



Ricerca di Sistema elettrico

Attività di diagnosi energetica sull'edificio vincolato: caso studio del Centro Ricerche Sotacarbo

Caterina Frau, Eusebio Loria, Giulia Cau

ATTIVITÀ DI DIAGNOSI ENERGETICA SULL'EDIFICIO VINCOLATO: CASO STUDIO DEL CENTRO RICERCHE SOTACARBO

Caterina FRAU, Eusebio LORIA, Giulia CAU

Settembre 2015

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2014

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: C2 Sviluppo e modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico

Obiettivo: Metodologia di analisi del sistema edificio/impianto per l'efficientamento energetico di edifici vincolati

Responsabile del Progetto: arch. Gaetano Fasano, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "*Studi sullo sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico*"

Responsabile scientifico ENEA: ing. Paolo Deiana.

Responsabile scientifico SOTACARBO: ing. Enrico Maggio

Indice

SOMMARIO.....	5
1 INTRODUZIONE.....	6
2 LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DEGLI EDIFICI.....	7
2.1 L'IMPORTANZA DI UNA ARCHITETTURA SOSTENIBILE.....	7
3 RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA: IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	9
3.1 LE AZIONI E LE NORMATIVE A LIVELLO EUROPEO.....	9
3.1.1 <i>Gli impegni internazionali</i>	9
3.1.2 <i>Le direttive comunitarie</i>	9
3.2 IL QUADRO ITALIANO.....	11
3.2.1 <i>Le disposizioni normative</i>	11
3.3 LE COMPETENZE REGIONALI E RECEPIMENTO DELLA NORMATIVA A LIVELLO LOCALE.....	13
3.4 LO STRUMENTO DELLA DEROGA.....	14
3.5 CRITICITÀ NEL SISTEMA NORMATIVO SUL RISPARMIO ENERGETICO IN RELAZIONE ALLA TUTELA DEI BENI ARCHITETTONICI.....	14
4 RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI STORICI.....	16
4.1 TRA TUTELA E RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA.....	16
4.2 GLI EDIFICI STORICI.....	16
4.2.1 <i>Edifici definiti beni culturali</i>	17
4.2.2 <i>Edifici di interesse storico-culturale e testimoniale</i>	17
4.3 IL RESTAURO E LA CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO.....	17
4.3.1 <i>Recupero e restauro</i>	17
4.3.2 <i>Conservazione e restauro, alcune definizioni</i>	17
4.3.3 <i>Il restauro architettonico e la necessità del riuso</i>	18
5 TECNOLOGIE IMPIANTISTICHE NEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA.....	19
5.1 L'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO, DI RAFFRESCAMENTO E DI CLIMATIZZAZIONE.....	19
5.2 L'IMPIANTO IDRICO-SANITARIO.....	22
5.3 L'IMPIANTO ELETTRICO.....	22
5.4 CONSIDERAZIONI SU COMFORT E RIADeguAMENTO IMPIANTISTICO.....	23
5.5 REALIZZAZIONE E INTEGRAZIONE DEGLI IMPIANTI NELL'ARCHITETTURA STORICA.....	23
5.5.1 <i>Il riadeguamento impiantistico nel restauro</i>	23
5.5.2 <i>Cenni sulla progettazione di impianti in edifici storici</i>	24
6 UN CASO APPLICATIVO: L'EDIFICIO CRS.....	26
6.1 INQUADRAMENTO DELL'EDIFICIO.....	26
6.1.1 <i>L'intervento di ripristino urbanistico</i>	26
6.1.2 <i>Il riuso della struttura</i>	28
6.2 ANDAMENTO DEI CONSUMI ELETTRICI.....	30
6.3 VALUTAZIONE DEI COSTI.....	33
6.4 QUALITÀ DEGLI AMBIENTI INTERNI.....	35
7 CONCLUSIONI.....	38
8 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	40
9 ALLEGATI.....	41
9.1 ALLEGATO 1: PLANIMETRIA CENTRO RICERCHE SOTACARBO.....	41
9.2 ALLEGATO 2: DATI IMPIANTO CONDIZIONAMENTO.....	43

9.3	ALLEGATO 3 SCHEMA CORPI ILLUMINANTI.....	46
9.4	ALLEGATO 4 DATI UTENZE ELETTRICHE.....	51
9.5	ALLEGATO 5 PARAMETRI AMBIENTALI – PRIME MISURAZIONI.....	82

Sommario

La normativa in materia energetica, in continua evoluzione, si è fatta molto stringente in questi ultimi anni e, come diretta conseguenza, gli edifici di nuova costruzione sono energeticamente efficienti e spesso ricorrono a fonti energetiche rinnovabili. La tendenza negli anni a venire di riduzione di nuove costruzioni, pone l'attenzione sul patrimonio edilizio esistente. Un passo in questa direzione è già stato messo in opera, in quanto la normativa energetica include gli edifici esistenti, oggetto di ristrutturazione, nel suo ambito di applicazione. In questo modo tali costruzioni possono essere adeguate alle attuali esigenze, con prevedibili conseguenze positive sia in termini economici che ambientali.

Quindi, mentre per ciò che riguarda il retrofit energetico degli edifici del secolo scorso le prescrizioni e i requisiti imposti sono chiari, la strada che porta agli edifici storici, perlopiù oggetto di vincoli architettonici, è stata ancora poco battuta e, al momento, il problema è stato affrontato facendo quasi esclusivamente riferimento al concetto di "deroga". Infatti, far rientrare nel progetto di restauro il miglioramento dell'efficienza energetica può essere un ulteriore passo per la conservazione dell'edificio, comporta la necessità di affrontare una serie di problemi aggiuntivi, le cui soluzioni al momento non sono totalmente individuate. Concentrarsi sugli edifici storici è da sempre un ambito che pone forti limitazioni, ma è necessario superare la visione puramente conservativa optando per un approccio che ricorra a soluzioni "tipo", sfruttando anche i continui progressi della tecnologia.

È importante sottolineare che l'efficientamento energetico è un fondamentale passo da compiere per la conservazione del costruito storico, capace di favorirne la fruizione grazie ad una progettazione attenta non solo ai caratteri tecnologici impiantistici, ma anche alle antiche tipologie edilizie, alle tecniche costruttive storiche e ai materiali della tradizione.

Come caso studio di un edificio storico è stato considerato il Centro Ricerche Sotacarbo.

Il Centro, inaugurato nel Maggio del 2008 si occupa principalmente della progettazione e della realizzazione di impianti pilota e dimostrativi di innovazione tecnologica, e di sviluppo di studi e sperimentazioni sulle nuove tecnologie per l'impiego del carbone, svolgendo la propria attività all'interno degli uffici, dei laboratori e dell'officina meccanica e usufruendo di tali spazi costantemente.

L'edificio, facente parte del complesso della Grande Miniera di Serbariu costruito tra il 1938 e il 1939, e riattato nel 2002, sorge all'interno dell'ex Magazzino Materiali ed è considerato un edificio identitario soggetto pertanto a vincoli definiti dalla Sovrintendenza. L'edificio è racchiuso in un'area individuata dal P.R.G. del Comune di Carbonia come zona S di circa 13.360 mq. Il Magazzino Materiali si distingueva dagli altri edifici interni al complesso della Miniera per il prospetto principale in cui la pietra – trachite è stata mantenuta faccia a vista e nei prospetti laterali è stata usata nella zoccolatura sempre a vista e nelle scansioni tra un finestra e l'altra.

Il progetto ha previsto il ripristino del manufatto mantenendo le caratteristiche originarie dell'edificio, abbattendo i corpi di fabbrica costruiti negli anni '50, come la copertura della corte centrale ed i locali nella parte posteriore del fabbricato (esposti a sud).

Nonostante l'edificio sia stato oggetto di recupero nei primi anni duemila, tale intervento ha tenuto conto in maniera marginale di azioni a favore della sua prestazione energetica. Inoltre nel corso dell'indagine preliminare sulla struttura sono emerse diverse discordanze tra la progettazione esecutiva e l'effettiva realizzazione degli interventi. Ciò pertanto richiede, in una fase successiva, indagini orientate alla individuazione di difetti strutturali, visualizzazione di dispersioni termiche, verifica di funzionalità di riscaldamento, aerazione e climatizzazione.

In questa prima fase si è quindi proceduto a realizzare l'analisi dello stato della fabbrica, l'inventario delle utenze energetiche, l'integrazione tra i dati di consumo, una mappa dei consumi e dei costi elettrici.

1 Introduzione

Questo lavoro si inserisce negli studi svolti in seno all'accordo di collaborazione tra ENEA e Sotacarbo rivolto allo sviluppo di una ricerca dal titolo "Studi sullo sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico" facente capo al piano annuale di realizzazione 2014 dell'Accordo di Programma MSE-ENEA sulla Ricerca di Sistema Elettrico "Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico".

Gli obiettivi generali dell'attività sono rivolti, in questa prima fase, alla caratterizzazione del patrimonio edilizio pubblico della Regione Sardegna, con particolare riferimento allo sviluppo di una metodologia per interventi di efficienza energetica in edifici vincolati nel territorio dell'ex Provincia del Sulcis Iglesiente.

Questo studio, in particolare riguarda lo sviluppo di una metodologia di analisi del sistema edificio/impianto per l'efficientamento energetico di edifici vincolati.

La normativa in materia energetica, in continua evoluzione, si è fatta molto stringente in questi ultimi anni e, come diretta conseguenza, gli edifici di nuova costruzione sono energeticamente efficienti e spesso ricorrono a fonti energetiche rinnovabili. Il consumo, a scopi edificabili, di terreni agricoli: le nuove costruzioni andranno riducendosi e l'attenzione dovrà essere rivolta prioritariamente al patrimonio edilizio esistente o a verde, non potrà protrarsi a lungo: le nuove costruzioni andranno riducendosi e l'attenzione dovrà essere rivolta prioritariamente agli patrimonio edilizio esistente. Un passo in questa direzione è già stato messo in opera, in quanto la normativa energetica include gli edifici esistenti, oggetto di ristrutturazione, nel suo ambito di applicazione. In questo modo tali costruzioni possono essere adeguate alle attuali esigenze, con prevedibili conseguenze positive sia in termini economici che ambientali.

Quindi, mentre per ciò che riguarda il retrofit energetico degli edifici del secolo scorso le prescrizioni e i requisiti imposti sono chiari, la strada che porta agli edifici storici, perlopiù oggetto di vincoli architettonici, è stata ancora poco battuta e, al momento, il problema è stato affrontato facendo quasi esclusivamente riferimento al concetto di "deroga": infatti, sebbene da un lato un corretto intervento per la riduzione dei consumi energetici è fondamentale per tutte le tipologie di edifici, dall'altro la conservazione di un patrimonio edilizio attraverso il restauro avviene attraverso l'attribuzione di funzioni compatibili con le esigenze attuali che sono estranee alla logica con cui tale patrimonio è stato realizzato, e che comportano dunque delle trasformazioni che possono alterarne i caratteri originari. Fra le tipologie di intervento attuabili sulle preesistenze, da quelli prettamente conservativi a quelli distruttivi e di ricostruzione, sarà quindi necessario individuare le soluzioni più idonee per l'adattamento funzionale e l'adeguamento impiantistico. Concentrarsi sugli edifici storici è da sempre un ambito che pone forti limitazioni, ma è necessario superare la visione puramente conservativa optando per un approccio che ricorra a soluzioni "tipo", sfruttando anche i continui progressi della tecnologia.

2 La sostenibilità ambientale degli edifici

“Il riscaldamento e l’illuminazione degli edifici assorbono la maggior parte del consumo di energia (42%, di cui 70% per il riscaldamento) e producono il 35% delle emissioni complessive di gas serra. Gli edifici e l’ambiente costruito utilizzano la metà dei materiali estratti dalla crosta terrestre e producono ogni anno 450 milioni di tonnellate di rifiuti da costruzione e da demolizione, ossia più di un quarto di tutti i rifiuti prodotti. (...) In Europa la popolazione trascorre quasi il 90% del proprio tempo all’interno di edifici: una cattiva progettazione degli immobili o il ricorso a metodi di costruzione inadeguati può avere un effetto significativo sulla salute dei loro occupanti e può renderne estremamente costosa la manutenzione, il riscaldamento ed il raffrescamento” [1]

Lo stile di vita dei paesi industrializzati è altamente energivoro, e gli edifici contribuiscono in maniera sostanziale. Considerando i costi dell’intero ciclo di vita di un edificio, indicativamente il 17% è relativo alla realizzazione e alla progettazione, il 40% riguarda manutenzione e ristrutturazione, per l’energia da climatizzazione si considera il 40% e il rimanente 3% è per la demolizione. In un progetto di nuova costruzione di un edificio “ad energia quasi zero”, come da normativa, l’investimento iniziale è maggiorato del 10%, ma il 40% dei costi del ciclo di vita possono essere recuperati risparmiando l’energia non utilizzata e mediante interventi di qualificazione energetica sull’esistente si possono raggiungere percentuali di risparmio dal 10% ad oltre il 50% dei consumi.

Da ciò è chiaro che la questione della sostenibilità nell’edilizia è di inevitabile urgenza, con potenzialità di ampio margine di miglioramento.

2.1 L’importanza di una architettura sostenibile

Considerato il ruolo che gli edifici hanno nel consumo di energia, l’azione intrapresa, ma che dovrebbe diventare prassi negli anni a venire, è quella di indirizzarsi verso un’architettura che si relazioni con il contesto e il suo intorno, sia in termini di utilizzo delle fonti disponibili, sia in termini di attenzione agli effetti indotti dal processo di costruzione.

Un’architettura che si preoccupa fin dall’inizio di valutare gli impatti a lungo termine, ben si coniuga con il concetto di sviluppo sostenibile, definito come “uno sviluppo in grado di garantire il soddisfacimento dei bisogni attuali senza compromettere la possibilità delle generazioni future di far fronte ai loro bisogni. Un processo nel quale lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, l’orientamento dello sviluppo tecnologico e il cambiamento istituzionale sono tutti in armonia, e accrescono le potenzialità presenti e future per il soddisfacimento delle aspirazioni e dei bisogni umani.”

L’aggettivo “sostenibile” indica quindi la compatibilità con gli equilibri sociali e con la salvaguardia e la conservazione delle risorse ambientali; in questo senso l’architettura che tende verso la riduzione del consumo delle risorse e dell’inquinamento, si definisce sostenibile.

Nei fatti l’architettura sostenibile unisce i principi dell’architettura ecologica, dell’architettura bioclimatica, della bioedilizia e della bioarchitettura. Valuta i materiali, sia dal punto di vista di quale sia il loro impatto ambientale, sia per ciò che riguarda i caratteri prestazionali, impiega soluzioni tecnologiche di gestione e uso dell’edificio che portino efficienza e risparmio energetico, minimizza l’impiego di fonti fossili preferendo energia da fonti rinnovabili, predilige soluzioni di involucro e impianti che facciano attenzione alla possibilità di sfruttare il clima e le risorse naturali e incentiva la gestione ed il recupero dei rifiuti e delle acque reflue.

L’architettura sostenibile rivolge la sua attenzione principalmente all’ambiente ed al suo mantenimento, riducendo gli impatti negativi su di esso, e a l’uomo, attuando soluzioni che rendano gli ambienti salubri, pur mantenendo il benessere a cui è abituato; rappresenta il frutto di una mediazione e una sintesi tra la peculiarità del contesto e le esigenze dello specifico edificio su cui intervenire, allo scopo di raggiungere un risultato ottimale.

In questo senso l’architettura sostenibile può riguardare sia la costruzione del nuovo che l’intervento sulla preesistenza, considerando però che, in una visione davvero sostenibile, il consumo di nuovo suolo a scopi edificabili dovrebbe essere ridotto ai minimi termini. In particolare, nel caso di edifici storici, si prefigge lo

scopo di stabilire un rapporto proficuo tra sostenibilità e compatibilità, mediando tra i requisiti energetici e le valenze storiche ed estetiche degli edifici.

3 Riqualficazione energetica: il quadro normativo di riferimento

3.1 Le azioni e le normative a livello europeo

3.1.1 Gli impegni internazionali

Con l'intento di stabilizzare le concentrazioni di gas ad effetto serra nell'atmosfera ad un livello tale che escluda qualsiasi pericolosa interferenza delle attività umane sul sistema climatico [2] le Nazioni Unite stipularono la Convenzione quadro sui cambiamenti climatici durante la Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite, tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992.

Tale documento, per la prima volta, poneva l'accento sul rischio ambientale causato dal progresso, obbligando i paesi firmatari a perseguire l'obiettivo (legalmente non vincolante) di riportare le emissioni di gas serra ai livelli del 1990, entro il 2000.

Il trattato entrò in vigore il 24 marzo 1994, riconoscendo responsabilità comuni, ma differenziate in base al grado di sviluppo dei diversi Paesi aderenti. Un'ulteriore riduzione delle emissioni, pari al 5% rispetto a quella del 1990, fu promossa pochi anni dopo, nel 1997, durante la Terza Conferenza delle Parti, tenutasi a Kyoto, in Giappone: *“Le parti (...) assicureranno, individualmente o congiuntamente, che le loro emissioni antropiche aggregate, espresse in equivalente biossido di carbonio, del gas ad effetto serra (...), non superino le quantità che sono attribuite, calcolate in funzione degli impegni assunti sulle limitazioni quantificate e riduzioni specificate nell'Allegato B e in conformità alle disposizioni del presente articolo, al fine di ridurre il totale delle emissioni di tali gas del 5% rispetto ai livelli del 1990, nel periodo di adempimento 2008-2012”* [3].

Il Protocollo di Kyoto, aperto alla firma a partire dal 16 marzo 1998, è entrato in vigore soltanto il 16 febbraio 2005. Nello stesso anno la Commissione Europea ha messo al centro de “il libro verde dell'efficienza energetica – fare più con meno”, la promozione di tecnologie sostenibili per il miglioramento dell'efficienza energetica nei diversi campi di applicazione, mentre nel 2006, la seconda edizione (“Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura”) pose le basi del Piano d'Azione del Consiglio Europeo 2007-2009 (“Politica energetica per l'Europa”), che portò alla stesura del “Pacchetto Clima – Energia 20-20-20”, approvato nel 2008. Gli obiettivi dichiarati nel documento, da raggiungere entro il 2020, sono la riduzione del 20% delle emissioni di gas ad effetto serra, il raggiungimento del 20% del risparmio energetico e un incremento del 20% del consumo da fonti rinnovabili (per raggiungere tali quote percentuali, il pacchetto fissa degli obiettivi di riduzione su base nazionale), a testimoniare l'impegno del Parlamento Europeo nel perseguire e migliorare gli obiettivi del Protocollo di Kyoto.

Tuttavia, la Commissione Europea, nel marzo 2011, presa coscienza della possibilità di perseguire un risparmio energetico massimo pari alla metà di quello inizialmente prefissato, in considerazione delle misure fino ad allora adottate dagli Stati membri, emana il nuovo Piano di Azione di Efficienza Energetica, prevedendo una serie di provvedimenti contro governi e privati colpevoli di non raggiungere gli obiettivi previsti.

A marzo 2012 il Parlamento Europeo ha approvato un progetto della European Climate Foundation “ROADMAP 2050 guida pratica ad un'Europa prosperosa a basse emissioni di carbonio”. Tale risoluzione non legislativa afferma la necessità, per l'Unione Europea, di servirsi di politiche in materia di energia, trasporti ed agricoltura per ridurre le emissioni di CO₂, e migliorare l'Emission Trading System (ETS) al fine di rendere l'economia più competitiva e meno dipendente dalle fonti fossili. La roadmap prevede che l'UE raggiunga una riduzione del 80-95% delle sue emissioni di CO₂ entro il 2050 e per farlo fissa delle tappe al 2030 (-40%), al 2040 (-60%) e al 2050 (-80%).

3.1.2 Le direttive comunitarie

A partire dagli impegni presi in occasione del Protocollo di Kyoto, l'Unione Europea ha promosso delle nuove politiche comunitarie che, tramite una serie di norme e direttive, mirano a contrastare le cause dei cambiamenti climatici, promuovendo, allo stesso tempo, un'innovazione tecnologica sostenibile e a basso consumo energetico, capace di rendere altamente competitivo il mercato europeo.

Tuttavia un embrionale interesse per le sorti ambientali ed energetiche mondiali era evidente già alla metà degli anni '80, probabilmente suscitato dalla crisi petrolifera: il 7 giugno 1985. Il Parlamento Europeo

emanava infatti la Direttiva 85/377/EEC, seguita il 13 settembre 1993 dalla 93/76/ECC, che per prime introducevano i concetti di valutazione di impatto ambientale e certificazione energetica. A questa seguono le successive:

- Direttiva 2001/77/CE: riguarda la promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili. Lo scopo è quello di aumentare lo sfruttamento di tali risorse, sia per scopi ambientali che per aumentare i posti di lavoro. A tal proposito gli Stati membri sono chiamati ad adottare misure appropriate atte a promuovere l'aumento del consumo di elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili, sulla base di obiettivi nazionali stabiliti.
- Direttiva 2002/91/CE: rinominata EPBD (*Energy Performance Building Directive*) concerne il rendimento energetico nell'edilizia. L'obiettivo prefissato, tenuto conto dell'alto potenziale di risparmio energetico proprio del settore edilizio, è quello di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici, in considerazione delle specialità climatiche di ogni Stato, in un'ottica di efficienza economica. È importante in questo contesto, sottolineare la particolare attenzione data alla riqualificazione del patrimonio edilizio esistente, nell'ambito del quale *“una ristrutturazione importante dovrebbe essere considerata un'opportunità di migliorare il rendimento energetico mediante misure efficaci sotto il profilo dei costi”*. L'EPBD fa particolare riferimento agli *“edifici esistenti di grande metratura”* (superiore a 1000 mq), prevedendo la possibilità di non applicare i requisiti definiti per alcune categorie di fabbricati, fra cui gli edifici adibiti al culto e gli *“edifici e monumenti ufficialmente protetti come patrimonio designato o in virtù del loro speciale valore architettonico o storico, nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe un'alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto”*, lasciando quindi ampia libertà di valutazione agli addetti ai lavori. Abrogata ufficialmente il 1 febbraio 2012, è stata sostituita a tutti gli effetti dalla Direttiva 2010/31/CE.
- Direttiva 2003/87/CE: denominata Emissions Trading, istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni di gas a effetto serra all'interno della Comunità Europea, al fine di promuovere la riduzione delle emissioni secondo criteri economicamente validi.
- Direttiva 2006/32/CE: concerne l'efficienza energetica degli usi finali di energia e i servizi energetici. Scopo della direttiva è raggiungere l'obiettivo di risparmio energetico rafforzando il miglioramento dell'efficienza degli usi finali di energia. A tal fine gli Stati membri adottano misure efficaci per conseguire un obiettivo nazionale globale di risparmio energetico pari al 9% entro il nono anno di applicazione della Direttiva. Tale percentuale si calcola sull'ammontare medio annuo del consumo finale di energia, relativo ai cinque anni precedenti l'attuazione della direttiva, rappresentato dalla quantità di energia distribuita o venduta ai clienti finali. Allo scopo di raggiungere l'obiettivo prefissato, la Direttiva istituisce i PAEE, ovvero i Piani di Azione nazionale in materia di Efficienza Energetica.
- Direttiva 2009/28/CE: la Direttiva, che di fatto abroga le 2001/77/CE e 2003/30/CE, verte sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili. Stabilisce un quadro comune e fissa obiettivi nazionali obbligatori per la quota complessiva. Prescrive inoltre ad ogni Stato membro di assicurare che la propria quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo nel 2020 sia almeno pari al proprio obiettivo nazionale generale per la quota relativa a quell'anno, e che ogni stato adotti un piano nazionale in merito alle energie rinnovabili.
- Direttiva 2010/31/UE: di fatto una rifusione della 2002/91/CE, tratta della prestazione energetica nell'edilizia ed è denominata EPBD2 (*Energy Performance Building Directive 2*). Lasciando inalterata la possibilità per gli Stati membri di stabilire i requisiti di efficienza relativi al proprio territorio, l'EPBD2 sottolinea la necessità di attuare nuove strategie di risparmio energetico, in modo da raggiungere gli obiettivi fissati dal pacchetto “Clima-Energia”: le costruzioni realizzate a partire dal 31 dicembre 2020 dovranno essere in grado di autoprodurre la quantità di energia necessaria alla loro fruizione, tramite approvvigionamento da fonti rinnovabili, così come gli edifici pubblici che, entro il 31 dicembre 2018, dovranno adeguarsi agli standard degli “edifici a energia quasi zero”. Per quanto concerne gli edifici esistenti, viene meglio chiarito il concetto di *“ristrutturazione importante”*, diffuso dalla precedente EPBD, e non più basato sulla sola

metratura. In tal modo viene introdotto l'obbligo di rispettare i requisiti stabiliti dalla normativa anche per edifici minori, con dimensioni medio-piccole e quindi particolarmente rappresentativi dell'intero patrimonio costruito. Tuttavia, come nella precedente direttiva, anche la 2010/31/CE prevede la possibilità di andare in deroga all'adeguamento ai requisiti minimi energetici per edifici di valore storico e architettonico, nel caso in cui gli interventi di riadeguamento arrechino danno al loro carattere o aspetto.

- Direttiva 2012/27/UE: La Direttiva sull'efficienza energetica EED pone ulteriori vincoli agli stati membri per spronarli ad intensificare gli sforzi al fine di un miglior utilizzo dell'energia nelle abitazioni, nei processi industriali e nei trasporti e per renderlo più efficiente in tutte le fasi della catena energetica, comprendendo in questa sia la distribuzione che il consumo finale.

