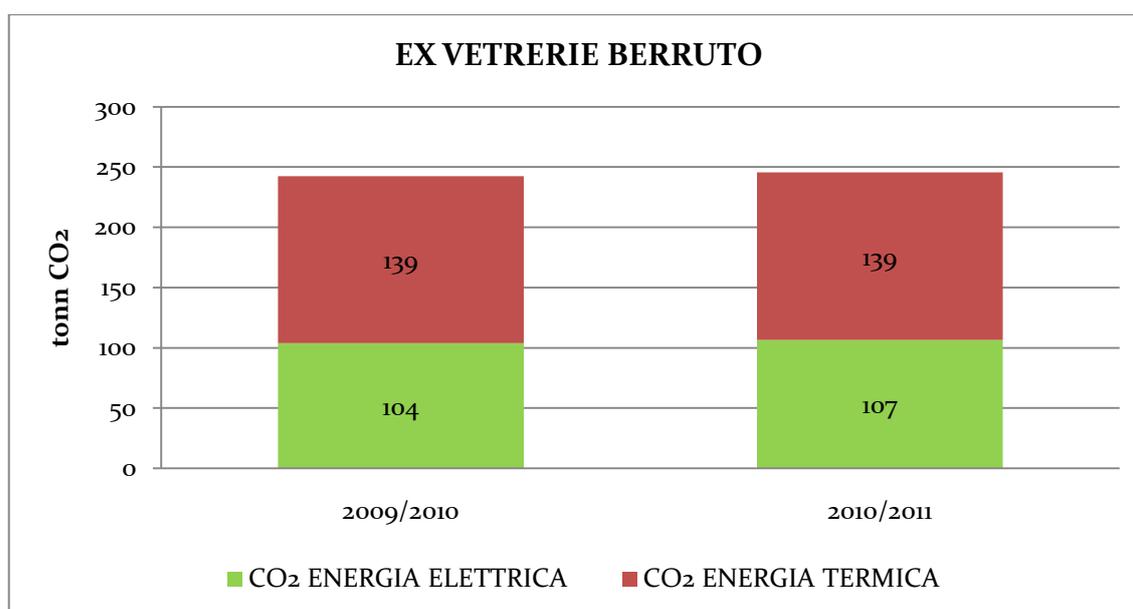


Figura I.13. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente delle Ex Vetriere Berruto.

In entrambi i periodi di diagnosi, nella parzializzazione in termini ambientali, la quota maggiore è detenuta dall'energia termica, di circa 57%.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	1209271	247	1474	62
2010/2011	1224880	260	1547	65

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE E SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	243	49,6	295,6	12,4
2010/2011	246	52,1	310,3	13,0

In conclusione, si può affermare che in termini complessivi ambientali sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente siano aumentati del 5%.

I.14 EX ISTITUTO MARGARA

L'Istituto, situato in una zona abbastanza centrale della città ospita la Scuola delle professioni legali. Il nome dell'immobile è rimasto invariato dalla destinazione d'uso utilizzata in un periodo storico precedente. È sito in Via Giovanni Giolitti al civico 33.



Figura I.14. 1 Ex Istituto Margara di Via Giovanni Giolitti n.33, Torino (TO).

Storia

Eseguito sul finire dell'800, sorge nell'area anticamente occupata dai giardini del convento delle Suore di San Giuseppe. Planimetricamente è previsto a completamento del fronte su via delle Rosine, innestandosi tra due blocchi precedentemente edificati. Il progetto, firmato dall'ingegner Giuseppe Bertinaria e datato 10 agosto 1881, prevedeva la realizzazione di un edificio a due piani fuori terra destinato ad accogliere le scuole elementari, connesso a nord con un fabbricato già occupato da una scuola tecnica ed a sud con un corpo di fabbrica originariamente annesso al "Monastero di San Giuseppe". L'edificio dispone le aule in successione lungo il fronte su strada con corridoio di collegamento sul lato interno; è stato sopraelevato di un piano tra il 1949 e il 1954. Nel cortile è stata realizzata una palestra disposta perpendicolarmente al fabbricato scolastico, sopraelevata di un piano nel 1910.

Caratteristiche generali

L'immobile è ora sede della Scuola Specializzazione Professioni Legali, del Dottorato in Studi politici, Storia e Teoria, del Centro interuniversitario "Piero Bairati" di Studi Americani ed Euroamericani, del Dottorato in Scienza Politica e Relazioni internazionali e del Dottorato in Scienze Strategiche.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile:	5546 m ²
Volumetria degli stabili:	22184 m ³
Numero dipendenti e studenti:	circa 2030

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene già acquistata in Bassa Tensione.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

L'intero edificio è climatizzato in modo centralizzato con tipologia ad acqua.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da un'unica centrale termica con un solo generatore di calore alimentato a gas metano che serve l'intero edificio:

n. 1 Generatore di calore per Intero edificio

Non sono inoltre presenti delle piccole caldaie in piccoli locali dello stabile.

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

Non è presente nell'edificio un impianto di raffrescamento estivo.

Sono presenti alcuni mobiloni per la ventilazione

n. 2 Mobiloni CLEVER Mod. MC-040 12 kW per Aula Scuola Spec. Legali

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria non è fornita in modo centralizzato, ma in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

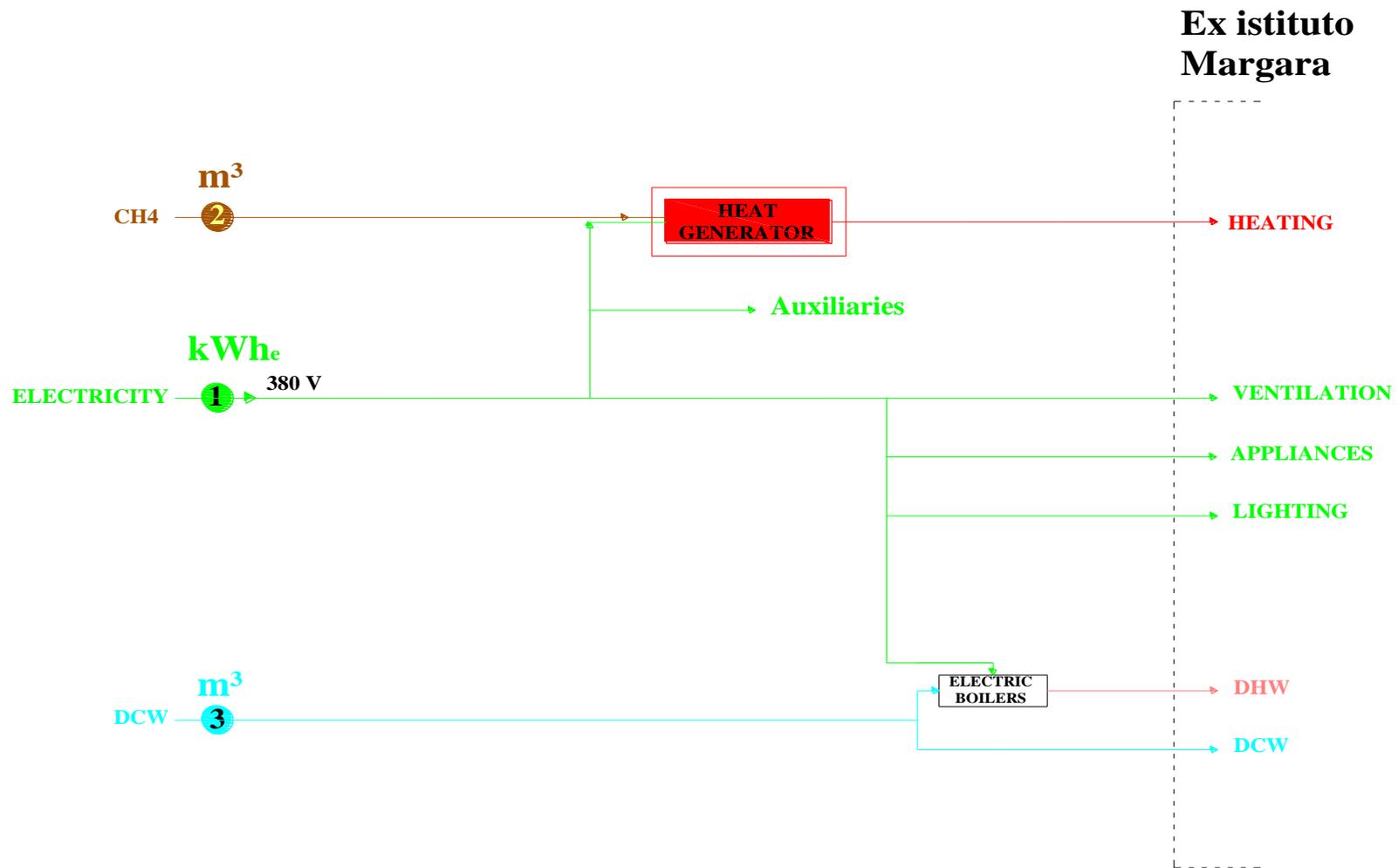


Figura I.14. 2 Schema impiantistico unifilare dell'Ex Istituto Margara.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in BT: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh /m ²]	[kWh /persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	75438	13,60	37,2	3,40
2010/2011	71880	12,96	35,41	3,24

Dai dati si deduce che nelle due annate successive si è registrata una diminuzione dei consumi del 5%. In entrambi i periodi, l'Ex Istituto Margara si colloca al primo posto dei minor consumatori elettrici all'interno del catasto energetico elettrico degli edifici UniTo in esame. Una delle ragioni, almeno la principale, è che tale istituto è utilizzato a fini didattici senza particolari strumenti elettrici e/o impianti di raffrescamento/ventilazione elettrici.

La mensilità del dato permette di valutare l'andamento di questo consumo nell'arco di un anno tipo (2009/2010) e di confrontarlo con quello successivo.

Le prime due figure che seguono mostrano graficamente l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

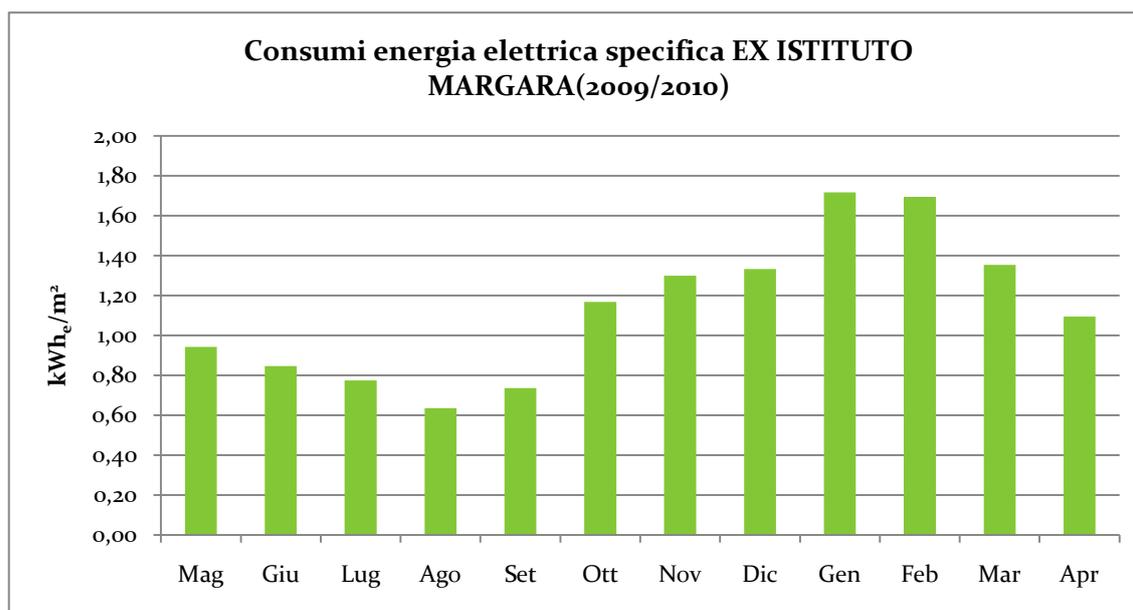


Figura I.14. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

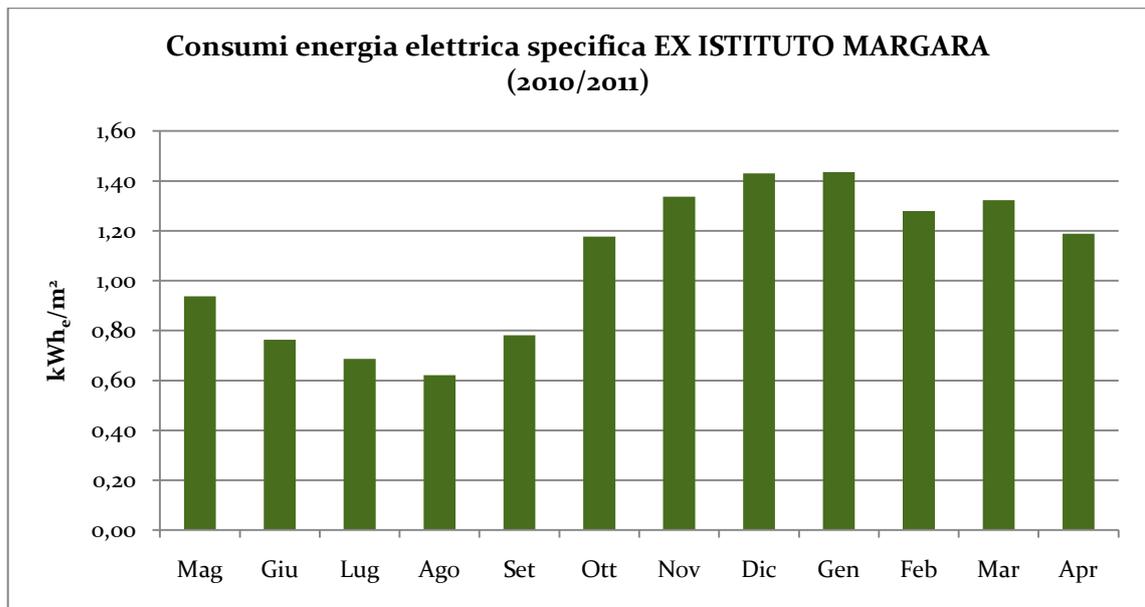


Figura I.14. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

In entrambi i periodi considerati l'andamento è simile: un avvallamento dei consumi si registra verso i mesi estivi, per chiusura dell'attività didattica e senza la presenza di refrigerazione elettrica; da Settembre il consumo elettrico aumenta per raggiungere il picco nei mesi invernali.

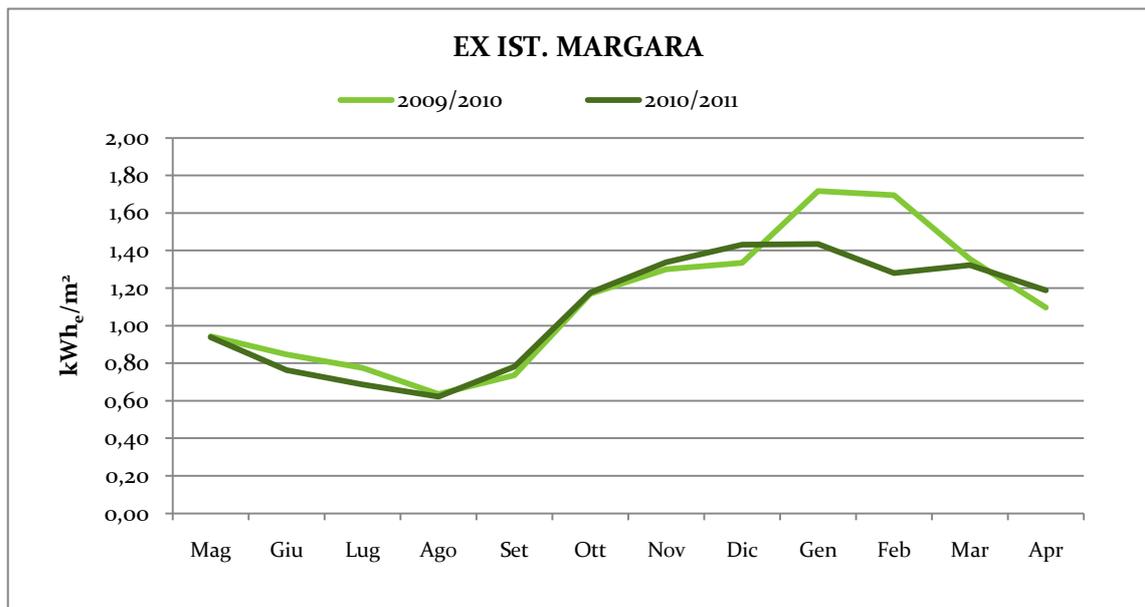


Figura I.14. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Le due linee del grafico qui sopra, mostrano chiaramente l'andamento simile; unica differenza si trova nell'ulteriore incremento dei kWh_e nei mesi da Gennaio a Marzo 2010 rispetto agli stessi mesi del 2011.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte della caldaia: i consumi analizzati si riferiscono alla centrale termica, espressi in m³.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di

Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	579777	104,46	285	26,11
2010/2011	568908	109,13	298	27,28

Da una prima visuale di questi dati si può affermare che il consumo dell'energia assoluta per il riscaldamento è diminuito. La registrazione di una temperatura nella stagione di riscaldamento 2010/2011 maggiore sulla stagione precedente, porta a un consumo normalizzato sulla temperatura maggiore del 4%. Analizzando tale consumo sul catasto termico, il dato specifico su persona ne fa di un edificio poco energivoro dal punto di vista termico, mentre sulla volumetria il suo consumo si avvicina alla media.

Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, tipo valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo locale.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

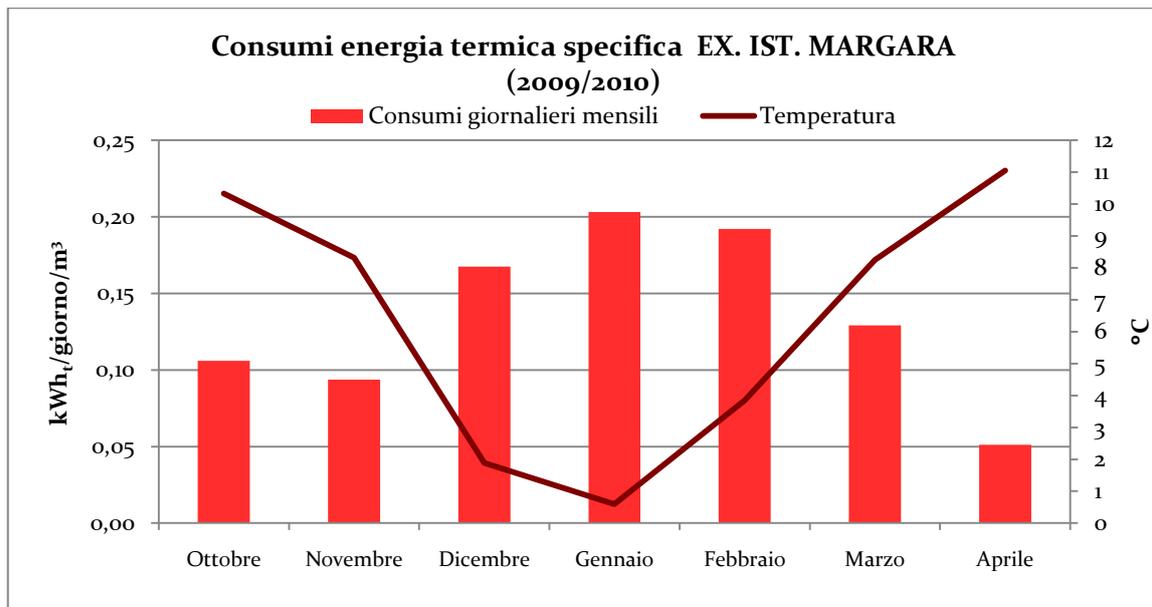


Figura I.14. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta. Unica piccola anomalia è il consumo di ottobre; probabilmente, il consumo di gas metano in questo mese è stato maggiore che a novembre nonostante una temperatura maggiore per l'avvio dell'impianto termico, dopo lo stop nella stagione estiva. Certo, un'analisi di primo livello come questa non permette di capirne le ragioni precise.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

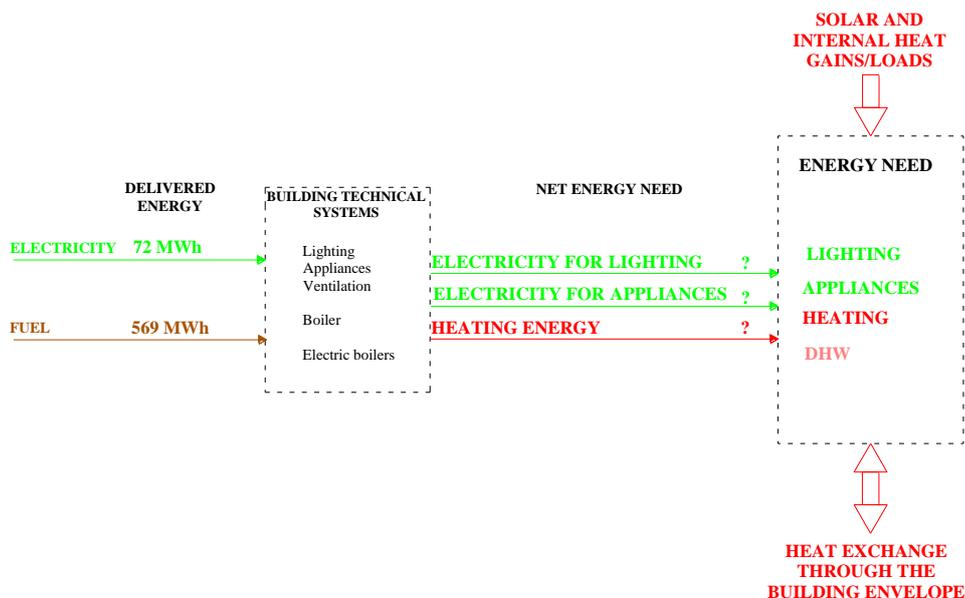


Figura I.14. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Dai dati nel grafico si vede che l'energia termica pesa maggiormente sul consumo energetico totale con una quota del 89%.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	12401	2,24	6	0,56
2010/2011	13393	2,41	7	0,60

La diminuzione del consumo di energia elettrica ha comunque portato ad un aumento del suo costo dell'8%; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato. Il costo unitario sia superficiale, sia su persona è poco rilevante rapportato agli altri edifici del catasto.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	42269	7,62	20,81	1,90
2010/2011	46708	8,96	24,48	2,24

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, la diminuzione assoluta del gas del 2%, ha prodotto un incremento del 10%.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo del Istituto, come mostra la tabella: globalmente si è registrato un incremento del costo assoluto del 10%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	54670	9,85	27	2,46
2010/2011	60100	11,37	31	2,84

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

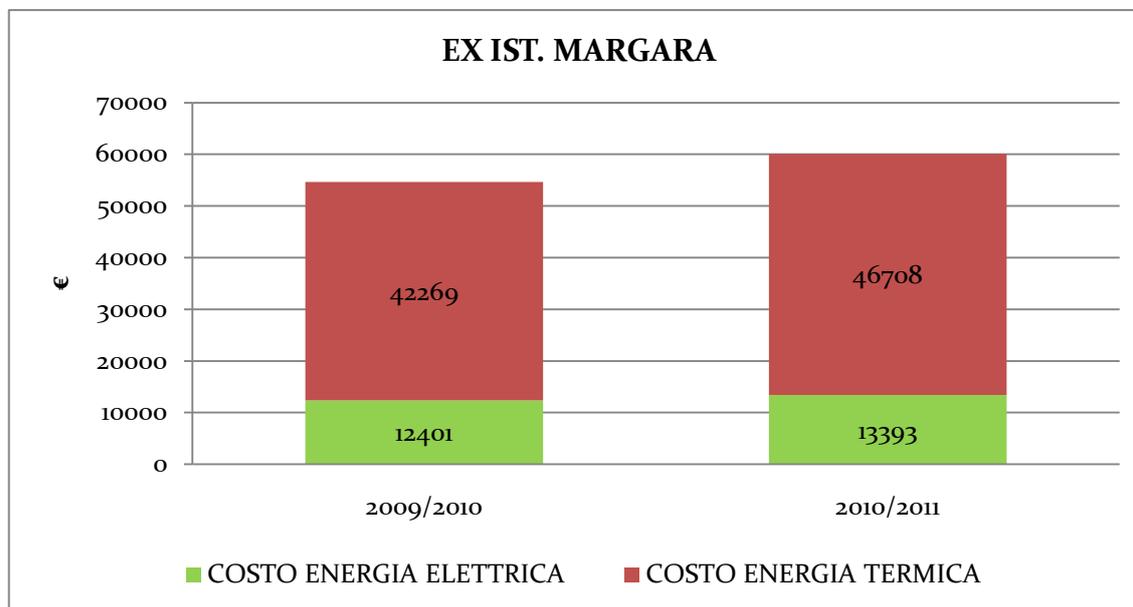


Figura I.14. 8 Parzializzazione dei costi energetici dell'Ex Istituto Margara.

Come mostra il grafico qui sopra, è l'energia termica il maggior responsabile del costo energetico dell'edificio, con una percentuale di circa 77% per entrambi gli anni.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Ex\ Istituto\ Margara} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	236875	42,7	117	11
2010/2011	225703	40,7	111	10

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Ex\ Istituto\ Margara} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	46,5	8,39	22,93	2,10
2010/2011	44	8,00	21,85	2,00

Anche trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra una stessa diminuzione del 5% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Ex\ Istituto\ Margara} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	788496	142	388	36
2010/2011	773715	148	405	37

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Ex\ Istituto\ Margara} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	161	28,94	79,05	7,23
2010/2011	158	30,23	82,58	7,56

Anche nel caso della trasformazione in termini ambientali, l'incremento del 4% del consumo termico normalizzato registrato nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante.

Nel grafico che segue si evidenzia la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente; le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze, poiché i bilanci sono analoghi e ciò che cambia è solamente il fattore moltiplicativo.

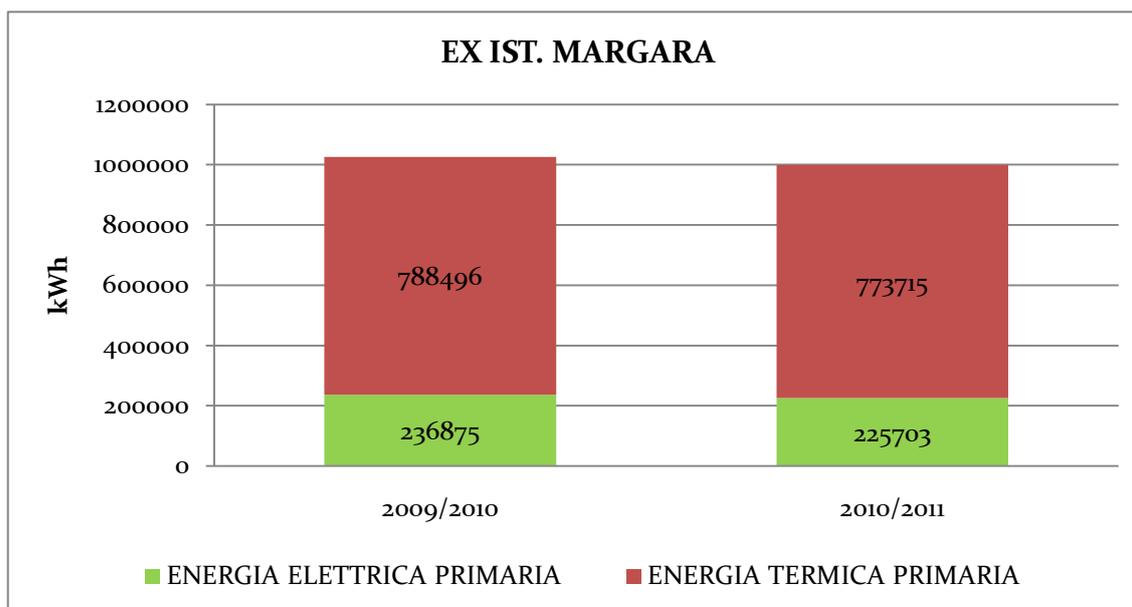


Figura I.14. 9 Parzializzazione dell'energia primaria dell'Ex Istituto Margara.

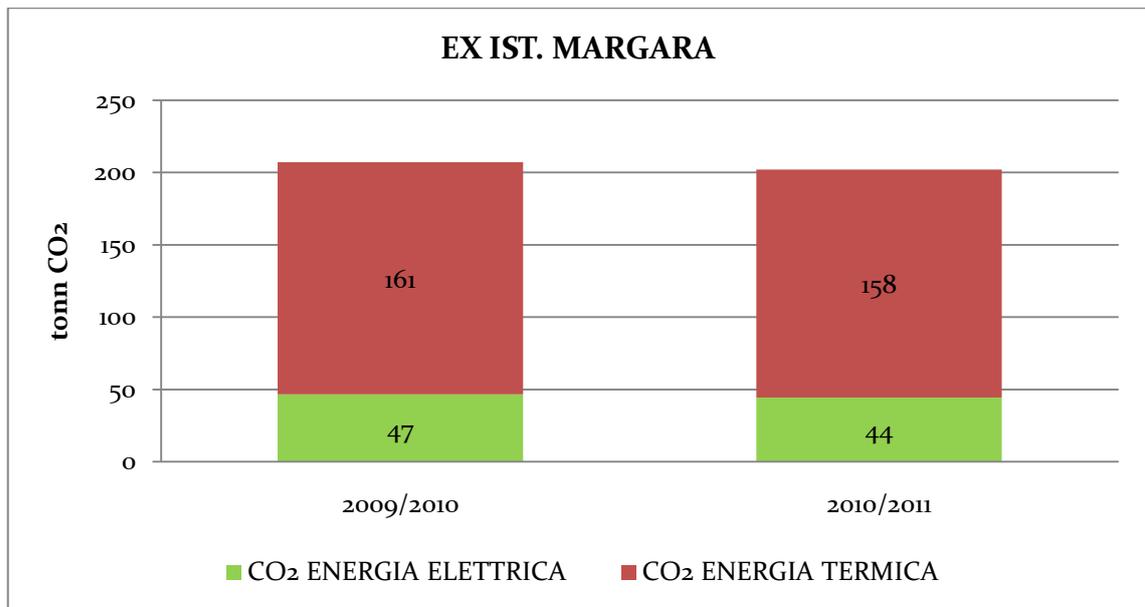


Figura I.14. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente dell'Ex Istituto Margara.