3.2 Il quadro italiano

3.2.1 Le disposizioni normative

In Italia la normativa in materia di efficienza energetica ha preso il via dalla redazione del primo Piano Energetico Nazionale (PEN), risalente al 1975, cui seguirono diverse edizioni e aggiornamenti. Parallelamente ha iniziato a prendere forma una programmazione della politica energetica che ha portato ad una ricca produzione normativa, tutt'oggi in rapida evoluzione. Nel 1976 è emanata la Legge n. 373 "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici", per la regolamentazione delle prestazioni, l'installazione e l'esercizio dei diversi componenti impiantistici per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria, da attuare grazie a nuove importanti indicazioni progettuali relative al sistema però impiantistico e all'isolamento termico degli involucri delle nuove costruzioni. Tale norma non trovò l'applicazione auspicata a causa di una comprensione ancora non sufficientemente matura del valore e dell'importanza dei concetti espressi. La successiva Legge 308 del 1982 "Norme sul contenimento dei consumi energetici, lo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia e l'esercizio di centrali elettriche alimentate con combustibili diversi dagli idrocarburi", ha approfondito il tema dell'utilizzo delle fonti alternative e promosso l'incentivazione al risparmio energetico. Ma la vera innovazione in merito viene attuata dalla Legge 10/91 "Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia", che, introducendo il concetto di sistema edificio-impianto, sottolinea come la riduzione dei consumi non sia ottenibile esclusivamente tramite il miglioramento delle prestazioni dell'involucro, e quindi dalla diminuzione delle dispersioni, ma soprattutto grazie all'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili (o assimilate) e ad una visione integrata dell'intero immobile e dell'utilizzo che ne viene fatto, possibile grazie alla "Certificazione Energetica". Per quanto concerne il recupero del patrimonio preesistente l'applicazione della norma è divisa per gradi, in base al tipo di intervento, così come definito dalla Legge 457/78 all'art. 31, mentre per quanto riguarda i beni sottoposti a vincolo in quanto considerati "di interesse artistico e storico" o immobili "di notevole interesse pubblico", viene fatto riferimento alla Legge 1497/39 che prevedono l'autorizzazione del ex Ministero per l'Educazione Nazionale (ora Ministero per i Beni e le Attività Culturali) per qualsiasi intervento di modifica o restauro. L'attuazione della Legge 10/91 sarebbe dovuta essere garantita da un insieme di norme UNI, indispensabili alla definizione univoca dei metodi di calcolo da utilizzare a livello nazionale, e da una serie di decreti prescrittivi di cui però, di fatto, fu varata solo una minima parte rendendo la norma, sebbene innovativa all'interno del panorama europeo, del tutto inefficace. Tra le norme varate, il DPR 412/93 "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia", poi parzialmente modificata dal DPR 551/99, e DM 178/05 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti recante "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia". Il contesto normativo è stato chiarito e regolamentato dai decreti attuativi della Direttiva EPBD: il DLgs 192/05 e il DLgs 311/06, finalizzati alla definizione dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e delle metodologie di calcolo per la valutazione e la certificazione delle prestazioni. In particolare, il DLgs 192/05 stabilendo "i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorirne lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal Protocollo di

Kyoto, promuovendo la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico”, è considerato il principale riferimento normativo in materia di certificazione energetica, in quanto è stata la prima legge a riconoscere il ruolo e le responsabilità del certificatore.

Oltre a fornire importanti indicazioni per il calcolo della prestazione energetica degli edifici, mediante il pacchetto di specifiche tecniche UNI/TS 11300, il decreto ha fissato i requisiti per il fabbisogno di energia primaria e per la trasmittanza termica dei diversi componenti, da rispettare nel caso di nuove realizzazioni o interventi sul patrimonio già presente. Nel caso di ristrutturazione di edifici esistenti, il decreto richiede una applicazione graduale in base alla tipologia di intervento. Numerosi sono i casi di edifici esclusi dall'applicazione del decreto, come ad esempio, in particolari condizioni, i fabbricati industriali, artigianali e agricoli non residenziali, i fabbricati isolati, gli impianti ivi installati, nonché i beni vincolati e tutelati dal DLgs 42/04, nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe una alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto, con particolare riferimento ai caratteri storici o artistici. Il successivo DLgs 311/06 “Disposizioni correttive ed integrative al DLgs 192/05”, emanato ad integrazione e correzione del precedente, amplia l'ambito di intervento non più solo agli edifici di nuova costruzione, ma anche agli impianti in essi installati e ai nuovi impianti installati in edifici esistenti, nonché alle opere di ristrutturazione di edifici ed impianti. Dispone inoltre per interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche di edifici e impianti, l'accesso a incentivi o sgravi fiscali.

A seguito delle recenti Direttive europee l'Italia ha ampliato il proprio pacchetto normativo sull'argomento e nel 2008 ha emanato il DLgs 115/08 in attuazione della direttiva 2006/32/CE, che stabilisce una serie di misure atte al miglioramento dell'efficienza energetica degli usi finali di energia, sotto il profilo costi-benefici, allo scopo di contribuire al miglioramento della sicurezza dell'approvvigionamento energetico e alla tutela dell'ambiente attraverso la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra. A modifica e integrazione di questo segue il DLgs 56/10.

Nel 2009 arriva il DPR 59/09, con lo scopo rendere omogeneo il contesto normativo nazionale definendo criteri, requisiti minimi e metodologie per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti per il riscaldamento e l'acqua sanitaria, per la climatizzazione estiva. Fa seguito il DM 26/06/2009 del MiSE “Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici degli edifici”, che reintroduce (insieme al DLgs 28/11) l'obbligatorietà di attestazione energetica, precedentemente cancellata dalla Legge 133/08, per edifici nuovi e preesistenti.

Nel 2011, sempre allo scopo di attuare Direttive europee, viene emanato il DLgs 28/11, che definisce gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico necessari per il raggiungimento degli obiettivi al 2020, in materia di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia e di energia da fonti rinnovabili nei trasporti.

La Direttiva 2010/31/UE viene recepita con il DL 63/13, convertito in Legge 90/13, che completa ed approfondisce quanto introdotto nelle precedenti norme spiegando in maniera più esaustiva cosa si intenda per “edificio di riferimento” e per “edificio a energia quasi zero” e introducendo il concetto di livello ottimale di prestazione energetica in funzione dei costi. Le prescrizioni e i requisiti minimi riportati nella norma si riferiscono alle nuove costruzioni, alle ristrutturazioni importanti e alla riqualificazione energetica di edifici preesistenti mentre, per quanto concerne lo specifico ambito degli “edifici ricadenti nell'ambito della disciplina del DLgs 42/04, recante il codice dei beni culturali e del paesaggio, è istituito l'obbligo di certificazione della prestazione energetica e di esercizio, ispezione e manutenzione degli impianti tecnici. Ma se con le precedenti norme era possibile provvedere alla riqualificazione energetica del patrimonio tutelato, esclusivamente nel caso si agisse in maniera tale da non alterarne il carattere storico-artistico o l'aspetto, con il DL 63/13 si compie un passo indietro, con l'istituzione della deroga automatica per qualsiasi edificio di valore culturale. Fortunatamente, in breve la legge di conversione 90/13 ha coperto tale falla, istituendo l'obbligo di autorizzazione da parte dell'autorità competente nel caso di edifici sottoposti a tutela.

Il recepimento della Direttiva 2012/27/UE è avvenuto formalmente con il DLgs 102/14, attraverso cui vengono definiti gli strumenti per il raggiungimento dell'obiettivo di riduzione, entro il 2020, di 20 milioni di Tonnellate Equivalenti di Petrolio (TEP) dei consumi di energia primaria. Esso prevede:

- La promozione dell'efficienza energetica nel settore pubblico, nell'industria, nel privato e nei trasporti;
- L'aggiornamento periodico degli obiettivi nazionali di efficienza energetica;
- Il regime obbligatorio di efficienza energetica;
- L'obbligo delle diagnosi energetiche e promozione nell'adozione di sistemi di gestione dell'energia ISO 50001;
- La formazione e informazione in tema di efficienza energetica.

Con riferimento alla promozione nel settore pubblico dell'uso razionale dell'energia e in particolare al miglioramento della prestazione energetica degli immobili, l'art. 4 prevede una cabina di regia tra i ministeri MISE e MATT. La Cabina è stata istituita con il DM del 9 gennaio 2015 ed avrà il compito di promuovere l'attuazione coordinata del piano di interventi di medio lungo termine per il miglioramento della prestazione energetica degli immobili, contribuire al programma per la riqualificazione energetica degli edifici della pubblica amministrazione centrale, assicurare il coordinamento delle misure per l'efficienza energetica attivate attraverso il Fondo Nazionale per l'Efficienza Energetica e coordinare gli interventi di formazione.

Chiudono infine il quadro legislativo i decreti attuativi della Legge 90/2013. Le nuove disposizioni legislative, che entreranno in vigore a partire dal 1° ottobre 2015, riguardano sostanzialmente:

- Il nuovo decreto "requisiti minimi" (in sostituzione del già citato DPR 59/2009), contenente tra l'altro indicazioni sull'edificio di riferimento e sugli edifici a energia quasi zero;
- Le nuove linee guida per la certificazione energetica degli edifici (in sostituzione di quelle del già citato DM 26/06/2009) tra cui il nuovo metodo per calcolare la classe energetica degli edifici e il nuovo aspetto grafico dell'APE;
- Il decreto relazione tecnica di progetto, che fornisce al tecnico le indicazioni per la redazione della relazione di rispondenza alle prescrizioni sul contenimento dei consumi energetici degli edifici e dei relativi sistemi impiantistici.

3.3 Le competenze regionali e recepimento della normativa a livello locale

Con il DLgs 112/98 lo Stato Italiano delega "alle regioni le funzioni amministrative in tema di energia, ivi comprese quelle relative alle fonti rinnovabili, all'elettricità, all'energia nucleare, al petrolio ed al gas, che non sono riservate allo stato o che non siano già di competenza degli enti locali"

Alle singole Regioni, dopo aver fissato gli obiettivi di risparmio energetico, sviluppo delle fonti rinnovabili e relative modalità di raggiungimento, spetta la funzione di programmazione, indirizzo, coordinamento e controllo dell'attività degli enti locali, il tutto in conformità con quanto prescritto dalla riforma del Titolo V della Costituzione. Gli stessi decreti attuativi delle varie Direttive affidano alle Regioni e alle Province autonome il compito di perseguire gli obiettivi di risparmio energetico prefissati a livello comunitario, nei settori di loro competenza. Tuttavia, a tutt'oggi, si evidenzia un forte ritardo per quanto concerne l'adeguamento normativo nelle varie Regioni. Solamente alcune regioni hanno varato proprie norme in merito alla certificazione energetica, mentre per la maggior parte di esse, si fa riferimento alla normativa nazionale.

In linea con gli obiettivi e le strategie comunitarie e nazionali, la Regione Autonoma della Sardegna (RAS) si prefigge da tempo di ridurre i propri consumi energetici, le emissioni climalteranti e la dipendenza dalle fonti tradizionali di energia attraverso la promozione del risparmio e dell'efficienza energetica ed il sostegno al più ampio ricorso alle fonti rinnovabili. Tali obiettivi vengono perseguiti avendo, quale criterio guida, quello della sostenibilità ambientale, e cercando, in particolare, di coniugare al meglio la necessità di incrementare la produzione di energia da fonti rinnovabili con quella primaria della tutela del paesaggio, del territorio e dell'ambiente.

A partire dal 2009 la RAS ha implementato questo processo con una serie di atti normativi e documenti:

- Legge Regionale n. 3 del 7 agosto 2009: all'art. 6 comma 3, attribuisce alla Regione, nelle more dell'approvazione del nuovo Piano Energetico Ambientale Regionale (PEAR), la competenza al rilascio dell'autorizzazione unica per l'installazione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Al comma 7 prevede, inoltre, che "nel rispetto della

- legislazione nazionale e comunitaria [...] la Regione adotta un Piano regionale di sviluppo delle tecnologie e degli impianti per la produzione di energia da fonte rinnovabile”;
- Delibera della Giunta regionale n. 10/3 del 12 marzo 2010: la Giunta Regionale ha rilevato la necessità di elaborare una nuova proposta di PEAR alla luce delle sopravvenute modificazioni normative nazionali e gli indirizzi di pianificazione a livello comunitario (Direttiva 2009/28/CE) e internazionale (Conferenze ONU sul Clima), con lo spostamento degli orizzonti temporali di riferimento all'anno 2020;
 - Delibera della Giunta Regionale n. 17/31 del 27 aprile 2010: Il progetto Sardegna CO2.0, il cui avvio è stato approvato dalla Giunta regionale con la deliberazione n. 17/31 del 27.04.2010, ha l’obiettivo strategico di attivare una serie di azioni integrate e coordinate di breve, medio e lungo periodo, destinate a ridurre progressivamente il bilancio delle emissioni di CO2 nel territorio regionale, utilizzando strumenti finanziari innovativi capaci di rigenerare le risorse investite;
 - Delibera della Giunta Regionale n. 43/31 del 6 dicembre 2010: la Giunta Regionale ha dato mandato all’Assessore dell’Industria per avviare le attività dirette alla predisposizione di una nuova proposta di Piano Energetico Ambientale Regionale coerente con i nuovi indirizzi della programmazione regionale, nazionale e comunitaria e provvedere, contestualmente, all’attivazione della procedura di Valutazione Ambientale Strategica in qualità di Autorità procedente e di predisporre, nelle more della definizione del nuovo PEARS, il Documento di indirizzo sulle fonti energetiche rinnovabili che ne individui le effettive potenzialità rispetto ai possibili scenari al 2020;
 - Delibera della Giunta regionale n. 31/43 del 20 luglio 2011: la Giunta regionale ha approvato l’Atto d’indirizzo per la predisposizione del PEAR in conformità con la programmazione comunitaria, nazionale e regionale. Il PEARS è, infatti, il documento pianificatorio che governa, in condizioni dinamiche, lo sviluppo del sistema energetico regionale, anche alla luce della situazione economica internazionale;
 - Delibera della Giunta regionale n. 12/21 del 20 marzo 2012: la Giunta regionale ha approvato il Documento di indirizzo sulle fonti energetiche rinnovabili che contiene gli scenari energetici necessari al raggiungimento dell’obiettivo specifico del 17,8 % di copertura dei consumi finali lordi di energia con fonti rinnovabili nei settori elettrico e termico, assegnato alla Sardegna con DM del 15.03.2012 del MiSE.

3.4 Lo strumento della deroga

Se si mettono in relazione l’alta percentuale di edifici storici tutelati presenti nel nostro Paese e l’urgenza di ridurre i consumi derivanti dal comparto edilizio, diventa evidente il conflitto generato dalla possibilità di andare in deroga alle prescrizioni energetiche per i beni architettonici di valore storico-culturale. Lo strumento della deroga è responsabile di legalizzare, di fatto, un immotivato “immobilismo” cui sono da tempo soggetti gli edifici storici, mentre diventa più che mai indispensabile superare l’interpretazione normativa del concetto di deroga, alla ricerca di soluzioni graduate, così come è già peraltro successo nel caso della normativa relativa alla sicurezza antincendio, alla normativa antisismica e a quella sul superamento delle barriere architettoniche. In questi casi, infatti, la deroga viene vista come la possibilità di raggiungere l’obiettivo previsto dalla norma grazie all’utilizzo di metodi alternativi. In questi ambiti la deroga diventa uno strumento utile a realizzare un progetto “ad hoc” per ogni diverso bene architettonico di valore culturale.

Viene quindi lasciato all’etica o alla coscienza delle diverse figure coinvolte nel processo edilizio il procedere o meno con azioni di riqualificazione, sia sul sistema passivo dell’involucro, sia con l’introduzione di sistemi impiantistici di ultima generazione e sinergici con esso.

3.5 Criticità nel sistema normativo sul risparmio energetico in relazione alla tutela dei beni architettonici

Dalla analisi della normativa per il risparmio energetico emerge una profonda carenza per quanto riguarda lo specifico ambito del costruito preesistente: la definizione di requisiti sempre più stringenti e perlopiù pensati per edifici di nuova realizzazione rende di fatto problematico applicare le norme alle architetture storiche.

La scarsa attenzione riposta dal legislatore nei confronti di queste ultime risulta evidente dalla superficialità con cui viene trattato lo spinoso tema della deroga. La corposa e disorganica normativa in materia continua ad essere ulteriormente complicata da continue modifiche e a causa della frammentazione delle informazioni in molteplici decreti e leggi, che ad un primo sguardo poco avrebbero a vedere con in contenimento dei consumi energetici del comparto edilizio (es. decreto “milleproroghe”).

Un ulteriore punto critico riguarda la differenziazione e gradualità degli interventi che previsti dalla normativa, che, anziché tener conto del valore storico-culturale del bene, basano la loro applicazione esclusivamente in relazione alla dimensione degli interventi da effettuare.

È importante sottolineare che l’efficientamento energetico è un fondamentale passo da compiere per la conservazione del costruito storico, capace di favorirne la fruizione grazie ad una progettazione attenta non solo ai caratteri tecnologici impiantistici, ma anche alle antiche tipologie edilizie, alle tecniche costruttive storiche e ai materiali della tradizione.

4 Riqualficazione energetica degli edifici storici

4.1 *Tra tutela e riqualficazione energetica*

Ogni edificio è espressione del periodo storico nel quale è stato realizzato, del gusto, dell'arte di costruire e delle conoscenze tecniche caratteristiche del contesto storico- geografico nel quale è ubicato. La stringente necessità di operare sul patrimonio architettonico esistente, nell'ottica del miglioramento delle prestazioni energetiche, pone dunque davanti ad un conflitto che si articola fra l'osservazione dei principi propri del restauro e i limiti imposti dalla normativa relativa al contenimento dei consumi energetici. È noto tuttavia che ogniqualevolta ci si trovi ad agire su un patrimonio sensibile come quello storico-architettonico, ci si debba immancabilmente confrontare con il timore di diminuirne in qualche maniera il valore (di testimonianza storica ma anche, più banalmente, il valore economico). Spesso tale rischio viene superato dai progettisti tramite il ricorso alla deroga prevista dalla normativa per i beni di valore storico-culturale, con una conseguente condizione di "immobilismo" e abbandono che investe diversi immobili storici.

Nel corso dei secoli, la necessità di intervenire sul costruito è stata di rado supportata dall'effettiva presa di coscienza del manufatto in sé, rendendolo oggetto di interventi spesso poco accorti e rispettosi.

Oggi la disciplina del restauro ha come oggetto una quantità di beni molto più ampia rispetto a quanto venisse concepito in passato. Le implicazioni economiche relative al riutilizzo degli stessi creano però una confusione fra fini e mezzi del restauro architettonico. L'attribuzione della funzione più appropriata per un bene è senza dubbio il mezzo più efficace per garantirne la conservazione; è tuttavia usuale considerare il riuso come fine ultimo del restauro. Capita che l'originaria configurazione morfologico-funzionale del bene venga sacrificata a favore di una destinazione d'uso non compatibile, poiché molto lontana dalla primitiva funzione dell'edificio e dalla sua distribuzione spaziale. D'altra parte, nell'attuale contesto economico e sociale un conveniente riuso del costruito storico diventa doveroso per l'abbattimento dei consumi di energia e di suolo.

Un gran numero di iniziative nell'ambito della Unione Europea finalizzate al miglioramento delle prestazioni energetiche del costruito testimonia la consapevolezza dell'importanza della definizione di una metodologia comune di approccio verso soluzioni tecnologiche innovative e materia storica. La maggior parte dei progetti finanziati si conclude con la stesura di linee guida capaci di orientare i professionisti verso interventi efficaci ma rispettosi del patrimonio edificato.

In presenza di edifici storici, vincolati o meno, si presenta tuttavia il rischio di proporre linee di intervento generali che, pur rappresentando delle buone pratiche in relazione alla riqualficazione di preesistenze, possono non tener conto del principio "caso per caso", fondamentale per il restauro di un bene che presenta caratteristiche proprie e peculiarità in virtù del suo valore storico-culturale.

Nella riqualficazione energetica del costruito storico è senza dubbio fondamentale partire da una solida conoscenza della fabbrica e delle sue prestazioni; solo allora si può procedere alla progettazione di interventi mirati e non standardizzati, con una gradazione degli stessi capace di apportare un giusto miglioramento prestazionale.

Questo risulta particolarmente opportuno in presenza di edilizia storica minore non direttamente vincolata e, quindi, maggiormente soggetta a pesanti trasformazioni.

Il ruolo dell'utente diventa in questo caso fondamentale, poiché in grado, con il suo comportamento, di gestire al meglio l'edificio e i suoi consumi, consentendo un ridimensionamento del ricorso alle tecnologie impiantistiche.

4.2 *Gli edifici storici*

Finora, in questo lavoro, si è parlato di "edifici storici" e di "beni culturali" senza distinzione alcuna. A questo punto è corretto fare una distinzione pratica tra ciò che viene definito bene culturale e gli altri oggetti di interesse storico, artistico o documentale.

Mentre per beni culturali si intendono quei beni individuati ai sensi del DLgs 42/04 e tutelati dalla Sovrintendenza, gli edifici di interesse storico, artistico e documentale che, pur rientrando nella definizione di bene culturale, rivestono un interesse storico per il territorio, sono oggetto di attenzione e normativa da parte del Comune ospitante, che li individua e ne stabilisce le prescrizioni d'uso e trasformazione.

4.2.1 Edifici definiti beni culturali

Gli edifici cosiddetti beni culturali sono tali se, rientrando nelle categorie descritte dal Codice dei beni culturali, sono caratterizzati da un riconosciuto “interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico”. Se rivestono tale interesse, sono sottoposti a vincolo della Soprintendenza dei beni Architettonici e Paesaggistici, che diviene l’organo deputato ad approvare ogni intervento che li riguardi.

4.2.2 Edifici di interesse storico-culturale e testimoniale

Per quanto riguarda gli edifici che non rientrano nell’ambito della Soprintendenza, ma che rivestono per il territorio un interesse storico-culturale e testimoniale, è facoltà del Comune sottoporli a specifica tutela identificandoli all’interno degli strumenti della pianificazione.

4.3 Il restauro e la conservazione del patrimonio architettonico

Come spesso accade, termini che esprimono concetti simili ma non identici e il cui significato è spesso dominio degli esperti in materia, nel linguaggio comune vengono utilizzati come sinonimi. La chiarezza sui termini è senza dubbio condizione necessaria per riuscire a comprendere appieno la trattazione successiva.

4.3.1 Recupero e restauro

Il recupero indica l’intervento sulle preesistenze non riconosciute come beni culturali, per trarle da una condizione di abbandono o sottoutilizzazione. Si tratta di un’operazione che non comporta alcun preventivo riconoscimento di valore storico-artistico.

Nel restauro, invece tale riconoscimento è condizione indispensabile cui dovrà subordinarsi ogni altra considerazione e, per attuare questo tipo di intervento, sono indispensabili conoscenze storiche e competenze tecnico-scientifiche.

In sintesi: si restaura per ragioni di cultura e si recupera per ragioni economiche e d’uso.

4.3.2 Conservazione e restauro, alcune definizioni

Il termine conservazione negli ultimi anni è stato sempre più di frequente usato per indicare le concrete operazioni sui beni culturali, soprattutto per motivi concettuali che privilegiano la natura conservativa rispetto a quella reintegrativa dell’intervento.

A rigore di termini, per conservazione si intende un’opera di prevenzione, salvaguardia o manutenzione, da attuare per evitare che si debba poi intervenire con il restauro. Il restauro indica un intervento diretto ed anche una eventuale modifica dell’oggetto che, pur essendo condotto sempre sotto un rigoroso controllo storico-critico, è caratterizzato da una certa dose di invasività.

In altre parole, si tratta di livelli diversi di intervento dal lato pratico, e concetti opposti nelle dispute teoriche in cui il restauro critico coniuga le due istanze storica ed estetica, contrapponendosi per definizione alla “pura conservazione”, che considera come unica fonte oggettiva e stabile l’istanza storica.

Ma, se il restauro critico si oppone alla pura conservazione, d’altra parte dialoga con la “conservazione integrata”, che mira a coniugare le ragioni della conservazione con quelle del buon uso e il cui fine è la buona manutenzione e la cura preventiva degli edifici.

La manutenzione, nel suo significato tradizionale di intervento manuale privo di implicazioni critiche, la prevenzione, la tutela e la salvaguardia, sono interventi meno invasivi del restauro e sono quindi da privilegiare ove possibile, in modo da ritardare l’intervento di restauro vero e proprio.

Interventi che vanno oltre il restauro, per la tipologia di intenti, sono azioni come la ricostruzione, il completamento, la ricomposizione e il ripristino. Questi trasfigurano il monumento riprogettandolo o riducendolo a mera citazione dell’antico. Questi vengono definiti interventi “oltre il restauro” in quanto della materia antica, resta poco o nulla.

Termini spesso accostati al restauro, in quanto simili per tecniche ma non per fini né per gli oggetti che interessano, sono il risanamento, la valorizzazione e il riuso che investono nelle preesistenze. Risanamento e valorizzazione stanno generalmente ad indicare interventi su edifici o interi quartieri storici, ma non definibili come beni culturali.

Il riuso invece può fare parte dell’intervento di restauro come valido mezzo per assicurare la conservazione dell’edificio, ma non ne è il fine, né può pretendere di risolvere in se tutta la problematica del restauro.

4.3.3 Il restauro architettonico e la necessità del riuso

La presa di coscienza dell'unicità di alcuni beni, sia dal punto di vista estetico che storico, ha aperto la scena all'attuale configurazione prevalente del restauro, che si fonda sull'idea che ogni intervento, agendo su opere uniche e irripetibili, costituisca un caso a sé. Tale visione ha preso il nome di restauro critico-conservativo.

“S'intende per restauro qualsiasi intervento volto a tutelare ed a trasmettere integralmente al futuro, facilitandone la lettura e senza cancellarne le tracce del passaggio nel tempo, le opere d'interesse storico-artistico ed ambientale; esso si fonda sul rispetto della sostanza antica e delle documentazioni autentiche costituite da tali opere, proponendosi, inoltre, come atto di interpretazione critica non verbale ma espressa nel concreto operare. Più precisamente come ipotesi critica e proposizione sempre modificabile, senza che per essa si alteri irreversibilmente l'originale”

Giovanni Carbonara

Questa visione del restauro, che mira a conservare e mettere in evidenza le opere di interesse storico-artistico, consentendone una lettura chiara, include nell'intervento di restauro quelle operazioni conservative che hanno lo scopo di preservare dal deperimento fisico e materico il fabbricato.

Il restauro è formato dall'apporto di diverse competenze specialistiche che, per la buona riuscita dell'intervento, devono trovare un'unità espressiva e concettuale per arrivare alla soluzione più corretta. Lo scopo è raggiungere un equilibrio tra la pura conservazione e il ripristino, conservando e mantenendo in efficienza l'oggetto ma rivelandolo e facilitandone la lettura.

Per poter fare in modo che il bene si trasmetta attivo ai posteri, deve continuare ad avere un uso, la cui cosa richiede l'inserimento di arredi, impianti e altro. Si ritiene quindi che la cosa migliore da fare sia aggiungere parti che abbiano autonomia e siano chiaramente leggibili, diventando chiara ed inequivocabile espressione della nostra cultura e del nostro tempo. Ne deriva che si considera il restauro come la somma di conservazione dell'esistente e del progetto del nuovo, conservando e valorizzando, senza sottrazioni ma con aggiunte rendendo il manufatto destinato in futuro a testimoniare di noi e dei nostri valori e a storicizzarsi nel contesto in cui è inserita.

Questo ultimo aspetto mostra come nel restauro architettonico si apra un nuovo scenario, una nuova possibilità: l'intervento di riuso. Attribuire agli oggetti ed in particolare ai fabbricati una funzione appropriata è infatti uno dei mezzi più efficaci per garantirne la migliore conservazione.

Il restauro delle sole pietre, in un edificio non votato solo alla funzione monumentale, è infatti insufficiente se non accompagnato dal ristabilimento di un'adeguata destinazione d'uso. Da una parte il riuso con funzione compatibile è un aspetto fondamentale per la conservazione e la perpetrazione del bene. Da un'altra prospettiva ancora, soprattutto nel contesto della crisi attuale, il riuso incarna la possibilità di usare edifici già esistenti, con un risparmio economico e ambientale. Oggi è maggiormente auspicabile restaurare il patrimonio esistente che continuare nella tradizionale politica di espansione edilizia. Solo una piccola parte dell'intero patrimonio storico è conservato come museo o rovina, per tutti gli altri è doveroso ricercare e proporre una gamma di funzioni che ne consentano l'uso.

Collocando il problema della destinazione d'uso nella giusta prospettiva, interna alla disciplina del restauro, non si dovrà parlare di un riuso qualsiasi ma solo di quello compatibile con le vocazioni del monumento. Non necessariamente l'uso originale, anche se questo sarà sempre preferibile, ma un uso corretto e rispettoso della realtà materiale e spirituale del monumento. Il riuso compatibile sarà quasi garanzia completa del fatto che al restauro sia sostituita un'assidua manutenzione.

5 Tecnologie impiantistiche negli interventi di riqualificazione energetica

Dall'osservazione degli edifici storici è chiaro come, a seconda dell'area geografica in cui si trovano, si individuano costruzioni diverse per forma, tetto, superfici trasparenti portici, patii e fontane. Ciascuna dimostra o nasconde precisi accorgimenti, apparentemente governati da logiche estetiche, ma in realtà profondamente vincolati ad esigenze di ordine climatico, per far fronte ai mutamenti del giorno e delle stagioni.

Il rapporto tra aperture e superfici piane, le forme, gli elementi aggettanti, le relazioni tra spazi aperti e spazi chiusi, sono tutti elementi che, benché dotati di una valenza estetica, nascono in primo luogo come soluzioni adottate in relazione al clima.

Esiste quindi una notevole corrispondenza, negli edifici storici, tra particolari caratteristiche architettoniche e zona climatica in cui sorgono.

Tali considerazioni aprono dunque ad una rivalutazione delle costruzioni del passato: da un lato offrono la possibilità di sfruttare tali insegnamenti nella costruzione di nuovi edifici, dall'altro mostrano la possibilità di migliorare le prestazioni energetiche degli edifici storici valorizzando, ove possibile, tali caratteristiche per diminuire l'invasività dell'intervento.

Nonostante l'urgenza ambientale, le normative energetiche attuali, ad ogni livello, tralasciano gli edifici storici. Essendo però tale tipologia oggi spesso oggetto di riuso, pratica positiva sia in termini di conservazione che dal punto di vista ambientale, non è pensabile accantonare il problema.

L'adeguamento funzionale dell'edificio storico, dunque, rappresenta un importante passaggio strategico che garantisce la gestione e la manutenzione dell'edificio restaurato, consentendone la valorizzazione e l'inserimento all'interno delle funzioni contemporanee del territorio nel quale si colloca.

Diventa opportuno illustrare le diverse tipologie d'impianto necessarie alla fruizione contemporanea di una fabbrica storica, nonché affrontare una disamina delle principali tecnologie impiantistiche oggi sul mercato.

5.1 *L'impianto di riscaldamento, di raffrescamento e di climatizzazione*

In base al fluido termovettore impiegato, possiamo suddividere gli odierni sistemi di riscaldamento, raffrescamento e climatizzazione in:

- Impianti a sola acqua;
- Impianti a tutt'aria;
- Impianti misti aria/acqua;
- Impianti con sistema ad espansione diretta.

La prima tipologia consente esclusivamente il controllo della temperatura e prevede l'utilizzo di acqua come fluido termovettore: una volta riscaldata all'interno del generatore di calore, l'acqua viene distribuita, attraverso apposite tubazioni, agli elementi terminali. L'innovazione tecnologica ha consentito un notevole miglioramento nelle prestazioni degli storici radiatori e ha introdotto nuove efficienti alternative. Tali elementi, chiamati termosifoni o caloriferi, vengono oggi prodotti prevalentemente in acciaio e sono disponibili sul mercato in varie tipologie, forme e dimensioni. Com'è noto, oltre ai classici elementi da porre sotto davanzale, vi sono differenti modelli che vanno incontro alle diverse esigenze di installazione, con dimensioni che arrivano ai 2,5 metri. I radiatori in alluminio hanno dimensioni più compatte, pesi contenuti e bassa inerzia termica. Un'altra sostanziale innovazione riguarda la possibilità di regolare la resa mediante una valvola di taratura termostatica, così da rendere automatica la chiusura e l'apertura della valvola in funzione della temperatura rilevata in ambiente tramite sonda. I radiatori rappresentano una buona soluzione per il riscaldamento di ambienti residenziali, di servizi igienici e di vani scala. Nella versione ad altezza ridotte possono essere utilizzati come barriere termiche lungo le pareti finestrate allo scopo di eliminare le correnti fredde. Presentano tuttavia elevati costi di trasporto e installazione. Le termostrisce radianti sono invece apparecchi da sospensione al soffitto, ideali per riscaldare ambienti di grande volumetria mediante irraggiamento. Nella versione standard sono alimentate con acqua ad alta temperatura (>70°C) ma sono disponibili anche nella versione ad acqua surriscaldata (fino a 140°C) e a

vapore. Sono costituite da un pannello di acciaio nel quale sono ricavati alloggiamenti semicircolari, in cui vanno ad inserirsi le tubazioni del fluido termostatico, anche esse in acciaio. Tale sistema permette di realizzare impianti di notevole estensione con una temperatura uniforme, grazie al funzionamento per irraggiamento, senza movimenti di aria e con consumi energetici contenuti. Inoltre, dal momento in cui vengono riscaldate direttamente le persone e le superfici, ma non l'aria, riduce al minimo i fenomeni di stratificazione. Rappresenta una soluzione interessante per il riscaldamento di capannoni industriali, commerciali, magazzini ed edifici sportivi, risultando però di difficile applicazione in presenza di edifici vincolati, per evidenti ragioni di conservazione dei solai tradizionali, spesso lignei, e per l'eventuale presenza di superfici di pregio. Tutti i sistemi a sola acqua presentano, inoltre lo svantaggio di consentire il solo controllo del carico termico invernale; al contrario gli impianti a tutt'aria o misti sono capaci di regolare anche il grado di umidità interno ad un ambiente, immettendo una portata di aria opportunamente trattata.

La configurazione dell'impianto a tutt'aria varia in base al numero di zone servite e alla modalità di immissione del fluido.

L'impianto più semplice, per il trattamento di una sola zona, è costituito da un generatore di calore, un gruppo frigorifero, un'unità di trattamento aria, da canali distribuzione e da terminali di ripresa d'aria. La configurazione dell'unità di trattamento varia in base alla tipologia dei carichi termici e delle condizioni termoigrometriche dell'ambiente; può prevedere l'utilizzo di aria di ricircolo oppure funzionare esclusivamente ad aria esterna, con o senza recupero del calore da quella espulsa. L'impianto multizona può immettere in più ambienti una porzione d'aria costante ma con temperatura variabile a seconda dei vari carichi termici. La temperatura scelta viene ottenuta tramite il post-riscaldamento locale dell'aria o attraverso il miscelamento di due portate d'aria caldo/freddo. Il limite di impiego di questo sistema è relativo alla dimensione dei plenum di miscela d'aria, eccessivamente ingombranti per il condizionamento di un numero maggiore di 10-15 zone, e quindi troppo invasivi per una fabbrica storica.

I problemi del condizionamento, dovuti alla variabilità dei carichi termici nelle aree perimetrali degli ambienti, vengono risolti con l'installazione di impianti VAV (*Variable Air Volume*) con cassette di regolazione dotate di batterie post riscaldamento. In tale maniera, l'impianto in regime di raffrescamento lavorerà con una portata variabile, mentre in riscaldamento lavorerà a portata costante.

Una valida alternativa è rappresentata dalla disposizione, nelle aree perimetrali, di impianti a tutt'aria a doppio condotto oppure di tipo misto con ventilconvettori e convettori incassati a pavimento. I vantaggi derivanti dall'uso di macchine VAV sono relativi alla possibilità di raffreddare il fluido termovettore sfruttando l'aria dell'ambiente, senza necessità di ausili meccanici, sia agli ingombri minimi e ai consumi energetici limitati. Per contro, presentano difficoltà di funzionamento per carichi ridotti, con una conseguente difficoltà nel controllo dell'umidità e della qualità dell'aria. Per via degli ingombri dei condotti per il passaggio dell'aria, i sistemi a tutt'aria trovano difficilmente applicazione nell'edilizia abitativa o in edifici di pregio storico-architettonico, risultando al contrario molto diffusi in contesti industriali, nel settore terziario e negli edifici adibiti ad ufficio, dove, peraltro, si riscontra la necessità di un efficace controllo dei parametri termoigrometrici e di qualità dell'aria interna.

Gli impianti misti aria-acqua risolvono il problema degli spazi, particolarmente sentito nell'ambito dell'edilizia storica: le dimensioni dei canali e delle centrali di trattamento dell'aria primaria sono infatti inferiori rispetto a quelle degli impianti a tutt'aria. Gli impianti misti trattano i due fluidi in apposite centrali, per poi distribuirli ai terminali installati in ambiente; all'aria primaria viene affidato il compito della ventilazione mentre il controllo della temperatura è a carico di apparecchi periferici alimentati ad acqua calda o fredda. Gli impianti a ventilconvettori (o *fancoil*) effettuano il controllo della temperatura ambiente mediante terminali dotati di una o due batterie di scambio termico, alimentate ad acqua calda o fredda. Queste, attraversate da un flusso d'aria di ricircolo mossa da un ventilatore, provvedono al riscaldamento o raffreddamento di un ambiente. La regolazione della temperatura avviene tramite sonde, che mediante un regolatore, modulano la portata di acqua nella batteria o a velocità del ventilatore. La distribuzione dell'aria all'interno della stanza avviene mediante canalizzazione orizzontale a controsoffitto, o attraverso gli stessi ventilconvettori montati a pavimento: quest'ultima è sicuramente la soluzione preferibile per un edificio storico. Il sistema a travi fredde, installate a soffitto, consente il controllo dell'umidità e l'immissione di aria

primaria alla temperatura desiderata, grazie alla presenza di una o due batterie di scambio termico e di un plenum di distribuzione dell'aria. Le travi funzionano secondo il principio dell'induzione: vengono alimentate con un flusso d'aria a bassa pressione che fuoriesce dal plenum attraverso una serie di ugelli, i quali creano un effetto di depressione tale da provocare l'aspirazione dell'aria mediante una griglia inferiore. L'aria di ricircolo attraversa la batteria di scambio e si miscela con quella primaria, per poi essere immessa in ambiente.

Sono installati a soffitto anche alcuni sistemi a pannelli radianti che combinano l'impianto d'aria primaria con pannelli di tubazioni alimentate ad acqua calda e fredda, per il controllo della temperatura e della qualità dell'aria. Il riscaldamento avviene sfruttando il potere radiante dei pannelli alimentati ad acqua con temperature superiori a 45°C, mentre il raffreddamento avviene attraverso il moto convettivo che scaturisce dalla differenza di temperatura tra soffitto e ambiente.

L'immissione dell'aria primaria all'interno dell'edificio avviene tramite diffusori posti a soffitto, a parete o a pavimento, mentre il calore si diffonde prevalentemente per irraggiamento; in fase di raffrescamento, i pannelli a soffitto garantiscono ottime prestazioni e condizioni di comfort, eliminando i rischi di correnti di aria, per via dell'utilizzo di acqua fresca.

Del tutto simili ai pannelli a soffitto sono gli impianti a tipo misto a pavimento radiante, costituiti da una serpentina alimentata ad acqua per la regolazione della temperatura, mentre all'aria primaria spetta in controllo igrometrico. Analogamente ai soffitti radianti, anche gli impianti a pavimento (e la loro variante a parete e a battiscopa) costituiscono un sistema statico che garantisce ottime condizioni di comfort, bassi consumi energetici e ottime prestazioni dal punto di vista della manutenzione, trovando un sempre più largo impiego sia in ambito residenziale che in ambienti con grandi volumetrie, quali stabilimenti industriali, spazi espositivi e musei.

Gli impianti misti ad espansione diretta sono divisi in:

- Impianti a portata di refrigerante variabile;
- Impianti ad anello d'acqua con unità a pompa di calore.

Entrambe le tipologie d'impianto prevedono l'installazione di una unità a espansione diretta con il compito di neutralizzare il solo carico sensibile, mentre il trattamento del grado igrometrico e della qualità dell'aria è affidato all'impianto di distribuzione d'aria primaria. Il fluido frigorifero generalmente utilizzato è il R410A. Il sistema a portata variabile, comunemente noto come VRF (Variable Refrigerant Flow) è costituito da una o più unità motocondensanti, collegate ad apparecchi terminali ad espansione diretta, funzionanti sia in regime di raffrescamento che di riscaldamento, grazie ad un sistema a pompa di calore. Le relative unità terminali possono essere installate a pavimento (vista o incasso), a soffitto, a parete o a controsoffitto canalizzabile. Fra i vantaggi di questo sistema vi è la possibilità di regolare in modo ottimale la temperatura interna di ciascun ambiente climatizzato, nonché la possibilità di installare le unità interne a distanze anche elevate rispetto a quelle esterne: ciò consente una maggiore libertà di collocazione di queste ultime, favorendo la mimetizzazione nel caso di edifici tutelati. Le tipologie di impianti VRF commercializzabili sono:

- A recupero di calore per raffreddamento e riscaldamento simultaneo;
- A pompa di calore e a recupero di calore con condensazione.

Il primo sistema permette di il controllo di più zone con carichi termici di segno opposto. Il secondo sistema permette di collegare fino a 32 terminali ad un'unica unità esterna.

Le unità terminali ad espansione diretta sono in grado di fornire freddo o caldo all'ambiente attraverso un ciclo frigorifero. Il sistema consente il totale recupero del calore.

L'impianto ad anello d'acqua, integrato dall'impianto di distribuzione d'aria primaria, consente una regolazione ottimale della temperatura in ogni stagione, con prestazioni che molto si avvicinano a quelle di un impianto *fan-coil*, ma con una discreta riduzione dei costi della rete idronica.

Nonostante i costi di investimento risultino più elevati rispetto a quelli necessari per un impianto tradizionale, il ridotto ingombro e la libertà di dislocazione di più terminali afferenti ad una sola unità esterna, rendono il sistema ad anello particolarmente adatto nel caso di ristrutturazioni o per la climatizzazione di alberghi, negozi e centri commerciali.

Si stanno diffondendo sempre più i sistemi a pompa di calore con circuito interrato, che sfruttano la capacità termica del terreno. La fonte di calore è rappresentata da un anello chiuso interrato in cui viene

fatto circolare un fluido incongelabile. L'anello è collegato agli scambiatori ad acqua della pompa di calore. Durante il periodo invernale la pompa di calore, alimentata elettricamente, estrae dal terreno il calore necessario a riscaldare l'ambiente, mentre durante la stagione calda il terreno riceve il calore sottratto dagli ambienti. Il sistema ha una buona efficienza, dovuta al fatto che la temperatura del terreno è costante durante tutto l'anno (circa 10°C a profondità superiori ai 10 metri). In base alla superficie disponibile l'installazione dei circuiti può avvenire in verticale o in orizzontale, andando ad occupare una superficie pari ad 1-2 volte quella dell'edificio da climatizzare.

5.2 L'impianto idrico-sanitario

L'impianto idrico-sanitario ha inizio nel punto di allaccio alla rete pubblica e termina con l'apparecchio sanitario che eroga l'acqua; è costituito da un sistema di approvvigionamento, da un sistema di produzione dell'acqua calda, da una rete di distribuzione, da un insieme di dispositivi sanitari e da una rete di scarico delle acque nere e bianche.

Una volta prelevata dal punto di presa, l'acqua entra nell'edificio tramite colonne montanti verticali e una rete di tubazioni orizzontali di distribuzione.

Viene riscaldata tramite impianti autonomi o centralizzati; solitamente si tratta degli stessi macchinari impiegati per il riscaldamento, ovvero caldaie che utilizzano combustibili gassosi o liquidi, e stufe, oppure scaldacqua ad energia elettrica, spesso affiancati da sistemi che sfruttano l'energia solare o quella derivante da altre fonti alternative.

Nel caso di edifici pubblici o di grandi dimensioni, tali macchinari sono spesso ubicati all'interno di appositi locali tecnici, detti centrali idriche, di dimensioni solitamente contenute ma assicuranti la funzionalità degli impianti e la loro manutenzione.

Le singole utenze sono raggiunte e alimentate dalla tubature dell'acqua fredda, da quella dell'acqua calda e dall'eventuale ricircolo; i materiali utilizzati sono generalmente l'acciaio zincato, il rame, il polietilene e il multistrato, con diametri dipendenti dalle utenze a cui va sommato lo spessore della coibentazione, obbligatoria per legge per quanto riguarda le tubazioni di acqua calda e ricircolo, ma consigliabile, per evitare fenomeni di condensa superficiale, anche per le tubazioni dell'acqua fredda. Le colonne montanti e i relativi cavedi sono posti solitamente in prossimità dei servizi da alimentare; gli stessi condotti sono predisposti, in genere, per ospitare le colonne di scarico. La norma prevede che le tubazioni sottotraccia possono essere installate nelle strutture in muratura, nei pavimenti, nelle pareti perimetrali, nei tramezzi, nel soffitto, purché vengano posate diritte e in squadra. È consigliato disporre i bagni vicini, in modo tale che si possa utilizzare la stessa colonna montante verticale. Gli scarichi sono costituiti da una rete di tubi all'interno dei quali fluiscono le acque di rifiuto, che si distinguono in:

- Scarichi interni agli edifici per acque grigie e acque nere;
- Scarichi esterni per acque grigie e nere, cui si possono sommare le acque bianche o meteoriche.

La loro funzione quella di consentire la rapida e completa evacuazione delle acque di rifiuto, in modo che non si vengano a creare depositi maleodoranti. Per ottenere tale prestazione, le condotte di scarico devono impedire il passaggio di aria e microbi dalle tubazioni agli ambienti abitati e devono essere installate in modo che i movimenti causati da dilatazioni, contrazioni o assestamenti del fabbricato non diano luogo a perdite. I materiali utilizzati per la realizzazione delle reti di scarico sono il polietilene, il propilene, il PVC, la ghisa, il calcestruzzo e il grès, ed il loro dimensionamento dipende dalla tipologia e dal numero di utenze collegate ad uno stesso canale. Le reti di scarico devono essere ventilate, collegate con l'esterno di modo che non si creino sovrappressioni o depressioni in rete, tali da compromettere il normale funzionamento.

5.3 L'impianto elettrico

La struttura di un tipico impianto elettrico a bassa tensione è composto principalmente da 3 componenti:

- I quadri elettrici che materializzano i nodi di smistamento dell'energia, in cui sono alloggiati i dispositivi di protezione e controllo dell'impianto;
- Le condutture elettriche che connettono i quadri, o che collegano al quadro gli apparecchi utilizzatori;
- Gli apparecchi utilizzatori terminali, collegati in modo fisso o mobile mediante connessione di tipo presa-spina.

L'impianto è generalmente connesso alla rete di alimentazione principale tramite un contatore fornito dall'azienda erogatrice, in bassa oppure media tensione, attraverso una cabina di trasformazione. In alternativa l'impianto può essere fornito di energia prodotta in maniera autonoma o mista.

Ne fanno parte tutti gli apparecchi fissi alimentati con presa elettrica, compreso l'impianto di messa a terra. Al contrario non si considerano facenti parte dell'impianto elettrico gli apparecchi utilizzatori connessi tramite presa e spina.

Nella generalità dei casi, i cavi elettrici vengono annegati nella muratura all'interno di tubazioni di plastica flessibile, con una disposizione perfettamente verticale od orizzontale, mai obliqua.

Gli apparecchi di comando sono montati in apposite scatole a parete, cui fanno capo i conduttori. Gli impianti realizzati in tal maniera vengono definiti "sotto traccia", con tubi che scorrono a pavimento, nella parete e nel soffitto.

Gli impianti elettrici possono essere anche posati a vista, utilizzando apposite canaline (o profilati) applicati principalmente alla base delle pareti, con funzione estetica e pratica, o alloggiati in controsoffitti o pavimenti flottanti.

Una altra modalità di posa, diffusa perlopiù in uffici e scuole, prevede il passaggio degli impianti elettrici sotto pavimento, con le prese per l'energia e il telefono che affiorano dal piano di calpestio, tramite torrette.

5.4 Considerazioni su comfort e riadeguamento impiantistico

Per attuare un intervento di riqualificazione efficace e rispettoso delle caratteristiche storico-culturali di un bene architettonico, lo studio e la comprensione profonda del suo comportamento termico e delle sue interazioni con l'ambiente circostante diventano un presupposto fondamentale. È chiara la necessità di approcciarsi al costruito storico in maniera critica, partendo dalla consapevolezza che tali edifici sono stati realizzati in un periodo in cui le esigenze dell'utente erano molto diverse da quelle odierne. Il concetto stesso di comfort risale alla fine del secolo scorso, quando il raggiungimento di un sufficiente grado di innovazione tecnologica ha permesso all'uomo di controllare il microclima interno degli ambienti confinati, demandando completamente alle macchine il compito di fornire le giuste condizioni di benessere termoigrometrico. Ma se ne in una nuova costruzione la progettazione degli elementi impiantistici va di pari passo con quella architettonica, nel caso di edifici storici diventa spesso difficoltoso inserire nuovi elementi tecnologici, del tutto estranei alla fabbrica. Allo stesso tempo risulta ingenuo pensare di raggiungere ottimali condizioni di benessere con solo riutilizzo di quei sistemi di riscaldamento e raffrescamento che hanno caratterizzato il periodo preindustriale e che tutt'ora si incontrano in alcuni edifici storici.

Il professionista che realizza un intervento di riqualificazione impiantistica in un edificio storico dovrà quindi agire su diversi fronti, il primo dei quali dovrà essere l'involucro. Dopo aver analizzato le criticità di quest'ultimo, sotto il profilo termoigrometrico, risulta infatti evidente come agire su di esso, coibentandolo ed eliminando eventuale umidità presente nelle murature, possa migliorare le condizioni microclimatiche interne e avere come conseguenza un ridimensionamento della potenza degli impianti di riscaldamento e raffrescamento.

In secondo luogo diventa indispensabile cercare di recuperare l'originaria funzione degli impianti preesistenti e, qualora questi non fossero pienamente efficienti, prevedere l'affiancamento di nuove tecnologie, compatibili ed integrabili con quelle storiche.

Nel caso in cui riattivare la funzionalità dei vecchi impianti non fosse possibile (o non fosse tecnicamente vantaggioso) si ritiene però comunque inopportuno dismetterli o sostituirli; piuttosto, considerato il loro valore di testimonianza storica utile alla comprensione dell'evoluzione tecnologica e sociale nel corso dei secoli, diventa indispensabile restaurarli e lasciarli *in situ*.