In entrambi i periodi di diagnosi, l'energia termica detiene la quota maggiore in termini ambientali, con una percentuale del 77.5% e del 79.1% rispettivamente per il primo e secondo anno.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	1025372	185	505	46
2010/2011	999418	189	517	47

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	207	37,33	102	9,33
2010/2011	202	38,22	104	9,56

In conclusione, si può affermare che in termini complessivi ambientali sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente siano aumentati del 2%.

I.15 ORTO BOTANICO

Situito nel verde parco del Castello del Valentino, l'Orto Botanico racchiude l'aspetto biologico dell'Università degli Studi di Torino.



Figura I.15. 1 Orto Botanico di Viale Mattioli n.25, Torino (TO)

Storia

L'Orto Botanico del Dipartimento di Biologia Vegetale si trova all'interno del Parco del Valentino, ed insiste, ancora oggi, sulla stessa area che era stata dell'orto olitorio del Re Vittorio Amedeo II di Savoia, nelle adiacenze del Castello. Nel 1729, il Re attribuì all'Università la proprietà della zona e Bartolomeo Caccia fu nominato professore di Botanica presso la Facoltà di Medicina. Nel biennio successivo, il giardino venne organizzato con due grosse vasche, verso le quali convergevano aiuole e stradine: sugli iniziali 6800 mq di terreno trovarono spazio 800 specie arboree. Nel 1763, sotto la direzione di Carlo Allioni, l'Orto annoverava già 4500 specie coltivate, che furono illustrate nell'imponente opera di 64 volumi di acquerelli "Iconographia Taurinensis". Successivamente, vengono introdotte delle serre e sul finire del XVIII secolo, venne costruito un edificio a due piani, con aranciera, serra calda ed erbario, al piano superiore. Agli inizi dell'800, venne completato il muro di recinzione che annesse altri terreni di donazione reale e, in decenni successivi, le innovazioni non mancarono: altre aiuole ed un'imponente aranciera, nuove serre calde per le colture tropicali, il cosiddetto "boschetto" nel quale vennero piantate specie arboree e gruppi di arbusti, etc. In seguito per circa un secolo, a partire dal 1876, si assistette ad un progressivo smantellamento delle aree a coltura per far posto ad aule, laboratori, biblioteca e la palazzina, raddoppiata in larghezza, venne dotata di un'aula ad emiciclo. Tuttavia, negli anni '90, furono realizzate altre due serre. Nei suoi quasi tre secoli di storia, il ruolo dell'Orto Botanico è mutato e da fulcro dell'attività di ricerca, si è trasformato in validissimo ed indispensabile strumento didattico, mentre i nuovi entri propulsori dell'indagine scientifica sono divenuti i laboratori del Dipartimento dell'erbario con le sue collezioni.

Caratteristiche generali

Lo stabile è attualmente utilizzato come sede del Dipartimento di Biologia Vegetale, in cui accanto alle aule didattiche, compaiono vere e proprie serre atte a colture biologiche.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	2757 m ²
Volumetria degli stabili	11029 m ³
Numero dipendenti e studenti:	circa 463

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in Media Tensione a 22 kV. È presente un trasformato da MT a BT all'interno dell'edificio.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

L'intero edificio è servito da un impianto di riscaldamento centralizzato ad acqua.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da un'unica centrale termica a gas metano che serve l'intero stabile:

n. 1 Generatore di calore per Intero stabile

È inoltre presenti una piccola caldaia per il riscaldamento localizzato

n. 1 Immergas Eolo mini per Laboratorio e Aula giardino

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

Assente all'Orto Botanico è un impianto di raffrescamento centralizzato; sono però presenti dei piccoli refrigeratori dedicati ad alcuni locali.

n. 3 Refrigeratori autonomi Ecoflam 16,6 kW per Locale Micoteca

n. 1 Condizionatore Carrier 5 kW per Locale Micoteca

n. 1 Condizionatore Ecoflam 7,45 kW per Locale T21

n. 1 Condizionatore Ecoflam Collection 5,4 kW per Laboratorio Fermentosi

L'aria climatizzata è fornita da un'unità trattamento aria e ventilconvettori:

n. 2 UTA 3 kW per Serra Piante Tropicali

n. 1 ventilconvettore 0,2 kW

n. 5 ventilconvettori Erbario 1 kW per Erbario

n. 6 ventilconvettori 1,2 kW per Aula Magna App.1

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria non è fornita in modo centralizzato, ma in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

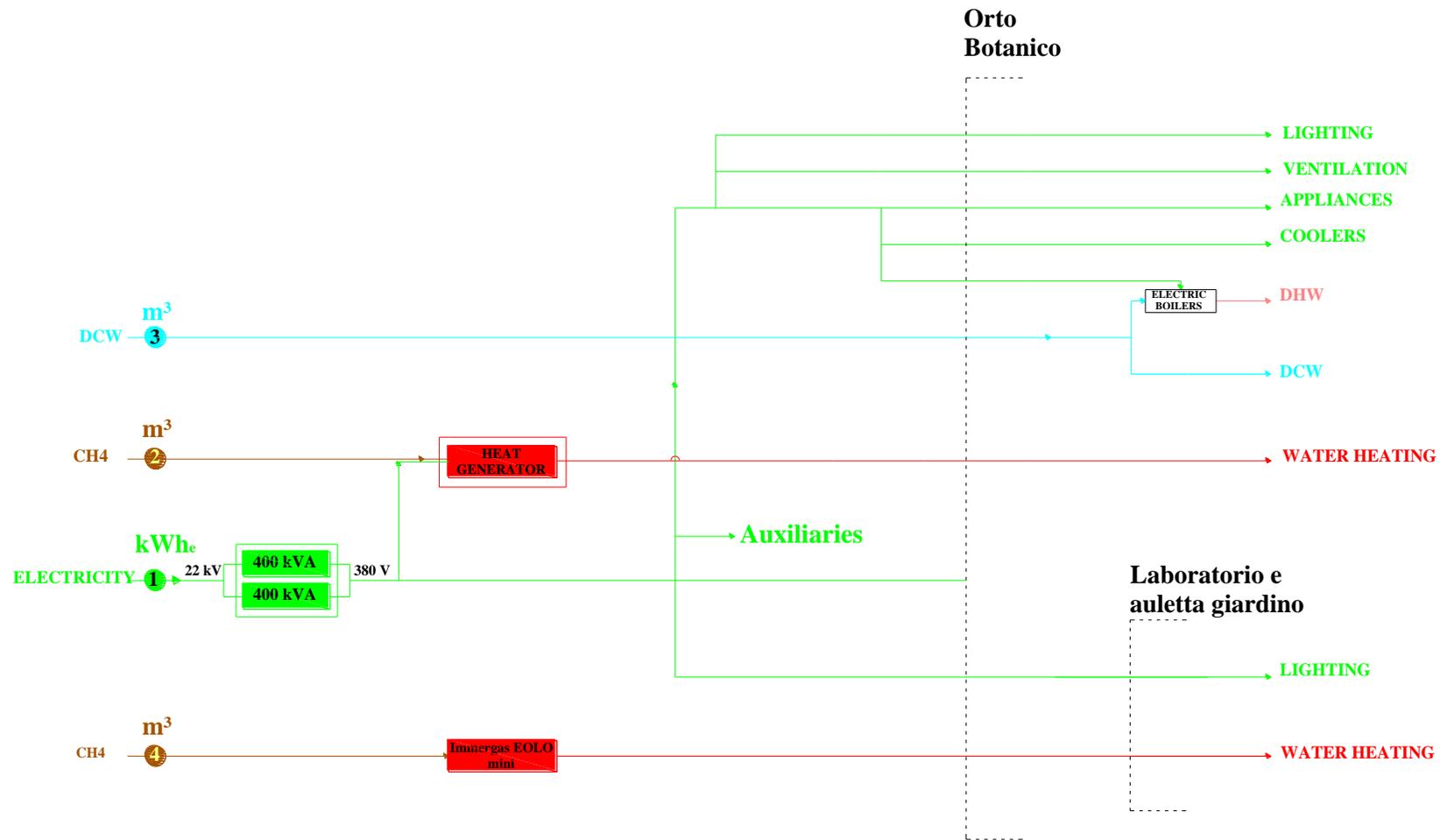


Figura I.15. 2 Schema impiantistico unifilare dell'Orto Botanico.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, gruppi frigoriferi, condizionatori, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	508199	184,32	1097,6	46,08
2010/2011	490592	177,94	1059,59	44,48

Il consumo elettrico assoluto che specifico ha subito una diminuzione del 3% nel 2010/2011 sull'anno precedente.

Nonostante questa piccola diminuzione, il consumo elettrico di questo immobile è piuttosto elevata, specialmente per il consumo su m² che porta l'Orto Botanico al primo posto come il più grande consumatore elettrico nel catasto.

Nei grafici successivi si può valutare le distribuzioni mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

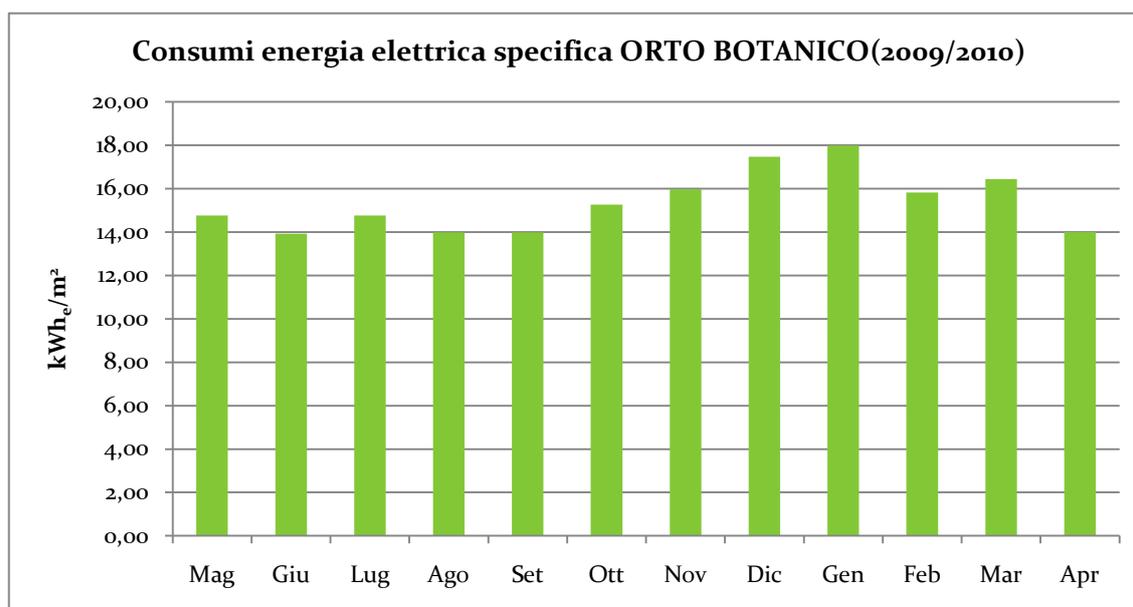


Figura I.15. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

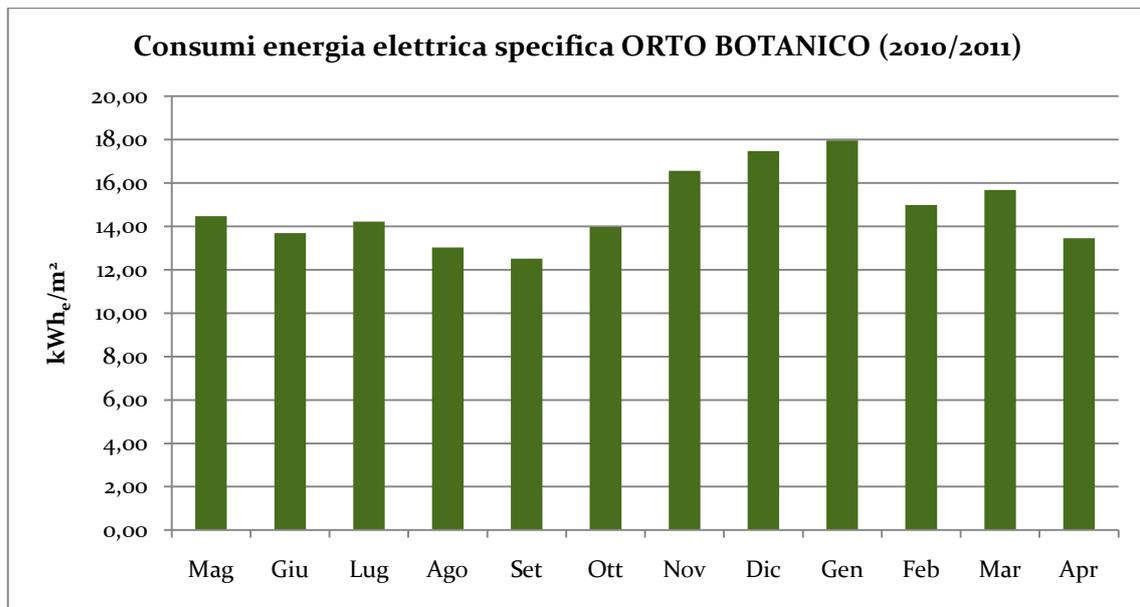


Figura I.15. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

In entrambi i periodi considerati il consumo ha l'andamento ondulato e simile: il consumo subisce un piccolo avvallamento è stato registrato nei mesi agosto e settembre per poi aumentare arrivando a picchi maggiori per i mesi invernali.

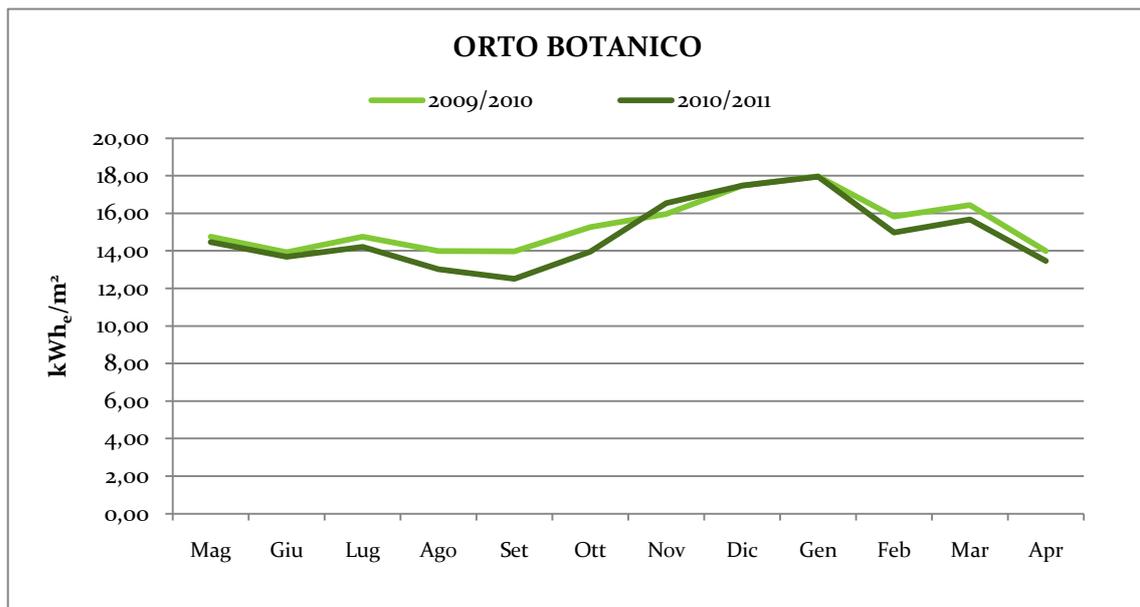


Figura I.15. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Le due linee del grafico qui sopra mostra chiaramente l'andamento simile dei due consumi mensili; la linea del 2010/2011 è a una quota inferiore, che determina la diminuzione complessiva del 3%.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte dell'unica grossa caldaia in m³, le due caldaie piccole risultano inutilizzate nei due periodi analizzati. Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati

sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	618897	224,30	1335,69	56,07
2010/2011	640078	246,97	1470,69	61,74

In una prima panoramica, il consumo dell'energia termica assoluta è aumentato del 3%. Normalizzando sulla temperatura, i punti percentuali passano a 10. In una visuale a confronto con gli altri edifici in diagnosi il consumo specifico, su m² e su persona, porta l'Orto Botanico tra i primi maggiori consumatori di energia termica. Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

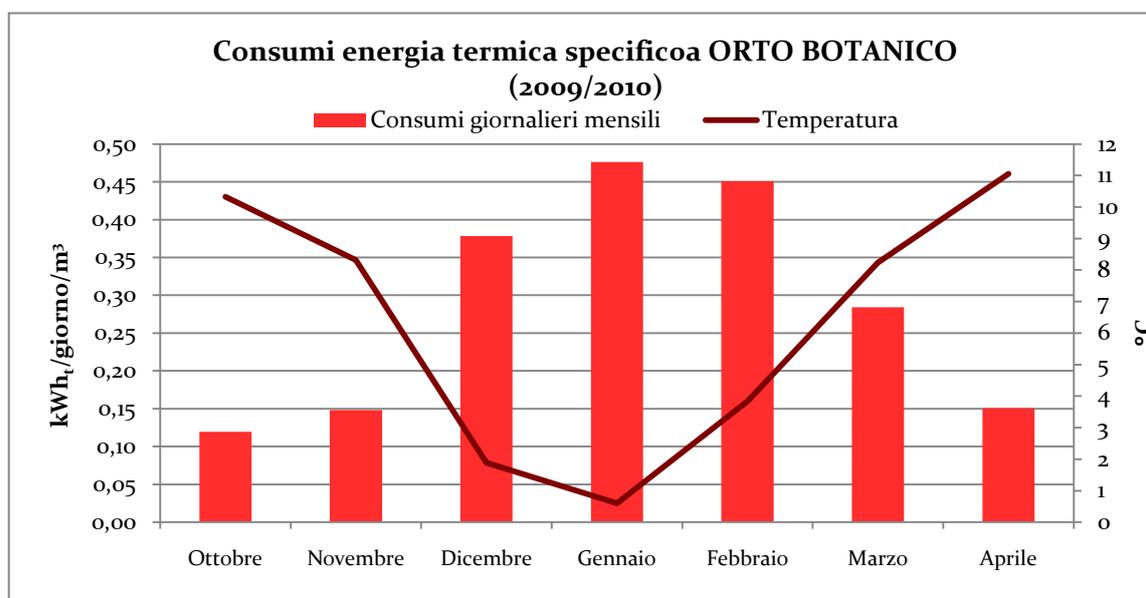


Figura I.15. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il

consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta. Una piccola anomalia si vede in febbraio che mostra un consumo maggiore rispetto a dicembre, nonostante la temperatura media registrata maggiore di qualche grado. Con un'analisi di primo livello come questa non permette di capirne le ragioni precise.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

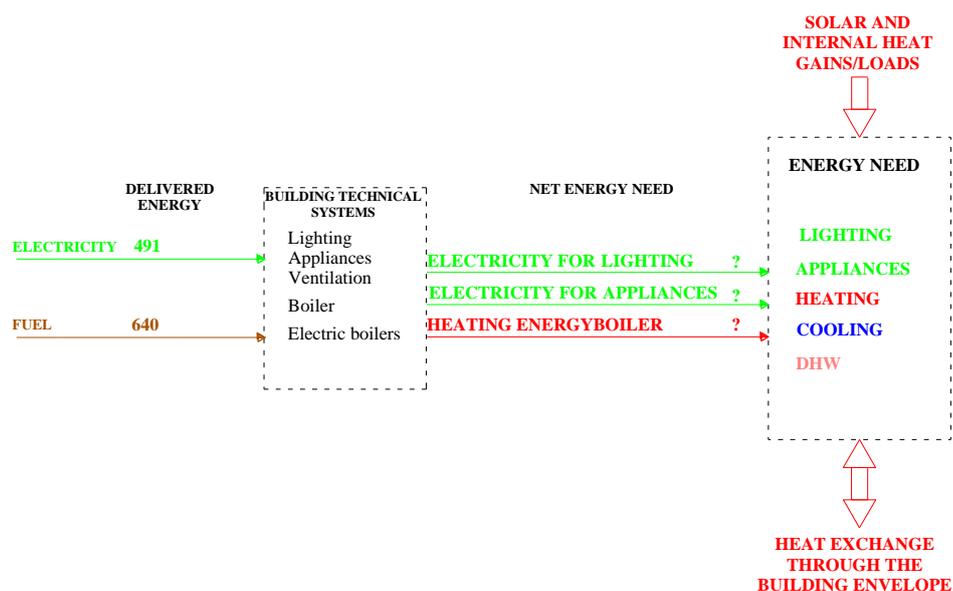


Figura I.15. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Dai dati nel grafico si vede che l'energia elettrica pesa sul consumo energetico totale con una quota del 43%.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	77314	28,04	166,98	7,01
2010/2011	80819	29,31	174,56	7,33

La riduzione dei consumi elettrici ha comunque prodotto un aumento del suo costo del 5%; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato. Il

costo elettrico dell'Orto Botanico confrontato con i rispettivi costi degli altri edifici in analisi è uno dei più alti: gli €/m² sono quasi il doppio del costo su m² medio, mentre gli €/persona sono il 16% in più degli €/persona medio.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	45121	16,35	97,38	4,09
2010/2011	52551	20,28	120,74	5,07

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, il costo dei kWh di metano consumati è salito del 16% nei due periodi. Come nel caso del costo dell'energia elettrica, il costo specifico, sia su superficie che su persona, dell'energia termica è uno dei più alti tra gli edifici del catasto.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo dell'Orto Botanico, come mostra la tabella: l'ammontare dei due costi ha prodotto un incremento del costo complessivo assoluto del 9%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	122435	44,4	264,4	11,1
2010/2011	133370	49,6	295,3	12,4

Il grafico evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

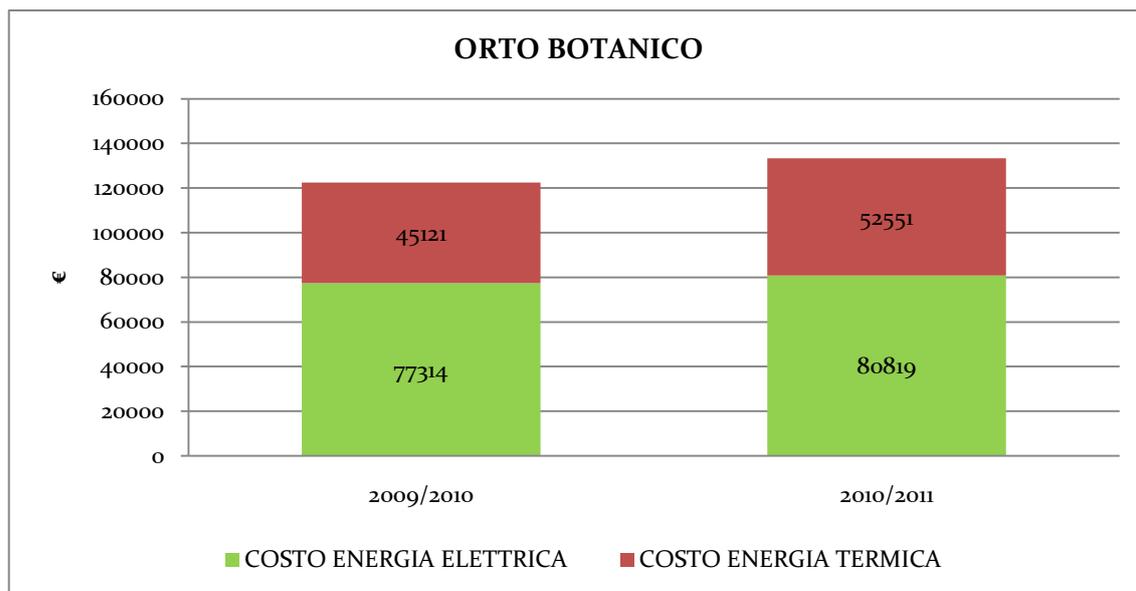


Figura I.15. 8 Parzializzazione dei costi energetici dell'Orto Botanico.

Il costo energetico totale è ripartito con una percentuale maggiore del costo dell'energia elettrica per entrambi i due periodi: il 63% e il 61 % sono le quote del costo elettrico rispettivamente nel primo e nel secondo anno.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Orto\ Botánico} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	1595745	578,8	3447	145
2010/2011	1540459	558,7	3327	140

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Palazzo\ Campana} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	313,6	113,73	677,23	28,43
2010/2011	303	109,79	653,77	27,45

Trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra uno stesso decremento del 3% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale e senza altra fonte di produzione/esportazione locale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Orto\ Botánico} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	841700	305	1817	76
2010/2011	870506	336	2000	84

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Orto\ Botánico} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	171	62,13	369,99	15,53
2010/2011	177	68,41	407,38	17,10

L'aumento del 10% dell'energia termica normalizzata sui GG registrata nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante anche nella trasformazione in termini ambientali.

I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente: essendo i bilanci analoghi con solo il fattore moltiplicativo differente, le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze.

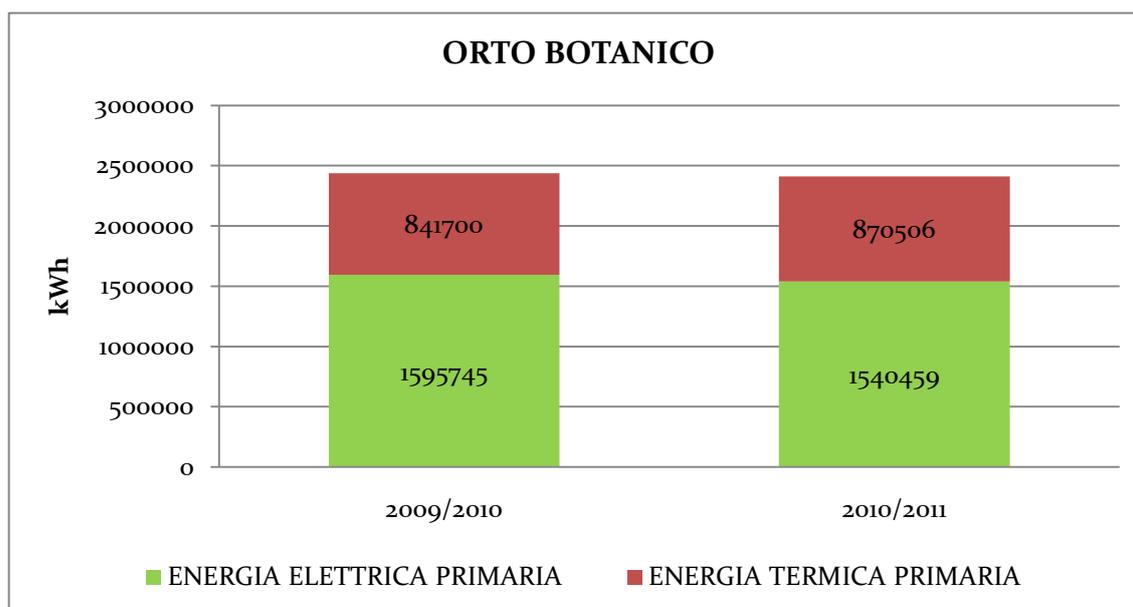


Figura I.15. 9 Parzializzazione dell'energia primaria dell'Orto Botanico.

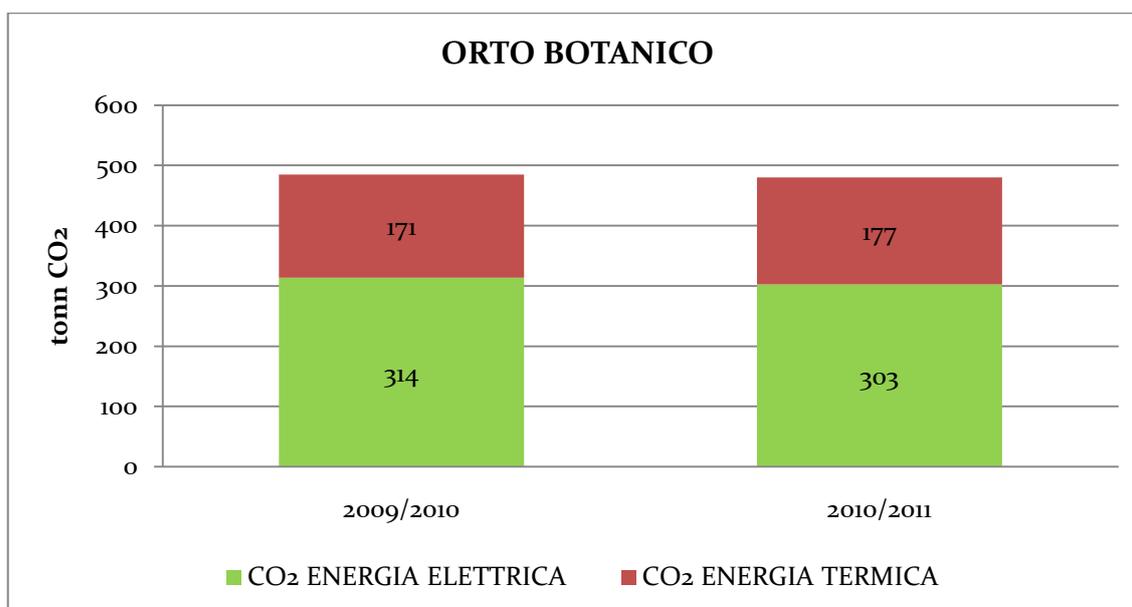


Figura I.15. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente dell'Orto Botanico.

L'impatto ambientale è dovuto per il 65% al consumo elettrico e il restante 35% al consumo termico nel 2009/2010; nel 2010/2011 le percentuali diventano 61,6% e 38,4% rispettivamente elettrico e termico.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	2437444	884	5263	221
2010/2011	2410965	895	5327	224

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	485	175,9	1047,2	44,0
2010/2011	480	178,2	1061,2	44,5

Concludendo nell'analisi globale, in termini ambientali sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente sono incrementati di un punto percentuale.