Infine, per quanto concerne le indispensabili aggiunte impiantistiche, è sicuramente necessario operare in maniera tale da integrarle nella fabbrica, nel pieno rispetto delle sue caratteristiche estetiche formali.

5.5 Realizzazione e integrazione degli impianti nell'architettura storica

5.5.1 Il riadeguamento impiantistico nel restauro

Secondo il Vocabolario del Accademici della Crusca [4], l'impianto è "il primo assetto e il primo fornimento necessario" ad una qualsivoglia attività, indispensabile, quando riferito ad una costruzione, "per poterla decentemente abitare" [5].

Oltre a ciò, gli impianti recano in sé una propria istanza storica ed estetica che comporta, inevitabilmente, un'analisi che dovrà andare oltre la compatibilità fra patrimonio storico-culturale, impianti e comfort.

Appare quindi la complessità di operare un restauro corretto che permette la fruizione del bene, rendendone possibile il godimento da parte dell'utente, e al contempo ne conservi e trasmetta al futuro la testimonianza storica.

L'intervento di restauro ha nel tempo mutato le sue finalità, focalizzandosi non più sulla mera conservazione del bene abitativo, ma cercando, in primo luogo, di assicurare all'utente un adeguato livello di comfort, accessibilità e sicurezza, coadiuvato dalle moderne tecnologie impiantistiche.

Capita spesso che la ricerca del soddisfacimento dei requisiti prestazionali e il rispetto dei vincoli normativi portino in secondo piano la tutela di quei requisiti storico-conservativi fondamentali in ogni atto di restauro. Per ottenere un completo recupero del bene storico, e quindi della sua funzionalità, diventa indispensabile procedere con una preventiva analisi conoscitiva capace di indirizzare il progetto verso la destinazione d'uso più consona. Questa dovrà quindi essere frutto di una attenta osservazione e comprensione del bene, e non imposta a priori dal committente: in questa ottica il rilievo degli spazi, dei materiali e degli impianti segnerà la via da percorrere per la restituzione dell'opera alla sua funzione. Le proposte di riadeguamento tecnologico necessarie alla fruizione dell'edificio, dovranno nascere da queste osservazioni, in relazione alla modificabilità: il rispetto delle mura storiche e dei prospetti, lo spessore dei solai e gli ambienti ridotti rendono difficile l'innervamento impiantistico che risulta essere assolutamente indispensabile poiché tali edifici risultano caratterizzati da precarie condizioni di comfort e igiene.

L'adeguamento normativo e igienico-sanitario prevede l'inserimento di nuove installazioni ove assenti, o in sostituzione di quelle obsolete e mal funzionanti, mettendo a rischio, per i mutati carichi, la statica dell'intera fabbrica, qualora non si effettuasse la corretta progettazione.

Altri danni possibili sono da ascrivere alla scelta e gestione degli impianti che, se non oculate, potrebbero andare a discapito delle caratteristiche termoigrometriche dei materiali costruttivi originari, nonché degli eventuali elementi decorativi di pregio, annullando di fatto gli effetti benefici che si potrebbero avere nella conservazione degli stessi.

Il maggiore impatto rimane tuttavia quello visivo, nonostante negli ultimi anni l'industria si stia operando nella realizzazione di macchinari di dimensione ridotta e terminali esteticamente integrabili in un contesto storico.

Disporre di un sistema impiantistico funzionale ed efficiente diventa un'esigenza abitativa della società moderna, da perseguire sempre e comunque nel rispetto dei caratteri storico-culturali dell'edificio.

5.5.2 Cenni sulla progettazione di impianti in edifici storici.

Una delle principali carenze dell'edilizia storica è rappresentata dalla presenza di sistemi di riscaldamento non idonei o insufficienti per il soddisfacimento delle esigenze attuali. I vecchi sistemi a camino o a stufa, eventualmente con canalizzazioni per il riscaldamento di più ambienti, richiedono un'alimentazione continua che mal si adatta all'odierno stile di vita. Tuttavia la prassi ormai consolidata di installare impianti di riscaldamento centralizzato può risultare dannosa per edifici storici. Contrariamente a quanto succedeva con i tradizionali metodi di riscaldamento, al moderno impianto viene richiesto il mantenimento di una temperatura costante di circa 20°C, che nel lungo periodo può causare un degrado fisico-chimico nei materiali in opera, specialmente in quelli lignei, costituenti capriate, travature dei solai, infissi. Per arginare tale fenomeno sarebbe quindi opportuno, negli edifici in muratura con orizzontamenti tradizionali in legno, regolare il livello di calore. Durante la realizzazione di un nuovo impianto centralizzato si incorre immancabilmente nel problema del passaggio dei tubi e della collocazione dei corpi radianti e, nel caso di ex novo, diventa opportuno cercare di rendere il sistema di distribuzione meno invasivo possibile. In generale in questa fase è necessario fare riferimento alla norma UNI 10829 "Beni di interesse storico artistico. Condizioni ambientali di conservazione". Le soluzioni di articolazione dell'impianto sono numerose e variegate: si può ricorrere, in base alla convenienza, ad un unico metodo oppure abbinare più sistemi, specialmente in caso di edifici articolati o con particolari destinazioni d'uso, capaci di lavorare ciascuno in

maniera autonoma e circoscritta, in modo da rendere possibile un uso diversificato degli stessi, a seconda delle esigenze. Il posizionamento della centrale termica non sempre risulta semplice all'interno di un contesto tutelato, essendo soggetta anche alle norme sulla sicurezza. È comunque consigliabile collocarla fuori dall'edificio e lontano da esso, qualora se ne presenti la possibilità. Questa soluzione è la più adatta anche in caso di utilizzo di pompe di calore. Tuttavia la realizzazione di un impianto centralizzato in un edificio storico può talvolta presentare difficoltà tali da risultare incompatibile con la fabbrica, rendendo necessario l'utilizzo di radiatori e stufe elettrici o a gas.

L'impianto di climatizzazione risulta il sistema più efficiente per il controllo della temperatura negli edifici storici, consentendo la regolazione automatizzata anche di altri fondamentali parametri quali l'umidità relativa e la purezza dell'aria, necessaria al raggiungimento di un adeguato livello di comfort ambientale e fisiologico. Particolarmente valida nel caso di edifici ad alta percentuale di utenti, la climatizzazione favorisce la conservazione di affreschi, dipinti, arredi, pavimentazioni e strutture lignee.

Spesso ci si trova dinanzi alla necessità di inserire nuovi apparecchi sanitari in vecchie fabbriche di pregio. In questo caso le soluzioni vanno studiate in base alle esigenze dell'utenza e in base agli spazi a disposizione. La disponibilità di ambienti, spesso inutilizzati, riscontrabile all'interno di un edificio più ampio, consente di scegliere la migliore ubicazione dei nuovi servizi.

Per quanto riguarda gli impianti elettrici, la loro aggiunta successiva alla costruzione è spesso testimoniata dalla presenza di fili a treccia, protetti da un involucro in canapa, esterni alla parete e fissati ad essa tramite isolatori di porcellana. Tale conformazione impiantistica non presenta un adeguato grado di sicurezza contro incendi e infortuni, né tantomeno risulta in grado di supportare gli utilizzi energetici oggi necessari; tuttavia se si dovesse realizzare un impianto capace di reggere la grande potenza elettrica richiesta dalle nuove esigenze di sicurezza, tecnologiche e di comfort, la dimensione dei cavidotti renderebbe necessaria la realizzazione di ampie tratte sottomurarie. La norma CEI 64-15 "Impianti elettrici negli edifici pregevoli per rilevanza storica e/o artistica", suggerisce il ricorso a linee completamente esterne alla muratura, protette da apposite canalette in PVC, necessarie ad assicurare all'impianto il corretto grado di sicurezza.

6 Un caso applicativo: l'edificio CRS

Il Centro Ricerche Sotacarbo - CRS è situato a Carbonia, nel sud-ovest della Sardegna, all'interno della area denominata Grande Miniera di Serbariu.

Gli edifici afferenti al CRS occupano una superficie utile coperta pari a circa 1800 metri quadrati suddivisa tra laboratori, uffici, archivi e servizi tecnologici, e sono inseriti all'interno di un'area attrezzata aperta di circa 10000 metri quadri che comprende un'area denominata Piattaforma Pilota, ospitante gli impianti sperimentali, l'area verde e i parcheggi.

L'edificio principale è una costruzione del periodo anteguerra, risalente alla fine degli anni '30, di cui riporta fortemente le caratteristiche costruttive. Esso fa parte di una serie di fabbriche dalle robuste ossature in cemento armato che all'epoca furono realizzate per sostenere la produzione della miniera di carbone di Serbariu, chiusa poi a metà degli anni '60. In particolare vennero realizzate una centrale elettrica, gli uffici, le officine, la lampisteria e la laveria, nonché i vari servizi annessi, tra cui l'infermeria, i magazzini. L'edificio oggetto di questo studio fu allora costruito come "Magazzino materiali".

Nell'ultimo decennio l'area complessiva, ormai preda di un totale abbandono, è stata oggetto di un ripristino urbanistico da parte del Comune di Carbonia, che ha destinato i vari edifici a musei, uffici, e centri di cultura. I vari interventi hanno previsto però solo in maniera marginale azioni di efficientamento energetico.

Lo scopo di questo studio, di cui il presente report costituisce uno step preliminare, è lo sviluppo di un progetto di riqualificazione energetica dell'edificio principale che ospita il Centro Ricerche Sotacarbo, che possa dare spunto per individuare delle linee guida per edifici risalenti alla stessa epoca che prevedano una destinazione di uso simile.

In questa annualità si è proceduto a un esame delle varie tecniche adoperate per un intervento che presuma il restauro, riuso e efficientamento energetico di edifici storici, e si è eseguita una prima raccolta dati sull'immobile del CRS.

6.1 Inquadramento dell'edificio

6.1.1 L'intervento di ripristino urbanistico

Il Centro Ricerche Sotacarbo fa parte del complesso di edifici della Grande Miniera di Serbariu e la sua costruzione risale agli anni 1938-39. Nel 2002 l'edificio ha subito un intervento di ristrutturazione importante, realizzato per permettere il riuso dello stabile destinandolo ad ospitare uffici e laboratori. Il CRS è ospitato all'interno dell'ex Magazzino materiali ed è considerato un edificio identitario e soggetto pertanto a vincoli definiti dalla Soprintendenza. L'edificio è racchiuso in un'area individuata dal P.R.G. del Comune di Carbonia come zona "S" di circa 13.360 mq. Il Magazzino materiali si distingueva dagli altri edifici interni al complesso della Miniera per il prospetto principale in cui la pietra (trachite) è stata mantenuta faccia a vista e nei prospetti laterali è stata usata nella zoccolatura sempre a vista e nelle scansioni tra un finestra e l'altra. Il prospetto principale era dotato di grande portale in ferro che immetteva in un largo corridoio collegato in passato a una corte interna. Il prospetto principale della corte interna in cui si trovava l'uscita è tutto in muratura di trachite faccia a vista mentre i due laterali con sola zoccolatura in trachite.

Il progetto ha previsto di ripristinare il manufatto mantenendo il più possibile le caratteristiche originarie dell'edificio, abbattendo i corpi di fabbrica costruiti negli anni '50, come la copertura della corte centrale ed i locali nella parte posteriore del fabbricato (esposti a sud). Alla struttura dei vecchi magazzini è stata annessa una nuova costruzione dedicata all'officina meccanica realizzata in calcestruzzo armato prefabbricato intonacata come gli edifici esistenti, collegata alla struttura principale da un cunicolo che immette nell'ala destra adibita a laboratori.



Foto 6.1. Facciata principale dell'ex Magazzino materiali prima dell'intervento di ripristino



Foto 6.2. Interno della struttura prima dell'intervento di ripristino

La struttura portante del corpo di fabbrica è rimasta l'originale degli anni '30 ed è costituita da pareti portanti in pietra naturale; la muratura perimetrale esterna è stata risanata con intonaco strutturale isolante, mentre la muratura portante interna è stata intonacata con calce e gesso. Le aggiunte ex novo che riguardano il corpo a sud che sovrasta il locale interrato e il corpo centrale dell'auditorium sono in muratura a doppia parete con isolamento interno in polistirene estruso.



Foto 6.3. Ex Magazzino dei materiali dopo l'intervento di ripristino per il riuso

La copertura è stata realizzata di tipo a capanna, più abbaini, con tegole marsigliesi; le capriate sono state risanate e riutilizzate, e la copertura completata con pannelli in laterocemento con controsoffitto in pannelli di cartongesso. Antecedentemente alla ristrutturazione, l'edificio aveva le coperture completamente decadute e si mantenevano in alcuni casi intatte solamente le strutture portanti composte

da capriate in calcestruzzo armato. Il solaio di base è costituito da un vespaio debolmente areato, isolato con polistirene, mentre i solai di copertura dei due corpi paralleli di apertura e chiusura della struttura hanno una tettoia piana realizzata in laterocemento con travetti prefabbricati e pignatte laterizie.

All'interno della corte centrale è presente una nuova costruzione adibita a sala conferenze completamente indipendente da laboratori e uffici. La copertura di tale area è realizzata con una struttura in travi principali e orditura secondaria, in legno lamellare, completa di tavolato in legno di abete rosso, coibentata e finita con tegole di rame.

Relativamente alle superfici trasparenti, l'edificio principale e l'annessa officina meccanica presentano esclusivamente vetri singoli. La superficie totale finestrata dell'edificio principale è pari a circa 135 mq, composta sia da finestre apribili solo parzialmente a vasistas, che da vetrate fisse; quella dell'officina meccanica è di circa 50 mq. Gli infissi esterni finestrati sono in parte in legno e in parte in acciaio: si tratta in entrambi i casi di infissi di vecchia generazione. Tutti i locali ad uso continuativo sono dotati di adeguata superficie finestrata.



Foto 6.4. Superfici vetrate e portone

Gli infissi di accesso principali (portoni) dell'edificio principale sono in vetro e acciaio con lamiera singola zincata per una superficie totale di circa 80 mq, mentre l'officina è dotata di portone con ante a libro realizzate con telaio interno perimetrale in profilo d'acciaio zincato e rivestito nelle due facce da lamiera pre-verniciata.

6.1.2 Il riuso della struttura

Sulla base della destinazione d'uso dei vari ambienti, l'area del Centro Ricerche Sotacarbo può essere suddivisa in tre blocchi principali:

- un primo blocco costituito dall'edificio principale, su cui è stato eseguito l'intervento di ristrutturazione ed è oggetto del presente studio, con locali adibiti a uffici, laboratori, archivio e sale riunioni e conferenze (vedi Figura 6.5);
- un secondo blocco costituito dal locale di nuova costruzione, adibito ad officina meccanica,
- un terzo blocco che comprende le aree aperte, quali l'area della Piattaforma Pilota, che alloggia gli impianti sperimentali ed i services ad essa collegati, i parcheggi e le aree di accesso e verdi.

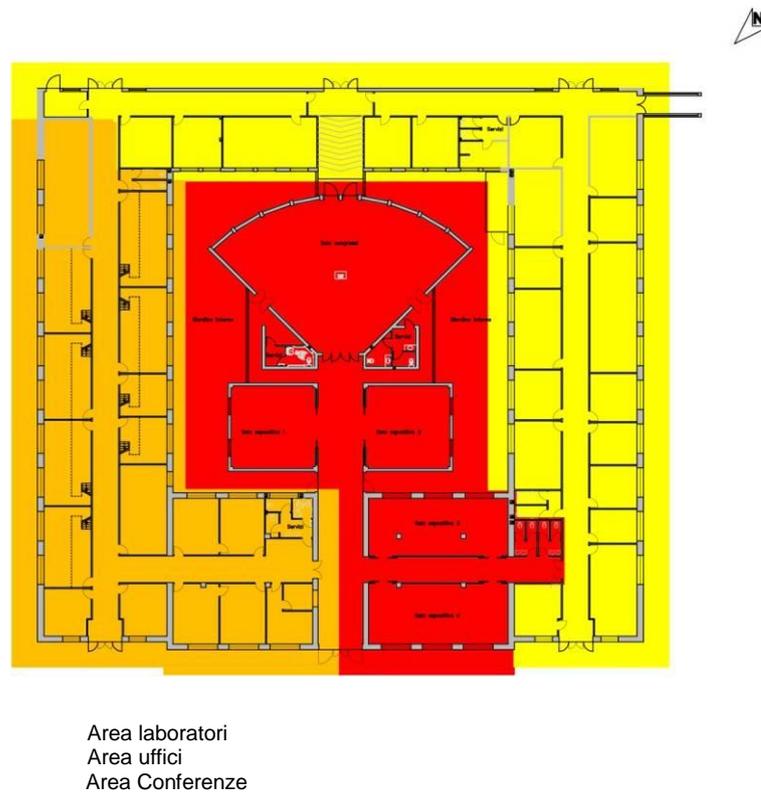


Figura 6.5. Usi funzionali della struttura principale

L'edificio storico ha una superficie utile di 1430 mq. Nell'ala esposta a NE sono collocati gli uffici e nell'ala a SE/SO i laboratori, mentre una parte del corpo centrale preesistente insieme alla nuova struttura occupante la ex corte interna ospitano l'area conferenze.

L'ala destinata agli uffici è articolata in singoli locali collegati tra loro da un corridoio interno. La maggior parte degli ambienti è a doppia altezza, ricavata attraverso soppalchi in acciaio che coprono i 2/3 della superficie, posti ad un'altezza di 2,5 m c.a. dalla quota pavimento e raggiungibili con scale interne a L in ferro parallele alla muratura del corridoio interno.

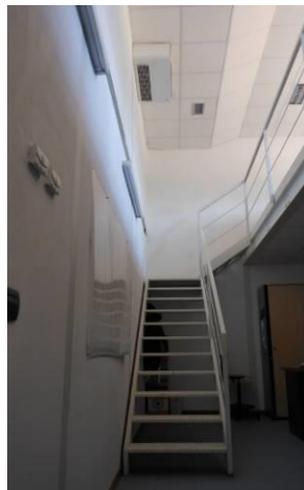


Foto 6.6. Interno degli uffici: accesso al soppalco

La zona laboratori è suddivisa in locali mediante pareti modulari mobili (locale-locale) o tramezzi in muratura tradizionale (locale-corridoio).

Nella corte interna è stato realizzato ex novo un Auditorium da 100 posti con i relativi servizi, e due sale espositive caratterizzate da ampie aperture finestrate che mostrano una piccola area verde in cui sono inserite. In Allegato 1 è riportata una planimetria con l'identificazione dei diversi ambienti.

La parte con maggior utilizzo da parte del personale è quella che ospita gli uffici ed è costituita da 17 ambienti.

L'illuminazione degli ambienti avviene attraverso lampade a fluorescenza di dimensione e potenze differenti.

L'edificio è fornito di un sistema di condizionamento dell'aria, del tipo ad unità centrale, alloggiata all'esterno dell'edificio, con ventilconvettori ubicati ciascun locale destinato ad ufficio o laboratorio, in aderenza all'intradosso del controsoffitto, ad un'altezza di c.a. 5,15 m dalla quota pavimento.

6.2 Andamento dei consumi elettrici

Sono riportati in Figura 6.7 i dati relativi ai consumi elettrici mensili relativi al periodo Aprile 2010 - Marzo 2015, espressi graficamente per semplicità di confronto, dedotti dai dati riportati nelle bollette della fornitura elettrica.

Per valutare l'impatto stagionale sui consumi elettrici, gli stessi dati sono riportati in figura 6.8 suddivisi per periodi invernale, primaverile/autunnale, estivo.

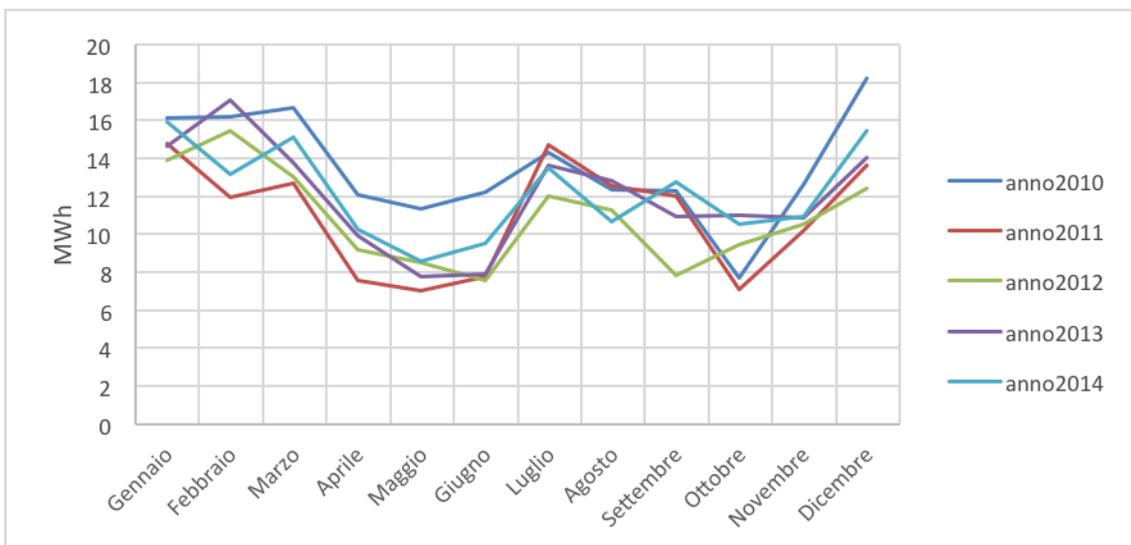


Figura 6.7 Andamento dei consumi elettrici dal 2010 al 2014

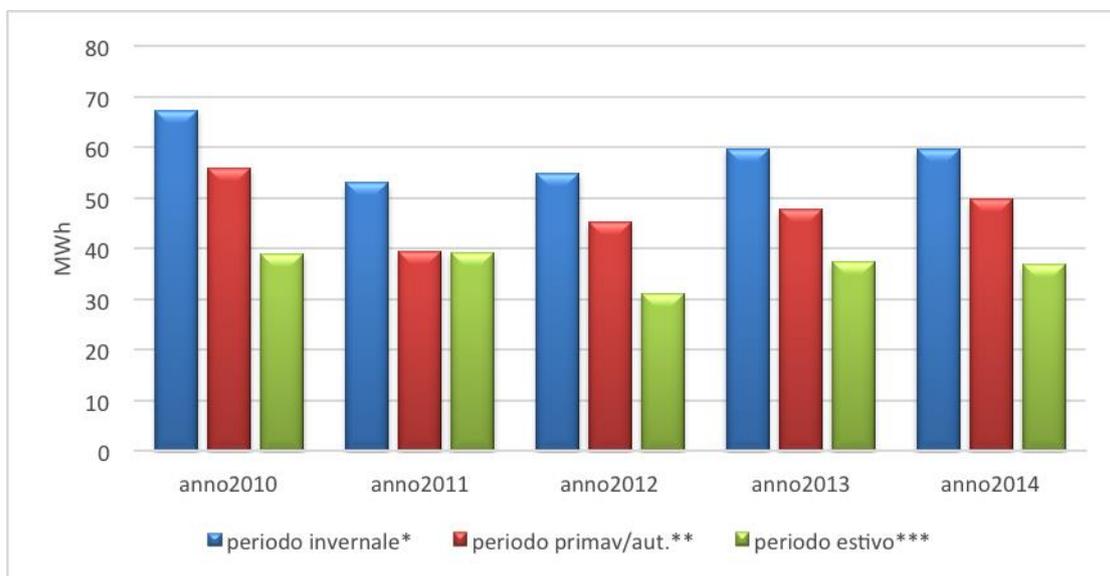


Figura 6.8 Consumi elettrici suddivisi per periodo stagionale

Inoltre, relativamente al periodo Aprile 2014 - Marzo 2015, è stata eseguita una distinzione dei consumi per fascia oraria sulla base dei dati riportati nelle bollette elettriche, riportata in forma grafica in Figura 6.9.

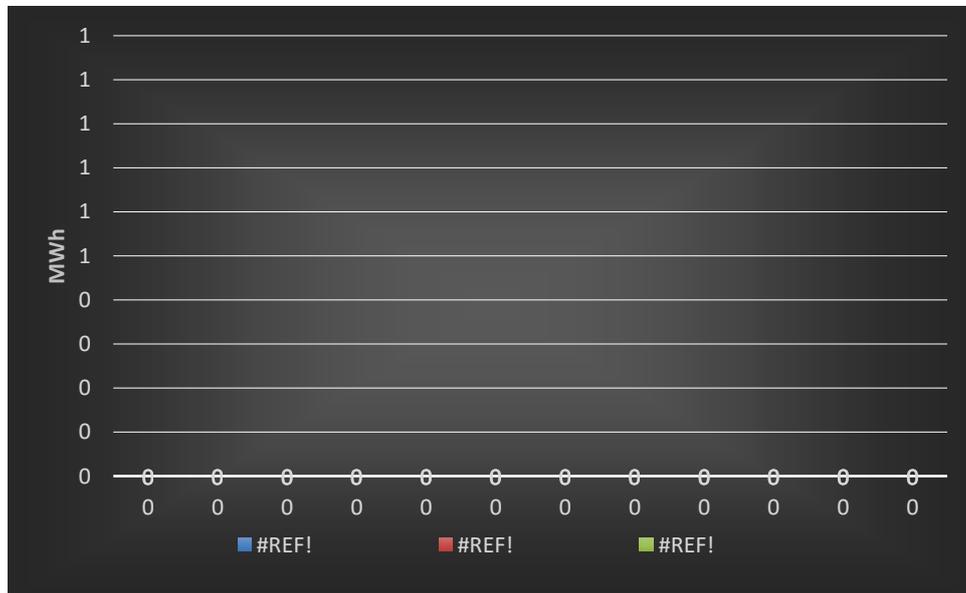


Figura 6.9 Consumi per fascia oraria

Ancora, i dati dei consumi medi annuali riferiti al periodo Aprile 2010-Marzo 2015 sono riportati graficamente in Figura 6.10 in relazione alle macroaree funzionali individuate in base alla destinazione d'uso (uffici, laboratori e officina meccanica, area conferenze).

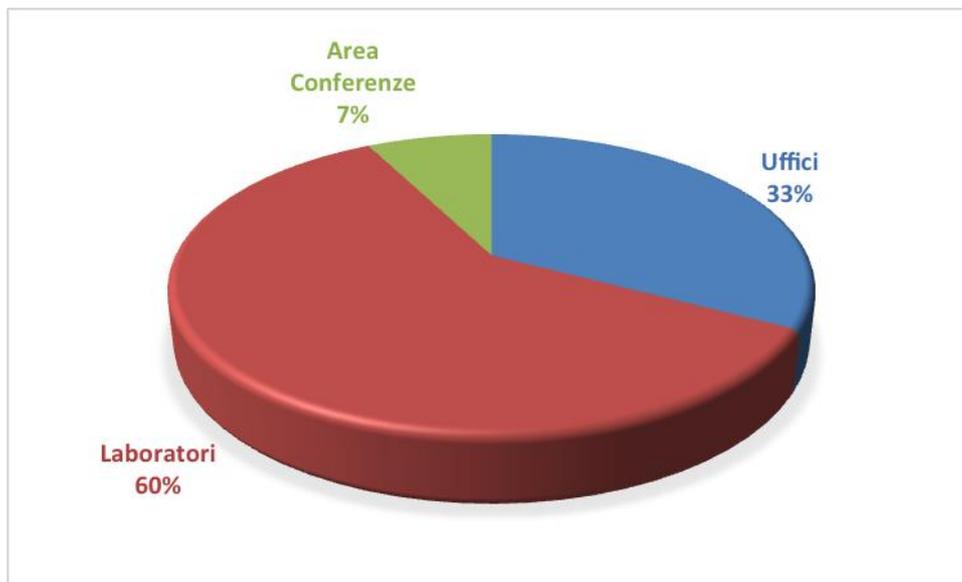


Figura 6.10 Consumi elettrici per macroaree funzionali

Per ogni macroarea funzionale, sulla base della stima delle ore di funzionamento delle utenze elettriche riportate nello specifico al paragrafo precedente, i consumi elettrici sono riportati in Figura 6.11-12-13 per tipologia di utenza.

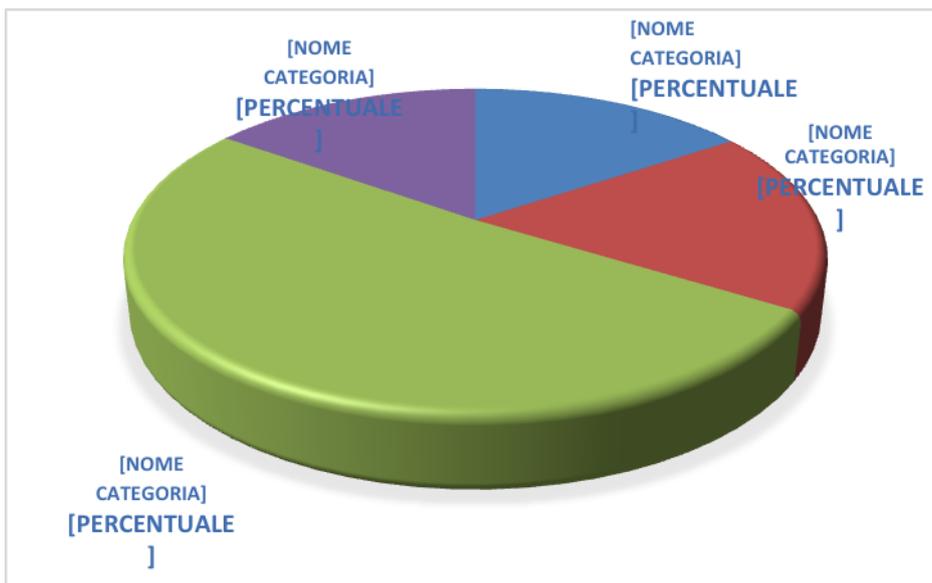


Figura 6.11 Ripartizione dei consumi elettrici negli uffici per tipologia di utenza

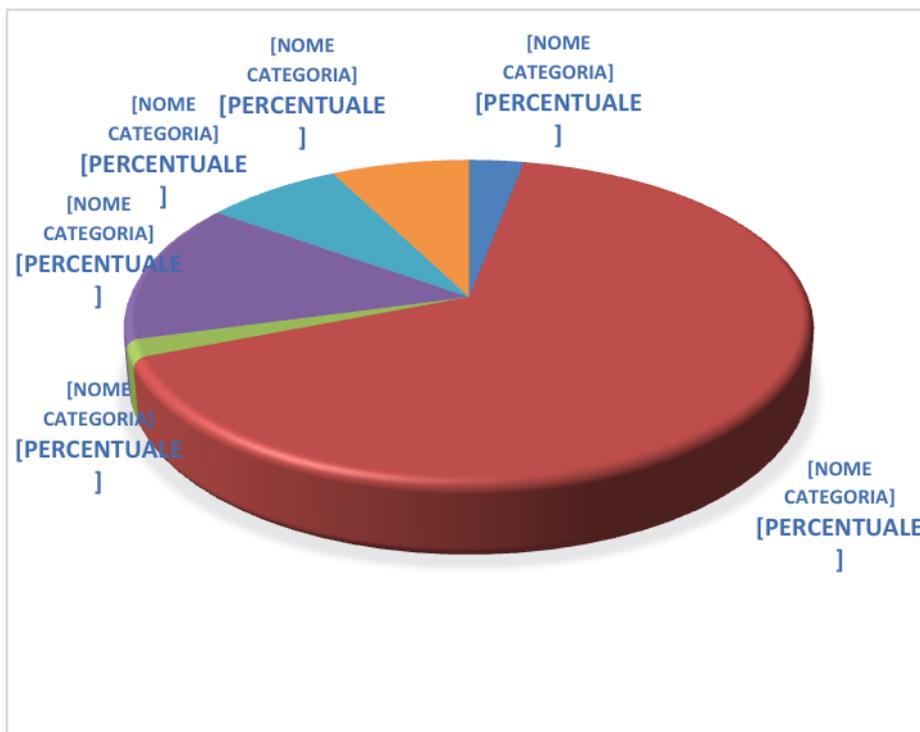


Figura 6.12 Ripartizione dei consumi elettrici nei laboratori per tipologia di utenza

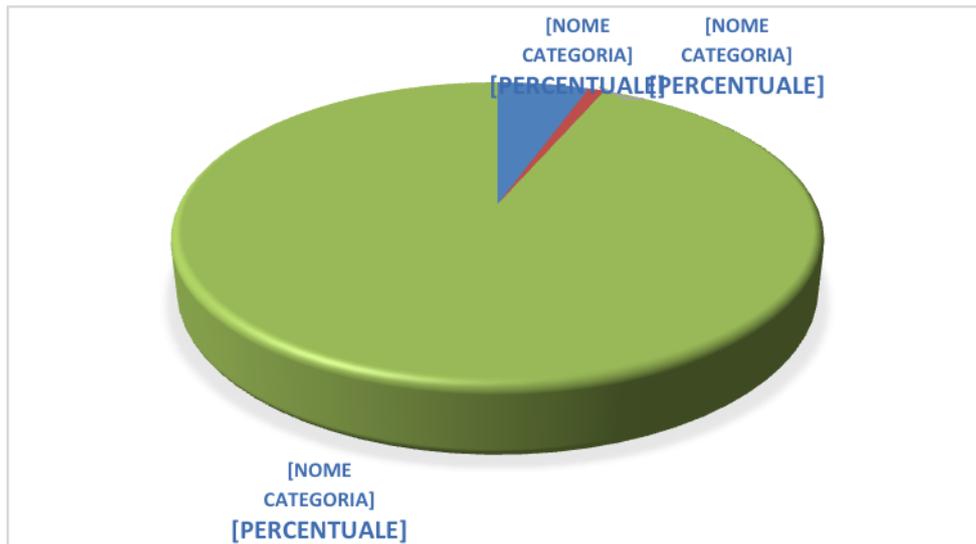


Figura 6.13 Ripartizione dei consumi elettrici nell'area conferenze per tipologia di utenza

6.3 Valutazione dei costi

Per completezza, in Figura 6.14, relativo al periodo Marzo 2014 - Aprile 2015, è riportato l'andamento dei costi in bolletta relativi al solo prezzo dell'energia elettrica (deducendo dal costo complessivo le voci di imposte, oneri di sistema, maggiorazioni, accise e IVA etc.).

La ripartizione dei costi della sola energia elettrica, per lo stesso periodo considerato, per le tre macroaree funzionali, e per le utenze delle rispettive aree è riportato nelle Figure 6.14-15-16-17-18.

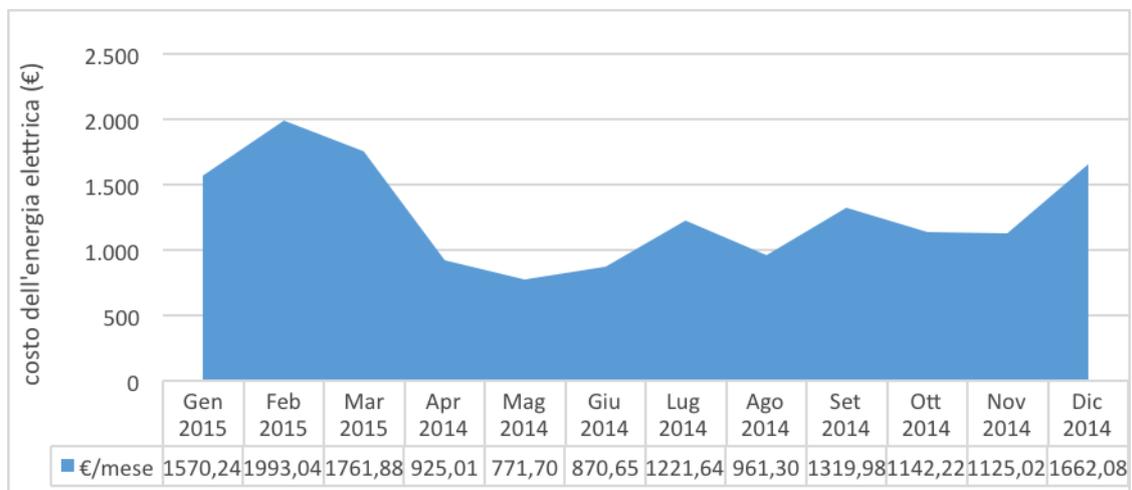


Figura 6.14 Andamento del prezzo della energia elettrica

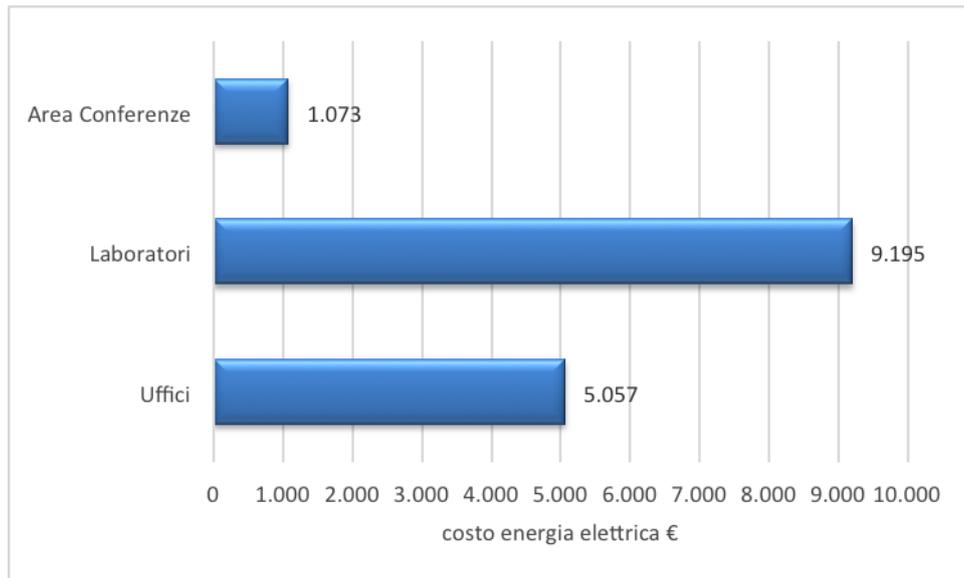


Figura 6.15 Ripartizione dei costi per energia elettrica per macroaree funzionali

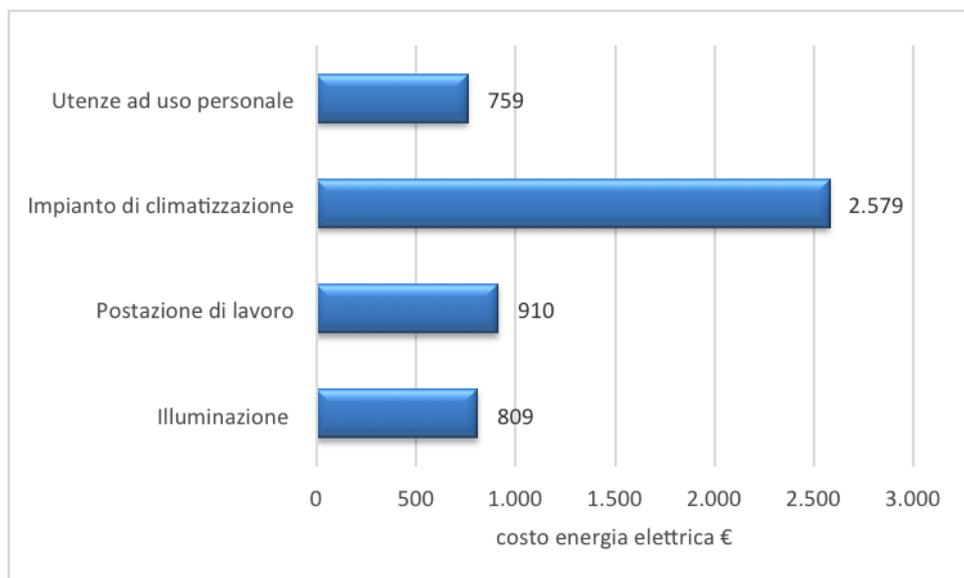


Figura 6.16 Ripartizione dei costi per energia elettrica per utenze, area uffici

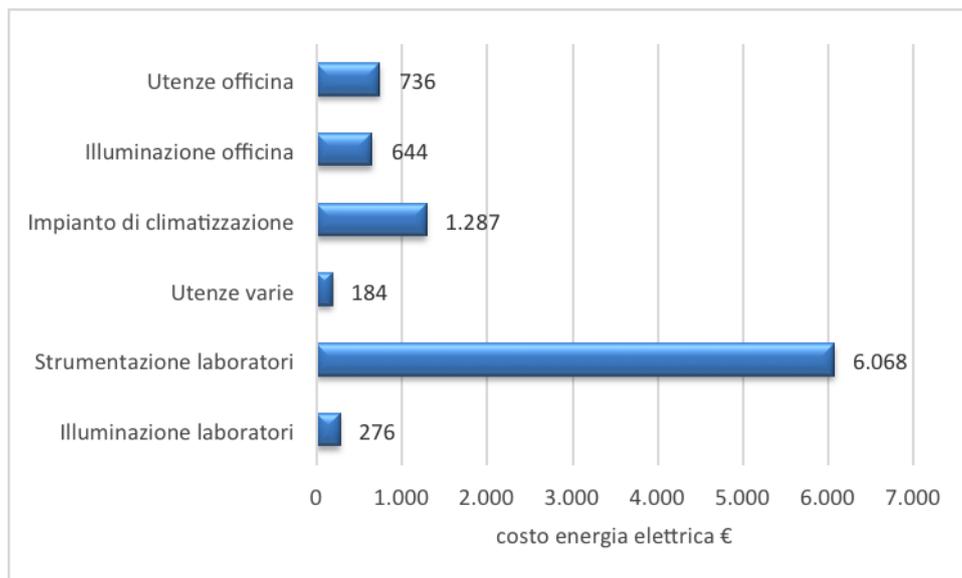


Figura 6.16 Ripartizione dei costi per energia elettrica per utenze, area laboratori

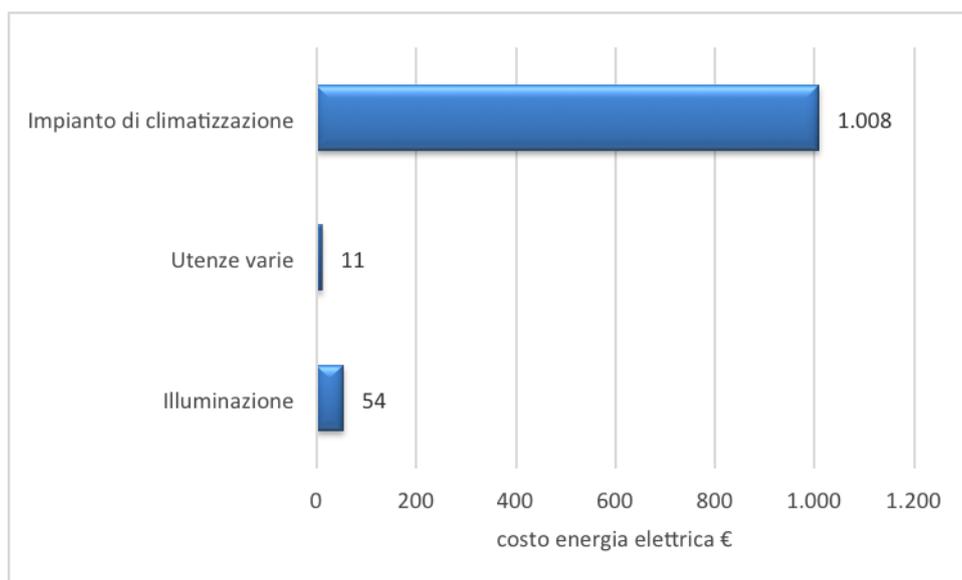


Figura 6.17 Ripartizione dei costi per energia elettrica per utenze, area conferenze

6.4 Qualità degli ambienti interni

I fattori ambientali più importanti per garantire il benessere e il contenimento dei consumi energetici in ambienti interni sono il microclima interno, la concentrazione di sostanze inquinanti disperse nell'aria e depositate sulle superfici, la qualità e l'intensità luminosa e acustica.

La qualità degli ambienti interni è il risultato sinergico delle soluzioni progettuali, della scelta dei materiali da costruzione e degli arredi e delle modalità di funzionamento, manutenzione e controllo degli impianti. La gestione della qualità degli ambienti interni (Indoor Environmental Quality - IEQ) richiede dunque una strategia integrata di monitoraggio, verifica e ottimizzazione delle diverse componenti dell'ambiente, dalla fase preliminare del progetto, alla realizzazione e all'utilizzo e manutenzione dell'edificio.

Attraverso i parametri fisico-ambientali, quali la temperatura, l'umidità relativa, l'acustica, la qualità dell'aria, l'illuminazione e la ventilazione, viene determinata la sensazione di comfort,

come complessa risposta di un insieme di fattori ambientali, dell'ambiente fisico e dei servizi ma anche delle condizioni fisiologiche individuali, come la salute e le relazioni sociali.

Al fine di una caratterizzazione climatica, è necessario procedere all'analisi di qualità degli ambienti interni che prevede il monitoraggio continuo dei parametri indoor.

A tale scopo, in questa annualità, sono state acquisite una serie di unità equipaggiate di sensori per la misura dei parametri ambientali fondamentali (temperatura interna e esterna, umidità relativa, grado di illuminamento e concentrazione di CO₂ nell'ambiente). È stata dunque effettuata una indagine preliminare di parametri climatici caratterizzanti "indoor" (in particolare temperatura interna, umidità relativa, concentrazione CO₂ e illuminamento) e "outdoor" (temperatura esterna).

Tramite il rilevamento della temperatura in corrispondenza delle pareti esterne e interne ai locali si è potuto valutare il gradiente di temperatura dovuto alla presenza della muratura.

I rilievi in questa prima fase sono stati eseguiti a campione sui locali con diverse destinazioni d'uso e/o ubicazioni differenti in particolare: 2 locali ad uso ufficio, 1 locale ospitante il centro di calcolo e 2 locali adibiti a laboratorio (laboratorio di analisi elementare e immediata e laboratorio generale).

Le misurazioni sono avvenute in continuo per 24 ore in assenza di personale, nelle ore in cui i terminali di lavoro e i sistemi di condizionamento risultavano spenti e/o in stand by e i serramenti e le porte chiuse. Pertanto non si è valutata, in questa prima fase, l'influenza degli occupanti. I risultati delle indagini preliminari sono riportati nell'Allegato 5 al presente report.

Caratteristiche degli strumenti di misura

Il sistema di monitoraggio acquistato è prodotto dalla Gemini Datalogger, distributore dei prodotti Tinytag, risultati da un'indagine di mercato affidabili e ottimali per applicazioni relative alla diagnosi ambientale degli edifici. Il sistema è costituito da più unità indipendenti (stand-alone), garantendo così la massima flessibilità di utilizzo e la possibilità di espandibilità futura della rete di monitoraggio. Ciascuna unità dotata di uno o più sensori è provvista di un sistema di acquisizione e registrazione dei dati. I dati memorizzati sullo strumento possono poi essere trasferiti via cavo su una unità centrale (un Personal computer) previa installazione del software in dotazione con lo strumento. Il software consente di avviare e arrestare lo strumento, di gestire le soglie di allarme e visualizzare e manipolare i dati.

I sensori sono caratterizzati da una elevata accuratezza e risoluzione di misura e una grossa capacità di immagazzinamento dati (variabile da 16000 a 32000 letture con tempi di campionamento da 1 sec a 10 giorni, possibilità di lettura per periodi sino a 45 giorni).

Di seguito si riporta una breve descrizione dei vari componenti:

- **TGU 4500 Tinytag Ultra 2 (3 unità):** datalogger con sensori di temperatura e umidità integrati (-25 to +85°C/0 to 95% RH) per interni (IP53) caratterizzati da bassi gradi di umidità; sensore di temperatura montato internamente di tipo 10K NTC Thermistor con risoluzione di lettura di 0,01°C o superiore; sensore di umidità montato esternamente di tipo capacitivo con accuratezza di $\pm 3,0\%$ RH a 25°C e risoluzione di lettura maggiore di 0,3% RH.



Figura 6.18 TGU 4500 Tinytag Ultra 2 per misure in ambienti interni

- **TGP-4500 Tinytag Plus 2 (1 unità):** datalogger con sensori di temperatura e umidità integrati (intervalli di misurazione -25 to +85°C/0 to 100% RH) per esterno (IP68) anche per elevati gradi di umidità; sensore di temperatura montato internamente di tipo 10K NTC Thermistor con risoluzione di lettura di 0,01°C o superiore; sensore di umidità montato esternamente di tipo capacitivo con accuratezza di $\pm 3,0\%$ RH a 25°C e risoluzione di lettura maggiore di 0,3% RH.



Figura 6.19 TGU 4500 Tinytag Plus 2 per misure di temperatura e umidità all'esterno

- **Tinytag CO2Logger 0-2000 ppm (1 unità):** datalogger con sensore per monitoraggio della concentrazione di CO₂ in interno; range di temperatura di lavoro -20°C/+60°C; strumento auto-calibrante e dotato di sensore NDIR a infrarossi alimentato da rete elettrica; tempo di risposta inferiore a 195 s; risoluzione di lettura pari a 0,01 ppm; accuratezza pari a ± 50 ppm +2% del valore misurato.



Figura 6.20 Tinytag CO2Logger 0-2000 ppm

- **Tinytag Plus Re-Ed Voltage Input Logger (0-2.5/10/25V)**: alimentatore (con una tensione 0-10 V) per sensore esterno **LUX 34cv** per misura di temperatura e intensità della luce; range di lettura impostabile dall'utente da 0 a 10 000 lx per l'intensità luminosa e -50 /+50 °C per la temperatura; (l'elemento di misura della luce è un fotodiode mentre quello della temperatura è un Pt1000).



Figura 6.21 Tinytag Plus Re-Ed Voltage Input Logger



Figura 6.22 Sensore Lux 34 light level and temperature transmitter

7 Conclusioni

L'aumento del costo delle fonti energetiche fossili, i cambiamenti climatici e la rottura degli equilibri naturali, hanno chiaramente dimostrato la necessità di agire su diversi fronti, per mettere in atto un processo sostenibile di sviluppo. Il coinvolgimento in questo senso del patrimonio architettonico è derivato dall'analisi dei consumi energetici, che ha mostrato come le condizioni attuali degli edifici permettano ampi margini di miglioramento: l'ultimo Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica (RAEE) dell'ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) fornisce il quadro della situazione del sistema energetico italiano: il settore civile, nel 2013, ha assorbito il 39.1% dell'energia disponibile, prodotta per l'85% da fonti non rinnovabili, che contribuiscono ad incrementare la concentrazione di CO₂ in atmosfera.