I.16 DIPARTIMENTO DI NEUROSCIENZE

L'edificio, a forma di ferro di cavallo, si affaccia su tre vie: Corso Massimo d'Azeglio, Via Pietro Giuria e Corso Raffaello n.30, in cui è presente l'ingresso principale.



Figura I.16. 1 Dipartimento di Neuroscienze di Corso Raffaello n.30, Torino (TO).

Caratteristiche generali

La Sezione di Fisiologia del Dipartimento di Neuroscienze svolge la sua attività di ricerca presso la palazzina di Corso Raffaello 30 a Torino, dove operano docenti e ricercatori delle Facoltà di Medicina e Chirurgia, Psicologia e Farmacia in collaborazione con personale tecnico specializzato. Nella sede di Corso Raffaello sono attivi dieci laboratori di ricerca e relativi servizi di supporto, completamente attrezzati per effettuare esperimenti di elettrofisiologia, biologia cellulare e molecolare, istologia, immunocitochimica, microscopia confocale e analisi comportamentale.

Oltre allo staff universitario, all'interno della Sezione sono attivi numerosi dottorandi della Scuola di Dottorato in Neuroscienze e di Medicina e Terapia Sperimentale, assegnisti e contrattisti italiani e stranieri. La Sezione ospita anche professori e ricercatori visitatori provenienti da tutta Italia e dall'estero che svolgono sia attività seminariale sia attività di ricerca nell'ambito di progetti scientifici finanziati dall'Università di Torino, Regione Piemonte, MIUR, Comunità Europea e da enti di ricerca privati nazionali ed internazionali.

All'interno dello stabile coesiste anche il Centro Interuniversitario di Fisiopatologia Epatica, la Biblioteca Centralizzata di Medicina e Chirurgia - Polo biologico, il Centro interdipartimentale "Rita Levi Montalcini" per lo studio del recupero da danno nervoso, il Punto libro di Patologia generale del Dipartimento di Medicina e Oncologia sperimentale e il Punto libro di Farmacologia del Dipartimento di Anatomia, Farmacologia e Medicina legale.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	11523 m ²
Volumetria degli stabili	46091 m ³
Numero dipendenti e studenti:	circa 1183

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22 kV.

All'interno dell'edificio, è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22 kV a 380V.

L'intero edificio è climatizzato in modo centralizzato attraverso una tipologia mista.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da una centrale termica a gas metano che serve l'intero stabile:

n. 2 Generatori di calore per Fisiologia/Farmacologia/
Patologia

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

Sono presenti nello stabile diversi Gruppi Frigo e condizionatori che refrigerano alcuni locali.

n. 1 Ecoflam	43 kW	per	I19 P. Interrato Stabulario P. Interrato
n. 1 Refrigeratore Climaveneta	30 kW	per	A35 Laboratori vetrerie
n. 1 GF Clivet	30 kW	per	Biblioteca
n. 3 Split panasonic	11,5 kW	per	Laboratori B1-B4-B8
n. 1 Frigo	10 kW	per	Ufficio piano ammezzato
n. 1 Frigo	10 kW	per	Ufficio piano ammezzato
n. 1 Ecoflam	10 kW	per	I10 P. Interrato - Sala operatoria topi
n. 2 Split Ecoflam NEXH 12-18	8 kW	per	Laboratori B9-B10-B11
n. 1 Refrigeratore autonomo Ecoflam	7 kW	per	Laboratorio T31
n. 1 Split CARRIER mod. puron 42 PHQ012P	5 kW	per	Laboratorio T3
n. 1 FRIGO I44	8 kW	per	Locale Radioisotopi App.1 I44
n. 2 n. 1 uta airfan	8 kW	per	P. Interrato Stabulario P. Interr. I19
n. 1 condizionatore Ecoflam	5,3 kW	per	Laboratorio A21
n. 1 Condizionatore ECOFLAM	5 kW	per	Laboratorio A55
n. 1 Condizionatore Riello	5 kW	per	Aula Morpurgo A29

n. 1	Clivet	2 kW	per	Biblioteca
n. 1	Lavaggio gabbie	1 kW	per	P.Interrato Lavaggio Gabbie I20

L'aria climatizzata è fornita da un'unità trattamento aria e ventilconvettori:

n. 1	UTA	1,5 kW	per	Ufficio piano ammezzato
n. 1	UTA	4 kW	per	Aula Magna
n. 1	UTA	1,5 kW	per	Ufficio piano ammezzato
n. 1	UTA	1 kW	per	Laboratorio Microscopio T24
n. 1	UTA	4 kW	per	Locale Radioisotopi App.1 I44
n. 4	Ventilconvettori	1,2 kW	per	Laboratori vetrerie A35
n. 8	Ventilconvettori	1,6 kW	per	Aula Magna
n. 9	Ventilconvettori	1,35 kW	per	Biblioteca

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria non è fornita in modo centralizzato, ma in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

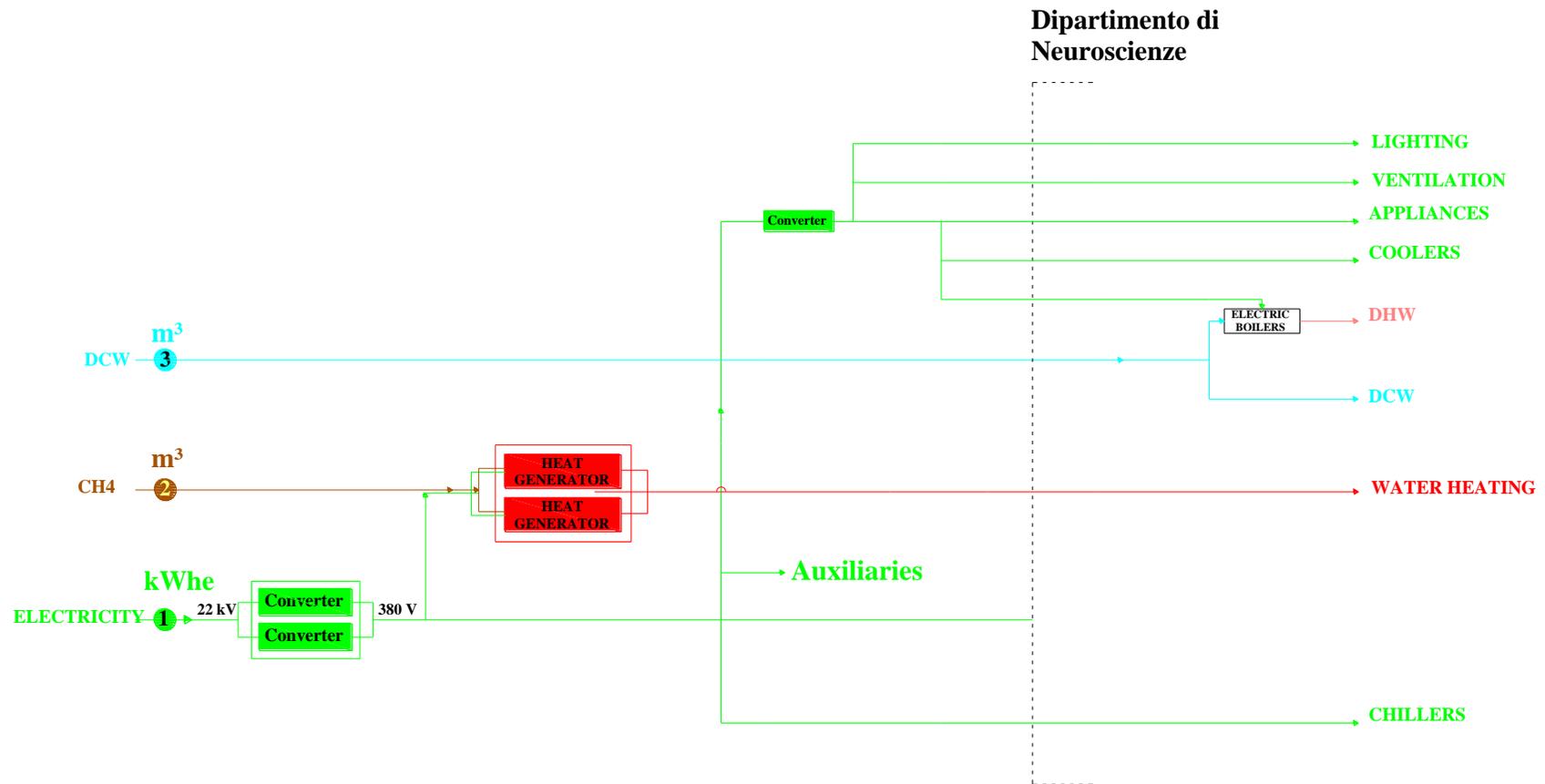


Figura I.16. 21 Schema impiantistico unifilare del Dipartimento di Neuroscienze.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, gruppi frigoriferi, condizionatori, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	874307	75,88	739,1	18,97
2010/2011	835232	72,48	706,03	18,12

Dalla tabella qui sopra, si evidenzia un decremento del consumo elettrico nei due periodi temporali considerati: -4%. Nonostante questa piccola diminuzione, i consumi elettrici specifici su persona e su superficie non sono trascurabili paragonati ai consumi degli altri edifici in esame; tali valori sono infatti vicino alla media, come si vedrà nel capitolo successivo.

Nei grafici successivi si può valutare le distribuzioni mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

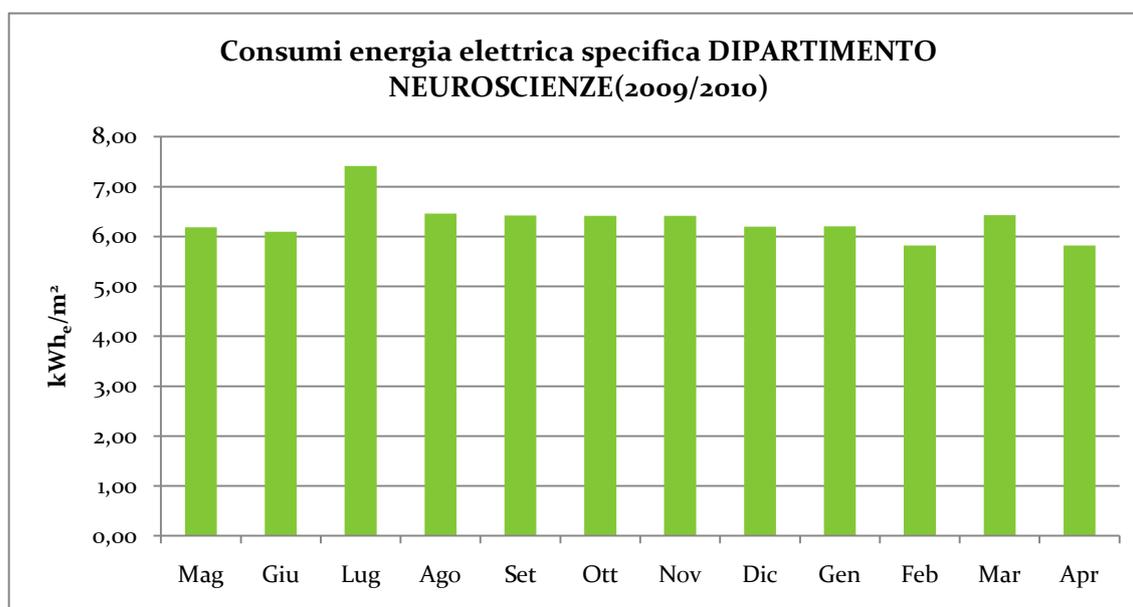


Figura I.16. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

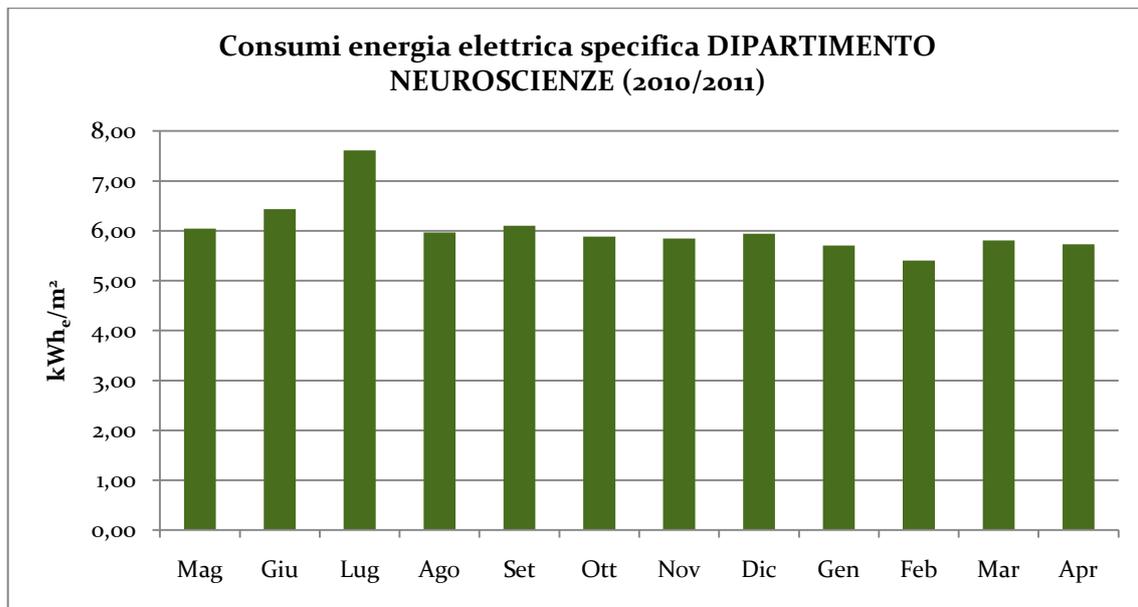


Figura I.16. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

In entrambi i periodi considerati, il consumo ha l'andamento abbastanza piatto; unica anomalia con un picco si presenta nei mesi di luglio 2009 e 2010, probabilmente per una richiesta maggiore del condizionamento estivo.

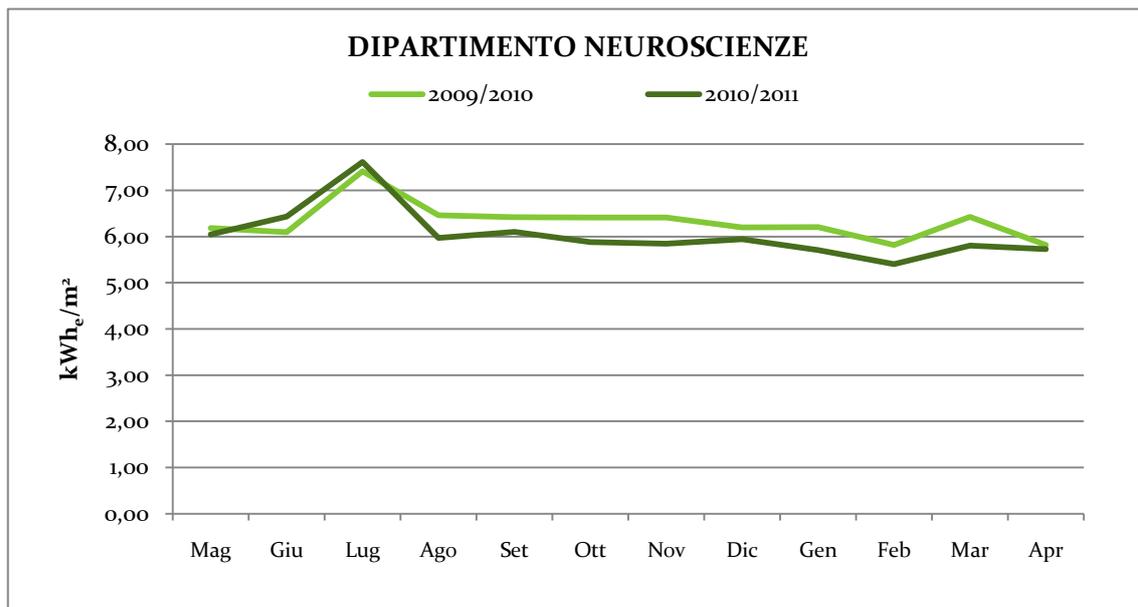


Figura I.16. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

La figura mostra chiaramente come le due linee di consumo elettrico abbiano lo stesso trend, con una leggera differenza di valore.

I consumi termici sono raccolti dal contatore di gas a monte delle due caldaie in m³. Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	879506	76,27	742,89	19,07
2010/2011	886801	81,87	797,46	20,47

In una prima panoramica, il consumo assoluto dell'energia termica è incrementato di un punto percentuale; normalizzando sulla temperatura l'incremento sale al 7%. Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Nel visuale di catasto, i valori specifici su m³ e su persona sono piuttosto contenuti. Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, come valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo ufficio.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

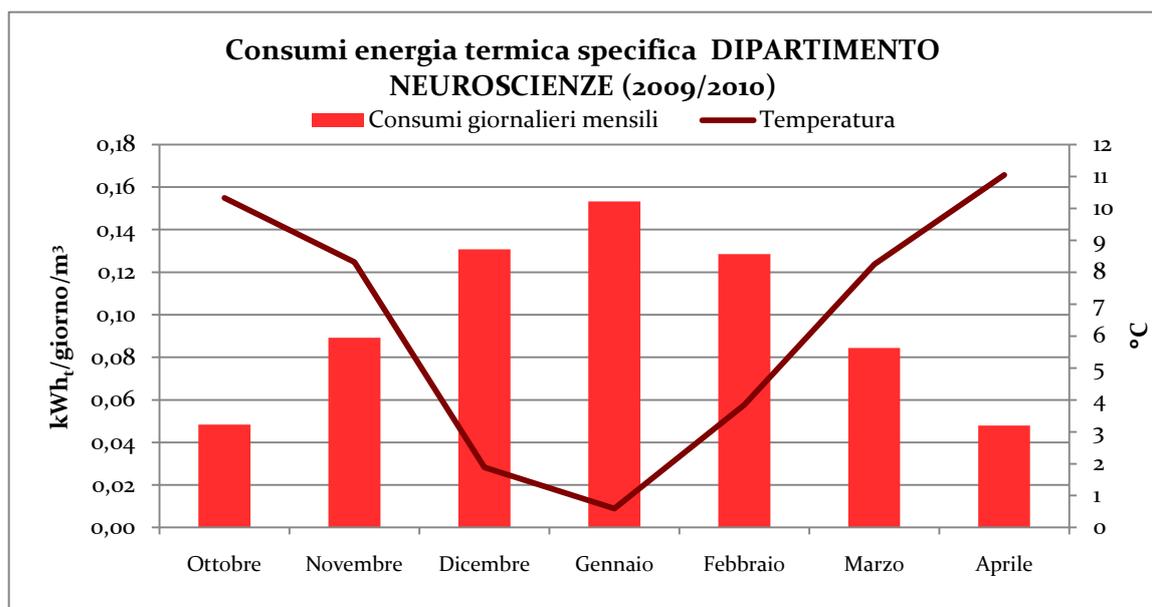


Figura I.16. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh, per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

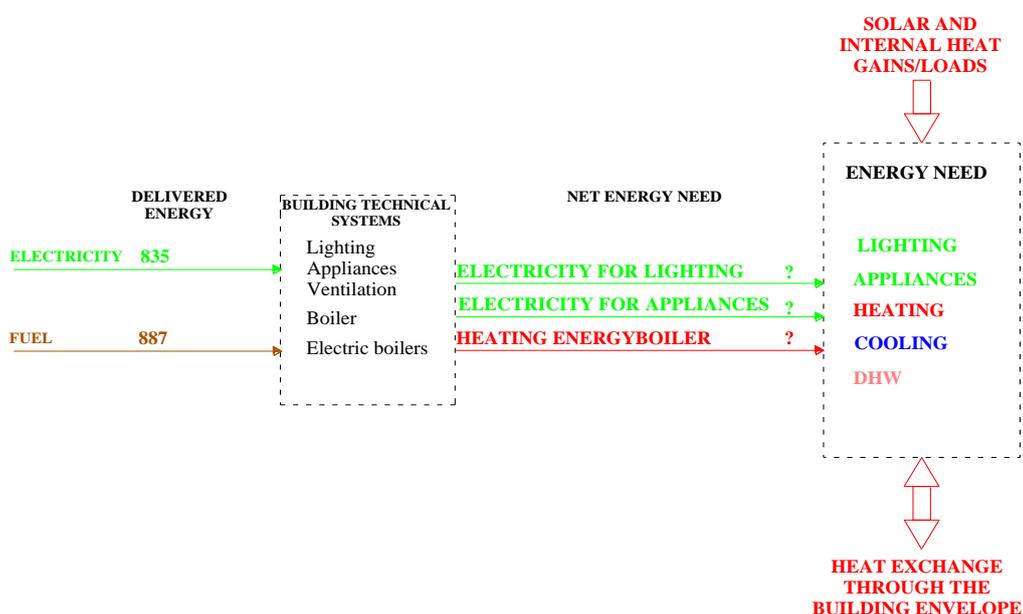


Figura I.16. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

Dai dati nel grafico si vede che il consumo energetico totale si ripartisce in parti praticamente uguali.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	112840	9,79	95,38	2,45
2010/2011	137930	11,97	116,59	2,99

I costi sostenuti dall'Università per l'energia termica consumata dal Dipartimento non sono piuttosto nella norma a differenza di altri edifici del catasto. Tuttavia, tale costo è incrementato nei due anni del 22%; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato e dalle fasce orarie di uso dell'energia elettrica.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	64122	5,56	54,16	1,39
2010/2011	72807	6,72	65,47	1,68

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, il costo dei kWh termici sono incrementati del 14% nei due anni. Come si vede dalla tabella, il costo termico sostenuto per persona è accettabile e quello per unità di volume piuttosto contenuto.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo del Dipartimento, come mostra la tabella: il costo globale assoluto aumenta del 19% nei due anni.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	176962	15,4	149,6	3,8
2010/2011	210736	18,7	182,1	4,7

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

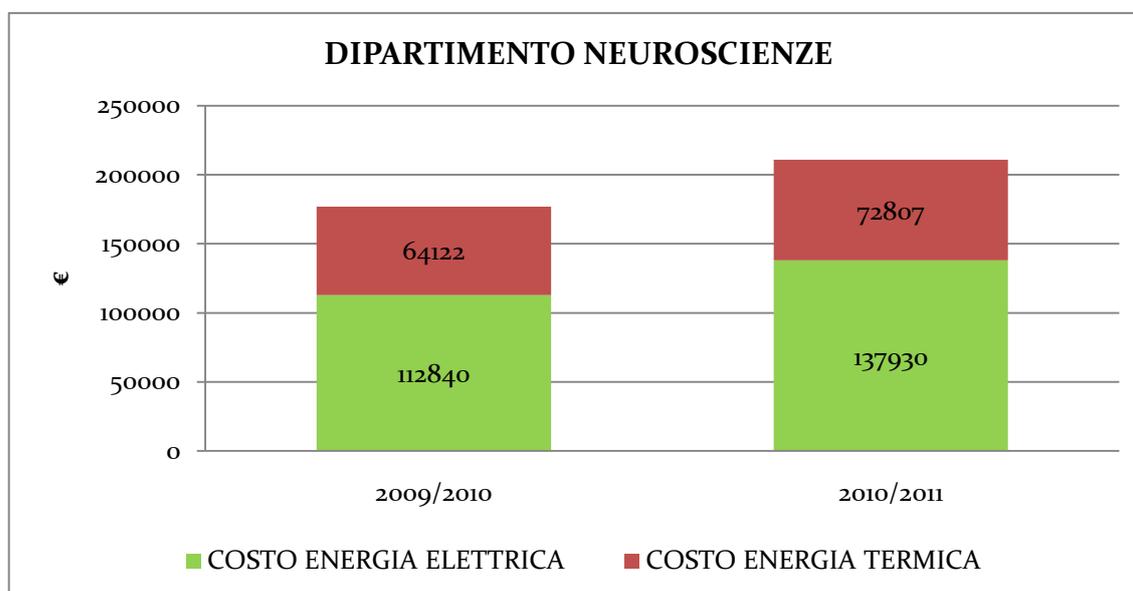


Figura I.16. 8 Parzializzazione dei costi energetici del Dipartimento di Neuroscienze.

In entrambi i periodi temporali, la quota maggiore del costo energetico è dovuta all'energia elettrica con una percentuale di circa 65%.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Dipartimento\ Neuroscienze} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	2745324	238,3	2321	60
2010/2011	2622628	227,6	2217	57

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Dipartimento\ Neuroscienze} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	539,4	46,82	456,00	11,70
2010/2011	515	44,72	435,62	11,18

Trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra uno stesso decremento del 4% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Dipartimento\ Neuroscienze} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	1196129	104	1010	26
2010/2011	1206050	111	1085	28

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Dipartimento\ Neuroscienze} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	244	21,13	205,78	5,28
2010/2011	246	22,68	220,90	5,67

L'incremento del 7% del consumo di energia termica normalizzata sui GG registrato nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante anche nella trasformazione in termini ambientali.

I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente: essendo i bilanci analoghi con solo il fattore moltiplicativo differente, le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze.

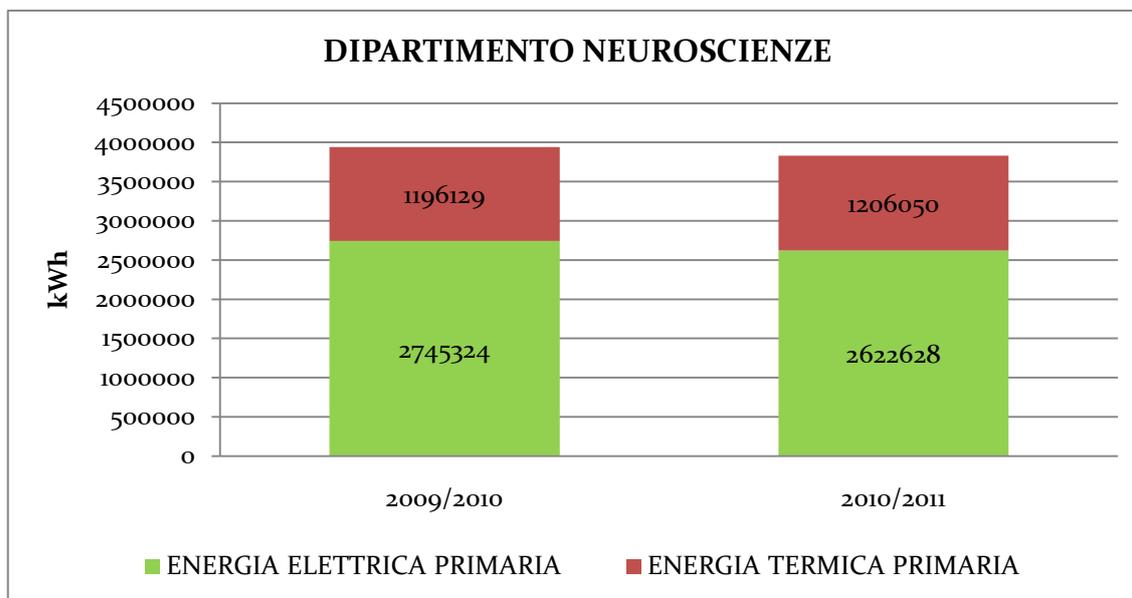


Figura I.16. 9 Parzializzazione dell'energia primaria del Dipartimento di Neuroscienze.

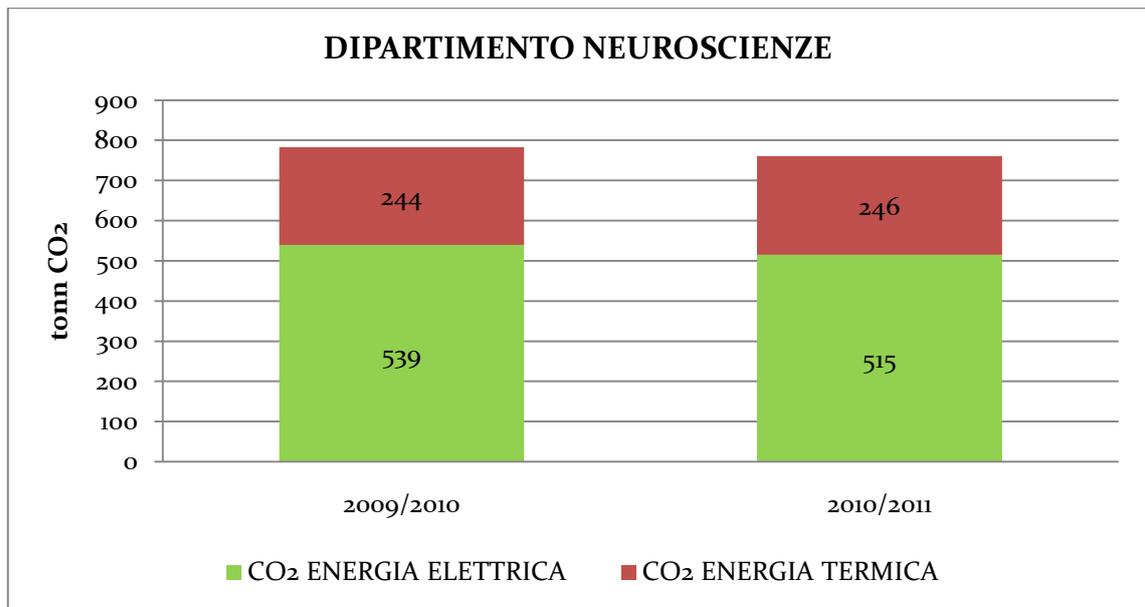


Figura I.16. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente del Dipartimento di Neuroscienze.

L'impatto ambientale è dovuto in misura maggiore per il consumo di energia elettrica, con una percentuale di circa 69% e 66% rispettivamente per il primo e secondo anno.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	3941453	342	333 ¹	85
2010/2011	3828678	339	330 ¹	85

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	783	67,9	661,8	17,0
2010/2011	761	67,4	656,5	16,9

Concludendo nell'analisi globale, in termini ambientali sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente sono diminuiti di un punto percentuale.

I.17 ISTITUTO DI MEDICINA LEGALE

A Sud della città di Torino, affacciato sulla riva sinistra del Po, sorge l'Istituto di Medicina Legale, la cui planimetria è di forma quasi triangolare con una corte centrale. La facciata emisferica in cui è presente l'ingresso principale è situato sul Corso Galileo Galilei n.20, la seconda facciata volge su Via Chiabrera e l'ultima si affaccia su un altro fabbricato.