La normativa in materia energetica, in continua evoluzione, si è fatta molto stringente in questi ultimi anni e, come diretta conseguenza, gli edifici di nuova costruzione sono energeticamente efficienti e spesso ricorrono a fonti energetiche rinnovabili. Il consumo, a scopi edificabili, di terreni agricoli: le nuove costruzioni andranno riducendosi e l'attenzione dovrà essere rivolta prioritariamente al patrimonio edilizio esistente o a verde, non potrà protrarsi a lungo: le nuove costruzioni andranno riducendosi e l'attenzione

dovrà essere rivolta prioritariamente agli patrimonio edilizio esistente. Un passo in questa direzione è già stato messo in opera, in quanto la normativa energetica include gli edifici esistenti, oggetto di ristrutturazione, nel suo ambito di applicazione. In questo modo tali costruzioni possono essere adeguate alle attuali esigenze, con prevedibili conseguenze positive sia in termini economici che ambientali. Quindi, mentre per ciò che riguarda il retrofit energetico degli edifici del secolo scorso le prescrizioni e i requisiti imposti sono chiari, la strada che porta agli edifici storici, perlopiù oggetto di vincoli architettonici, è stata ancora poco battuta e, al momento, il problema è stato affrontato facendo quasi esclusivamente riferimento al concetto di “deroga”. Infatti, sebbene da un lato un corretto intervento per la riduzione dei consumi energetici è fondamentale per tutte le tipologie di edifici, dall’altro la conservazione di un patrimonio edilizio attraverso il restauro avviene attraverso l’attribuzione di funzioni compatibili con le esigenze attuali che sono estranee alla logica con cui tale patrimonio è stato realizzato, e che comportano dunque delle trasformazioni che possono alterarne i caratteri originari. Da qui la deroga, durante la quale la ricerca che si colloca in questo contesto mira a definire un punto di incontro tra “sostenibilità” e “conservazione”. Fra le tipologie di intervento attuabili sulle preesistenze, da quelli prettamente conservativi a quelli distruttivi e di ricostruzione, sarà quindi necessario individuare le soluzioni più idonee per l’adattamento funzionale e l’adeguamento impiantistico. Concentrarsi sugli edifici storici è da sempre un ambito che pone forti limitazioni, ma è necessario superare la visione puramente conservativa optando per un approccio che ricorra a soluzioni “tipo”, sfruttando anche i continui progressi della tecnologia. È importante sottolineare che l’efficientamento energetico è un fondamentale passo da compiere per la conservazione del costruito storico, capace di favorirne la fruizione grazie ad una progettazione attenta non solo ai caratteri tecnologici impiantistici, ma anche alle antiche tipologie edilizie, alle tecniche costruttive storiche e ai materiali della tradizione.

Come caso studio di edificio storico è stato considerato il Centro Ricerche Sotacarbo.

Il Centro, inaugurato nel Maggio del 2008 si occupa principalmente della progettazione e della realizzazione di impianti pilota e dimostrativi di innovazione tecnologica, e di sviluppo di studi e sperimentazioni sulle nuove tecnologie per l’impiego del carbone, svolgendo la propria attività all’interno degli uffici, dei laboratori e dell’officina meccanica e usufruendo di tali spazi costantemente.

L’edificio, facente parte del complesso della Grande Miniera di Serbariu costruito tra il 1938 e il 1939, e riattato nel 2002, sorge all’interno dell’ex Magazzino Materiali ed è considerato un edificio identitario soggetto pertanto a vincoli definiti dalla Sovrintendenza. L’edificio è racchiuso in un’area individuata dal P.R.G. del Comune di Carbonia come zona S di circa 13.360 mq. Il Magazzino Materiali si distingueva dagli altri edifici interni al complesso della Miniera per il prospetto principale in cui la pietra – trachite è stata mantenuta faccia a vista e nei prospetti laterali è stata usata nella zoccolatura sempre a vista e nelle scansioni tra un finestra e l’altra.

Il progetto ha previsto il ripristino del manufatto mantenendo le caratteristiche originarie dell’edificio, abbattendo i corpi di fabbrica costruiti negli anni ’50, come la copertura della corte centrale ed i locali nella parte posteriore del fabbricato (esposti a sud).

Nonostante l’edificio sia stato oggetto di recupero nei primi anni duemila, tale intervento ha tenuto conto in maniera marginale di azioni a favore della sua prestazione energetica. Inoltre nel corso dell’indagine preliminare sulla struttura sono emerse diverse discordanze tra la progettazione esecutiva e l’effettiva realizzazione degli interventi. Ciò pertanto richiede, in una fase successiva, indagini orientate alla individuazione di difetti strutturali, visualizzazione di dispersioni termiche, verifica di funzionalità di riscaldamento, aerazione e climatizzazione.

In questa prima fase si è quindi proceduto a realizzare l’analisi dello stato della fabbrica, l’inventario delle utenze energetiche, l’integrazione tra i dati di consumo, una mappa dei consumi e dei costi elettrici.

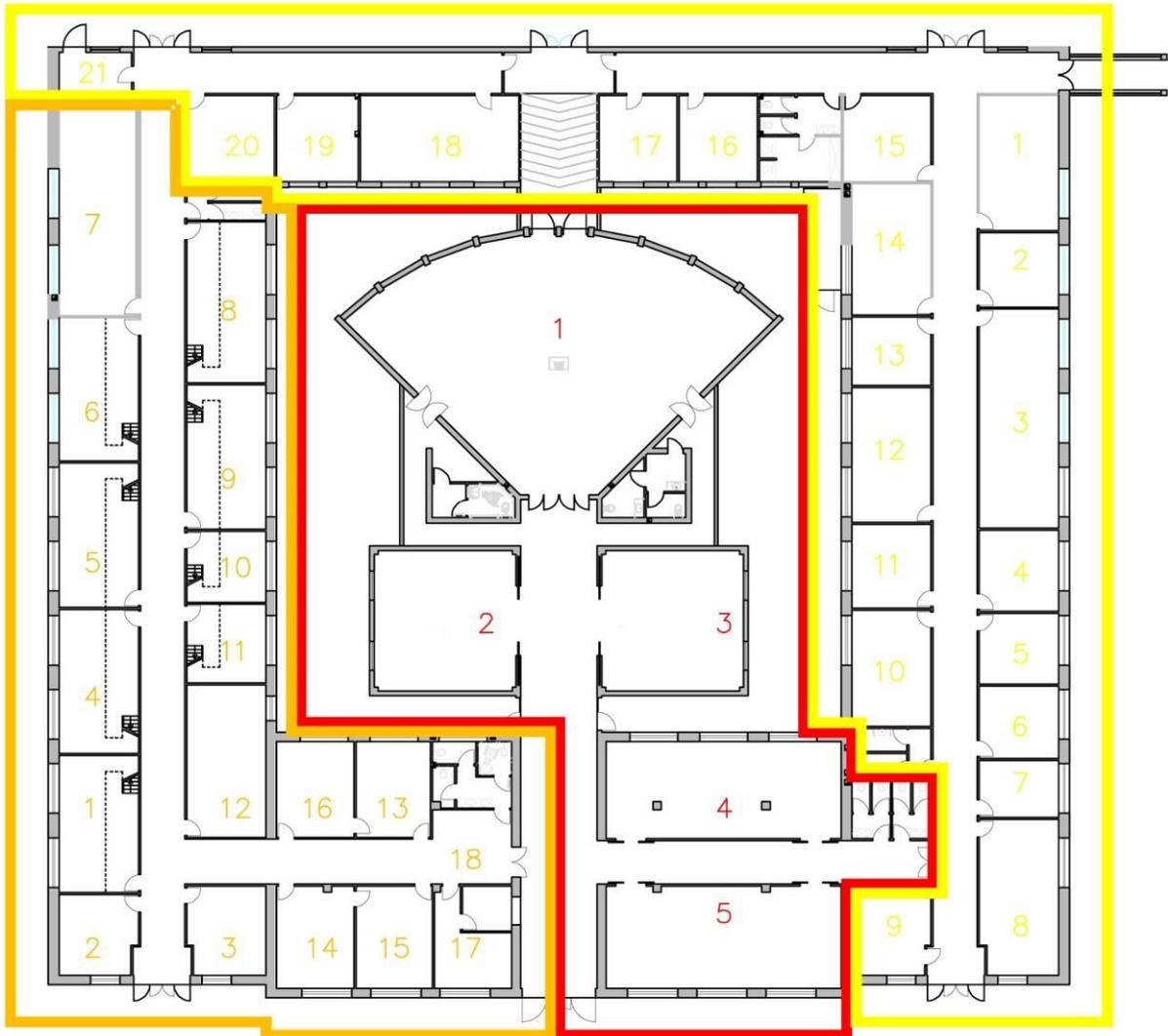
Solo a seguito di un’effettiva diagnosi energetica sarà possibile individuare le strategie per il risanamento dell’edificio che tengano conto dei vincoli a cui è sottoposto.

8 Riferimenti bibliografici

1. "Our Common future", World Commission on Environment and Development, 1987.
2. "Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici", art.2.
3. "Protocollo di Kyoto", art. 3, comma 1.
4. "Vocabolario degli Accademici della Crusca", vol. VIII, Le Monnier, Firenze. pp. 230-231. 1894.
5. N. Tommaseo, B. Bellini. "Nuovo Dizionario della Lingua Italiana", vol. II, parte II, UTET, Torino. 1869.

9 Allegati

9.1 Allegato 1: Planimetria Centro ricerche Sotacarbo



LABORATORI				UFFICI				CONGRESSI	
N stanza	Denominazione	N Stanza	Denominazione	N Stanza	Denominazione	N Stanza	Denominazione	N Stanza	Denominazione
1	Laboratorio 1	12	Laboratorio 9	1	Archivio	12	Centro di calcolo	1	Auditorium
2	Laboratorio 2	13	Laboratorio 10	2	Vice Presidenza	13	Saletta riunioni	2	Sala espositiva A
3	Laboratorio 3	14	Ufficio	3	Enea	14	Ufficio amm.ne	3	Sala espositiva B
4	Laboratorio 4	15	Sala quadri	4	Ufficio 4	15	Ufficio	4	Sala espositiva ZOE
5	Laboratorio 5	16	Macinazione carbone	5	Ufficio 5	16	Ufficio presidenza	5	Sala buffet
6	Laboratorio 6	17	Vuoto	6	Ufficio 6	17	Sala d'attesa		
7	Vuoto	18	Deposito rottami	7	Sala Riunioni	18	Disimpegno		
8	Deposito officina meccanica	19	Laboratorio analisi granulometrica	8	Ufficio 8				
9	Vuoto	20	Stoccaggio agenti/reagenti	9	Ufficio 9				
10	Laboratorio 7	21	Stoccaggio rifiuti tossici	10	Ufficio 10				
11	Laboratorio 8			11	Ufficio 11				

9.2 Allegato 2: Dati impianto condizionamento

AREA CONFERENZE				
Sala/stanza	numero	Modello	Potenza elettroventilatore (kW)	Anno di installazione
Sala auditorium	4	Eden WIND 70 (tipo a parete)	0.059	2007
	2	Eden WIND 60 (tipo a parete)	0.059	2007
Sala espositiva A	2	Eden WIND 60 (tipo a parete)	0.059	2007
Sala espositiva B	2	Eden WIND 60 (tipo a parete)	0.059	2007
Sala "buffet"	2	Eden WIND 80 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.13	2007
Sala "ZOE"	2	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007

UFFICI				
Sala/stanza	Numero	Modello	Potenza elettroventilatore (kW)	Anno di installazione
Stanza 1 Archivio	2	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
Stanza 2 Vice Presidenza	1	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
Stanza 3 Enea	1	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
Stanza 4 ufficio	2	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
Stanza 5 ufficio	2	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
Stanza 6 ufficio	3	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
Stanza 7 Sala riunioni	2	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
Stanza 8 ufficio	1	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
	1	Eden WIND 60 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.059	
Stanza 9 ufficio	2	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
Stanza 10 ufficio	1	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
Stanza 11 ufficio	1	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
Stanza 12 "Centro di calcolo"	1	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
	1	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	
Stanza 13 saletta riunioni	1	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
Stanza 14 ufficio amm.ne	1	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
Stanza 15 ufficio	1	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
Stanza 16 Presidenza	1	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
Stanza 17 sala d'attesa e stanza fotocopiatore	2	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007

LABORATORI				
Sala/stanza	numero	Modello	Potenza ventilconvettore (kW)	Anno di installazione
1 Laboratorio	1	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
2 Laboratorio CHN-S	2	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
3 Laboratorio preparazione campioni	3	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
4 sala produzione acqua distillata	1	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
5 Laboratorio GM	1	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
6 stanza "vuota"	1	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
7 "magazzino"	1	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
8 Deposito officina meccanica	2	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
9 infermeria	0			2007
10 Laboratorio "gaia"	1 (tipo a parete posizionati a soffitto)	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
11 Laboratorio "calorimetro"	1 (tipo a parete posizionati a soffitto)	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
12 Laboratorio "chimica generale"	1 (tipo a parete posizionati a soffitto)	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
13 Laboratorio "porosimetro"	1 (tipo a parete posizionati a soffitto)	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
14 Ufficio	1 (tipo a parete posizionati a soffitto)	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
15 sala quadri				
16 Macinazione carbone	1 (tipo a parete posizionati a soffitto)	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
17 magazzino mixer	1 (tipo a parete posizionati a soffitto)	Eden WIND 40 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.035	2007
18 saletta ricreativa	1 (tipo a parete posizionati a soffitto)	Eden WIND 50 (tipo a parete posizionati soffitto)	0.048	2007
19 stanza vuota	0			
20 laboratorio ZOE	0			
21 stanza vuota	0			

9.3 Allegato 3 Schema corpi illuminanti

UFFICI						
Sala/stanza	Descrizione	Numero corpi illuminanti	Tipologia lampada	Numero lampade per corpo illuminante	Potenza media assorbita per lampada (W)	Potenza totale corpi illuminanti (kW)
Stanza 1 Archivio	Corpo illuminante quadrato	6	fluorescenza	4	18	0.432
	Corpo illuminante singolo	2	fluorescenza	1	58	0.116
Stanza 2 Vice Presidenza	Corpo illuminante quadrato	2	fluorescenza	4	18	0.144
Stanza 3 Enea	Corpo illuminante quadrato	2	fluorescenza	4	18	0.144
Stanza 4 ufficio	Corpo illuminante quadrato	6	fluorescenza	4	18	0.432
	Corpo illuminante singolo	2	fluorescenza	1	58	0.116
Stanza 5 ufficio	Corpo illuminante quadrato	6	fluorescenza	4	18	0.432
	Corpo illuminante singolo	2	fluorescenza	1	58	0.116
Stanza 6 ufficio	Corpo illuminante quadrato	6	fluorescenza	4	18	0.432
	Corpo illuminante singolo	2	fluorescenza	1	58	0.116
Stanza 7 Sala riunioni	Corpo illuminante doppio	4	fluorescenza	2	58	0.464
Stanza 8 ufficio	Corpo illuminante quadrato	6	fluorescenza	4	18	0.432
	Corpo illuminante singolo	2	fluorescenza	1	58	0.116
Stanza 9 ufficio	Corpo illuminante quadrato	6	fluorescenza	4	18	0.432
	Corpo illuminante singolo	2	fluorescenza	1	58	0.116

Stanza 10 ufficio	Corpo illuminante quadrato	4	fluorescenza	4	18	0.288
	Corpo illuminante singolo	1	fluorescenza	1	58	0.058
Stanza 11 ufficio	Corpo illuminante quadrato	4	fluorescenza	4	18	0.288
	Corpo illuminante singolo	1	fluorescenza	1	58	0.058
Stanza 12 "Centro di calcolo"	Corpo illuminante doppio	3	fluorescenza	2	58	0.348
Stanza 13 saletta riunioni	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 14 ufficio amm.ne	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 15 ufficio	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 16 Presidenza	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 17 sala d'attesa e stanza fotocopiatore	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Anditi uffici	Corpo illuminante singolo	17	fluorescenza	1	36	0.612
Bagni uomini	Corpo illuminante doppio	5	fluorescenza	2	18	0.180
Bagni donne	Corpo illuminante doppio	3	fluorescenza	2	18	0.108

LABORATORI						
Sala/stanza	Descrizione	Numero corpi illuminanti	Tipologia lampada	Numero lampade per corpo illuminante	Potenza media assorbita per lampada (W)	Potenza totale corpi illuminanti (kW)
Stanza 1 Laboratorio	Corpo illuminante doppio	3	fluorescenza	2	58	0.348
Stanza 2 Lab. CHN-S	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 3 laboratorio	Corpo illuminante doppio	5	fluorescenza	2	58	0.580
Stanza 4 laboratorio	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 5 laboratorio	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 6 laboratorio	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 7 deposito	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 8 magazzino	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 9 vuota						
Stanza 10 lab Gaia	Corpo illuminante doppio	3	fluorescenza	2	58	0.348
Stanza 11 Lab	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 12 Lab	Corpo illuminante doppio	3	fluorescenza	2	58	0.348
Stanza 13 Lab	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 14 ufficio	Corpo illuminante doppio	3	fluorescenza	2	58	0.348
Stanza 15 quadri elettrici	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 16	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 17	Corpo illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Stanza 18	Corpo illuminante doppio	3	fluorescenza	2	58	0.348
Stanza 19	Corpo illuminante doppio	1	fluorescenza	2	58	0.116
Stanza 20	Corpo					

	illuminante doppio	2	fluorescenza	2	58	0.232
Anditi laboratori	Corpo illuminante singolo	17	fluorescenza	1	36	0.612
Bagni lato sud	Corpo illuminante doppio	4	fluorescenza	2	18	0.144
Bagni lato ovest	Plafoniera tonda	2	Risparmio energetico	1	18	0.036
Officina	Corpo illuminante quadrato	12	fluorescenza	4	58	2.640
	Corpo illuminante doppio	3	fluorescenza	2	36	0.216
	Corpo illuminante singolo	3	fluorescenza	1	36	0.108
	Corpo illuminante doppio	3	fluorescenza	2	18	0.108
	Corpo illuminante doppio	3	fluorescenza	2	58	0.348

AREA CONGRESSI						
Sala/stanza	Descrizione	Numero corpi illuminanti	Tipologia lampada	Numero lampade per corpo illuminante	Potenza media assorbita per lampada (W)	Potenza totale corpi illuminanti (kW)
Auditorium	Plafoniera tonda	22	Risparmio energetico	1	18	0.396
Aula 1	Plafoniera tonda	2	Risparmio energetico	1	18	0.036
Aula 2	Plafoniera tonda	2	Risparmio energetico	1	18	0.036
Andito ingresso principale	Plafoniera tonda	14	Risparmio energetico	1	18	0.252
Andito auditorium	Corpo illuminante singolo	2	fluorescenza	1	36	0.072
Stanza buffet	Corpo illuminante quadrato	4	fluorescenza	4	18	0.288
Sala ZoE	Corpo illuminante singolo	2	fluorescenza	1	36	0.072
Bagno uomini lato nord	Corpo illuminante doppio	5	fluorescenza	2	18	0.180
Bagno donne lato nord	Corpo illuminante doppio	5	fluorescenza	2	18	0.180

9.4 Allegato 4 Dati utenze elettriche

UFFICI					
Sala/stanza	Numero Postazioni Lavoro	Potenza media assorbita per postazione: pc desktop +stampante (kW)	Potenza media assorbita altre utenze (kW)	Potenza media assorbita per ufficio	Utilizzo
Stanza 1 Archivio	1	0.35		0.35	Saltuario
Stanza 2 Vice Presidenza	1		0.05 (laptop)	0.05	Saltuario
Stanza 3 Enea	1	0.35	0.05 (laptop)	0.40	Saltuario
Stanza 4 ufficio	5	0.35		1.75	8 ore/giorno
Stanza 5 ufficio	4	0.35		1.4	8 ore/giorno
Stanza 6 ufficio	5	0.35		1.75	8 ore/giorno
Stanza 7 Sala riunioni		0	0.1 (laptop e videoproiettore)	0.1	Saltuario
Stanza 8 ufficio	4	0.35		1.4	8 ore/giorno
Stanza 9 ufficio	5	0.35		1.75	8 ore/giorno
Stanza 10 ufficio	1	0.35	0.05 (laptop)	0.4	8 ore/giorno
Stanza 11 ufficio	1	0.35	0.05 (laptop)	0.4	8 ore/giorno
Stanza 12 "Centro di calcolo"	3	0.35	0.05 (plotter)	1.1	3 ore/giorno
Stanza 13 saletta riunioni					
Stanza 14 ufficio amm.ne	2	0.35		0.70	8 ore/giorno
Stanza 15 ufficio	2	0.35		0.70	8 ore/giorno
Stanza 16 Presidenza	1	0.35		0.35	Saltuario
Stanza 17 sala d'attesa e stanza fotocopiatore			1.6 (fotocopiatore)		8 ore/giorno
18 Disimpegno			0.35 (erogatore H2O)		8 ore/giorno

Sala caffè		1.25 (distributore bevande e macchinetta caffè)	
------------	--	---	--

Sala/stanza	Strumento	Potenza (W)	Ore di utilizzo stimate
1 Laboratorio	Armadio per reagenti	120	0
	Micro gas cromatografo	3000	100
	Forno tubolare	3600	0
2 Laboratorio CHN-S	Termogravimetro	5700	120
	Bilancia	0,75	120
	Determinatore S	5500	240
	Determinatore CHN	3000	240
3 Laboratorio preparazione campioni	Bilancia	4	40
	Forno Binder	1600	8760
	Forno a muffola	3600	0
	Frullatore	250	10
	Setacciatore	430	800
	Ripartitore di campioni	6000	0
	Cappa aspirante	550	800
4 Laboratorio GM	Cappa aspirante	550	10
	Bagno termostatico	1500	20
	Generatore di Idrogeno	300	10
5 Sala produzione acqua distillata	Distillatore	4500	100
	Distillatore Nuve	3000	100
6 stanza "vuota"			
7 "magazzino"			
8 Deposito officina meccanica			
9 infermeria			
10 Laboratorio "gaia"	Cappa aspirante	550	10
11 Laboratorio "calorimetro"	Calorimetro	800	600
12 Laboratorio "chimica generale"	Titolatore automatico	30	100
	Agitatore	400	10
	Viscosimetro	22	40
	Bilancia	4	384
	PH-metro	560	100
13 Laboratorio "porosimetro"	Porosimetro		0
14 Ufficio	1 Postazione	350	8 h/giorno
15 sala quadri			
16 Macinazione carbone	Mulino a croce	1100	10
17 magazzino mixer			
18 saletta ricreativa	Microonde (4)	1000	120
	Frigorifero (3)	50	8760
19 stanza vuota			
20 laboratorio ZOE			
21 stanza vuota			
Sala/stanza	Numero Postazioni Lavoro	Potenza media assorbita per postazione: pc desktop +stampante (kW)	Ore utilizzo
Ufficio officina	3	0.35	Saltuario
Ufficio officina		Pompa di calore (3,8kW)	8 ore/giorno

Ufficio officina		Erogatore acqua (0,35kW)	Saltuario
------------------	--	-----------------------------	-----------

Area Congressi						
Sala/stanza	Numero Postazioni Lavoro	Potenza assorbita media per postazione: desktop +stampante (kW)	Potenza media assorbita altre utenze	Potenza media assorbita	Ore utilizzo	
Auditorium			0.1 (laptop e videoproiettore)	0.1	Saltuario	
Auditorium			0.2 (mixer audio)	0.2	Saltuario	

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 1	
Descrizione Apparecchio	ARMADIO PER REAGENTI
Marca – Tipo – Modello	SAFETYBOX
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	
Ubicazione	LABORATORIO 1
Quantità	1
Potenza nominale [W]	120 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	220/230 V
Corrente [A]	
Modalità di utilizzo h/anno	vengono utilizzati come semplici armadi e non collegati al sistema di ventilazione

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 1	
Descrizione Apparecchio	MICRO GAS CROMATOGRAFO
Marca – Tipo – Modello	SRA INSTRUMENTS – R3000
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2011 – No manutenzione ordinaria
Ubicazione	LABORATORIO 1
Quantità	1
Potenza nominale [W]	3000
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	
Corrente [A]	
Classe di rendimento	
Modalità di utilizzo h/anno	100 h *

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 1	
Descrizione Apparecchio	FORNO TUBOLARE
Marca – Tipo – Modello	NABERT HERM . R100/750/12
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008 -
Ubicazione	LABORATORIO 1
Quantità	1
Potenza nominale [W]	3600
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	230V
Corrente [A]	15,7
Classe di rendimento	
Modalità di utilizzo h/anno	0 h *

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 2	
Descrizione Apparecchio	TERMOGRAVIMETRO
Marca – Tipo – Modello	LECO TGA 701
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008 – non è prevista una manutenzione ordinaria
Ubicazione	LABORATORIO 2
Quantità	1
Potenza nominale [W]	5700 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	230 V
Corrente [A]	25 A
Modalità di utilizzo h/anno	120 h *

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 2	
Descrizione Apparecchio	BILANCIA
Marca – Tipo – Modello	ACCULAB SARTORIUS GROUP
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008 – non è prevista una manutenzione ordinaria
Ubicazione	LABORATORIO 2
Quantità	1
Potenza nominale [W]	0,75 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	230 V
Corrente [A]	
Classe di rendimento	
Modalità di utilizzo h/anno	120 h *

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 2	
Descrizione Apparecchio	DETERMINATORE S
Marca – Tipo – Modello	LECO TRUSPEC S
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008 – manutenzione annuale tecnico specializzato, semestrale personale di laboratorio
Ubicazione	LABORATORIO 2
Quantità	1
Potenza nominale [W]	5500 W
Potenza in stand-by [W]	4400 c.a.
Tensione [V]	200 – 240 V
Corrente [A]	25 A
Modalità di utilizzo h/anno	240h *

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 2	
Descrizione Apparecchio	DETERMINATORE CHS
Marca – Tipo – Modello	LECO TRUSPEC CHN
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008 – manutenzione annuale tecnico specializzato, semestrale personale di laboratorio
Ubicazione	LABORATORIO 8
Quantità	1
Potenza nominale [W]	3000 W
Potenza in stand-by [W]	2400 c.a.
Tensione [V]	230 V
Corrente [A]	12 A

Modalità di utilizzo h/anno	240 h *
-----------------------------	---------

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 3	
Descrizione Apparecchio	BILANCIA
Marca – Tipo – Modello	OHAUS ADVENTURER PRO AV3102C
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008 – non è prevista una manutenzione ordinaria
Ubicazione	LABORATORIO 3
Quantità	1 di 2
Potenza nominale [W]	4W
Potenza in stand-by [W]	4W
Tensione [V]	230V
Corrente [A]	
Classe di rendimento	
Modalità di utilizzo h/anno	40 h *

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 3	
Descrizione Apparecchio	FORNO
Marca – Tipo – Modello	BINDER
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	
Ubicazione	LABORATORIO 3
Quantità	1
Potenza nominale [W]	1600 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	230 V
Corrente [A]	
Classe di rendimento	
Modalità di utilizzo h/anno	8760 h *

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 3	
Descrizione Apparecchio	FORNO A MUFFOLA (temp. > 1000°C)
Marca – Tipo – Modello	GEFRAN 1001 – MOD. ZB 2
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008
Ubicazione	LABORATORIO 3
Quantità	1
Potenza nominale [W]	3600 W
Potenza in stand-by [W]	NON VIENE LASCIATO IN STAND BY
Tensione [V]	230 V
Corrente [A]	
Classe di rendimento	
Modalità di utilizzo h/anno	0

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 3	
Descrizione Apparecchio	FRULLATORE
Marca – Tipo – Modello	GIO'STYLE - BLENDER MOD. G017W
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2014
Ubicazione	LABORATORIO 3
Quantità	1
Potenza nominale [W]	250 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	
Corrente [A]	
Classe di rendimento	
Modalità di utilizzo h/anno	10

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 3	
Descrizione Apparecchio	SETACCIATORE
Marca – Tipo – Modello	RETSCH AS200
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008
Ubicazione	LABORATORIO 3
Quantità	1
Potenza nominale [W]	430 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	100-240 V
Corrente [A]	
Modalità di utilizzo h/anno	800 h *

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 3	
Descrizione Apparecchio	RIPARTITORE DI CAMPIONI
Marca – Tipo – Modello	RETSCH PT100
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008
Ubicazione	LABORATORIO 3
Quantità	1
Potenza nominale [W]	6000 W
Potenza in stand-by [W]	1800 W
Tensione [V]	100-240 V
Corrente [A]	18 – 26 A
Modalità di utilizzo h/anno	0

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 3	
Descrizione Apparecchio	CAPPA ASPIRANTE
Marca – Tipo – Modello	LABOSYSTEM 5005/2
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008
Ubicazione	LABORATORIO 3
Quantità	1 di 3
Potenza nominale [W]	550 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	380 V
Corrente [A]	
Classe di rendimento	
Modalità di utilizzo h/anno	800

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 4	
Descrizione Apparecchio	CAPPA ASPIRANTE
Marca – Tipo – Modello	LABOSYSTEM 5003/2
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008
Ubicazione	LABORATORIO 4
Quantità	1 di 3
Potenza nominale [W]	550
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	380
Corrente [A]	
Classe di rendimento	
Modalità di utilizzo h/anno	10

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 4	
Descrizione Apparecchio	BAGNO TERMOSTATATO
Marca – Tipo – Modello	TRM 740
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008
Ubicazione	LABORATORIO 4
Quantità	1
Potenza nominale [W]	1500 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	230 V
Corrente [A]	16 A
Classe di rendimento	
Modalità di utilizzo h/anno	20

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 4	
Descrizione Apparecchio	GAENERATORE DI IDROGENO (al serizio del GAS CROMATOGRAFO)
Marca – Tipo – Modello	SRA
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	
Ubicazione	LABORATORIO 4
Quantità	1
Potenza nominale [W]	300 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	
Corrente [A]	
Modalità di utilizzo h/anno	10

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 5	
Descrizione Apparecchio	DISTILLATORE
Marca – Tipo – Modello	ISCO
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008
Ubicazione	LABORATORIO 5
Quantità	1
Potenza nominale [W]	4500 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	230 V
Corrente [A]	
Classe di rendimento	
Modalità di utilizzo h/anno	100 h*

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 5	
Descrizione Apparecchio	DISTILLATORE
Marca – Tipo – Modello	NÜVE WATER DISTILLER ND4
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	
Ubicazione	LABORATORIO 5
Quantità	1
Potenza nominale [W]	3000 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	400 V
Corrente [A]	5-6 A
Modalità di utilizzo h/anno	100

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 10	
Descrizione Apparecchio	CAPPA ASPITANTE
Marca – Tipo – Modello	LABOSYSTEM 5003/2
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008
Ubicazione	LABORATORIO 7
Quantità	1 di 3
Potenza nominale [W]	550
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	380
Corrente [A]	
Modalità di utilizzo h/anno	10

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 10	
Descrizione Apparecchio	IMPIANTO GAIA
Marca – Tipo – Modello	
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2010
Ubicazione	LABORATORIO 7
Quantità	1
Potenza nominale [W]	5500
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	
Corrente [A]	
Modalità di utilizzo h/anno	0

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 11	
Descrizione Apparecchio	CALORIMETRO
Marca – Tipo – Modello	LECO AC 500
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008
Ubicazione	LABORATORIO 8
Quantità	1
Potenza nominale [W]	800 W
Potenza in stand-by [W]	180 W
Tensione [V]	115 – 230 V
Corrente [A]	1,6 – 3,2 A
Modalità di utilizzo h/anno	600 h *

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 12	
Descrizione Apparecchio	TITOLATORE AUTOMATICO
Marca – Tipo – Modello	CRISON PH BURETTE 24
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	
Ubicazione	LABORATORIO 9
Quantità	1
Potenza nominale [W]	30 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	
Corrente [A]	
Modalità di utilizzo h/anno	100

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 12	
Descrizione Apparecchio	AGITATORE - RISCALDATORE
Marca – Tipo – Modello	F 60
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	
Ubicazione	LABORATORIO 9
Quantità	2
Potenza nominale [W]	400 W
Potenza in stand-by [W]	20 W
Tensione [V]	230
Corrente [A]	
Classe di rendimento	
Modalità di utilizzo h/anno	10

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 12	
Descrizione Apparecchio	VISCOSIMETRO
Marca – Tipo – Modello	BROOLFIELD DV I - PRIME
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2013
Ubicazione	LABORATORIO 9
Quantità	1
Potenza nominale [W]	22 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	230 V
Corrente [A]	
Modalità di utilizzo h/anno	40 h *

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 12	
Descrizione Apparecchio	BILANCIA
Marca – Tipo – Modello	OHAUS – DVN 215 CD
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008
Ubicazione	LABORATORIO 9
Quantità	1 di 2
Potenza nominale [W]	4 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	12 V
Corrente [A]	
Modalità di utilizzo h/anno	384

*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio 12	
Descrizione Apparecchio	PH - METRO
Marca – Tipo – Modello	WTW 720
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	
Ubicazione	LABORATORIO 9
Quantità	1
Potenza nominale [W]	5,6 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	230 V
Corrente [A]	
Modalità di utilizzo h/anno	100

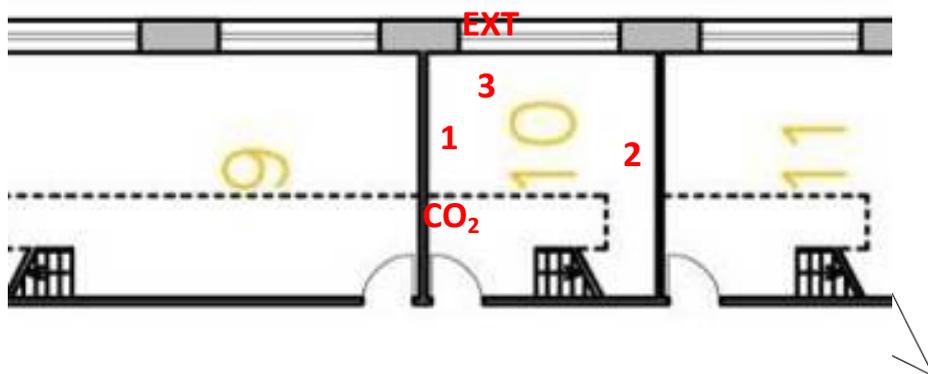
*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

CARICHI ELETTRICI – APPARECCHI laboratorio “Macinazione carbone”	
Descrizione Apparecchio	MULINO A CROCE
Marca – Tipo – Modello	RETSCH 5K 100
Anno di acquisto – Stato di manutenzione	2008
Ubicazione	MACINAZIONE CARBONE
Quantità	1
Potenza nominale [W]	1100 W
Potenza in stand-by [W]	
Tensione [V]	1 – 230 V
Corrente [A]	
Modalità di utilizzo h/anno	10 h*

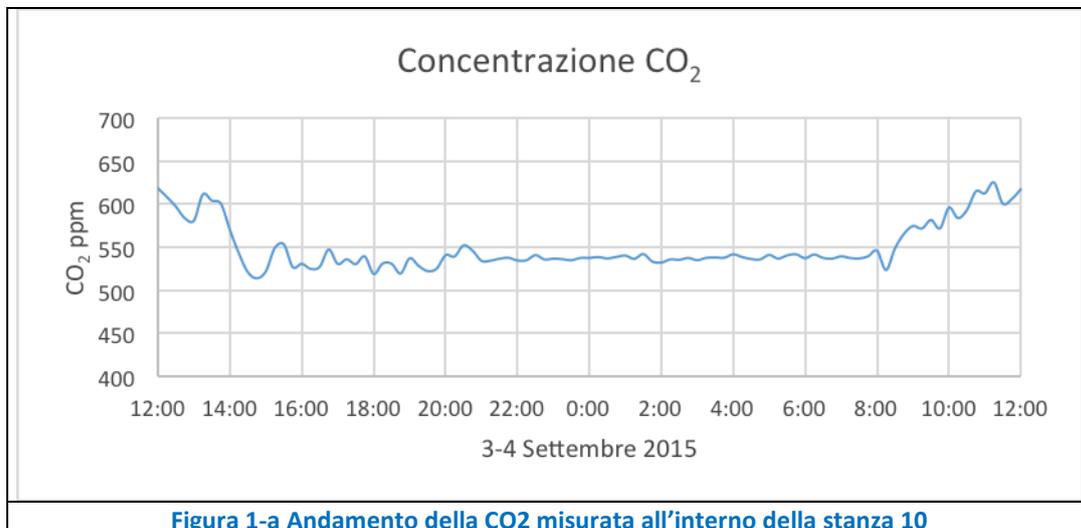
*i tempi di utilizzo sono stimati in base all'utilizzo effettivo dei macchinari nell'arco del periodo Aprile 2014/Marzo 2015

9.5 Allegato 5 Parametri ambientali – prime misurazioni

a) Stanza 10 (ufficio)



- | | | |
|-----|----------------------------|---------|
| EXT | cortile | interno |
| 1 | parete interna piano terra | |
| 2 | parete interna piano terra | |
| 3 | parete interna piano terra | |



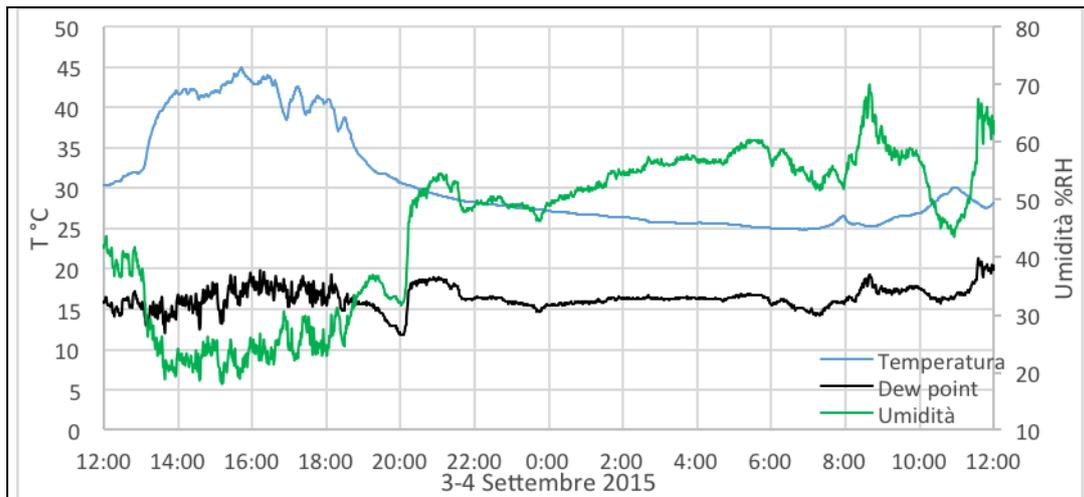


Figura 2-a Andamento di Temperatura, Umidità e Dew point misurati in posizione ext

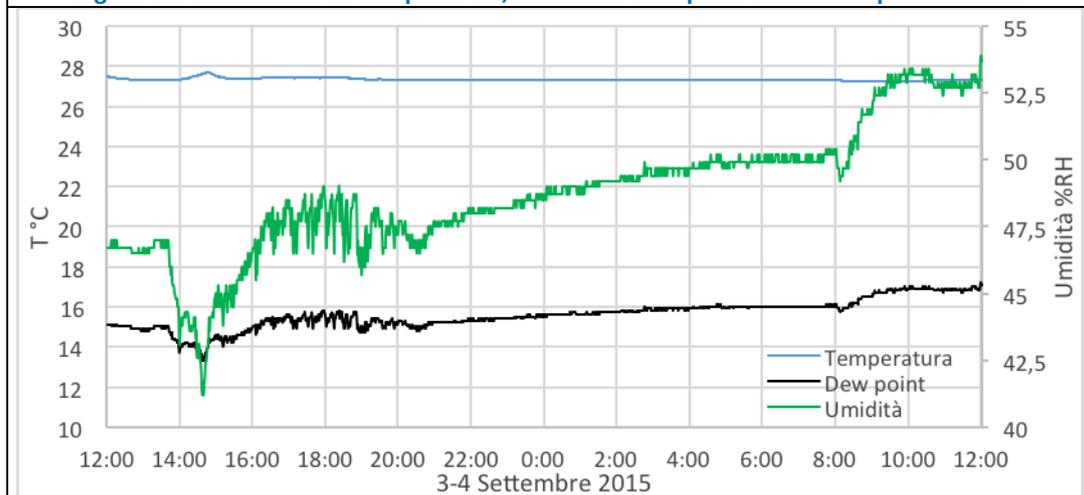


Figura 3-a Andamento di Temperatura, Umidità e Dew point misurati in posizione 1

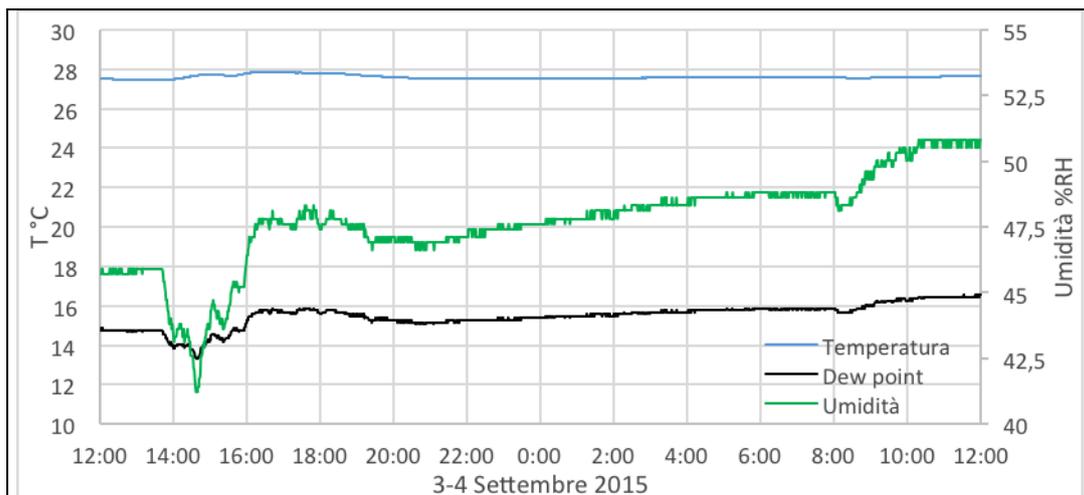
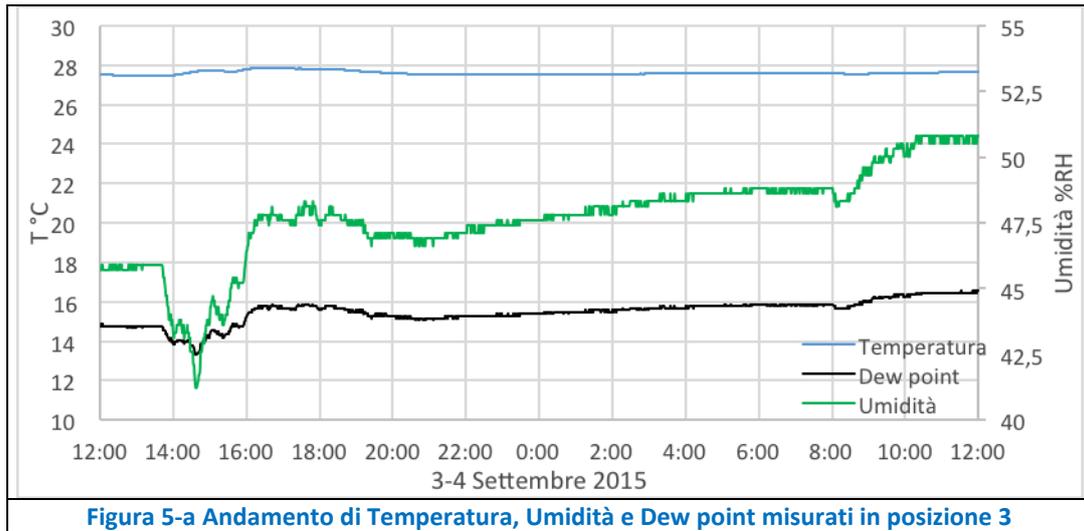
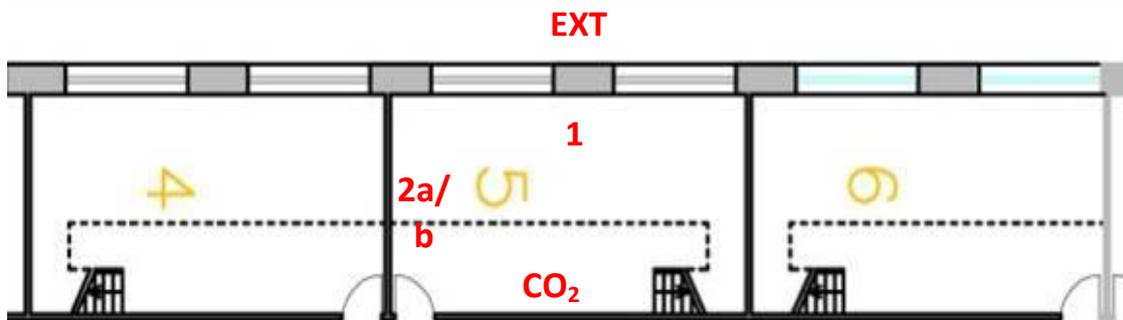


Figura 4-a Andamento di Temperatura, Umidità e Dew point misurati in posizione 2



b) stanza 5 (ufficio)



EXT	cortile			esterno
1	parete	interna	piano	terra
2a	parete	interna	piano	terra
2b	parete	interna	soppalco	

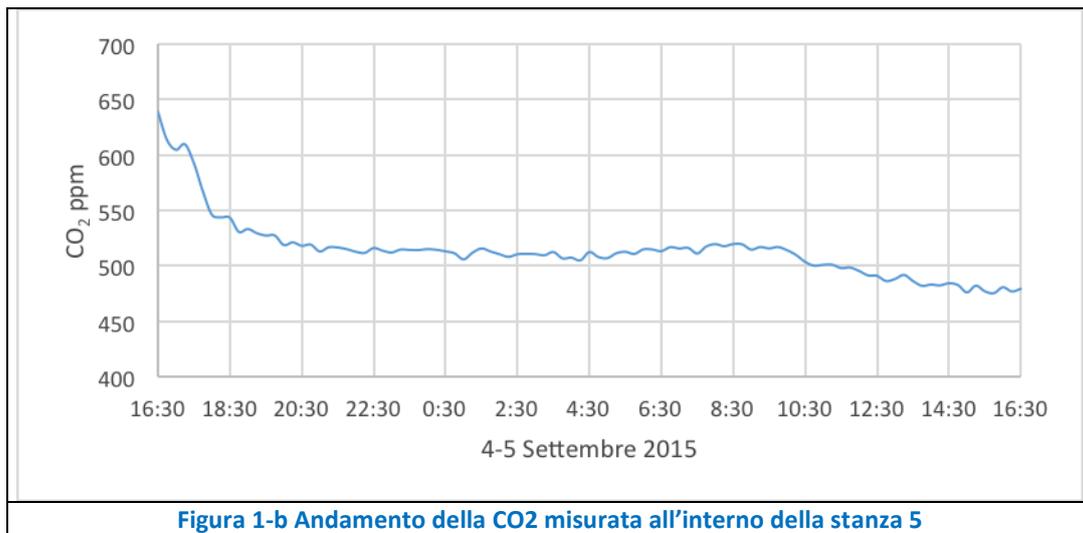
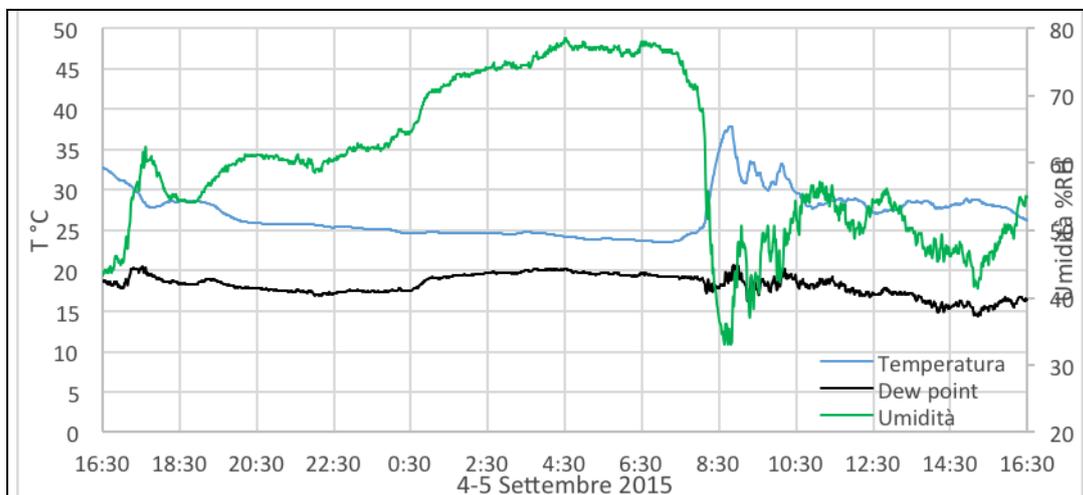
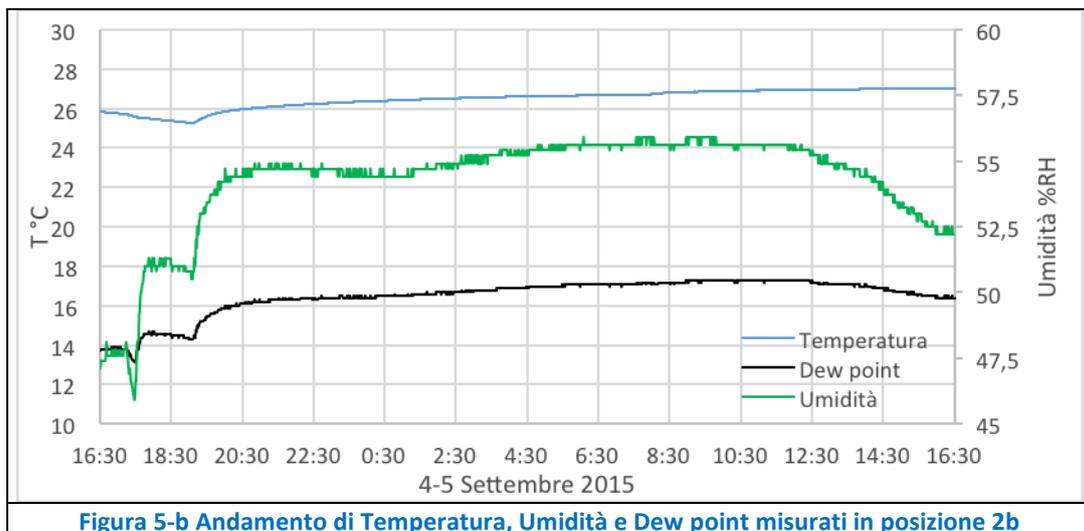
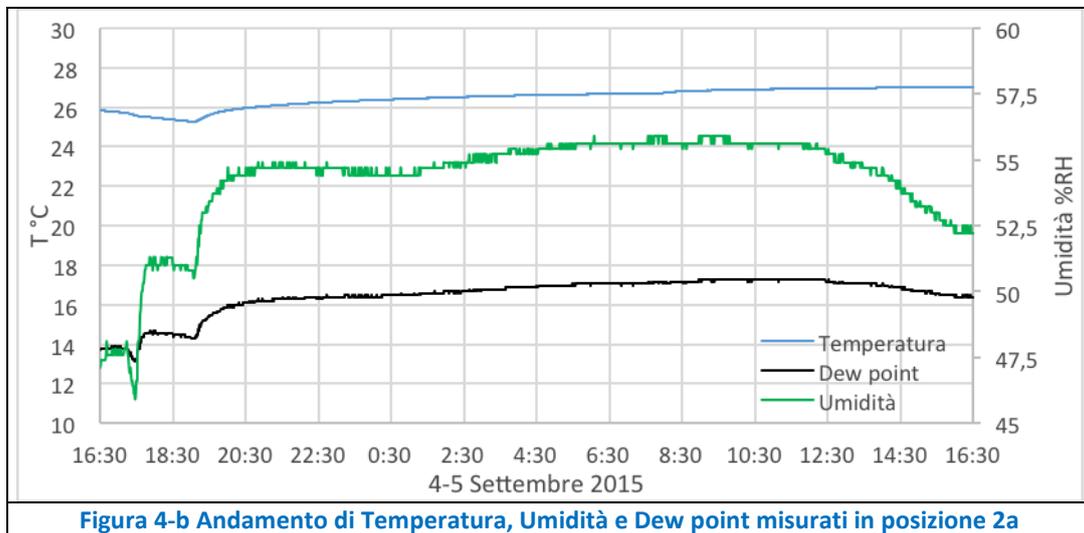
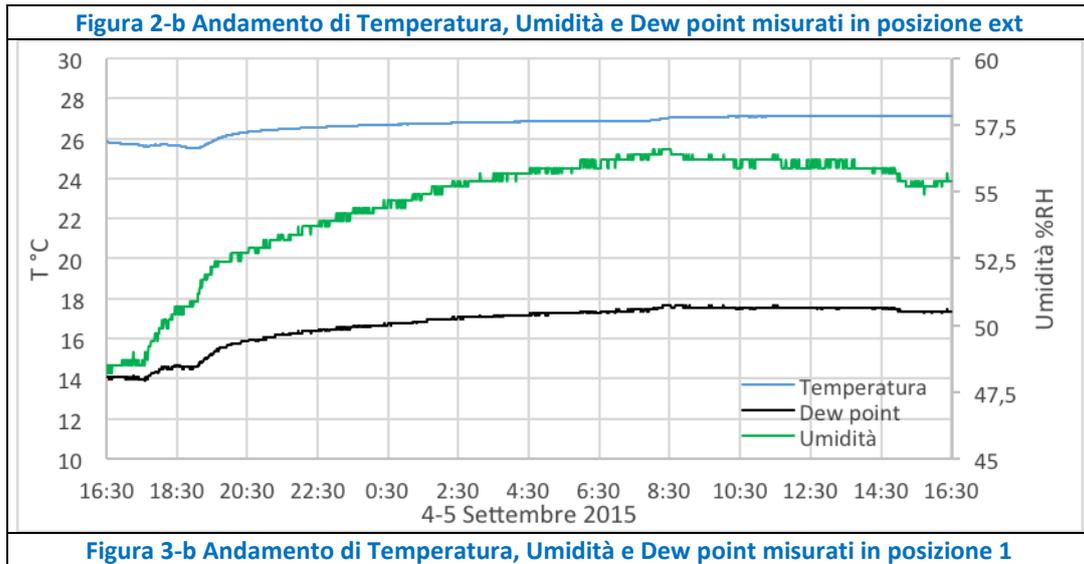
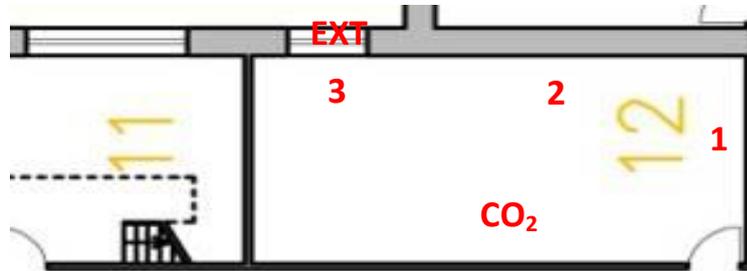