Figura I.17. 11 Istituto di Medicina Legale di Corso Galileo Galilei n. 20/22/24, Torino (TO).

Storia

L'edificio fu costruito, a cura dell'Università, su un terreno dato in concessione d'uso dal Comune di Torino destinato a sede dell'Istituto di Medicina Legale ed annesso obitorio.

Le spese per la costruzione furono assunte dal Comune di Torino e dall'Università. Ogni ente stanziò £ 500.000 e l'Ateneo acconsentì ad assumere a proprio esclusi o a carico il pagamento delle eccedenze alla spesa presunta globale. Ad oggi, lo stabile ospita il Dipartimento di Anatomia e Farmacologia.

Caratteristiche generali

Lo stabile è attualmente utilizzato come sede della Sezione di Medicina Legale del Dipartimento di Anatomia, Farmacologia e Medicina Legale.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	2467 m ²
Volumetria degli stabili	9869 m ³
Numero dipendenti e studenti:	circa 260

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata in Bassa Tensione.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

L'intero edificio è riscaldato in modo centralizzato attraverso una tipologia ad acqua.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da un'unica centrale termica a gas metano che serve l'intero stabile:

n. 1 Generatori di calore per Istituto Medicina Legale

È inoltre presente una piccola caldaia per il riscaldamento localizzato.

n. 1 Bouderus GB022-24K per Alloggio Custode

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

Non è presente alcun impianto di refrigerazione estiva centralizzato per l'intero immobile, ma solo un piccolo condizionatore per un laboratorio.

n. 1 Split Riello Energy 445H 5,3 kW per Il Piano Laboratorio DNA B9

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria non è fornita in modo centralizzato, ma in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

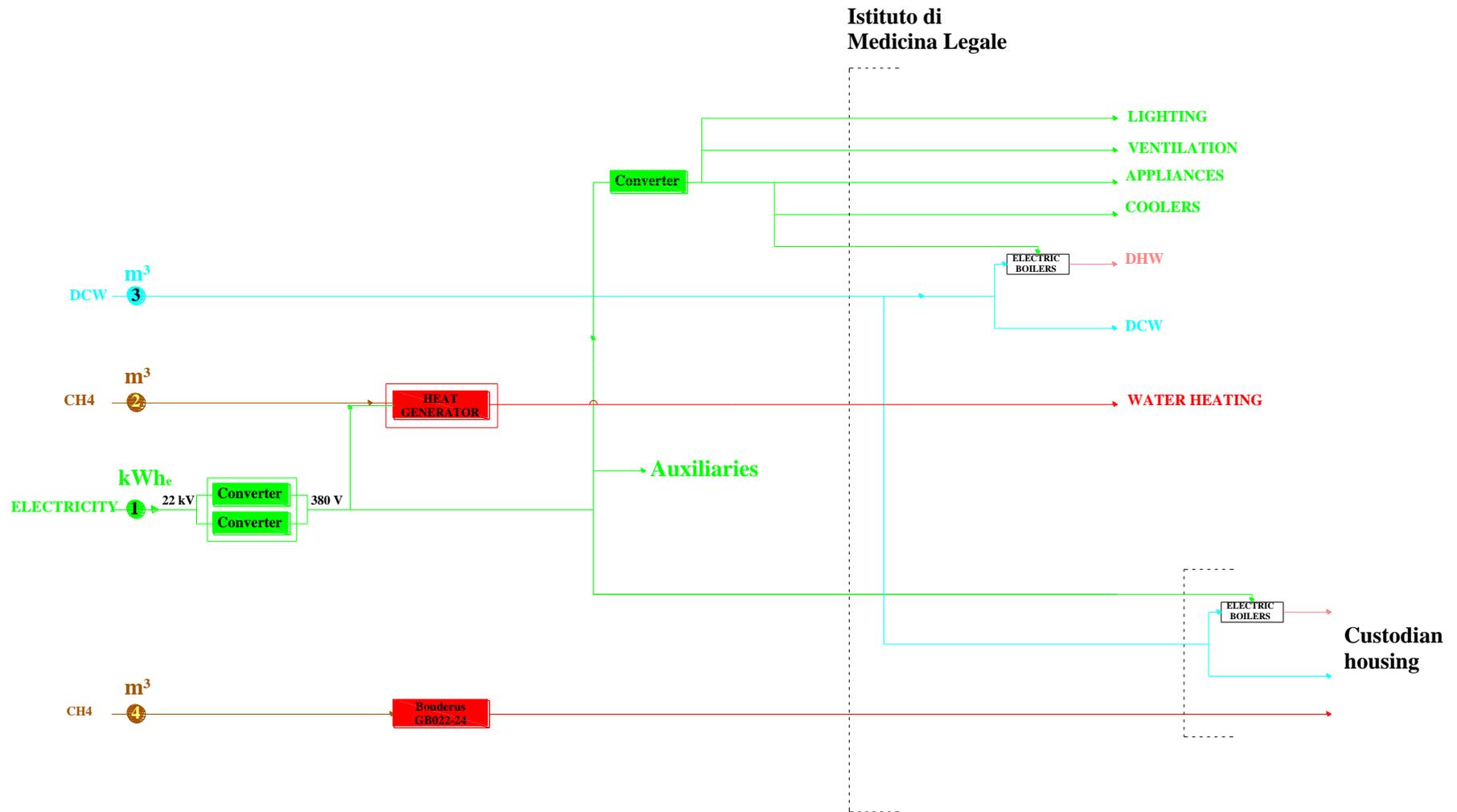


Figura I.17. 2 Schema impiantistico unifilare dell'istituto di Medicina Legale.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in BT a monte dell'edificio: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, il condizionatore, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	124040	50,27	477,1	12,57
2010/2011	118450	48,01	455,58	12,00

Il consumo elettrico specifico su persona e su superficie è abbastanza contenuto, questo può essere spiegato dalla mancanza di Gruppi Frigo centralizzati e dalla presenza di un solo condizionatore split.

Inoltre, nel confronto sui due periodi temporali si nota un piccolo decremento del 5% e nei grafici successivi si può valutare le distribuzioni mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

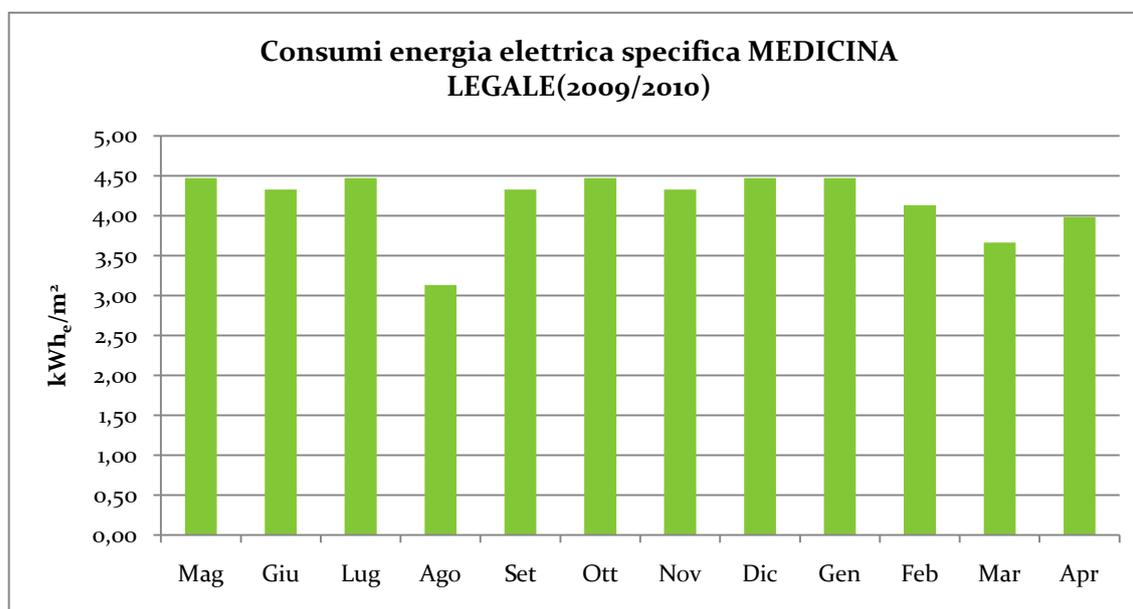


Figura I.17. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

Il consumo mensile nel 2009/2010 è abbastanza omogeneo: nella maggior parte dei mesi il consumo si aggira sui 4-4,5 kWh_e/m². Un solo avvallamento si è registrato nel mese di Agosto con 3 kWh_e/m², probabilmente per la chiusura estiva del periodo didattico con l'uso esclusivo di piccoli uffici.

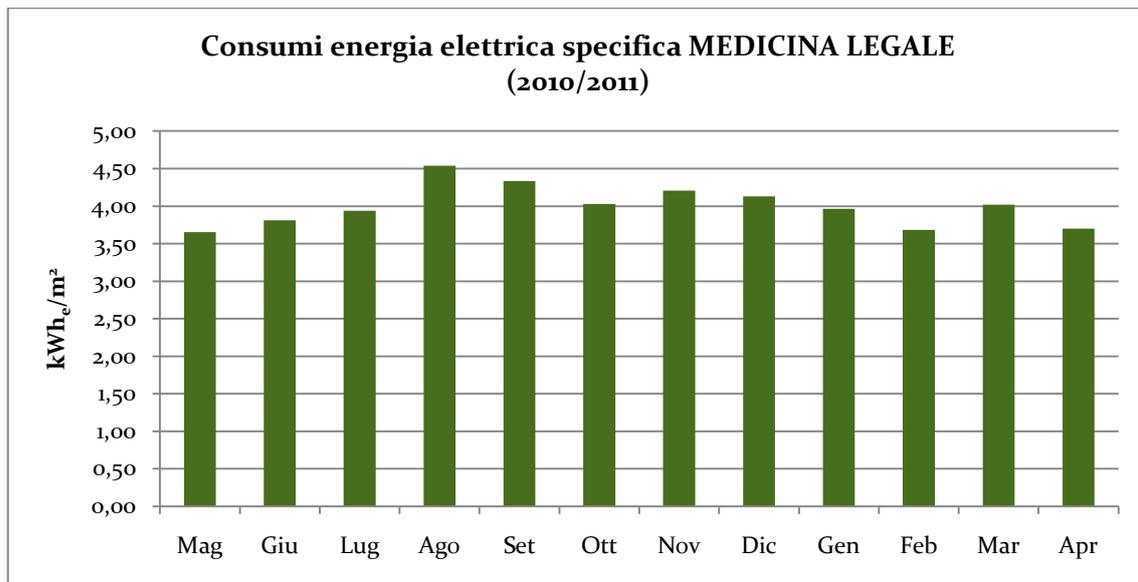


Figura I.17. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

Diverso dall'anno precedente, nel 2010/2011 non si è registrato un consumo minore nel mese di Agosto, ma al contrario si è censito il picco maggiore su tutti i mesi: tuttavia, attraverso un'analisi di primo livello come questa non è possibile capire le ragioni.

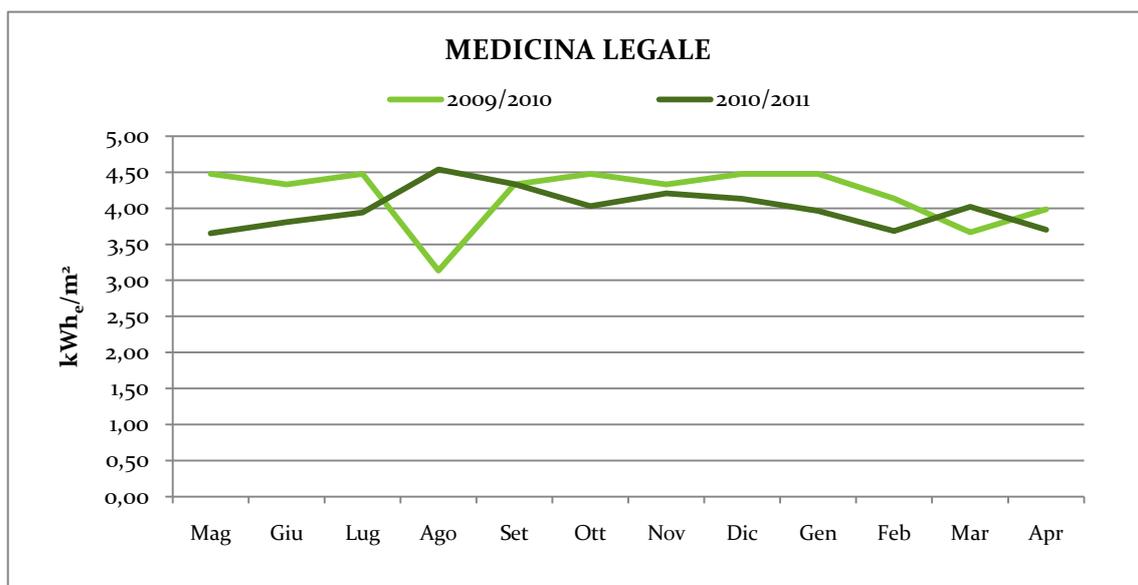


Figura I.17. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Le due linee del grafico sopra, mostrano chiaramente il trend dei consumi mensili nei due anni: il consumo nel 2009/2010 è stato per la maggior parte dei mesi superiore ai corrispondenti mesi dell'anno successivo di circa 0,5 kWh_e/m², fatta eccezione per agosto e marzo in cui la situazione è capovolta.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte della caldaia in m³, quella piccola per la foresteria risulta inutilizzata nei due periodi analizzati.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di

Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	254914	103,24	979,69	25,81
2010/2011	217993	93,99	891,94	23,50

Il consumo specifico, sia sui m³, sia su persona, in una visuale complessiva di tutti gli edifici in diagnosi, è nella media.

Analizzando i dati in tabella, il consumo assoluto dell'energia termica è diminuito del 14% sulle due stagioni di riscaldamento; tuttavia, vista la registrazione di una temperatura più alta nei mesi 2010/2011, il consumo normalizzato sui GG è sceso di una percentuale minore, del 4%. Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

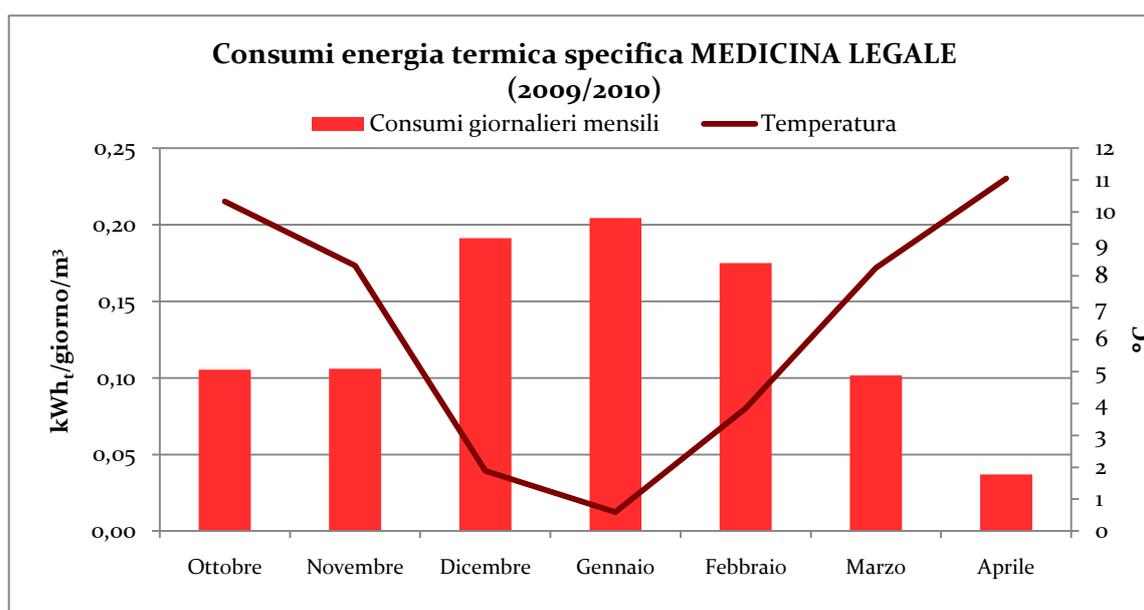


Figura I.17. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta. Unica piccola anomalia è il consumo di ottobre; probabilmente, il consumo di gas metano in questo mese è stato maggiore che a novembre nonostante una temperatura maggiore per l'avvio dell'impianto termico, dopo lo stop nella stagione estiva. Certo, un'analisi di primo livello come questa non permette di capirne le ragioni precise.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

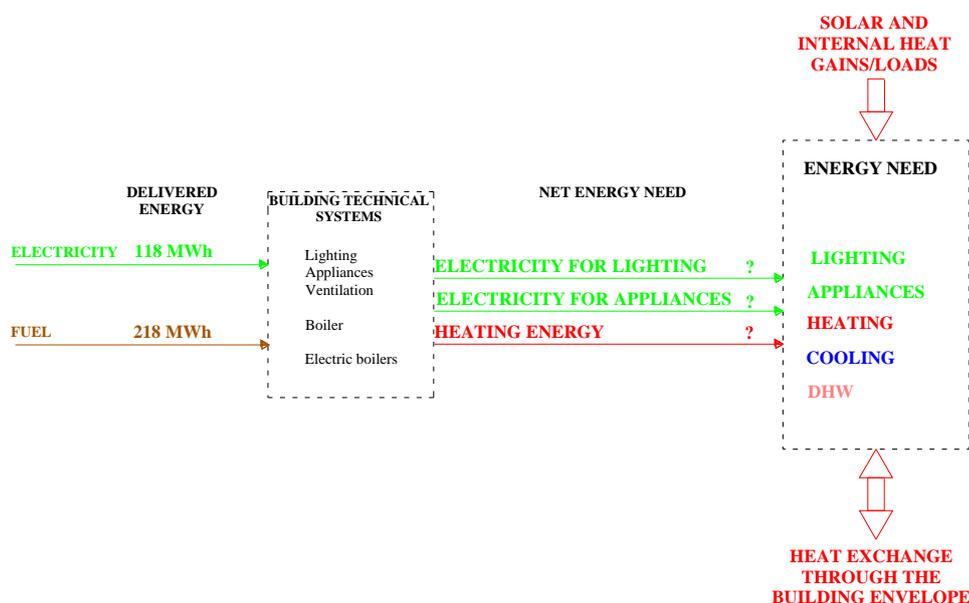


Figura I.17. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

I dati riassunti nel grafico mostrano che l'energia elettrica ha una quota del 35% sul consumo energetico totale.

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	18060	7,32	69,46	1,83
2010/2011	23013	9,33	88,51	2,33

Nonostante la diminuzione del consumo elettrico, si è registrato un incremento del 27% del suo costo del 5%; questo è giustificato dal fatto che il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	18585	7,53	71,43	1,88
2010/2011	17897	7,72	73,23	1,93

Guardando la tabella qui sopra, si può verificare che il costo assoluto per il riscaldamento è diminuito, tuttavia il costo normalizzato sulla temperatura ha subito un lieve aumento (3%).

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo dell'Istituto, come mostra la tabella: gli € spesi per soddisfare energeticamente l'edificio sono saliti del 12%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	36645	14,9	140,9	3,7
2010/2011	40911	17,0	161,7	4,3

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

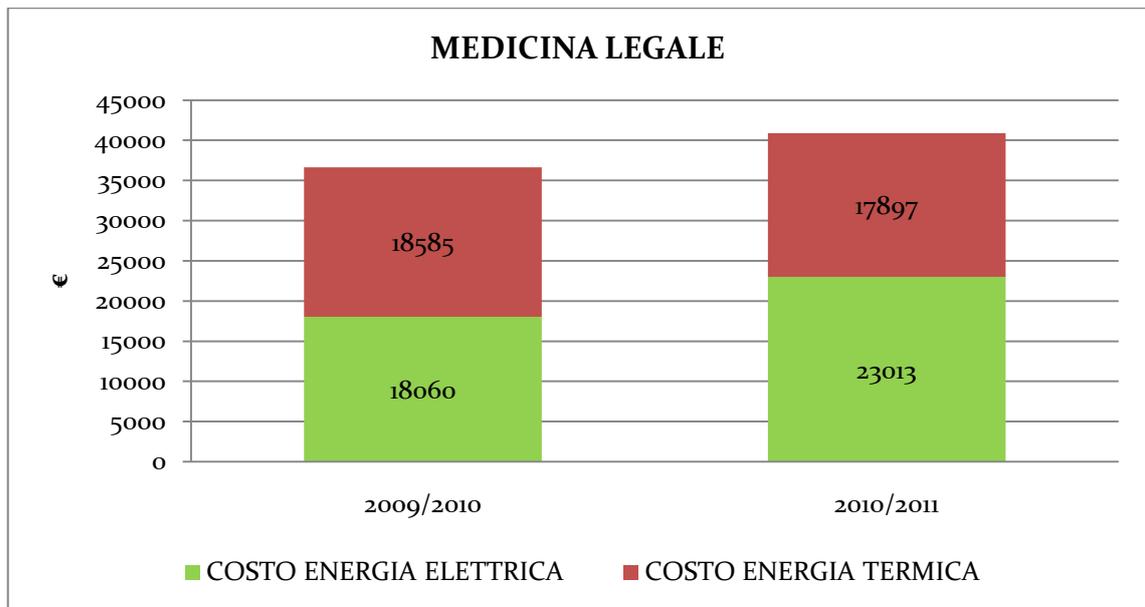


Figura I.17. 8 Parzializzazione dei costi energetici dell'Istituto di Medicina Legale.

Nel 2009/2010 la suddivisione del costo energetico tra l'elettrico e il termico è stata essenzialmente paritaria (~ 50%); l'anno successivo, l'incremento notevole del costo elettrico ha spostato le percentuali, quest'ultimo, infatti, detiene il 56% del costo complessivo.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Istituto\ Medicina\ Legale} = \sum (E_{del,Rete} f_{p,del,Rete})$$

In cui $f_{p,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	389486	157,9	1498	39
2010/2011	371933	150,7	1431	38

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Istituto\ Medicina\ Legale} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	76,5	31,02	294,36	7,75
2010/2011	73	29,62	281,09	7,41

Anche trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si è registrato una diminuzione del 5% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Istituto\ Medicina\ Legale} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	346683	140	1332	35
2010/2011	296470	128	1213	32

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Istituto\ Medicina\ Legale} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	71	28,60	271,37	7,15
2010/2011	60	26,04	247,07	6,51

La diminuzione del 14% del consumo assoluto energia termica registrata nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante anche nella trasformazione in termini ambientali.

I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente: essendo i bilanci analoghi con solo il fattore moltiplicativo differente, le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze.

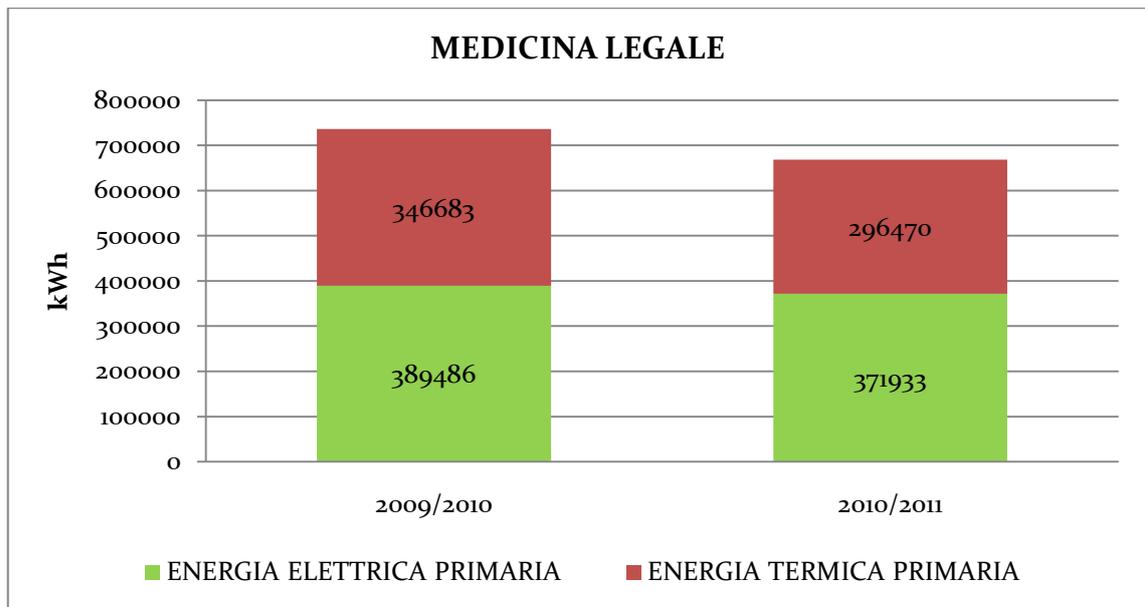


Figura I.17. 9 Parzializzazione dell'energia primaria dell'istituto di Medicina Legale.

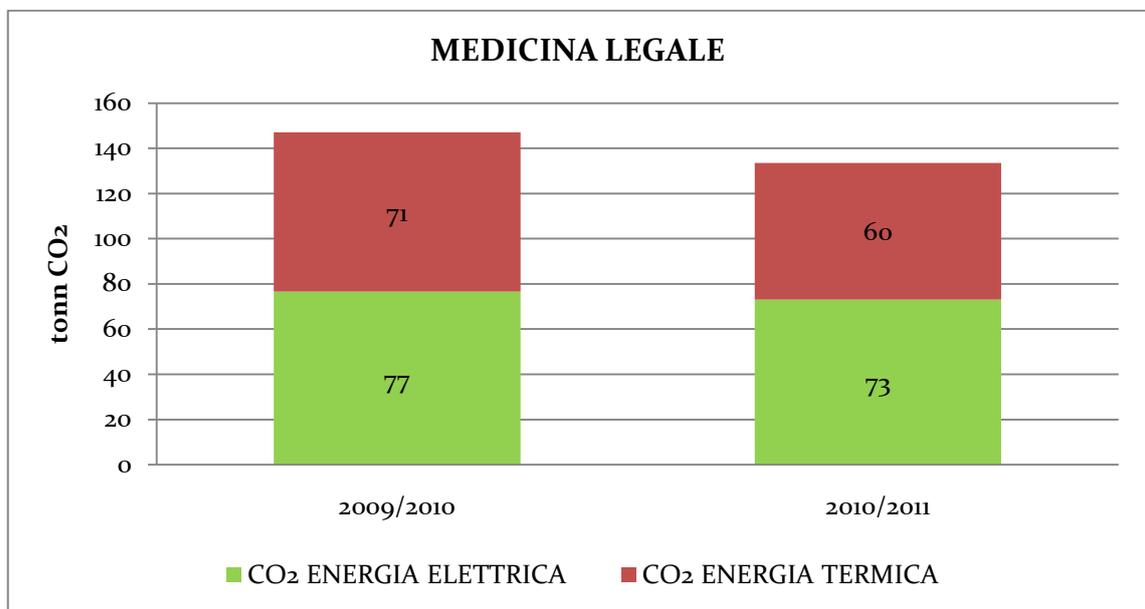


Figura I.17. 10 Parzializzazione della CO2 equivalente dell'istituto di Medicina Legale.

Come si vede dagli istogrammi qui sopra, anche con la diminuzione dell'energia primaria e della CO2 equivalente complessive, la loro parzializzazione è rimasta sostanzialmente la stessa: la quota leggermente superiore è quella dell'energia elettrica, di 52% e 53% rispettivamente per il primo e secondo anno.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	736169	298	2830	75
2010/2011	668403	279	2644	70

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	147	59,6	565,7	14,9
2010/2011	133	55,7	528,2	13,9

Concludendo nell'analisi globale, in termini ambientali sia i kWh_p assoluti che le tonnCO₂ equivalenti sono diminuiti del 9% nei due anni.

I.18 MOLINETTE

L'Ospedale Maggiore di San Giovanni Battista, meglio conosciuto come "Ospedale delle Molinette", presenta una struttura ortogonale di 19 padiglioni alti da due a quattro piani, collegati da gallerie a due livelli, per i visitatori e di servizio; la galleria nord-sud, perpendicolare a corso Bramante, costituisce l'asse principale, sul quale si imposta l'ingresso principale della struttura. Le sedi didattiche sono ubicate negli edifici affacciati su Via Santena.



Figura I.18. 1 Istituto universitario sanitario "Le Molinette" di Via Santena n.5, 7, 9, 19, Torino (TO).

Storia

Il processo decisionale, avviato per la costruzione della nuova sede dell'Ospedale Maggiore di San Giovanni Battista, conosciuto come "Ospedale delle Molinette", durò più di tre decenni. Le discussioni erano iniziate nei primi anni del secolo XX, ma a causa della guerra e del lungo tempo richiesto dall'acquisizione delle aree necessarie, l'inizio del cantiere per la costruzione dell'Ospedale, progettato dagli ingegneri Eugenio Mollino e Michele Bongioanni, avvenne solo nel 1930 e la struttura entrò definitivamente in funzione nel 1936.

Le caratteristiche del progetto definitivo recepivano le trasformazioni della progettazione ospedaliera che si erano affermate tra fine Ottocento e inizio Novecento, come conseguenza di conoscenze mediche accresciute; in particolare, i progressi in campo chirurgico e la nascita delle prime specializzazioni rendevano necessario lo studio di nuove soluzioni distributive e logistiche per gli ospedali, che dovevano cambiare anche da un punto di vista impiantistico e tecnologico.

Il complesso fu progettato per ospitare 1160 letti, incrementabili con ampliamenti e sopraelevazioni già presunte fino ad un massimo di 1360; l'ingresso principale è stato collocato in Corso Bramante, ma erano presenti punti di accesso secondari.

All'ingresso principale si trovavano tre edifici a tre piani fuori terra e uno interrato, che cingevano il cortile principale.

Le cliniche universitarie, invece, erano ubicate in due edifici a tre piani, collocati in posizione esterna rispetto ai Padiglioni ospedalieri, per permettere l'ingresso autonomo dei malati e degli studenti.

Il primo edificio, prospettante il Po, ospitava il Padiglione delle Cliniche Generali Medica e Chirurgica, che erano dotate al piano terra di locali per lo studio, la visita e l'accettazione dei pazienti nonché di vari laboratori, mentre gli altri due piani ospitavano le camere di degenza e due aule da 250 posti per l'insegnamento. Inoltre,

era presente un ampio reparto operatorio, collegato al padiglione, che disponeva di una tribuna da cui era possibile assistere agli interventi.

Al piano terra di tale costruzione trovava posto la Clinica Odontoiatrica, mentre in posizione opposta vi era la Clinica per le Malattie tropicali e subtropicali. Il secondo padiglione aperto su via Genova e organizzato in modo analogo al primo, conteneva i locali per la cura e per lo studio relativi alle specialità mediche e chirurgiche delle cliniche: l'Istituto di Patologia speciale chirurgica, la Clinica Otorinolaringoiatra, l'Istituto di Patologia Speciale Medica e la Clinica di Neuropatologia.

Infine, separato dal resto del complesso dal giardino vi era l'Istituto di Anatomia Patologica; a questo Istituto era collegata una Clinica, che disponeva di un'aula da cento cinquanta posti e di vari locali per autopsie e dimostrazioni.

Vicino, all'Istituto di Anatomia Patologica si trovava l'edificio a un piano detto stabularium, destinato all'allevamento degli animali da esperimento.

La Clinica e l'Ospedale Dermosifilopatici e la Clinica Psichiatrica, infine si ponevano come due corpi autonomi all'interno del complesso ed erano accessibili da due ingressi aperti su via Cherasco. Nell'ospedale convivono ancora attualmente le due realtà, quella medica e quella universitaria.

È attualmente in corso la fase di avvio del progetto di riqualificazione funzionale e la messa a norma dell'Aula Magna del Dipartimento di Medicina Interna sita, nel Complesso Ospedaliero Palazzina C4, primo piano.

Caratteristiche generali

Gli stabili sono occupati attualmente dalla Sede della Presidenza della Facoltà di Medicina e Chirurgia, dal Dipartimento di Discipline Medico-Chirurgiche, dal Dipartimento di Fisiopatologia Clinica, dal Dipartimento di Genetica, Biologia e Biochimica, Dipartimento di Medica Interna, dal Dipartimento di Neuroscienze, dal Dipartimento Sanità Pubblica e Microbiologia e dal Dipartimento di Scienze Biomediche ed Oncologia Umana..

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	15458 m ²
Volumetria degli stabili	46375 m ³
Numero dipendenti e studenti:	circa 1700

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22 kV.

All'interno dell'edificio è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22 kV a 380V.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

Gli edifici sono climatizzati ciascuno in modo centralizzato con una tipologia mista.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato caldaie alimentate a gas metano che servono gli stabili didattici.

n. 3 Generatore di calore per gli edifici dello stabile

Sono inoltre presenti piccole caldaie per il riscaldamento localizzato di alcune aree

n. 1 Viesman Vito Dens 300 per Via Santena 7

n. 1 Immergas EOLO24MAJORS per Via Santena 9 - Stabulario

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

All'interno dei padiglioni universitari sono però presenti dei gruppi frigo e piccoli condizionatori dedicati ad alcuni locali.

n. 1	FRIGO DAIKIN	400 kW	per	Aule/Uffici - Via Santena 5 BIS
n. 1	GF CLIVET	100 kW	per	Aula Magna - Via Santena 5 BIS
n. 1	GF Malavasi Grande	56 kW	per	Via Santena 19
n. 1	GF	50 kW	per	Stabulario + Virologia - Via Santena 9
n. 1	clivet MCAT142	49 kW	per	Aula Magna - Via Santena 9
n. 1	GF Malavasi Piccolo	40 kW	per	Via Santena 19
n. 1	GF DAIKIN	26 kW	per	Il Piano Laboratori - Via Santena 19
n. 1	condizionatore Ariagel	5 kW	per	Laboratori A12 - Via Santena 5
n. 1	Split AERMAC	5 kW	per	Cabina elettrica - Via Santena 5
n. 1	Split Ecoflam	5 kW	per	Locale frigo -8o Virologia - Via Santena 9
n. 2	Dual split Jolly Comfort	4,5 kW	per	Piano interrato locali frigo - Via Santena 5 BIS
n. 1	Dual split Jolly Comfort	4,5 kW	per	Palazzina locali frigo - Via Santena 19
n. 1	Split Malavasi	4 kW	per	Laboratori Malavasi - Via Santena 19

L'aria climatizzata è fornita da unità di trattamento aria e da ventilconvettori:

n. 1	UTA	4 kW	per	Aula Magna - Via Santena 5 BIS
n. 1	UTA	2 kW	per	Il Piano - Via Santena 5 BIS
n. 1	UTA	2 kW	per	PT - I - IV Piano - Via Santena 5
n. 1	Vulcan Sabiana 15-15	3 kW	per	Laboratori - Via Santena 19
n. 20	Ventilconvettori	3 kW	per	Virologia - Via Santena 9
n. 40	Ventilconvettori	7,95 kW	per	Aula Magna - Via Santena 9
n. 8	Ventilconvettori	1,6 kW	per	Stabulario - Via Santena 9
n. 20	Vetilconvettori	3 kW	per	Il Piano Lab - Via Santena 19

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria non è fornita in modo centralizzato, ma in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

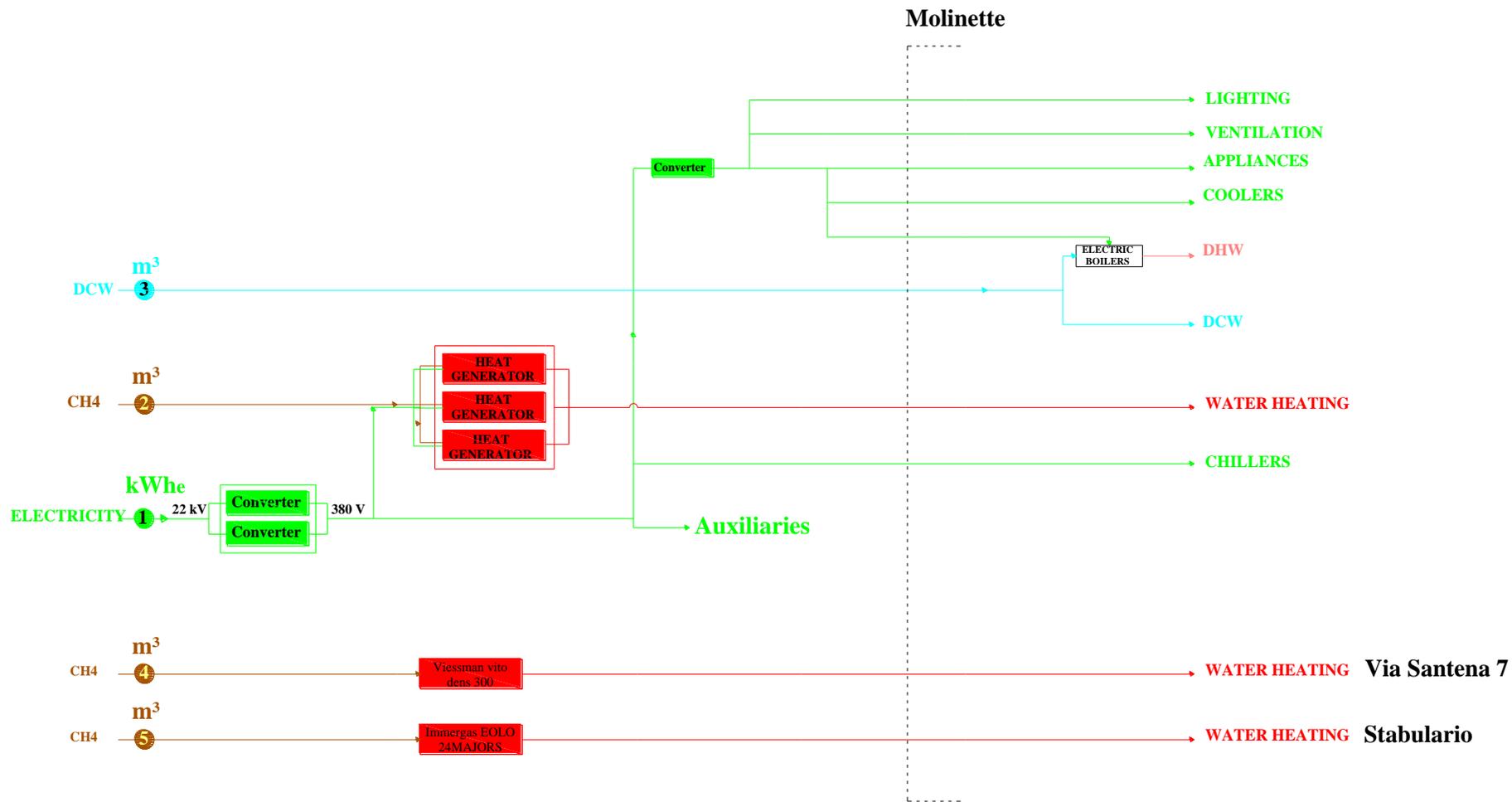


Figura I.18. 2 Schema impiantistico unifilare delle Molinette.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, gruppi frigoriferi, condizionatori, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	1046647	67,71	615,7	22,57
2010/2011	1041454	67,37	612,62	22,46

Come si vede dai dati in tabella, il consumo nei due periodi temporali in esame è leggermente diminuito (-0.5%). In una visuale a confronto con gli altri edifici in esame, il consumo su m² è di poco superiore alla media, mentre essendo un edificio abbastanza affollato, il consumo specifico su persona è inferiore alla media.

Nei grafici successivi si può valutare le distribuzioni mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

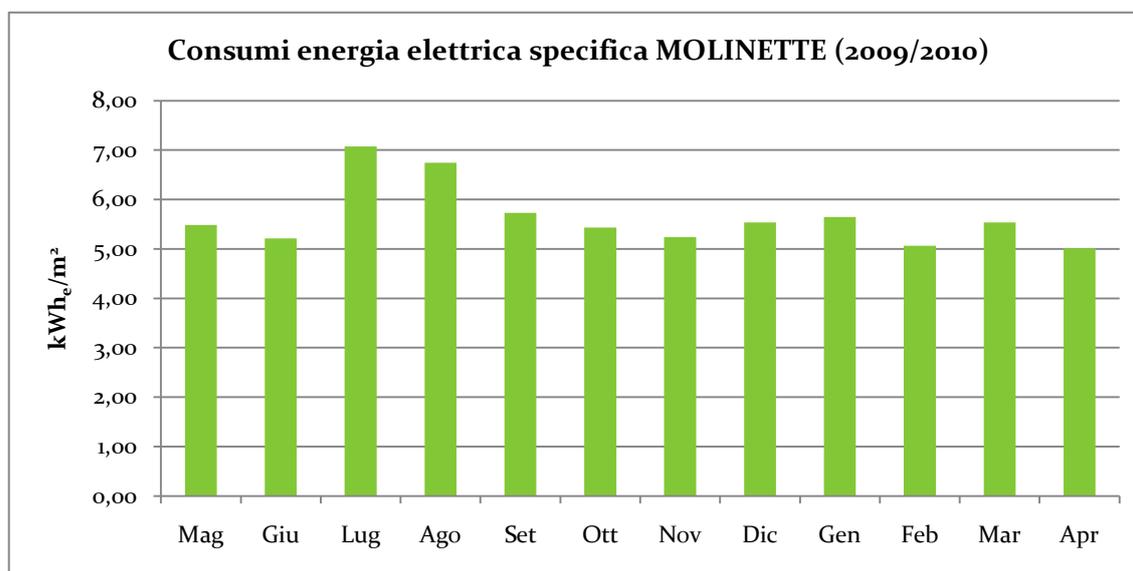


Figura I.18. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

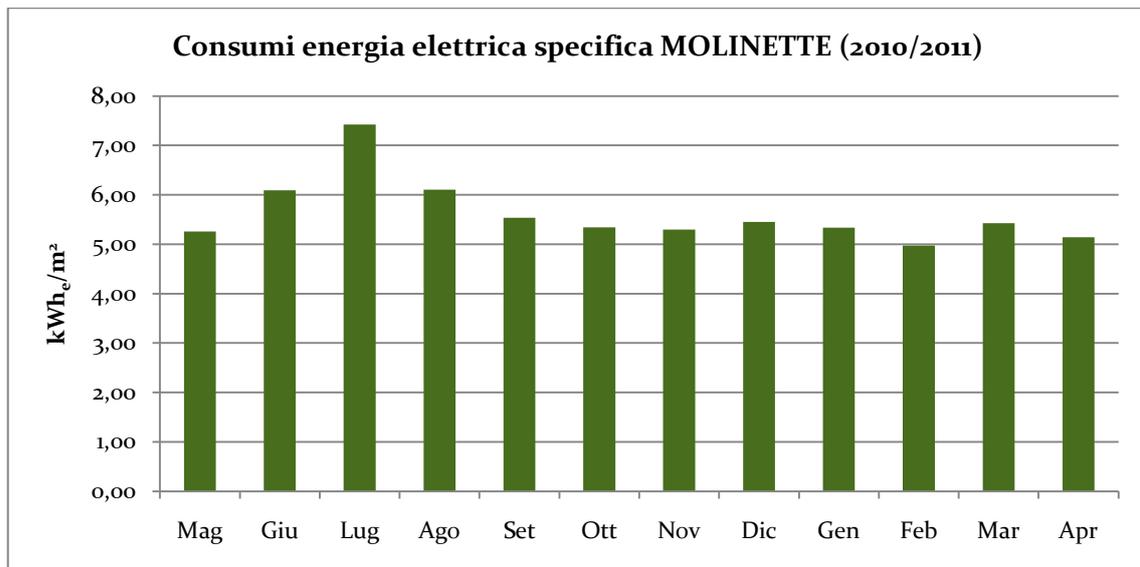


Figura I.18. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

In entrambi gli istogrammi qui sopra si può notare come per i due periodi temporali il consumo mensile si aggira intorno ai 5-6 kWh_e/m², ad eccezione dei mesi estivi in cui sono presenti dei picchi anche superiori ai 7 kWh_e/m². Probabilmente, la maggiore richiesta di energia di raffrescamento nei mesi estivi è la ragione dei questi picchi.

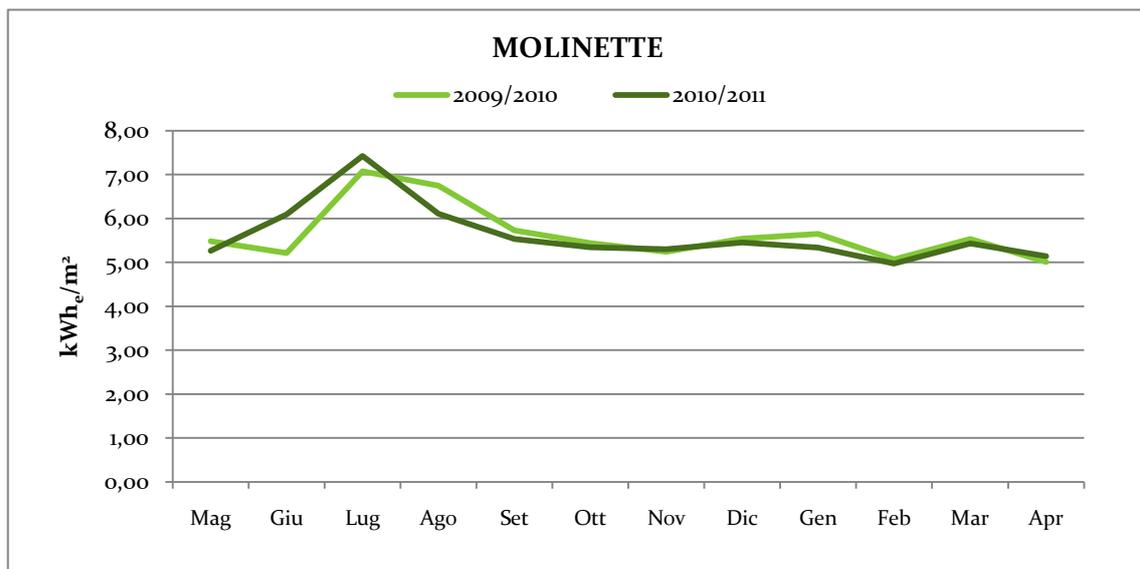


Figura I.18. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Il grafico qui sopra evidenzia chiaramente il trend simile per le due annate, come accennato prima.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte delle tre caldaie in m³, le due più piccole risultano inutilizzate nei due periodi analizzati.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati

sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	1153698	74,58	678	24,86
2010/2011	1138449	78,35	712	26,12

In una prima panoramica, il consumo assoluto dell'energia termica è leggermente diminuito; tuttavia, normalizzando sui Gradi Giorno, il consumo è aumentato, come si vede nei dati in tabella. Paragonato agli altri edifici, le Molinette non presentano un consumo specifico, sia su m³ sia su persona molto elevato, ma è al di sotto della media. Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

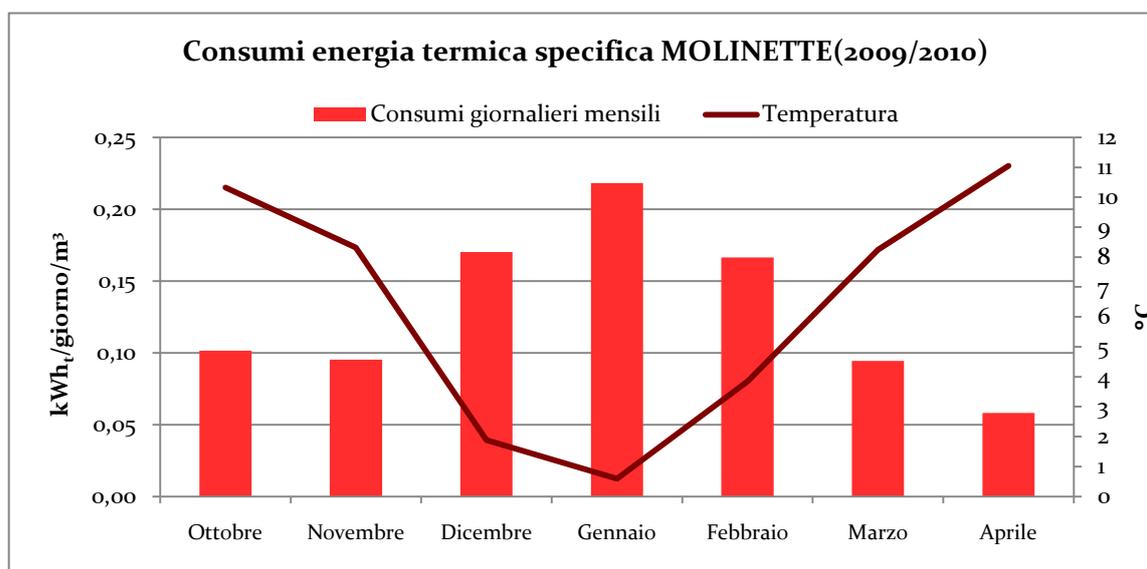


Figura I.18. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il

consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Come è evidenziato nel grafico, con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta, il cui picco si ha nel mese di gennaio. Unica piccola anomalia è il consumo di ottobre; probabilmente, il consumo di gas metano in questo mese è stato maggiore che a novembre nonostante una temperatura maggiore per l'avvio dell'impianto termico, dopo lo stop nella stagione estiva. Certo, un'analisi di primo livello come questa non permette di capirne le ragioni precise.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

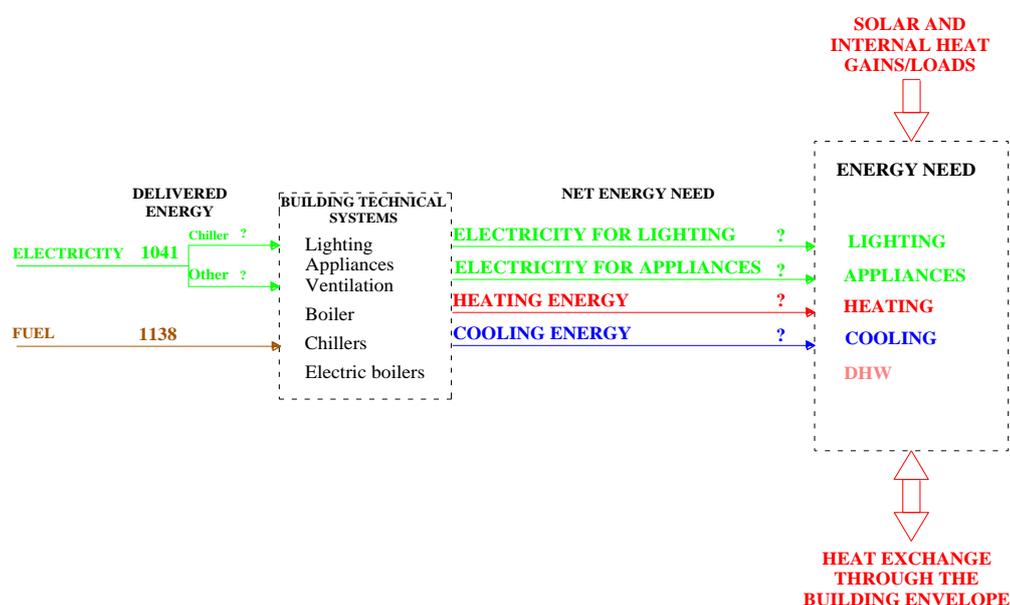


Figura I.18. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

I dati riassunti nel grafico mostrano che il consumo energetico totale si divide quasi equamente tra l'energia elettrica (48%) e l'energia termica (52%).

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	164271	10,63	96,63	3,54
2010/2011	157389	10,18	92,58	3,39

Il costo elettrico è diminuito del 4.2% nei due anni; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato e la richiesta di energia diversa nelle fasce orarie.

Importante evidenziare il costo elettrico per persona che, a confronto con gli altri edifici in esame, è ben al di sotto della media.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	84112	5,44	49,44	1,81
2010/2011	93467	6,43	58,49	2,14

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, anche con una leggera diminuzione del consumo assoluto del gas il suo costo è salito del 11%. Anche il costo termico su persona, come quello elettrico, è abbastanza contenuto paragonato agli altri edifici.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo dell'Istituto, come mostra la tabella: l'ammontare tra i due costi ha prodotto un incremento del costo complessivo assoluto del 1%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	248383	16,1	146,1	5,4
2010/2011	250856	16,6	151,1	5,5

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

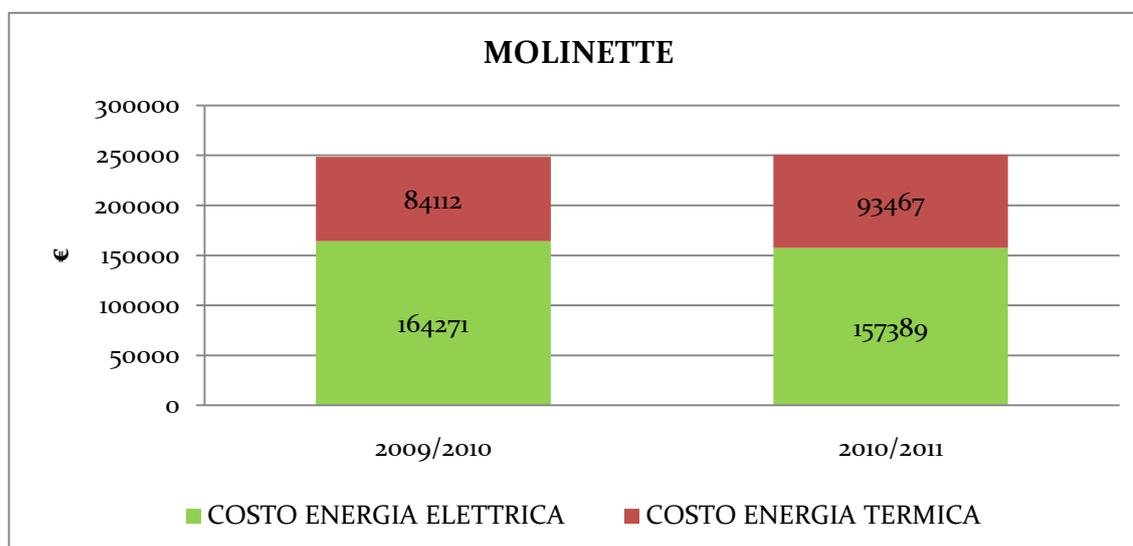


Figura I.18. 8 Parzializzazione dei costi energetici degli istituti didattici "Le Molinette".

Il costo energetico complessivo è dovuto in misura maggiore all'energia elettrica, con una percentuale di 66% e 63% rispettivamente per il primo e secondo anno.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Molinette} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	3286472	212,6	1933	70,9
2010/2011	3270166	211,5	1924	70,5

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Molinette} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	645,8	41,8	380	13,93
2010/2011	643	41,6	378	13,86

Trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra una leggera diminuzione dello 0,5% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale e senza produzione/esportazione in loco.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Molinette} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	1569030	101	922	34
2010/2011	1548290	107	969	36

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Molinette} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

in cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	320	20,66	187,84	6,89
2010/2011	315	21,70	197,34	7,23

L'aumento del 5% del consumo assoluto dell'energia termica registrata nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente, si mantiene costante anche nella trasformazione in termini ambientali.

I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente: essendo i bilanci analoghi con solo il fattore moltiplicativo differente, le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze.

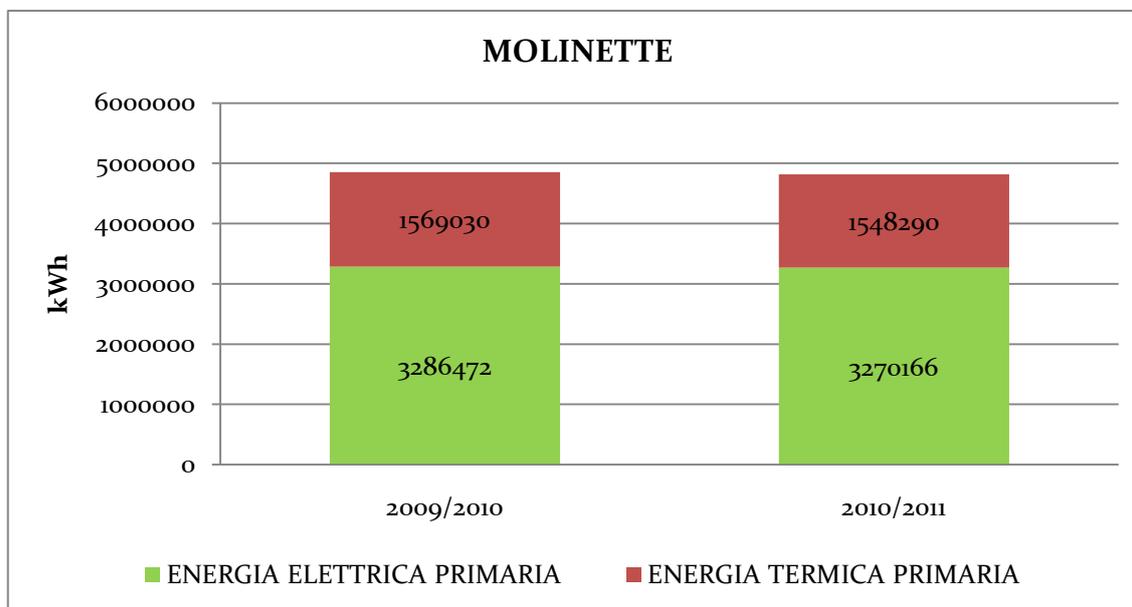


Figura I.18. 9 Parzializzazione dell'energia primaria degli Istituti didattici "Le Molinette".

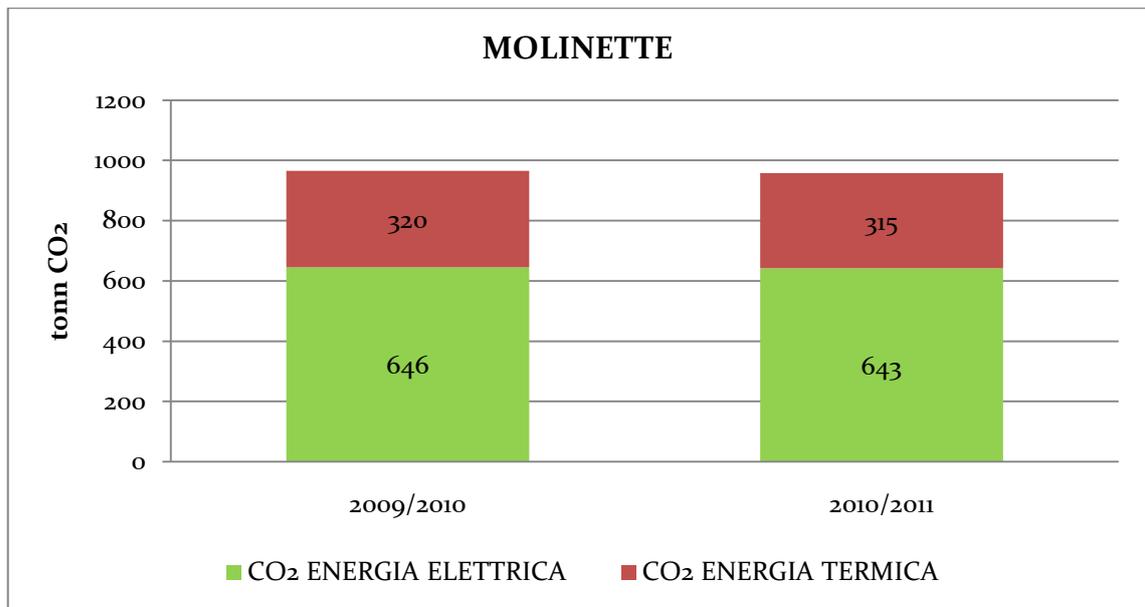


Figura I.18. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente degli Istituti didattici “Le Molinette”.

Come per il costo energetico anche nell’aspetto ambientale la quota maggiore viene dall’energia elettrica con una percentuale di circa 66% per entrambi i periodi.

L’esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	4855501	314	2855	104,68
2010/2011	4818456	318	2893	106

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	965	62,4	567,7	20,8
2010/2011	958	63,3	575,3	21,1

Concludendo nell’analisi globale, in termini ambientali assoluti sia l’energia primaria e la CO₂ equivalente sono diminuiti di un punto percentuale.