Figura 1-b Andamento della CO2 misurata all'interno della stanza 5





c) Stanza 12 (centro di calcolo)



EXT	cortile		interno	
1	parete	interna	piano	terra
2	parete	interna	piano	terra
3	parete	interna	piano	terra

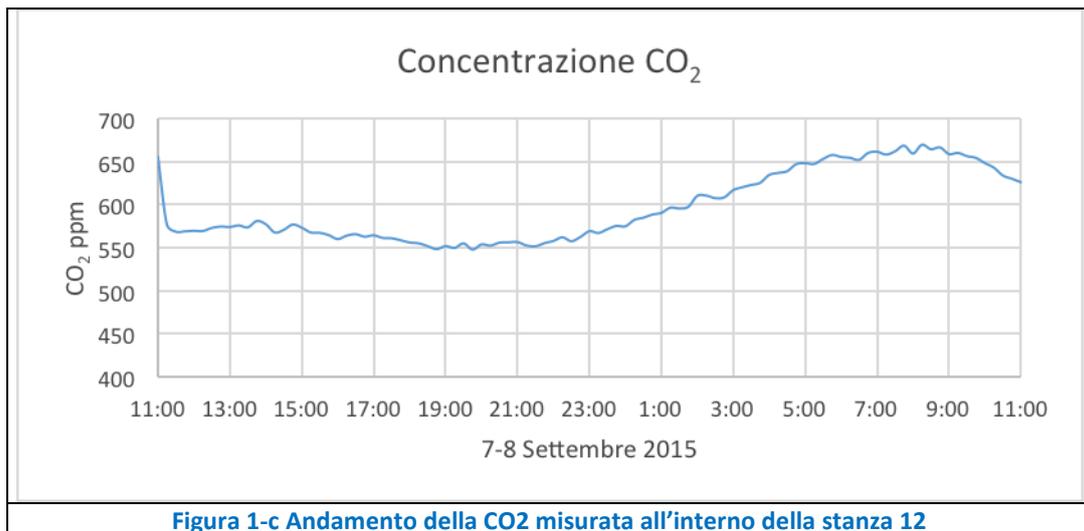


Figura 1-c Andamento della CO₂ misurata all'interno della stanza 12

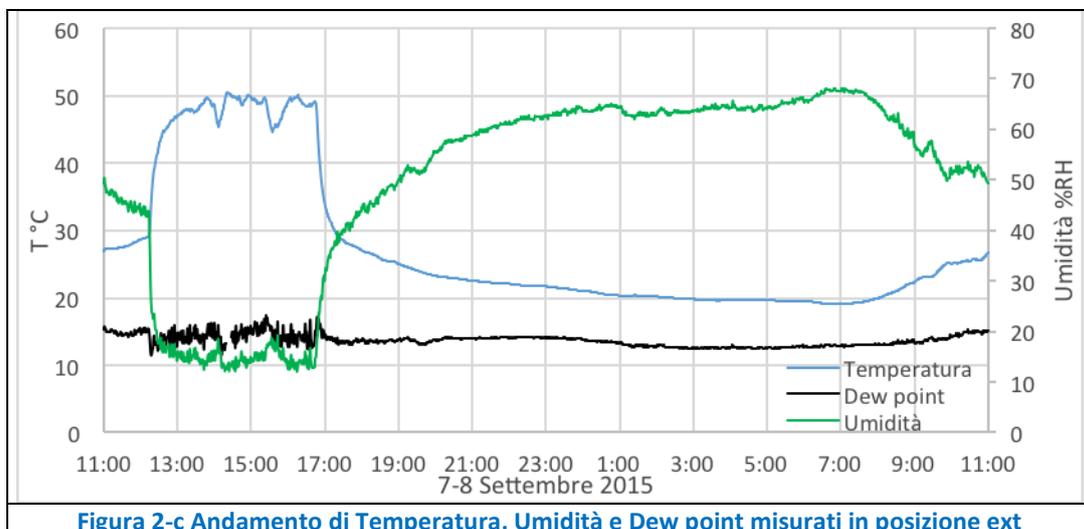


Figura 2-c Andamento di Temperatura, Umidità e Dew point misurati in posizione ext

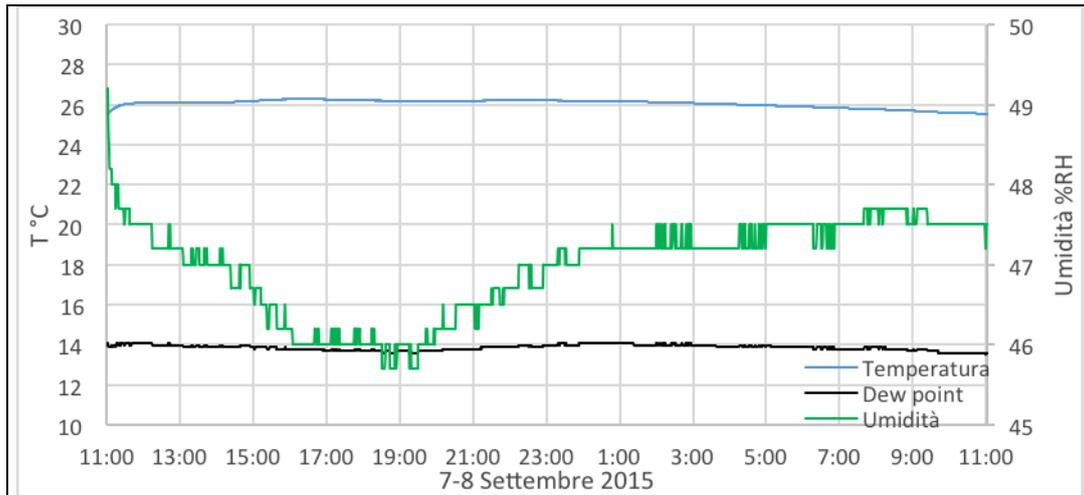


Figura 3-c Andamento di Temperatura, Umidità e Dew point misurati in posizione 1

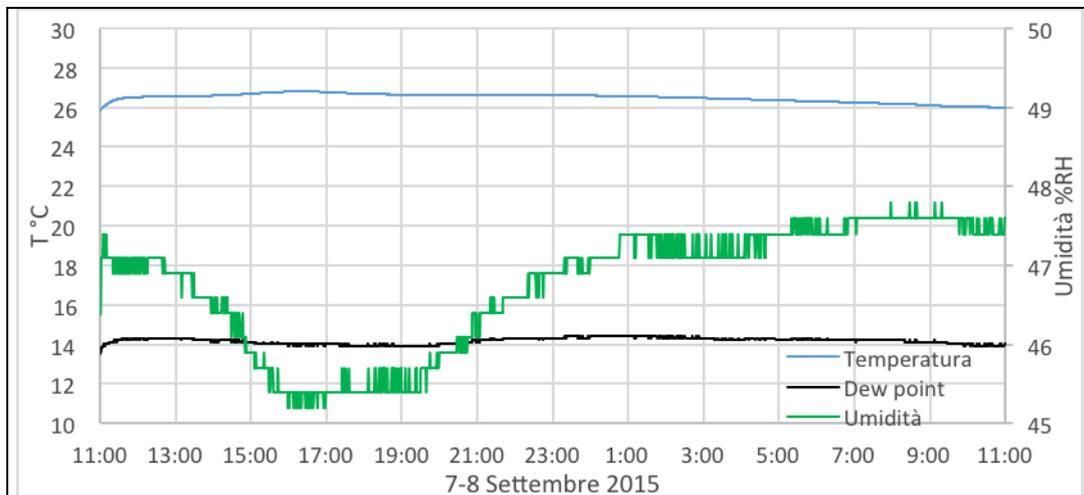


Figura 4-c Andamento di Temperatura, Umidità e Dew point misurati in posizione 2

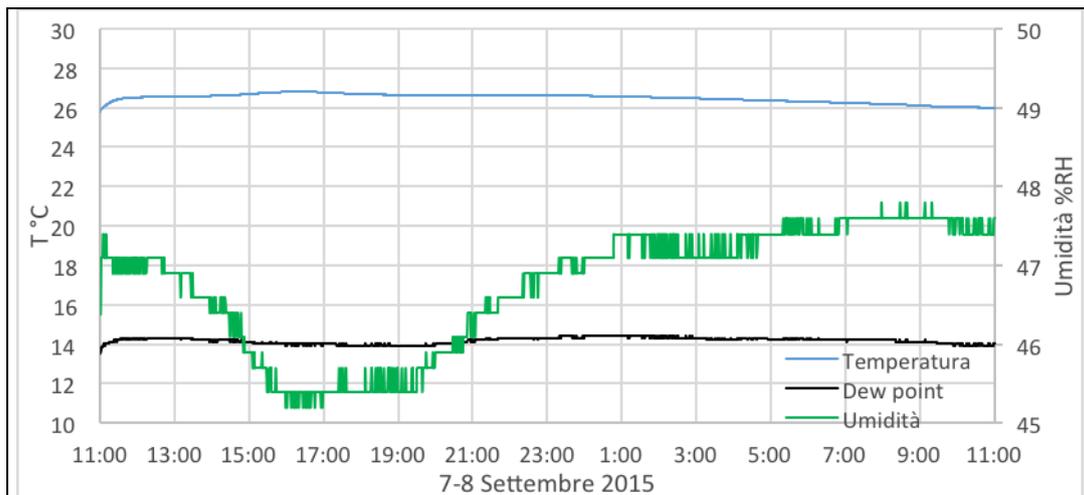
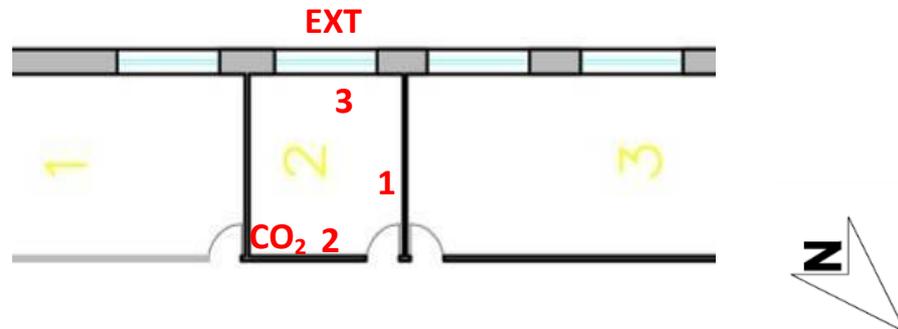


Figura 5-c Andamento di Temperatura, Umidità e Dew point misurati in posizione 3

d) Stanza 2 (laboratorio analisi elementare e immediata)



EXT	cortile			esterno
1	parete	interna	piano	terra
2	parete	interna	piano	terra
3	parete	interna	piano	terra

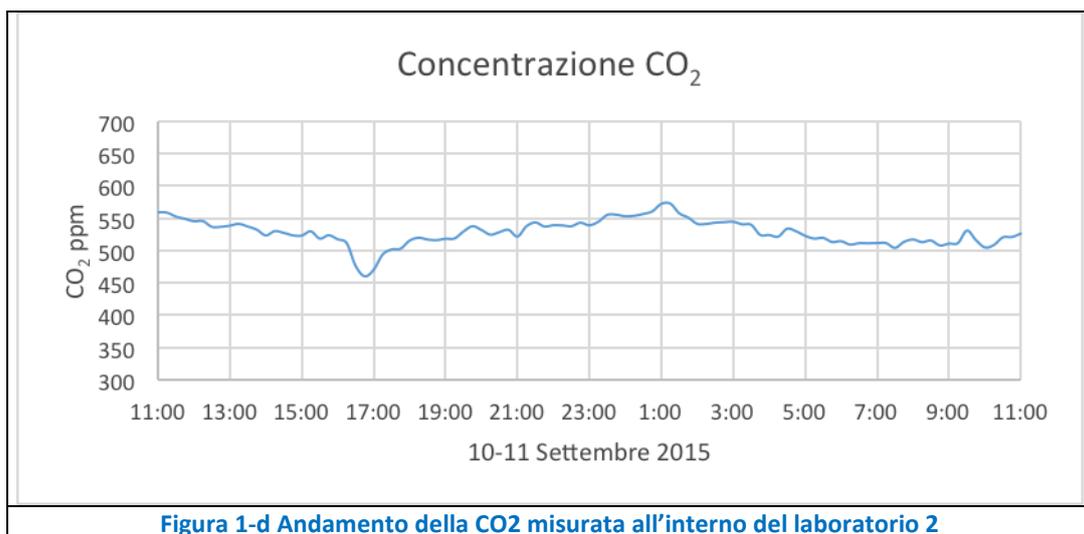


Figura 1-d Andamento della CO₂ misurata all'interno del laboratorio 2

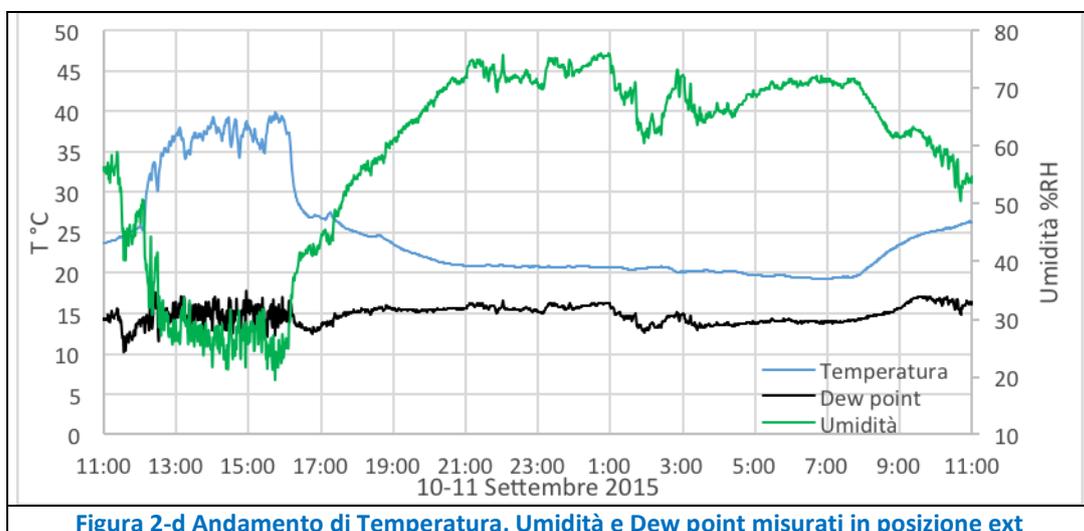


Figura 2-d Andamento di Temperatura, Umidità e Dew point misurati in posizione ext

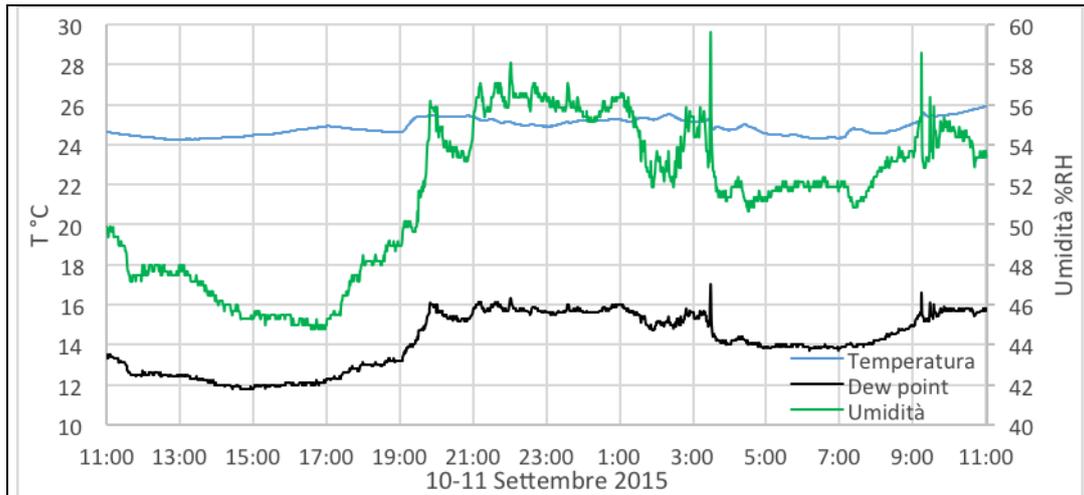


Figura 3-d Andamento di Temperatura, Umidità e Dew point misurati in posizione 1

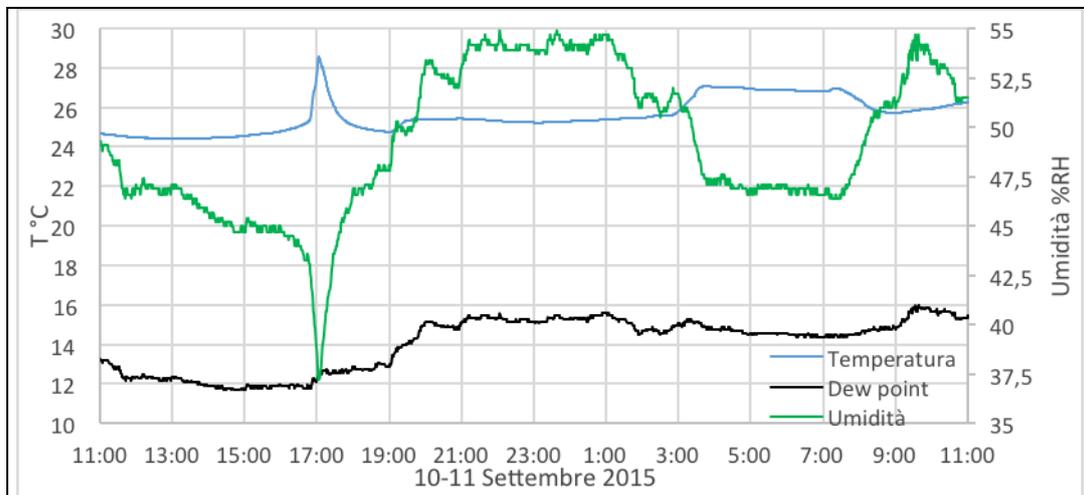


Figura 4-d Andamento di Temperatura, Umidità e Dew point misurati in posizione 2

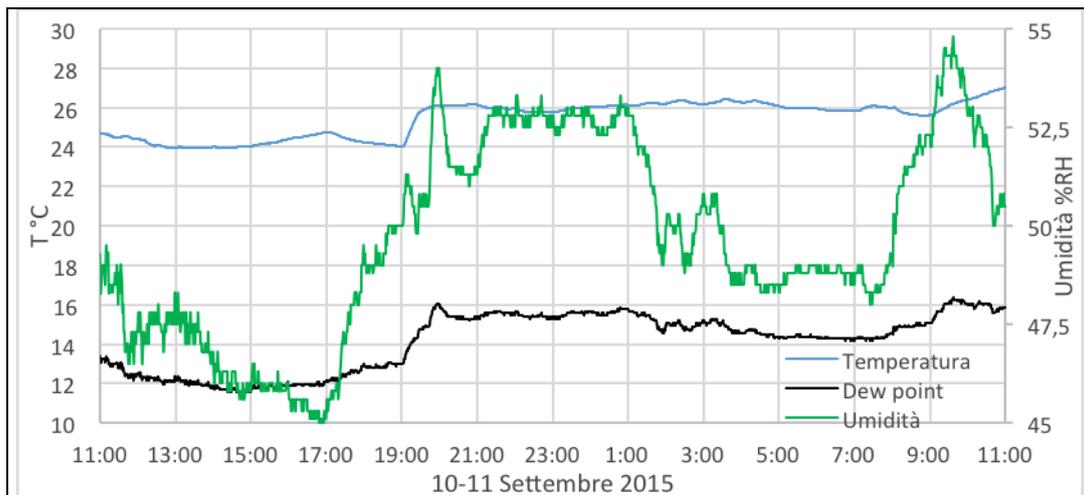
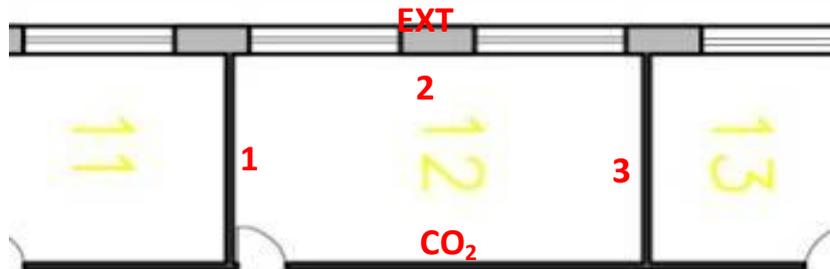


Figura 5-d Andamento di Temperatura, Umidità e Dew point misurati in posizione 3

e) Stanza 12 (laboratorio di chimica generale)



EXT	cortile			interno
1	parete	interna	piano	terra
2	parete	interna	piano	terra
3	parete	interna	piano	terra