I.19 EX EDILSCUOLA

L'Istituto Edilscuola sorge sul confine di Torino, a Sud della città ospitando laboratori didattici per la Facoltà di Scienze, Matematiche e Fisiche. Lo stabile si affaccia su Via Quarello n.13/15 di Torino.



Figura I.19. 1 Istituto Edilscuola di Via Quarello n.13/15, Torino (TO).

Storia

Nell'anno 1996, l'Università, nell'ambito del programma di futuri insediamenti per le sue strutture, avvia le trattative per l'acquisto dell'immobile dalla società Edilscuola, che si realizza alla fine dello stesso anno. Nell'ambito dell'Accordo di Programma per l'edilizia universitaria stipulato tra M.I.U.R. ed Università, è stato previsto un contributo destinato alla ristrutturazione dell'edificio, con la realizzazione di laboratori didattici per la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. A questa si coniuga l'attività di incubazione di imprese, programma sperimentale di collegamento tra formazione, ricerca ed imprenditoria, avviatosi in tempi recentissimi.

Caratteristiche generali

Lo stabile è attualmente utilizzato- Laboratori ed Incubatori per la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	20661 m ²
Volumetria degli stabili	61982 m ³
Numero dipendenti e studenti:	circa 450

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata tramite procedura Consip per le Pubbliche Amministrazioni da Edison e viene fornita in media tensione a 22 kV.

All'interno dell'edificio è installata una cabina di trasformazione MT/BT da 22 kV a 380V.

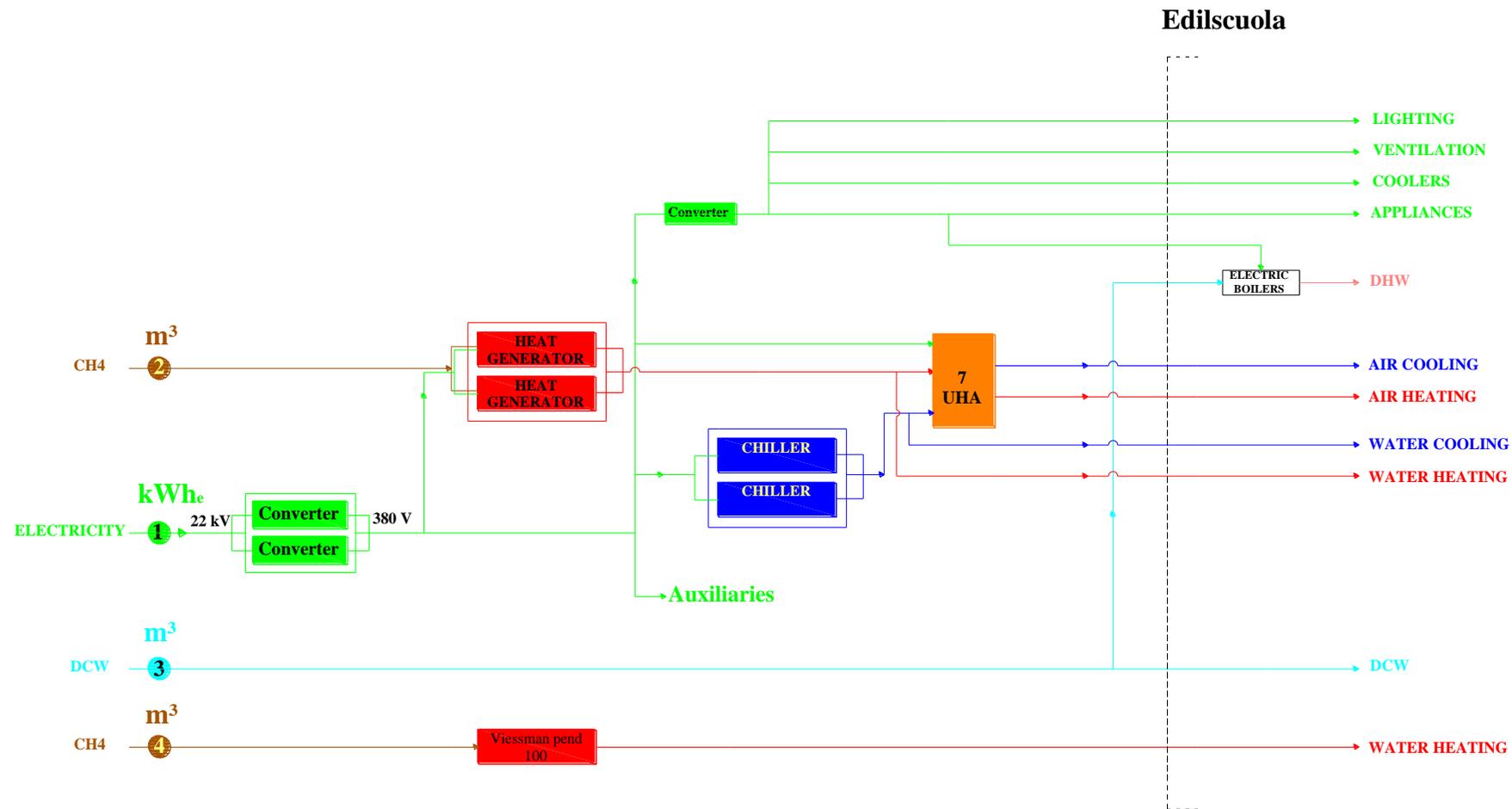


Figura I.19. 2 Schema impiantistico unifilare dell'Ex Edilscuola.

Locali Prof
Mattei

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in MT a monte della cabina elettrica di trasformazione: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, gruppi frigoriferi, condizionatori, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	1745533	84,49	3879	28,16
2010/2011	2147726	103,95	4773	34,65

I numeri nella tabella mostrano chiaramente come il consumo elettrico specifico sia consistente per questo edificio; in particolare i kWh_e/persona ne fanno il primo consumatore tra gli edifici in esame. Considerato che si tratta di un edificio volto a materie matematiche e fisiche, numerose sono le apparecchiature elettriche che richiedono una cospicua quantità di energia. Inoltre, tra i due periodi temporali si è registrato un notevole aumento pari al 23%.

Nei grafici successivi si può valutare le distribuzioni mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

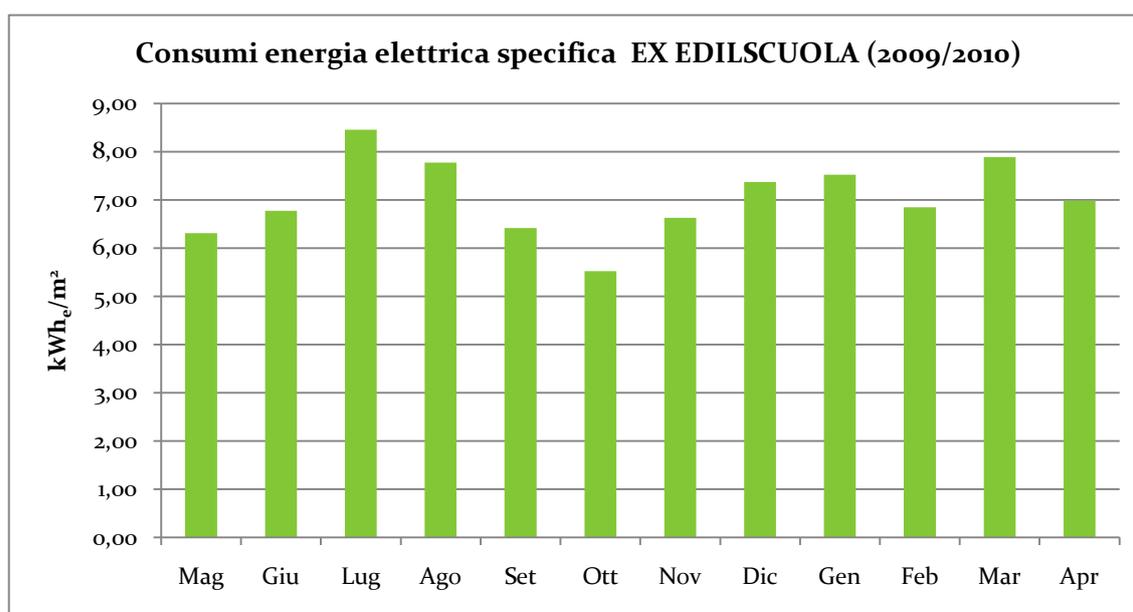


Figura I.19. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

L'andamento dei consumi elettrici mensili, come mostra l'istogramma qui sopra, è sinusoidale: le creste si registrano nei mesi estivi, in cui c'è una maggiore richiesta di energia di refrigerazione e nei mesi invernali in cui c'è il maggior afflusso di studenti e dipendenti. I mesi con consumi minori sono maggio e ottobre.

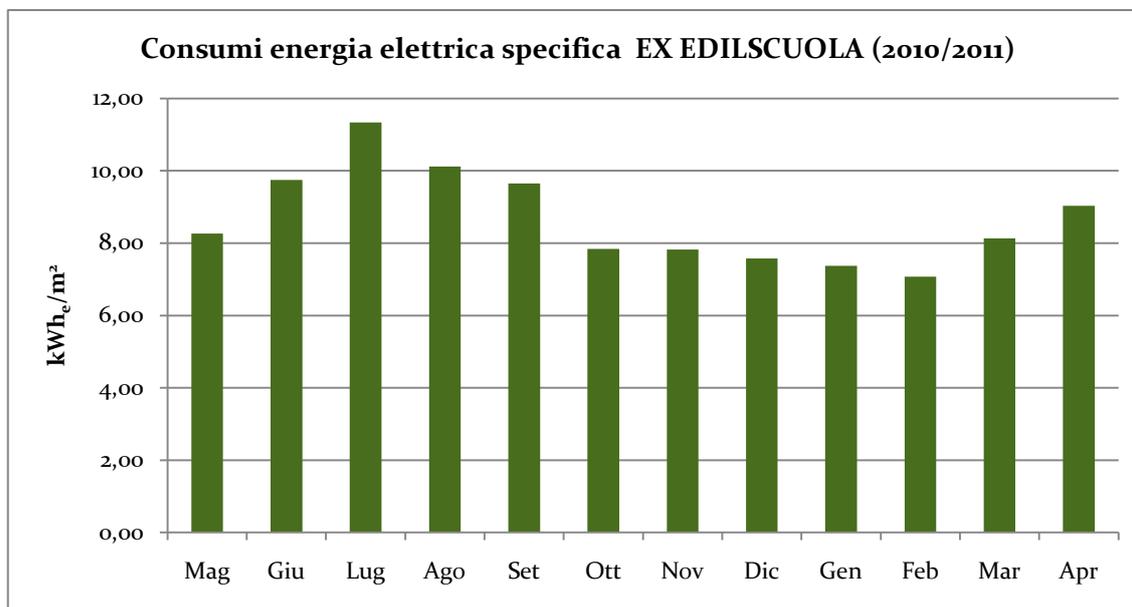


Figura I.19. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

A differenza del 2009/2010, nei mesi del 2010/2011 dopo i picchi nei mesi estivi, il consumo si assesta tra i 7 e gli 8 kWh_e/m².

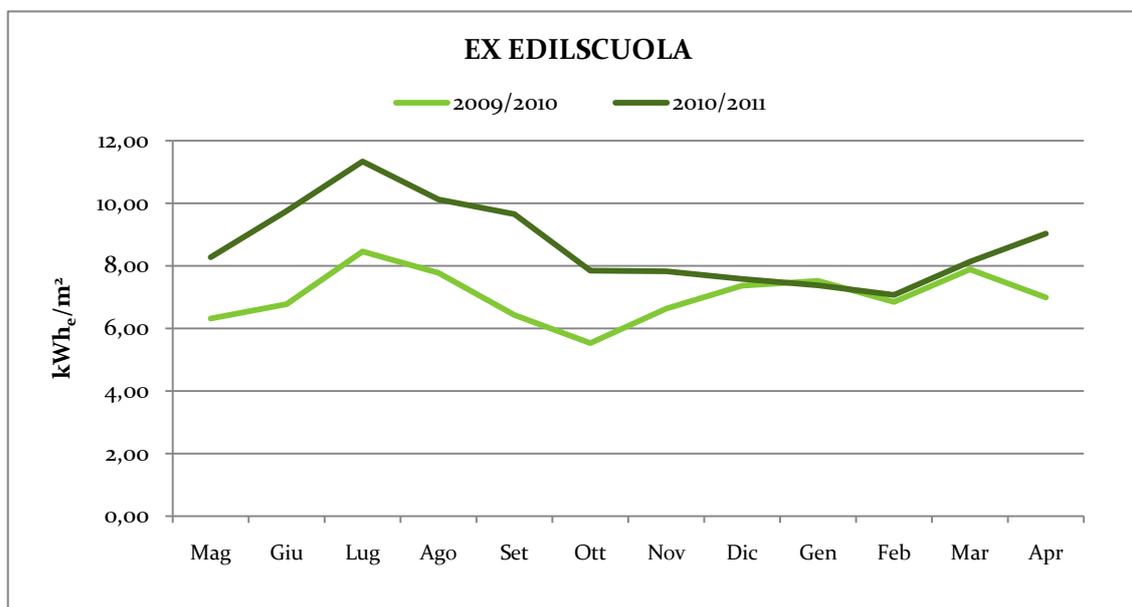


Figura I.19. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Come mostrano chiaramente le linee nel grafico sopra, nei primi mesi il trend è lo stesso ma nel secondo anno la linea di consumo è maggiore di 2 kWh_e/m² fino a Ottobre. Le due linee nei mesi invernali raggiungono pressoché lo stesso consumo. Tuttavia, attraverso un'analisi di primo livello come questa non si può definire in modo preciso le ragioni di queste variazioni.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte della caldaia in m³, quella piccola risulta inutilizzata nei due periodi analizzati.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	362815	17,55	805,64	5,85
2010/2011	296108	15,25	700,01	5,08

Al contrario dell'energia elettrica, il consumo specifico termico su m³ risulta decisamente trascurabile, classificando al primo posto come il più piccolo consumatore di energia termica tra gli edifici in diagnosi.

Inoltre, tra le due stagioni di riscaldamento si è registrato un'ulteriore diminuzione dell'energia termica, sia in termini assoluti (-18%) sia normalizzata con la temperatura (-13%). Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

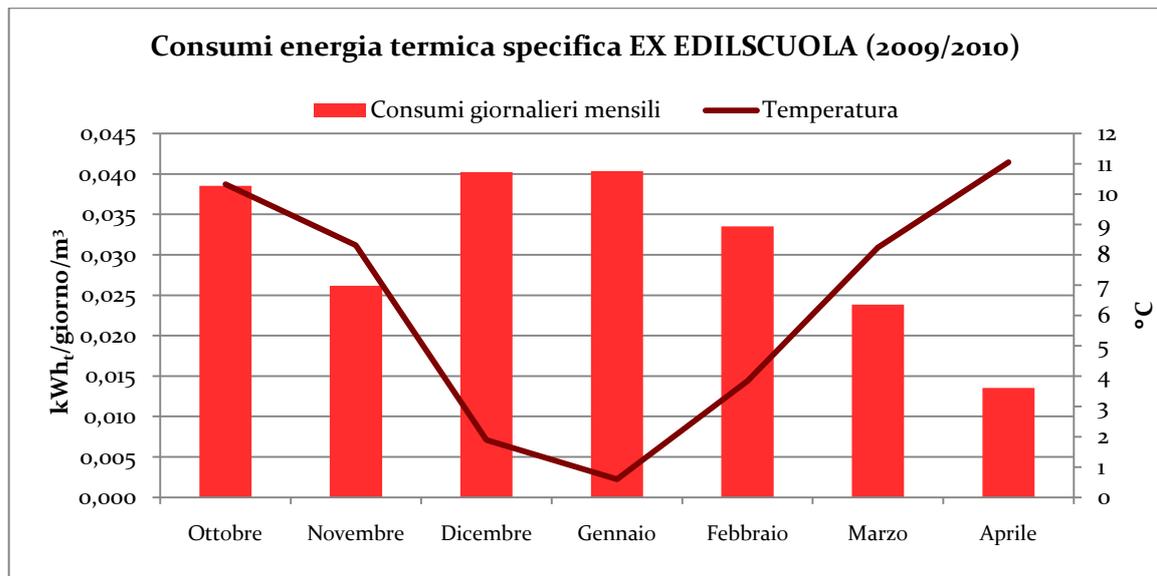


Figura I.19. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

La correlazione tra l'aumento del consumo termico con il diminuire non è conservata. Stranamente il consumo giornaliero di ottobre è paragonabile ai mesi di dicembre e gennaio in cui la temperatura registrata è di circa 10°C in meno. Un'analisi di primo livello, però, non permette di capirne le ragioni.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh, per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

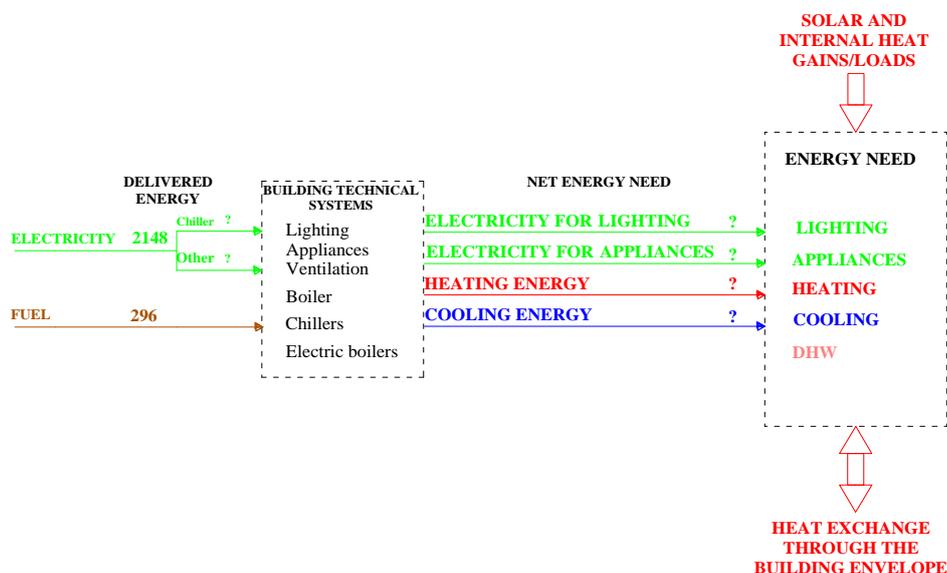


Figura I.19. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

I dati nel grafico riassumono ciò che si è esaminato nei paragrafi precedenti: il consumo termico dell'edificio (12%) è trascurabile rispetto a quello elettrico (88%).

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica e a seconda delle consumo nelle diverse fasce orarie.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	288239	13,95	640,53	4,65
2010/2011	360685	17,46	801,52	5,82

Come il consumo elettrico, anche il suo costo è salito nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente (25%); le ragioni sono il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato e la variabilità di utilizzo dell'energia elettrica nelle diverse fasce orarie.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	26451	1,28	58,74	0,43
2010/2011	24311	1,25	57,47	0,42

Dai dati in tabella si evince che si è verificata una diminuzione del prezzo per il riscaldamento dell'8% in termini assoluti e del 2% in termini normalizzati sulla temperatura.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo dell'Istituto, come mostra la tabella: nonostante la diminuzione del costo termico, il bilanciamento tra elettrico e termico ha prodotto un incremento del costo complessivo assoluto del 22%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	314690	15,2	699,3	5,1
2010/2011	384995	18,7	859,0	6,2

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

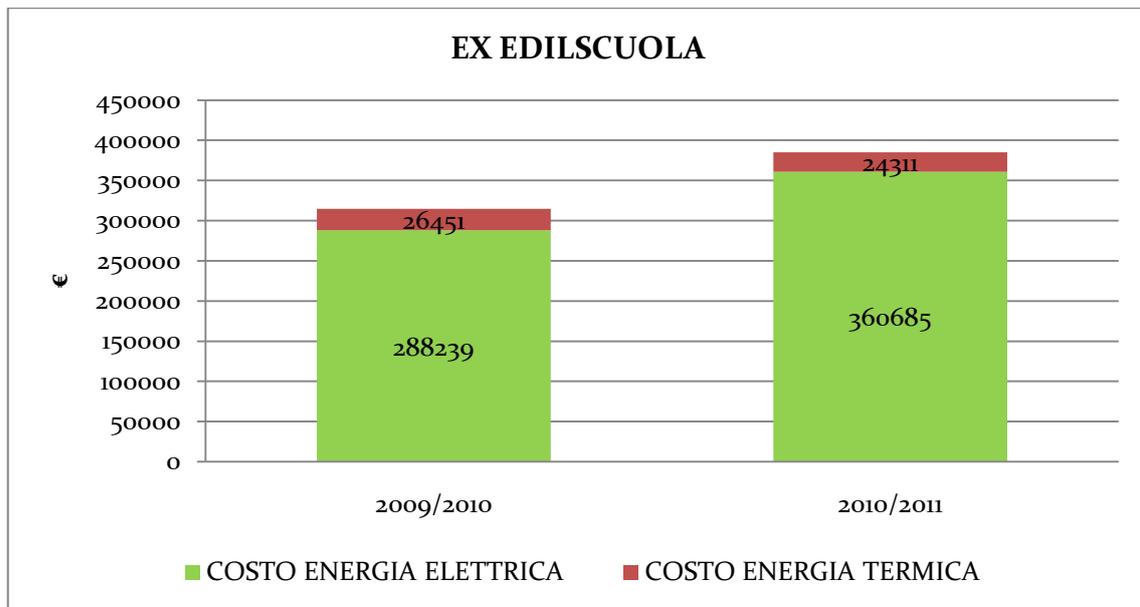


Figura I.19. 8 Parzializzazione dei costi energetici dell'Ex Edilscuola.

Come ci si poteva aspettare dalle analisi svolte finora, l'energia che influisce maggiormente sul costo energetico complessivo è l'energia elettrica con una percentuale che passa da 92% al 94% dal primo al secondo anno.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Edilscuola} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	5480974	265,3	12180	88
2010/2011	6743860	326,4	14986	109

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Edilscuola} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	1077,0	52,13	2393,32	17,38
2010/2011	1325	64,14	2944,77	21,38

Trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra uno stesso incremento del 23% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Edilsuola} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	493428	24	1096	8
2010/2011	402707	21	952	7

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Edilsuola} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	100	4,86	223,16	1,62
2010/2011	82	4,22	193,90	1,41

Come ci poteva aspettare, anche in termini ambientali il consumo di energia termica è ridotto. Inoltre, come si evince dalla tabella, la diminuzione del 13% dell'energia termica normalizzata sui GG registrata nel 2010/2011 rispetto all'anno precedente si mantiene costante anche nella trasformazione in termini ambientali.

I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente: essendo i bilanci analoghi con solo il fattore moltiplicativo differente, le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze.

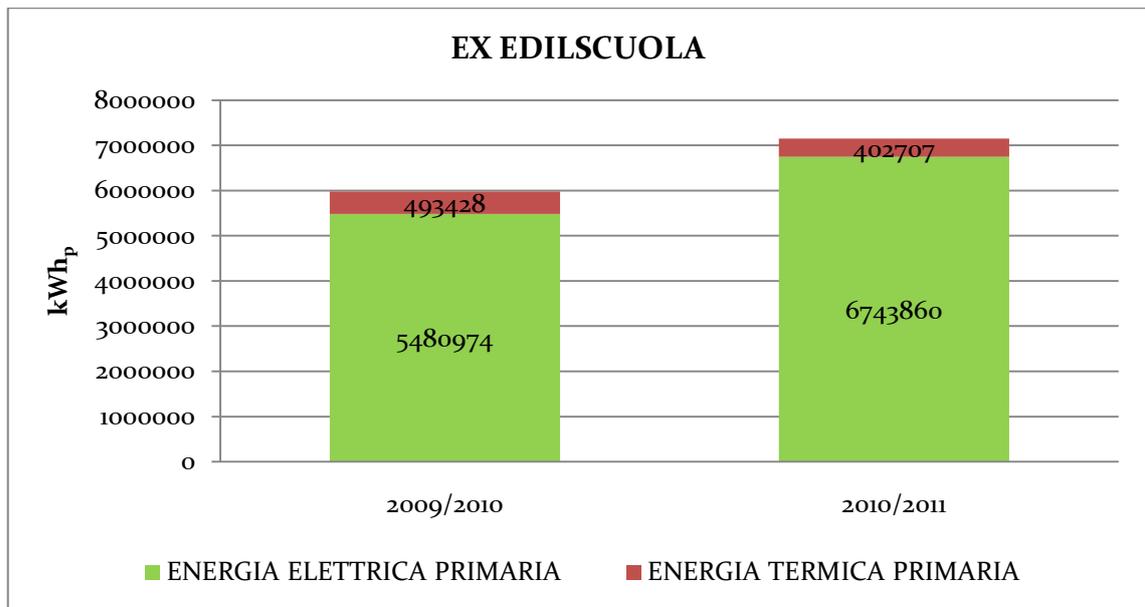


Figura I.19. 9 Parzializzazione dell'energia primaria dell'Ex Edilscuola.

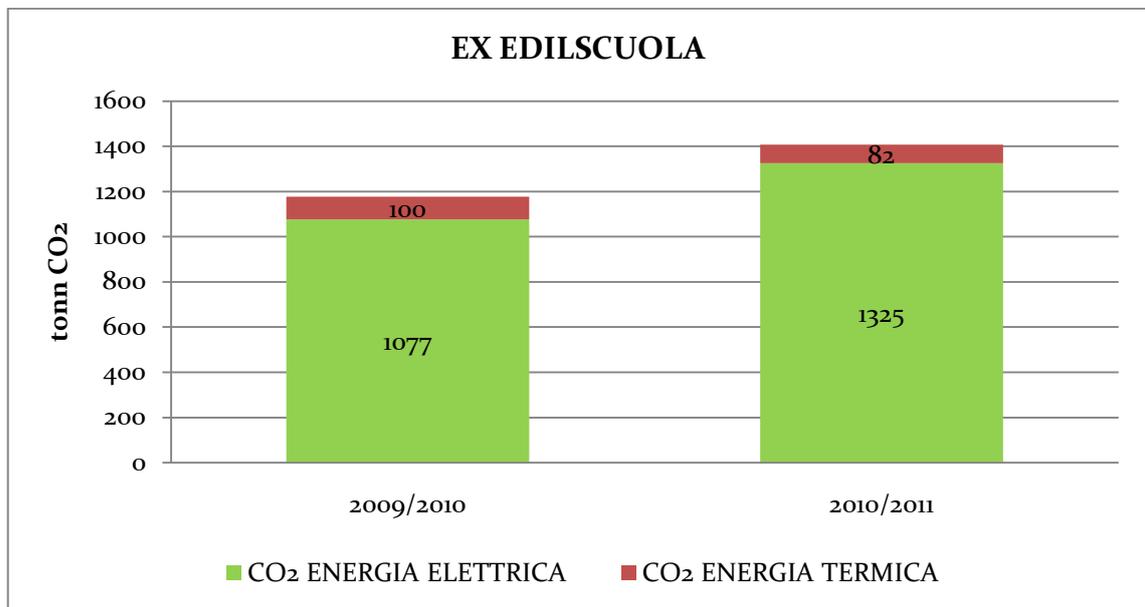


Figura I.19. 10 Parzializzazione della CO2 equivalente dell'Ex Edilscuola.

Come per l'analisi economica, anche per quella ambientale l'energia elettrica è l'elemento che contribuisce in misura maggiore, passando dal 92% al 64% nei due anni.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	5974402	289	13276	96
2010/2011	7146567	347	15938	116

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	1177	57,0	2616,5	19,0
2010/2011	1407	68,4	3138,7	22,8

Concludendo nell'analisi globale, in termini ambientali sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente sono incrementati del 20%.

I.20 TORINO ESPOSIZIONI

Dal 2008, l'Università degli Studi di Torino ha acquistato alcuni locali presso il complesso fieristico della città di Torino adibendoli ad aule didattiche. Il palazzo È ubicato su corso Massimo d'Azeglio, nel quartiere San Salvario, ai margini dello storico Parco del Valentino.



Figura I.20. 1 Torino Esposizioni di Corso Massimo d'Azeglio n.15, Torino (TO).

Storia

La realizzazione di una serie di aule didattiche ad uso dell'Università degli Studi di Torino, presso il Padiglione 1 del complesso edilizio di Torino Esposizioni, che verranno impiegate innanzitutto dalla Facoltà di Lettere e Filosofia, è avvenuta in anni recentissimi. I lavori sono stati ultimati, in modo da garantire la piena funzionalità della struttura, in tempo utile per l'avvio delle attività didattiche dell'anno accademico 2008/2009.

Il progetto ha previsto la realizzazione di aule che, opportunamente attrezzate, consentono di svolgere l'attività didattica con il supporto di strumenti informatici. Tale spazio può inoltre essere impiegato per lo svolgimento di corsi afferenti ad altre Facoltà.

Stante i vincoli urbanistici esistenti e la transitorietà della destinazione d'uso la tipologia costruttiva scelta per realizzare i suddetti è stata a pareti mobili.

Sebbene esistessero presso il padiglione locali posti al piano ammezzato ed al primo piano, gli interventi edilizi ed impiantistici in progetto, aventi sostanzialmente la natura di opere di manutenzione straordinaria, hanno riguardato, in questa fase, esclusivamente gli spazi e gli ambienti esistenti al piano terreno ed al piano interrato dell'edificio.

Le aule realizzate sono per numero e per capienza simili a quelle attualmente esistenti presso la struttura prefabbricata che sorge in piazzale Aldo Moro, poiché con l'avvio, nell'autunno del 2008, dei lavori per la riqualificazione di quell'area, non sono più utilizzabili gli spazi disponibili presso la struttura prefabbricata che attualmente sorge sul piazzale e di cui è prevista la demolizione.

Caratteristiche generali

I locali del palazzo di Torino Esposizioni sono attualmente utilizzati per la didattica per la Facoltà di Lettere e Filosofia.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.7
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	2818 m ²
Volumetria degli stabili	11272 m ³
Numero dipendenti e studenti:	circa 1300

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata e fornita in Bassa Tensione.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

I locali di proprietà UniTo sono climatizzati in modo centralizzato attraverso una tipologia mista.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da una centrale termica a gas metano che serve le intere zone universitarie.

n. 1 ELCO MODULON 7830 per Intero stabile

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

Non è presente alcun impianto centralizzato per il raffrescamento estivo; solo alcune zone sono servite da un refrigeratore.

n. 1 DAIKIN EWAQo8o-26oDAYN 80 kW per Aule Informatiche 1 e 2

L'aria climatizzata è fornita da unità trattamento aria e ventilconvettori:

n. 1 UTA	1,5 kW	per PT Aula 1
n. 1 UTA	1,5 kW	per PT Aula 2
n. 1 UTA	2,2 kW	per PT Aula 3
n. 1 UTA	2,2 kW	per PT Aula 4
n. 1 UTA	2,2 kW	per PT Aula 5
n. 1 UTA	1,5 kW	per PT Area studenti
n. 1 UTA	1,5 kW	per PT Aula Informatica 1 GF
n. 1 UTA	1,5 kW	per PT Aula Informatica 2 GF
n. 1 UTA	1,5 kW	per PT Atrio
n. 1 UTA Venus Clima	2,2 kW	per I Piano Aula G
n. 8 Ventilconvettori Sabiana	4 kW	per I Piano Aula Piccola + WC

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria non è fornita in modo centralizzato, ma in modo locale in ogni toilette, attraverso un boiler elettrico.

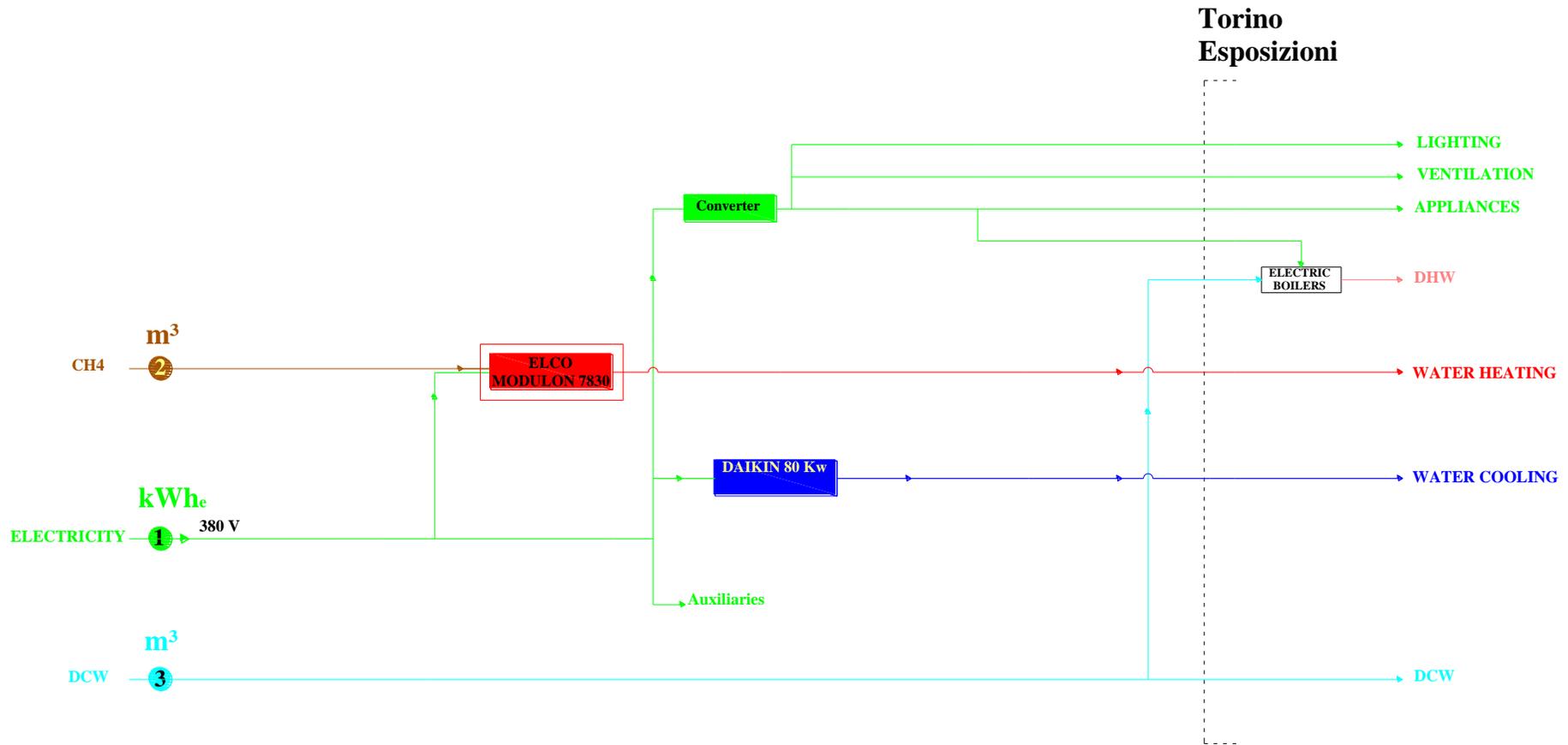


Figura I.20. 2 Schema impiantistico unifilare delle aule di Torino Esposizioni.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in BT dei locali di Torino Esposizioni appartenenti all'Università: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, il gruppo frigo, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	109134	38,73	83,9	9,68
2010/2011	84743	30,07	65,19	7,52

Il consumo elettrico specifico su persona e su superficie è piuttosto ridotto, tale da essere classificato nei minori consumatori elettrici degli edifici UniTo in esame; questo può essere spiegato dall'uso esclusivamente per lezioni didattiche dei locali senza particolari apparecchiature elettriche particolarmente energivore.

Inoltre, come si vede dai dati in tabella nel corso dei due anni in esame si è registrata un diminuzione del consumo, pari al 22%.

Nei grafici successivi si può valutare le distribuzioni mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

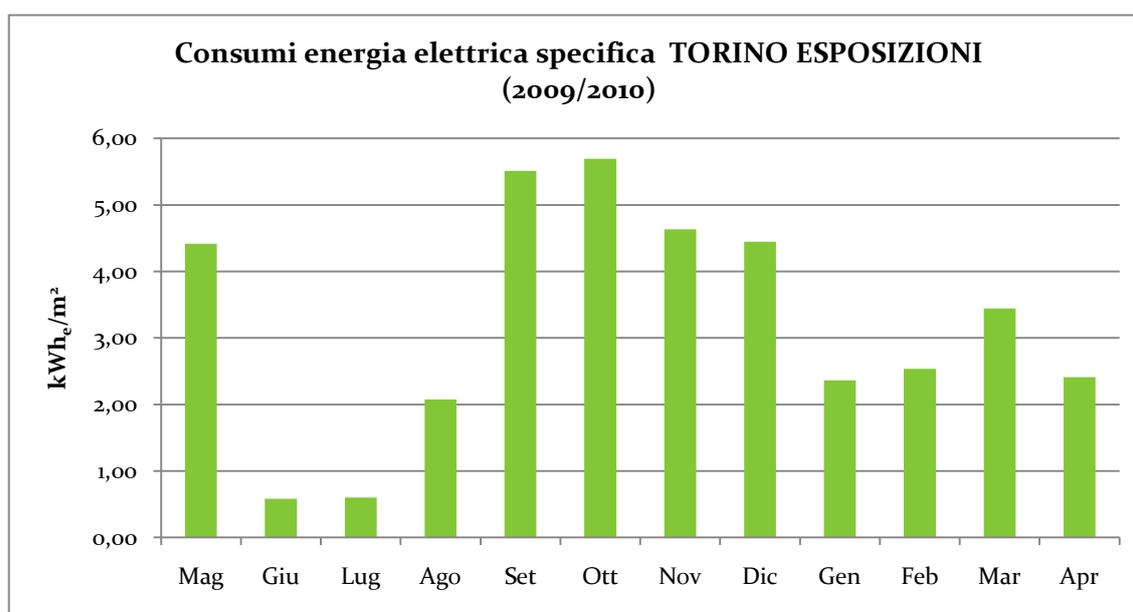


Figura I.20. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

Il consumo elettrico mensile per il periodo 2009/2010 è piuttosto vario. I mesi estivi Giugno e Luglio presentano un consumo praticamente trascurabile, probabilmente per la chiusura dei locali didattici; i mesi da Settembre a Dicembre e Maggio sono quelli in cui si è registrato un consumo maggiore.

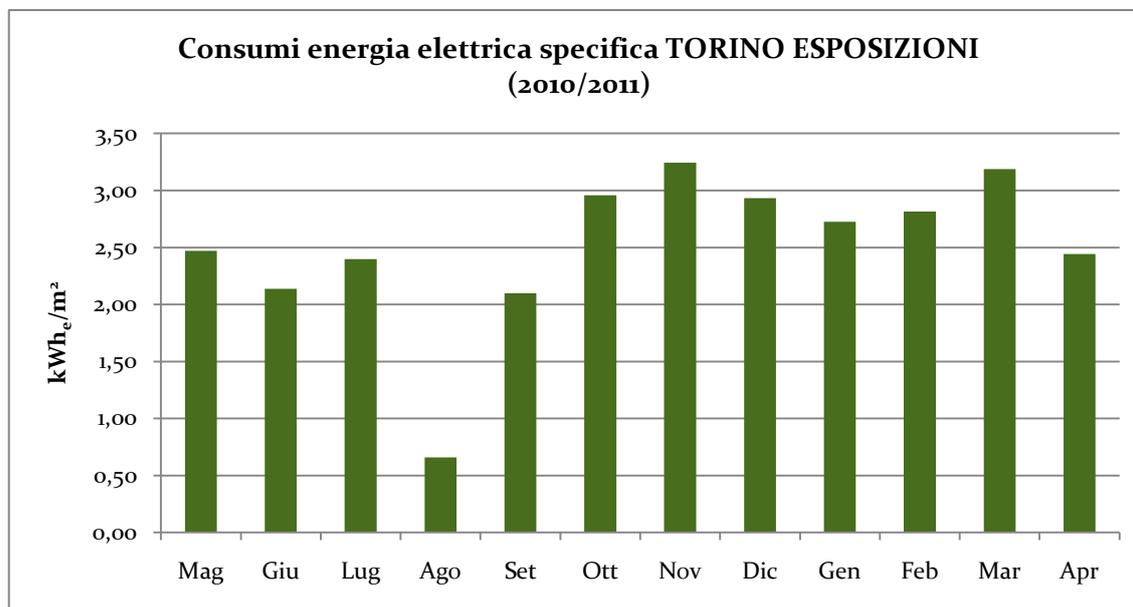


Figura I.20. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

A differenza del primo anno in esame, nel 2010/2011 si sono registrati consumi mensili più omogenei tra i 2 e i 3,3 kWh_e/m², ad eccezione del mese di Agosto in cui il consumo è trascurabile.

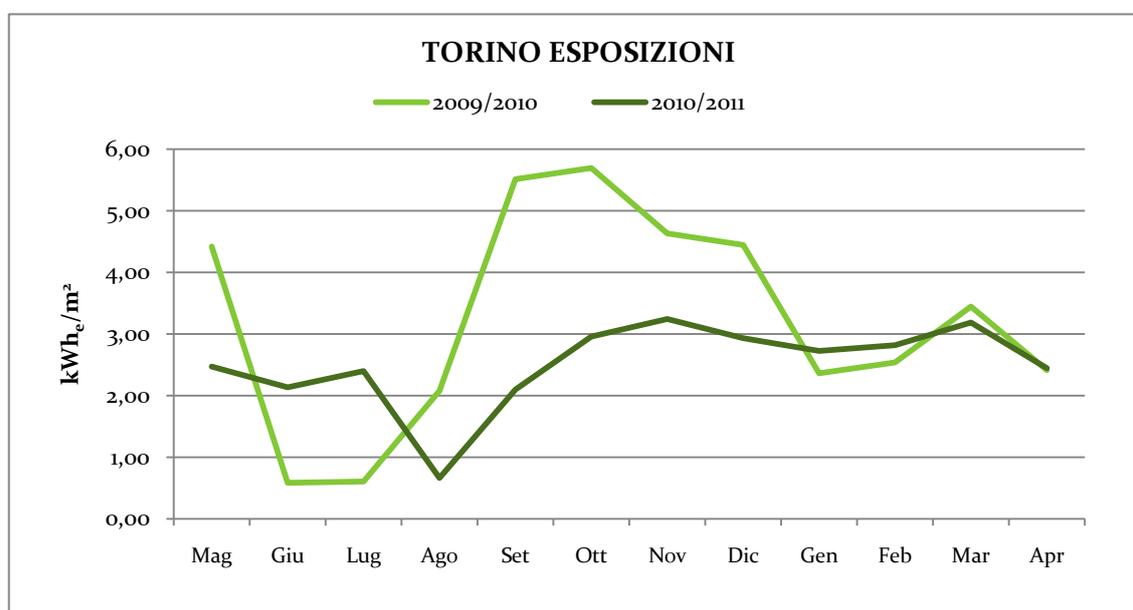


Figura I.20. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

La variabilità dei consumi mensili è mostrata chiaramente nel grafico qui sopra; tuttavia un'analisi di primo livello come questa non può definire in modo preciso le ragioni.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte della caldaia in m³.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	395283	140,16	303,83	35,04
2010/2011	376120	141,99	307,79	35,50

Analizzando il consumo termico sul volume dell'immobile, questo è piuttosto elevato rapportato ai restanti edifici in diagnosi; al contrario, i kWh_t/persona sono decisamente ridotti.

Dai dati in tabella, si evince una diminuzione del consumo assoluto di energia termica, che se normalizzato sulla temperatura aumenta di un punto percentuale. Inoltre, non è stata effettuata né una normalizzazione sull'umidità dell'aria né tanto meno sull'irraggiamento solare, in quanto tale specificità sarebbe utile per dei valori più dettagliati, ovvero su intervalli temporali più brevi.

Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, come valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo locale.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

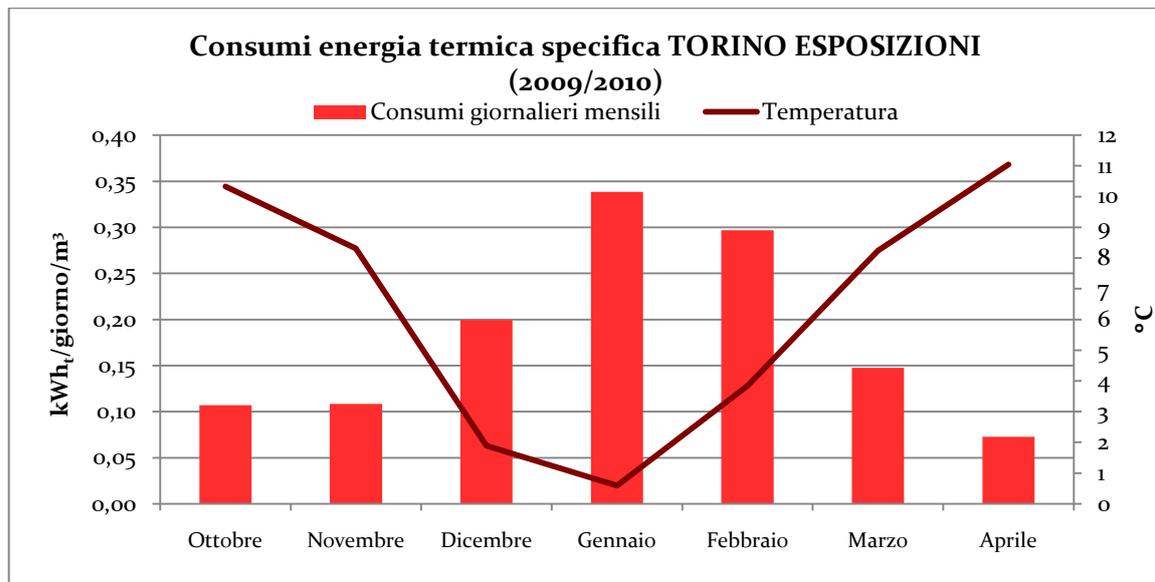


Figura I.20. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Con il diminuire della temperatura il consumo di gas metano aumenta, anche se non c'è una stretta correlazione: febbraio mostra un consumo maggiore rispetto a dicembre nonostante la temperatura media registrata sia maggiore di qualche grado. Un'analisi di primo livello come questa non permette di capirne le ragioni.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

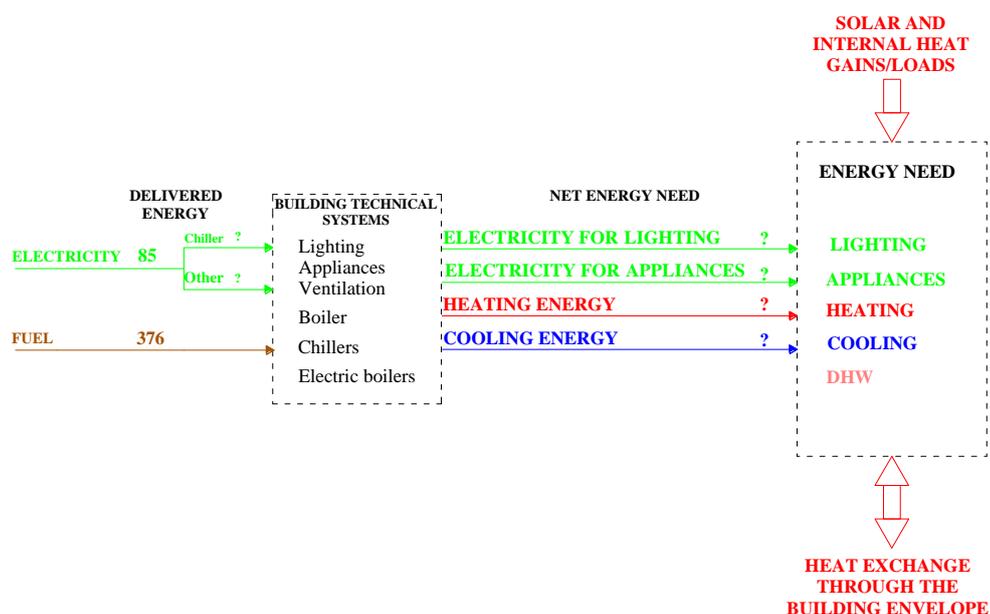


Figura I.20. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

I dati nel grafico riassumono ciò che si è esaminato nei paragrafi precedenti: il consumo elettrico dell'edificio (18%) è trascurabile rispetto a quello termico (82%).

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	28765	10,21	22,13	2,55
2010/2011	34454	12,23	26,50	3,06

Nonostante il consumo elettrico sia diminuito nei due anni, il suo costo è incrementato in modo notevole, del 20%; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato. Inoltre, il costo specifico su m² è nella media tra gli altri edifici analizzati, in tutti e due gli anni.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	28819	10,22	22,15	2,55
2010/2011	30880	11,66	25,27	2,91

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, anche con una leggera diminuzione del consumo assoluto del gas il suo costo è salito del 7%.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo dei locali di Torino Esposizioni, come mostra la tabella: l'ammontare tra i due costi ha prodotto un incremento del costo complessivo assoluto del 13%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	57584	20,4	44,3	5,1
2010/2011	65334	23,9	51,8	6,0

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

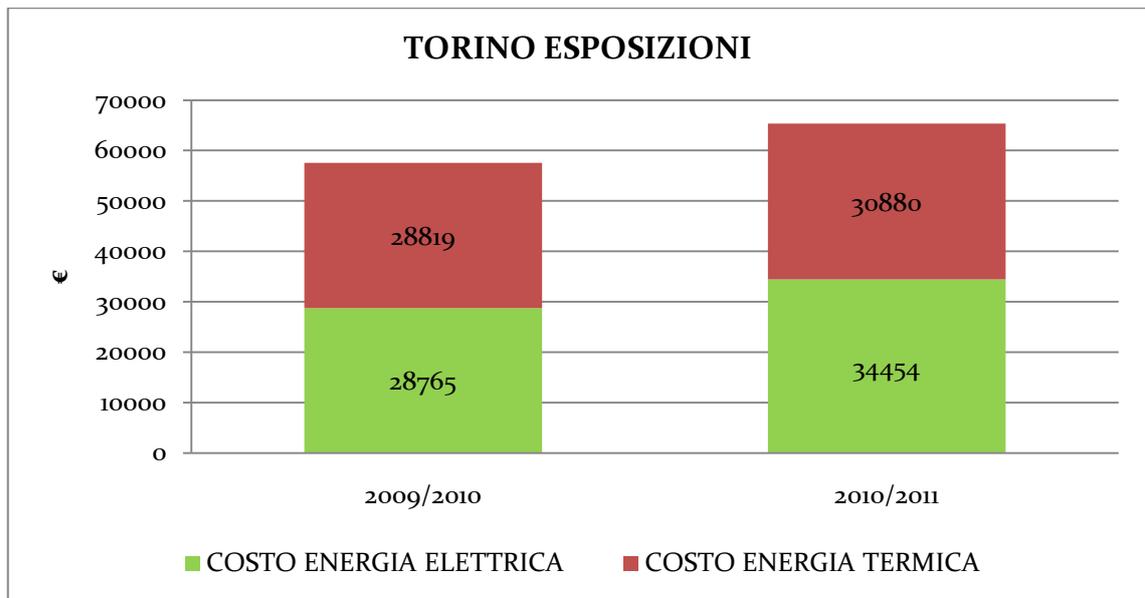


Figura I.20. 8 Parzializzazione dei costi energetici delle aule di Torino Esposizioni.

La parzializzazione del costo energetico totale è paritaria tra le quote elettrica e termica nel 2009/2010; nel secondo anno la percentuale del costo elettrico sale leggermente al 53%.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Torino\ Esposizioni} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	342681	121,6	264	30
2010/2011	266093	94,4	205	24

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,EE,Torino\ Esposizioni} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	67,3	23,89	51,80	5,97
2010/2011	52	18,55	40,22	4,64

Trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra una stessa diminuzione del 22% per queste ultime, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Torino\ Esposizioni} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	537585	191	413	48
2010/2011	511524	193	419	48

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Torino\ Esposizioni} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	109	38,83	84,16	9,71
2010/2011	104	39,33	85,26	9,83

In termini assoluti di kWh_p e tonnCO₂ dell'energia termica, la quota è scesa del 5%. I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente: essendo i bilanci analoghi con solo il fattore moltiplicativo differente, le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze.

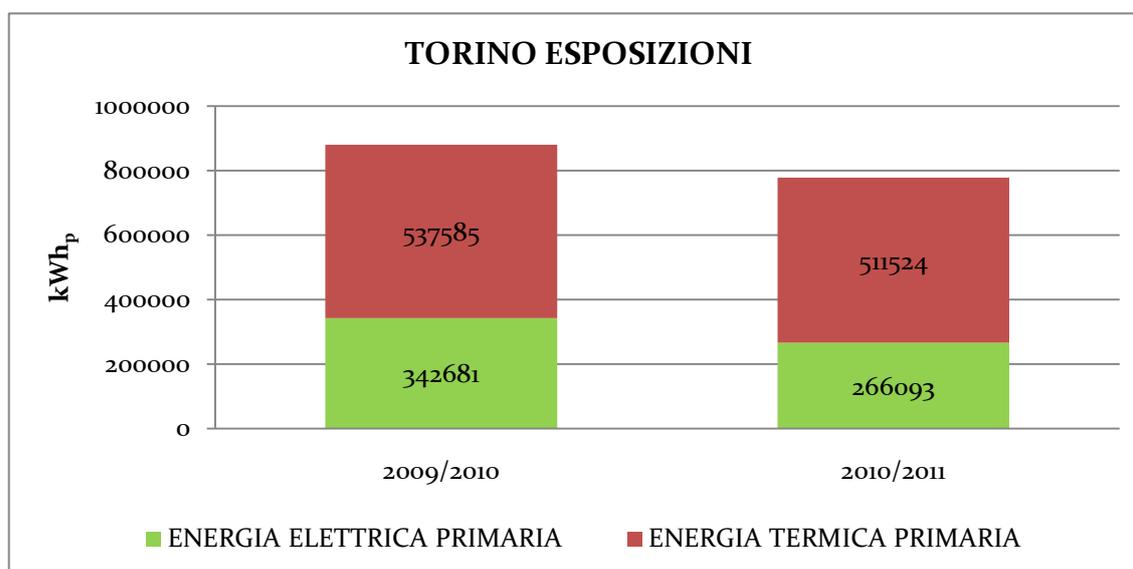


Figura I.20. 9 Parzializzazione dell'energia primaria delle aule di Torino Esposizioni.

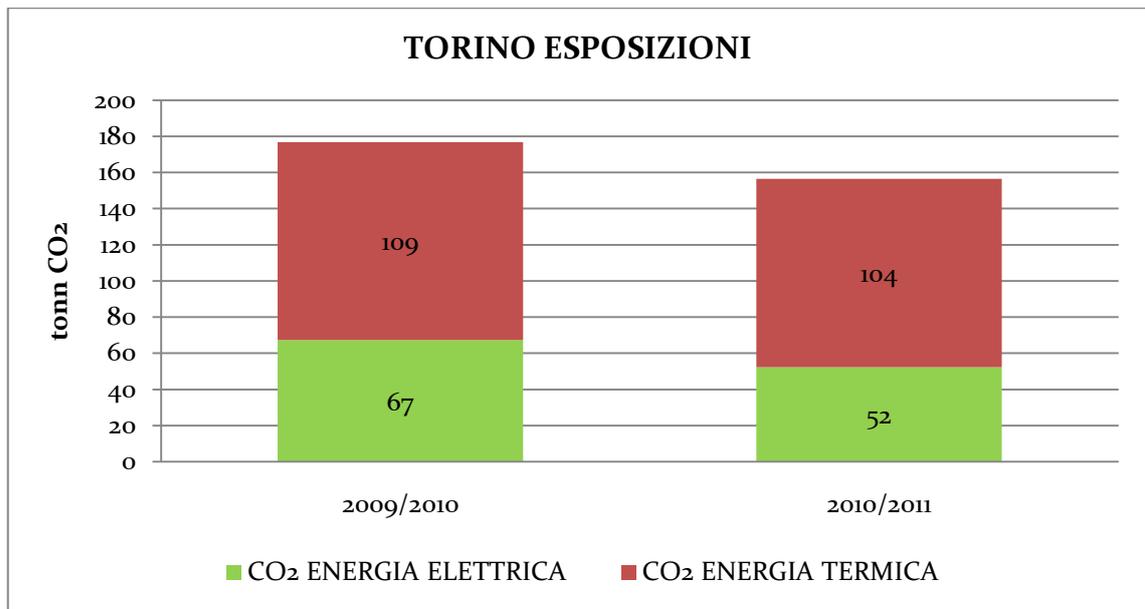


Figura I.20. 10 Parzializzazione della CO₂ equivalente delle aule di Torino Esposizioni.

Il contributo maggiore dell'impatto ambientale proviene dall'energia termica con un percentuale di 62% e 68%, rispettivamente nel primo e secondo anno.

L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	880266	312	677	78
2010/2011	777617	288	623	72

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	177	62,7	136,0	15,7
2010/2011	156	57,9	125,5	14,5

Concludendo nell'analisi globale, in termini ambientali assoluti, sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente sono diminuiti del 12%.

I.21 EX MENSA OFFIDANI

L'istituto di proprietà dell'Università degli Studi di Torino è un palazzo a corte situato nel centro storico della città di Torino, all'indirizzo di Via Po n.11.



Figura I.21. 1 Ex Mensa Offidani di Via Po n.11, Torino (TO).

Storia

Originariamente adibita a mensa dell'Istituto Offidani, l'unità immobiliare al quarto piano di Via Po n. 11 è costituita da otto vani, in collegamento interno con altri due ambienti al piano sottostante. Di proprietà degli Offidani, venne ceduta alla società dalla quale l'Università l'acquistò, vista l'assoluta necessità di spazi ed in considerazione della vicinanza con gli uffici dell'Amministrazione Centrale, alla quale la stessa è a tutt'oggi destinata.

Caratteristiche generali

Gli spazi dello stabile sono attualmente utilizzati come Uffici dell'Amministrazione Centrale dell'Università.

Classe prevalente destinazione d'uso	E.2
Periodo riscaldamento convenzionale	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno convenzionali	2617
Superficie utile	422 m ²
Volumetria degli stabili	1267 m ³
Numero dipendenti e studenti:	circa 20

Caratteristiche impiantistiche

IMPIANTO ELETTRICO

L'energia elettrica viene acquistata e fornita in Bassa Tensione.

IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE

Gli uffici sono riscaldati in modo centralizzato attraverso una tipologia ad acqua.

IMPIANTO TERMICO

L'impianto termico è alimentato da una centrale termica a gas metano:

n. 1 Elco Thision 25 per Divisione Logistica

IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE

Non è presente negli uffici alcuna impianto di raffrescamento estivo.

IMPIANTO DI ACS

L'acqua sanitaria è fornita in modo locale attraverso boiler elettrici.

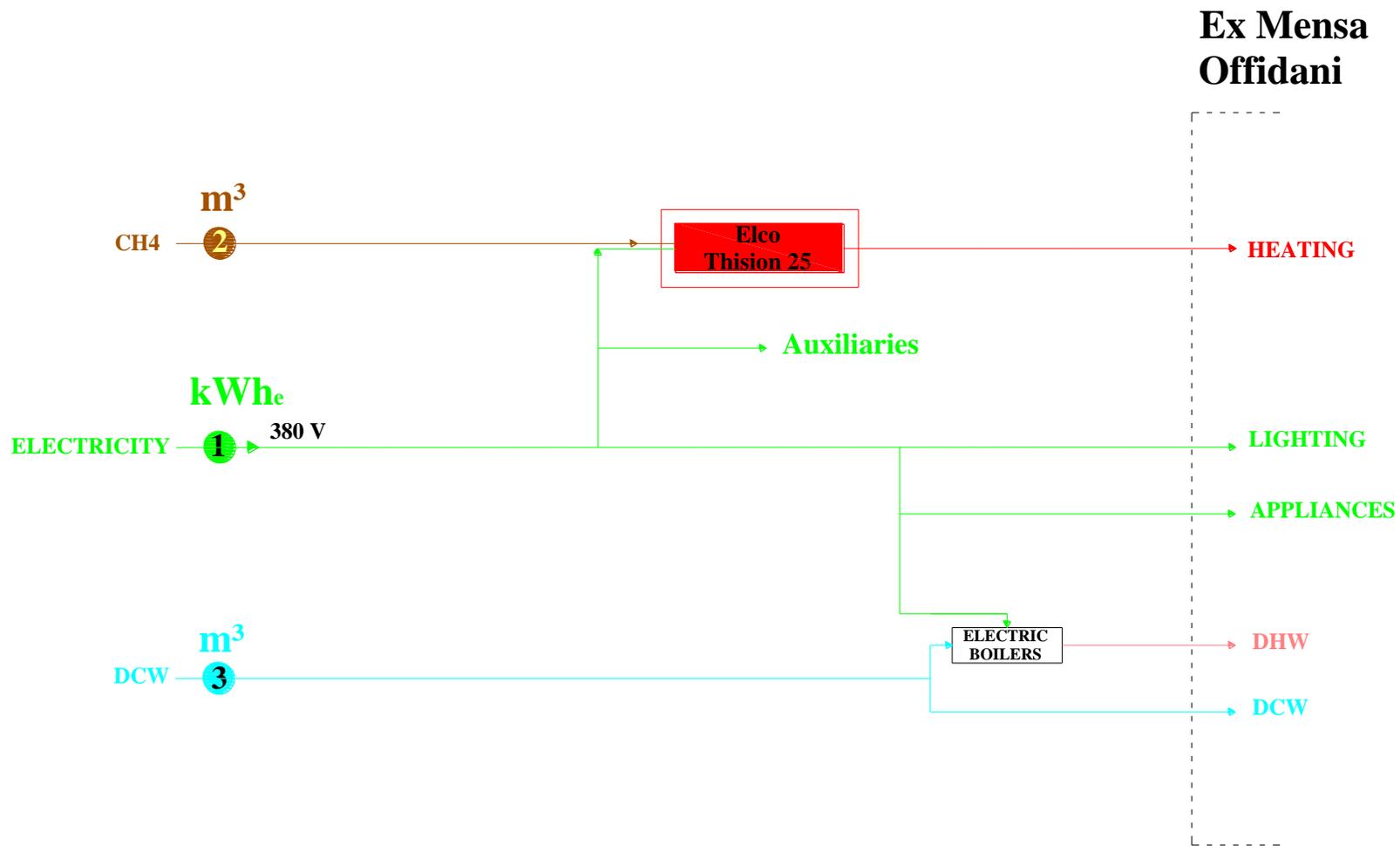


Figura I.21. 2 Schema impiantistico unifilare dell'Ex Mensa Offidani.

Dati energetici

ANALISI ENERGETICA

I consumi elettrici in kWh_e sono reperiti dall'unico contatore in BT a monte dell'edificio: l'elettricità per illuminazione, apparecchiature elettriche, boiler per acs è conteggiata in questo unico dato.

La tabella riassume i consumi assoluti nei due anni di riferimento e quelli specifici sulla superficie e su persona, utili per il confronto con gli altri edifici nel capitolo successivo.

	ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	17216	40,78	860,8	13,59
2010/2011	8309	19,68	415,45	6,56

Il consumo assoluto elettrico di questo edificio è il minore tra gli edifici in esame e rapportato sulla superficie e sulle persone è comunque inferiore alla media. Osservando i dati relativi ai due periodi si nota un dimezzamento dei kWh_e consumati.

Nei grafici successivi si può valutare le distribuzioni mensili: le prime due figure mostrano l'andamento del consumo elettrico specifico su m² dei due periodi di riferimento, mentre il terzo ne mostra il confronto.

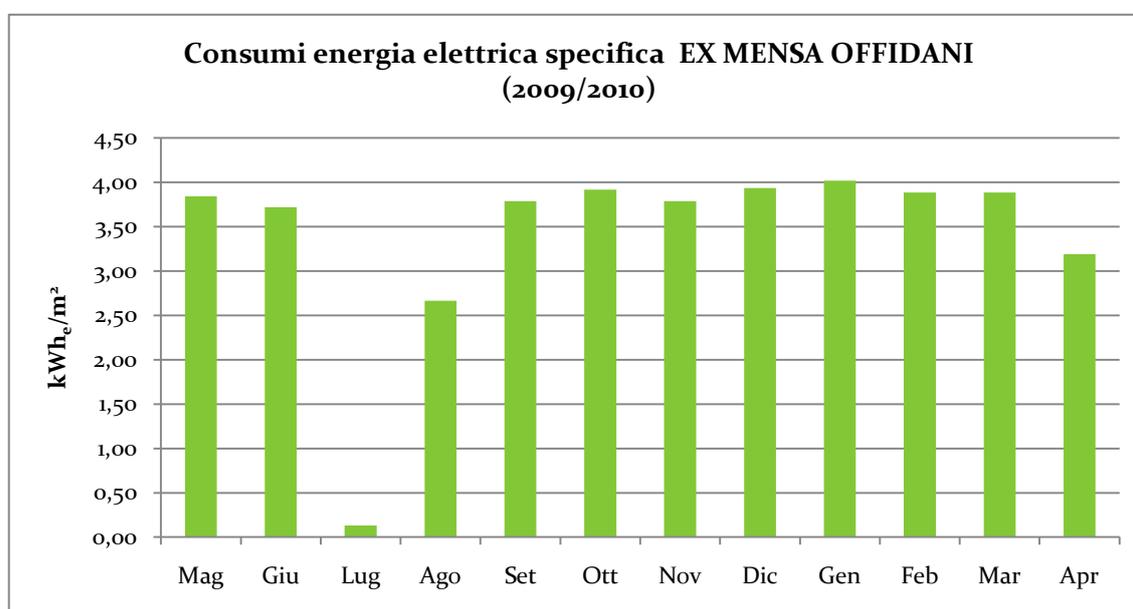


Figura I.21. 3 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2009/2010.

Dall'istogramma qui sopra, si può notare come i consumi elettrici mensili siano piuttosto costanti per tutto l'anno con le uniche eccezioni per i due mesi estivi: a Luglio il consumo registrato è stato praticamente nullo e ad Agosto il consumo è

stato leggermente inferiore alla media, probabilmente per la chiusura estiva totale e parziale degli uffici nei due rispettivi mesi.

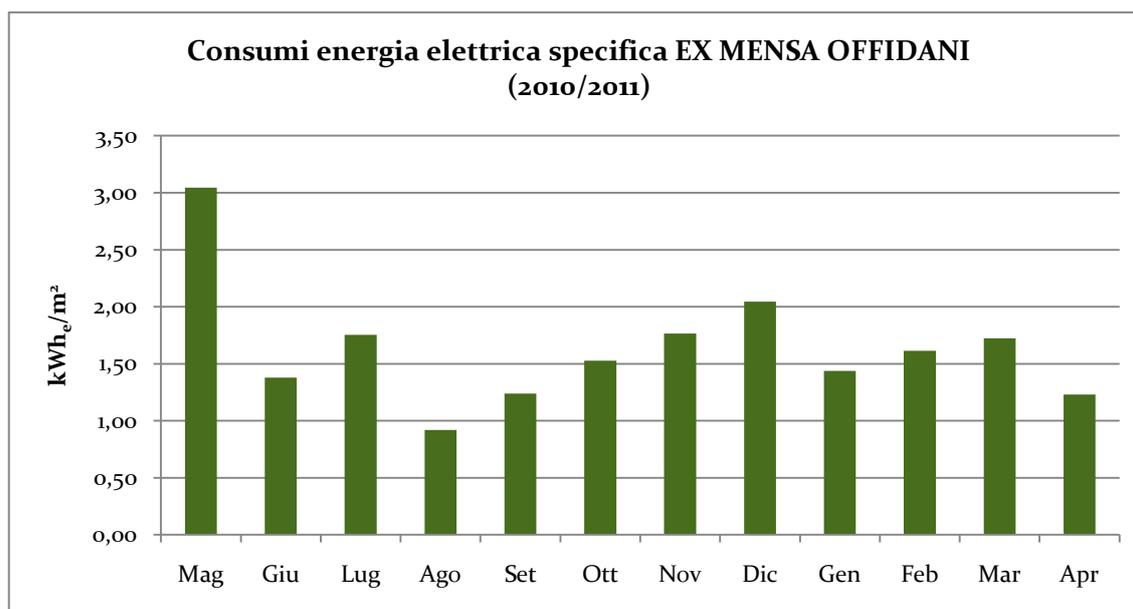


Figura I.21. 4 Consumi elettrici specifici su m² di superficie mensile 2010/2011.

La diminuzione del consumo assoluto tra i due anni ha cambiato anche radicalmente il trend di consumo mensile nel 2010/2011 rispetto al periodo precedente: il consumo per ogni mese oscilla in modo incostante tra gli 0,8 e i 3 kWh_e/m².

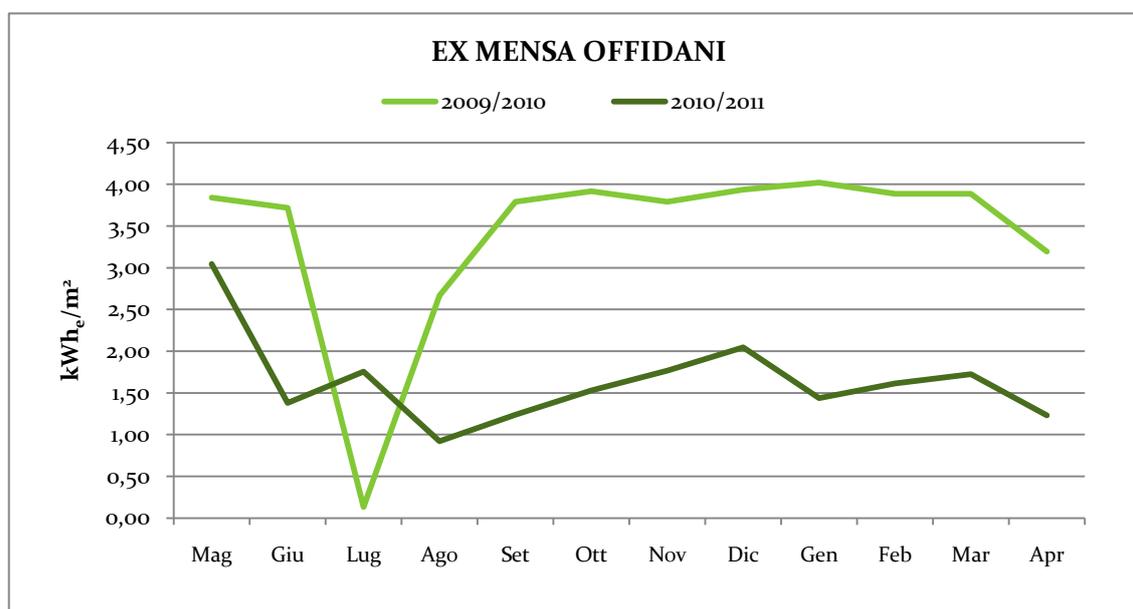


Figura I.21. 5 Confronto andamento consumo energia elettrica specifica su m² di superficie nei due periodi 2009/2010 e 2010/2011.

Le due linee nel grafico sopra mostrano chiaramente l'incostanza del trend e la disomogeneità dei consumi sui due anni. Una tale analisi di primo livello non permette di definire la ragione di queste anomalie.

I consumi termici sono raccolti dai contatore di gas a monte della caldaia in m³.

Secondo i dati ricevuti, la durata del periodo di riscaldamento, per entrambe le annate, coincide con il periodo stabilito dalla normativa per la zona climatica di Torino (E); i Gradi Giorno effettivi del periodo di riscaldamento sono stati calcolati sulla base delle temperature medie mensili registrate dall'ARPA Piemonte per la città di Torino.

Periodo riscaldamento 2009/2010	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2009/2010	2619
Periodo riscaldamento 2010/2011	15 ottobre - 15 aprile
Gradi Giorno 2010/2011	2460

	ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	62002	146,74	3097,72	48,91
2010/2011	53830	135,64	2863,28	45,21

Nonostante l'Istituto presenti un consumo termico assoluto marginale tra tutti gli edifici in diagnosi, il consumo specifico sui m³ è molto elevato e quello su persona lo classificano come il maggiore consumatore.

Come per l'energia elettrica, anche il consumo termico è diminuito nei due anni (-13% assoluto). Inoltre, anche questa piccola diminuzione l'edificio è ancora uno dei più grandi consumatori. Essendo un impianto di tipo centralizzato e senza sistemi di controllo del calore localizzati, come valvole di regolazione o termostati, non è possibile regolare l'energia termica inviata in ogni ambiente e, inoltre, molto dipende dal comportamento dell'utente in ogni singolo ufficio.

I dati di consumo sono stati forniti mensilmente per la stagione 2009/2010 mentre si dispone solo del dato aggregato per la stagione di riscaldamento successiva; di conseguenza, non è possibile fare un confronto mensile sulle due stagioni e il grafico che segue mostra l'andamento del solo consumo giornaliero per ogni mese correlato della temperatura media mensile sulla prima stagione.

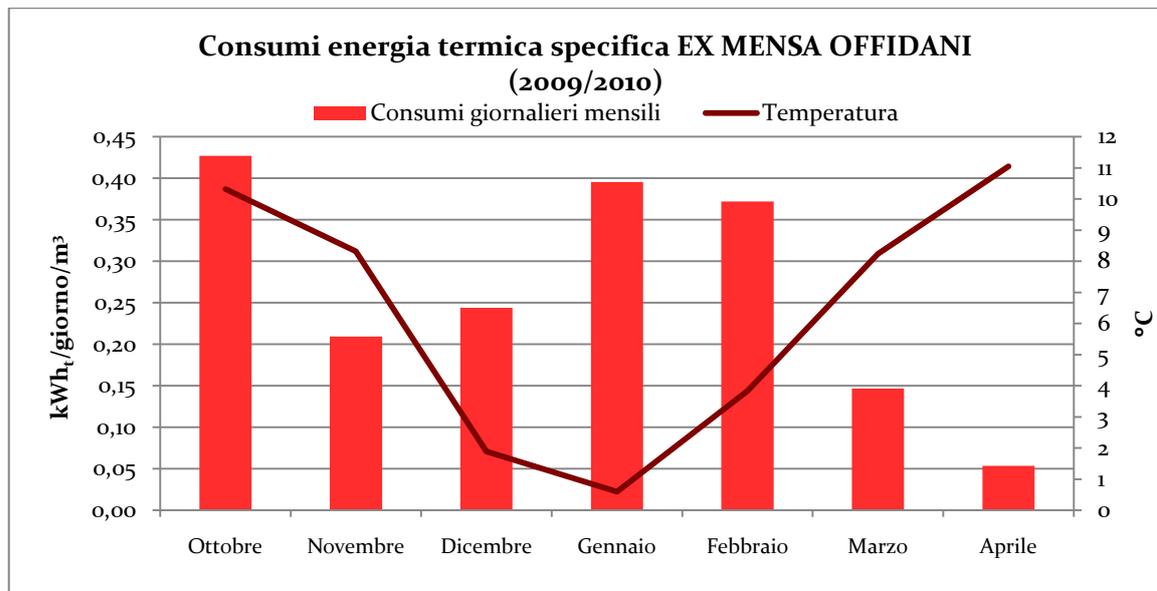


Figura I.21. 6 Consumi termici medi giornalieri per ogni mese specifici su m³ nel 2009/2010.

Siccome la durata del periodo di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile, l'analisi mensile vedrebbe i mesi di ottobre e aprile non completi, ma riferiti rispettivamente agli ultimi 15 giorni del mese e ai primi 15; si è così preferito normalizzare il consumo mensile per i giorni effettivi di riscaldamento in ogni mese per confrontare direttamente il consumo tra i diversi mesi.

Focalizzando lo sguardo sull'istogramma qui sopra si evidenzia un'anomalia del consumo di ottobre, il cui consumo è estremamente elevato, nonostante la temperatura media sia circa 10°C; purtroppo, non è possibile stabilire il motivo di tale singolarità con soli questi dati.

Il diagramma qui sotto evidenzia i valori assoluti di consumo, espressi in MWh per i rispettivi vettori energetici per il periodo 2010/2011. Alcuni valori non registrabili con un'analisi di primo livello e quindi non noti sono posti con un punto interrogativo. La prospettiva futura è quella di rendere numeri reali tali punti interrogativi.

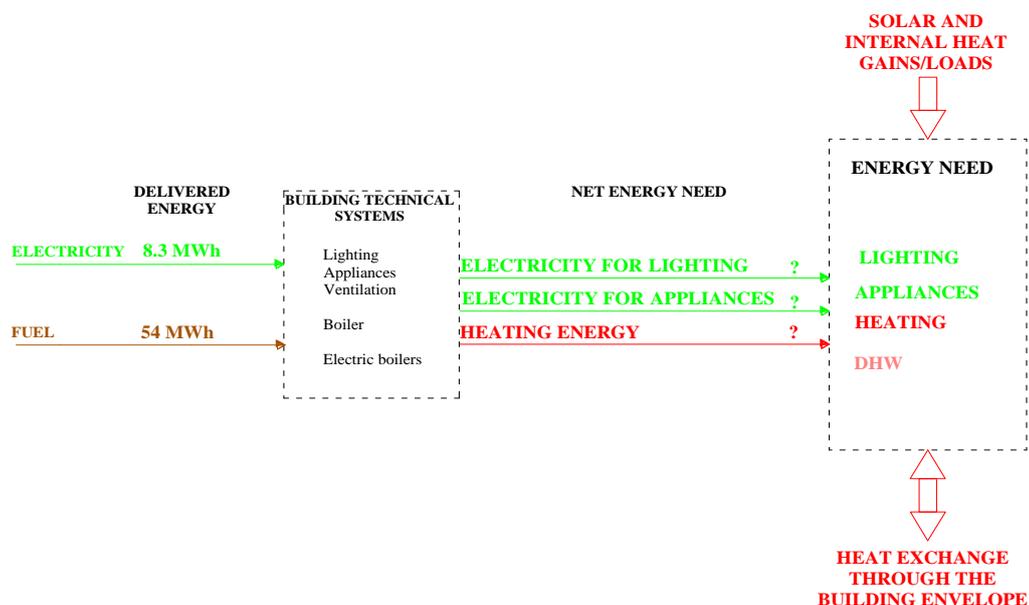


Figura I.21. 7 Diagramma a blocchi dei flussi energetici con valori in MWh/anno 2010/2011.

I dati nel grafico riassumono ciò che si è esaminato nei paragrafi precedenti: il consumo elettrico dell'edificio (18%) è trascurabile rispetto a quello termico (82%).

ANALISI ECONOMICA

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica varia con l'andamento del mercato dell'energia elettrica.

La tabella seguente individua il costo complessivo assoluto e specifico nei due periodi.

	COSTO ENERGIA ELETTRICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA ELETTRICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[€/m ²]	[€/persona]	[€/m ³]
2009/2010	3037	7,19	151,83	2,40
2010/2011	3834	9,08	191,71	3,03

Nonostante il dimezzamento dei consumi elettrici nei due anni, il suo costo è addirittura aumentato del 26%; il motivo è il prezzo al kWh elettrico che varia in funzione del mercato. Inoltre, il dato specifico €/m² non è dei più bassi, ma è nella media del costo elettrico degli edifici.

	COSTO ENERGIA TERMICA ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TERMICA SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	4520	10,70	225,84	3,57
2010/2011	4419	11,14	235,08	3,71

Visto la crescita del prezzo unitario del gas metano degli ultimi anni, in termini di € termici è diminuito di solo 2% anche se il suo consumo è sceso del 13%.

Sommando i due singoli costi si ha una panoramica sul costo energetico complessivo dell'Istituto, come mostra la tabella: il bilanciamento tra i due costi ha prodotto un incremento del costo complessivo assoluto del 9%.

	COSTO ENERGIA TOTALE ASSOLUTA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ²	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU PERSONA	COSTO ENERGIA TOTALE SPECIFICA SU m ³
	[€]	[(€/m ²) _c]	[(€/persona) _c]	[(€/m ³) _c]
2009/2010	7557	17,9	378	5,96
2010/2011	8254	20,2	427	6,74

Il grafico, invece, evidenzia la parzializzazione dei singoli costi nei due periodi temporali.

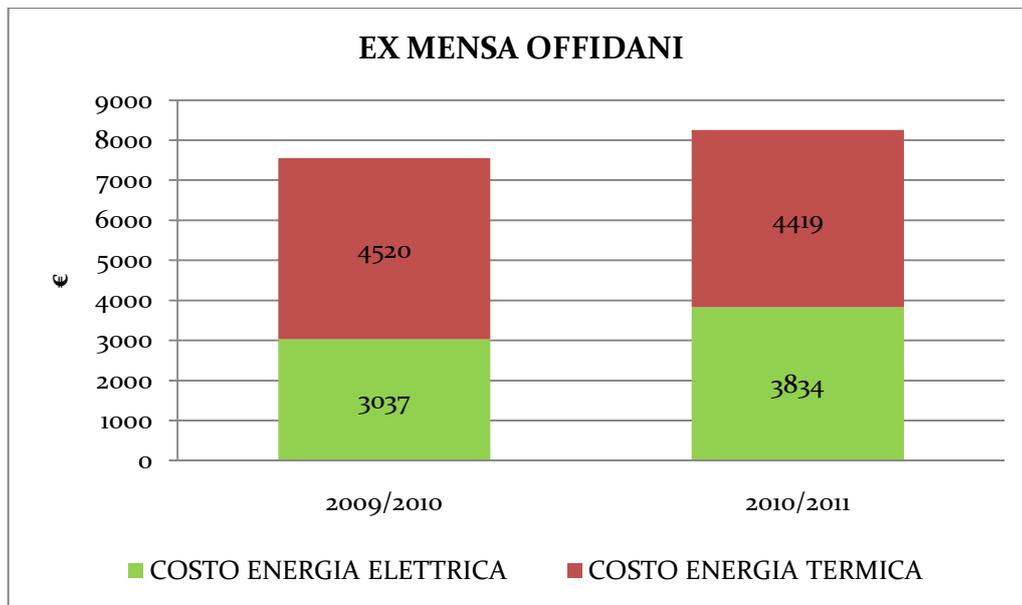


Figura I.21. 8 Parzializzazione dei costi energetici degli uffici dell'Ex Mensa Offidani.

Chi incide in maniera leggermente superiore sul costo energetico complessivo è l'energia termica con una quota del 60% nel periodo 2009/2010 e di 54% sul periodo successivo.

ANALISI AMBIENTALE

Essendo tutta l'energia elettrica fornita dalla rete nazionale, senza produzione in loco ed esportazione si può adattare il bilancio di energia primaria:

$$E_{P,EE,Ex\ Mensa\ Offidani} = \sum (E_{del,Rete} f_{P,del,Rete})$$

In cui $f_{P,del,rete}$ è assunto pari a 3.14 kWh_p/kWh_e.

	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA ELETTRICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/persona]	[kWh/m ³]
2009/2010	54058	128,0	2703	43
2010/2011	26090	61,8	1305	21

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO2,EE,Ex\ Mensa\ Offidani} = \sum (E_{del,Rete} K_{del,Rete})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 617 kgCO₂/MWh_e.

	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ ELETTRICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[kgCO ₂ /m ²]	[kgCO ₂ /persona]	[kgCO ₂ /m ³]
2009/2010	10,6	25,16	531,11	8,39
2010/2011	5	12,14	256,33	4,05

Trasformando l'energia elettrica in energia primaria e in CO₂ equivalente, si registra la stessa diminuzione del 2% per queste ultime, già registrata per il consumo elettrico, visto il comune acquisto nei due anni dalla rete elettrica nazionale.

L'energia termica è fornita tramite generatori alimentati a gas metano senza esportazione di calore, per cui si possono ricavare i seguenti bilanci.

$$E_{P,ET,Ex\ Mensa\ Offidani} = \sum (E_{del,NG} f_{P,del,NG})$$

In cui $f_{P,del,NG}$ è assunto pari a 1.36 kWh_p/kWh_{NG}.

	ENERGIA TERMICA PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TERMICA PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	84322	200	4213	67
2010/2011	73209	184	3894	61

Il bilancio per il calcolo della CO₂ equivalente analogo al precedente:

$$m_{CO_2,ET,Ex\ Mensa\ Offidani} = \sum (E_{del,NG} K_{del,NG})$$

In cui $K_{del,Rete}$ è assunto pari a 277 kgCO₂/MWh_{NG}.

	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TERMICO EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	17	40,65	858,07	13,55
2010/2011	15	37,57	793,13	12,52

Anche per in termini ambientali si è registrata la stessa diminuzione di kWh_p e tonnCO₂ già vista per il consumo di kWh_t.

I grafici seguenti mostrano la parzializzazione dell'energia primaria e della CO₂ equivalente: essendo i bilanci analoghi con solo il fattore moltiplicativo differente, le percentuali nei due periodi sono identiche per le due grandezze.

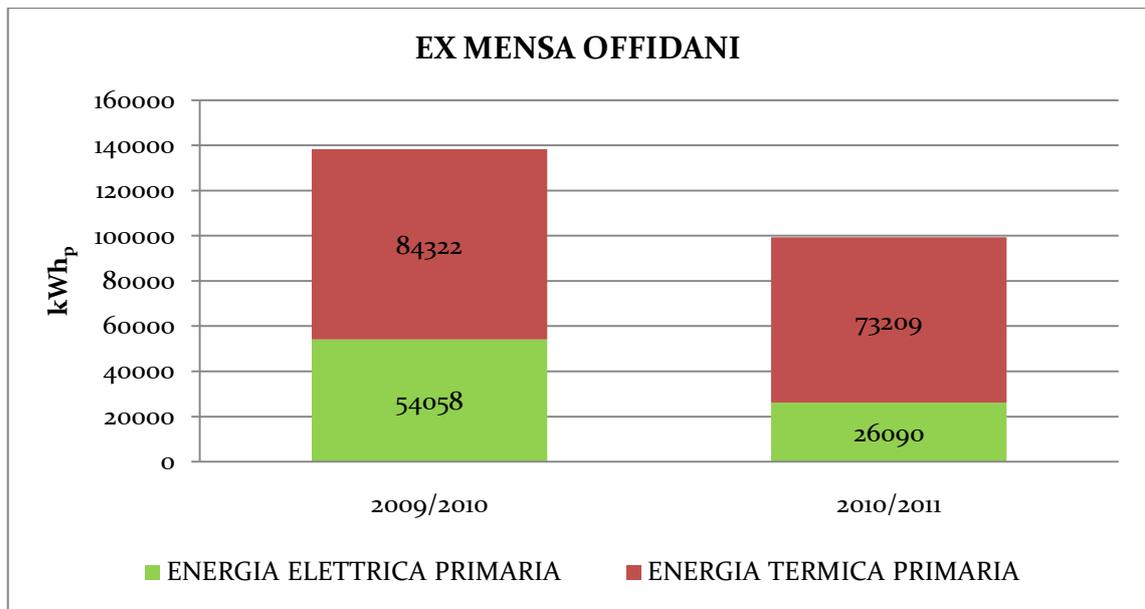


Figura I.21. 9 Parzializzazione dell'energia primaria degli uffici dell'Ex Mensa Offidani.

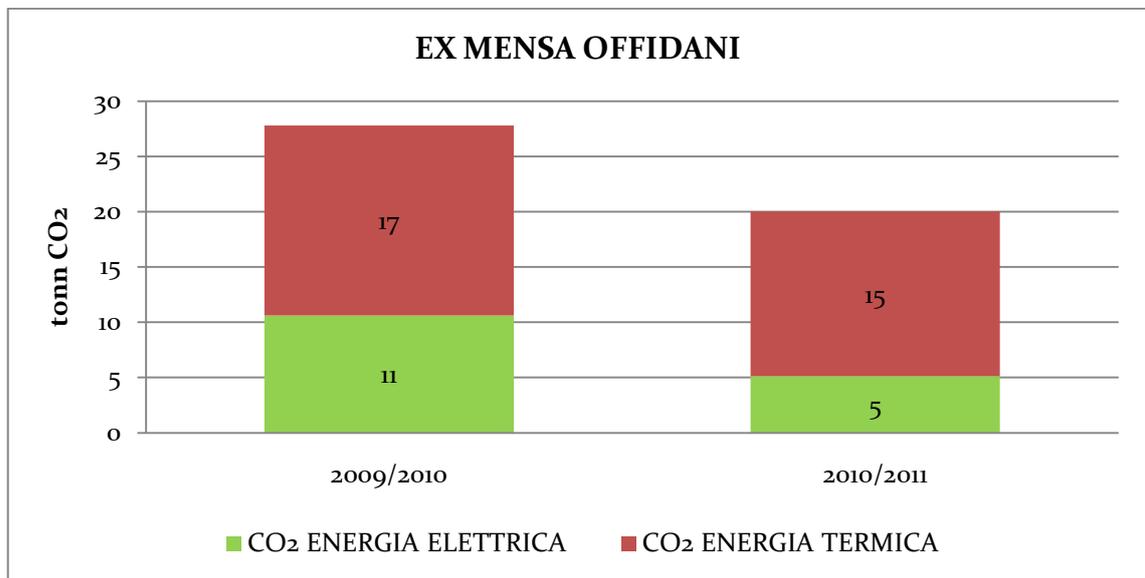


Figura I.21. 10 Parzializzazione della CO2 equivalente dell'Ex Mensa Offidani.

La parzializzazione in termini ambientali si è scostata leggermente nei due periodi di analisi: la quota termica di 62% nel 2009/2010 è salita al 76% nell'anno successivo. L'esito ambientale globale è riportato di seguito.

	ENERGIA TOTALE PRIMARIA ASSOLUTA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ²	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU PERSONA	ENERGIA TOTALE PRIMARIA SPECIFICA SU m ³
	[kWh]	[(kWh/m ²) _c]	[(kWh/persona) _c]	[(kWh/m ³) _c]
2009/2010	138381	328	6916	109
2010/2011	99299	246	5199	82

	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE ASSOLUTO	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ²	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU PERSONA	CO ₂ TOTALE EQUIVALENTE SPECIFICA SU m ³
	[tonnCO ₂]	[(kgCO ₂ /m ²) _c]	[(kgCO ₂ /persona) _c]	[(kgCO ₂ /m ³) _c]
2009/2010	28	65,8	1389,2	21,9
2010/2011	20	49,7	1049,5	16,6

Concludendo nell'analisi globale, in termini ambientali assoluti, sia l'energia primaria e la CO₂ equivalente sono diminuiti del 28% di due punti percentuali.