

**POLITECNICO DI MILANO**

Facoltà di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Energetica



**ENERGY AUDIT ED ENERGY BENCHMARKING  
NELLA CLIMATIZZAZIONE DI EDIFICI DELLA  
GRANDE DISTRIBUZIONE**

Relatore: Prof. Cesare Maria JOPPOLO

Co-relatore : Ing. Pier Paolo MORLACCHI

Tesi di Laurea di:

Andrea CREMONESI

Matr. 719489

Anno Accademico 2008 – 2009



## **Sommario**

Il lavoro sviluppato con questa Tesi di Laurea Magistrale ha come scopo quello di fornire un'analisi generale dei consumi energetici degli edifici del settore della Grande Distribuzione non alimentare in Italia e delle possibilità di risparmio energetico con soluzioni sia impiantistiche che gestionali.

Particolare attenzione è stata dedicata agli audit energetici degli edifici oggetto di studio, con un particolare riguardo agli impianti meccanici per la climatizzazione degli edifici stessi. Sono stati quindi rilevati i consumi di energia elettrica e di combustibile per ogni utenza rilevata, valutando quindi le aree di maggiore interesse per quanto riguarda la riduzione dei consumi energetici. Vengono presentati quindi anche le ipotesi di intervento di risparmio energetico negli impianti meccanici, le strategie di controllo e le modifiche impiantistiche, con una stima della riduzione dei consumi energetici.

## **Abstract**

This Master Thesis deals with a general analysis of energy uses of large retailers non food buildings and the possibilities of energy save with management solutions and the refurbishment of HVAC systems.

Special attention is given to energy audit of buildings studied, with a particular care at HVAC systems.

The energy use of all users were obtained, about electric and fossil fuel, with a analysis of the areas with a lively interest in the energy saving possibilities.

So, for these areas, the operations and solutions to save energy of these system are introduced, like the new approach of management and control of HVAC system and the refurbishment of these, with a valuation of energy saving.



# Ringraziamenti

I più sentiti ringraziamenti voglio rivolgerli al mio relatore, il Prof. Cesare Maria Joppolo, per avermi introdotto al mondo della climatizzazione ambientale ed avermi permesso di lavorare a questo interessante progetto per la mia Tesi di Laurea, ed al mio co-relatore Ing. Pier Paolo Morlacchi di Termigas Bergamo Spa, per la disponibilità mostrata ed il tempo dedicatomi.

Sono consapevole che la passione trasmessa da entrambi è la base più opportuna su cui costruire il mio futuro professionale.

Infine un grazie sincero agli amici e colleghi di università, per averci accompagnato ed aver condiviso con me gioie e difficoltà di questo percorso sempre con la giusta ironia.



# Indice Generale

Indice Generale.....	1
Indice delle Figure .....	4
Indice delle Tabelle.....	6
Introduzione.....	7
<b>1. Consumi energetici ed impatto ambientale negli edifici commerciali .....</b>	<b>11</b>
1.1    Introduzione .....	11
1.2    Consumi energetici in Italia .....	16
1.3    Consumi energetici negli edifici della Grande Distribuzione .....	23
1.4    Azioni europee per l'efficienza energetica degli edifici .....	33
1.4.1    EPBD – Energy Performance of Building Directive.....	36
1.4.2    Altre direttive energetiche europee.....	39
1.5    Attuazione della Direttiva EPBD in Italia .....	42
1.5.1    Il piano d'Azione per l'Efficienza Energetica.....	44
<b>2. Energy Management ed Audit Energetici.....</b>	<b>47</b>
2.1    Energy management .....	48
2.2    Audit energetico.....	51
2.3    Audit di edifici commerciali .....	56
2.4    Programma di un Audit Energetico.....	60
<b>3. Descrizione ed analisi delle tipologie impiantistiche .....</b>	<b>63</b>
3.1    Descrizione generale impianti e componenti .....	64
3.2    Impianti a tutt'aria.....	67
3.3    Impianti a portata Variabile .....	70
3.4    Sistemi centralizzati .....	71
3.5    Unità decentralizzate – Roof top.....	73
3.6    Unità di trattamento aria .....	75
3.7    Centrale frigorifera.....	77
3.8    Centrale termica .....	79
<b>4. La Telegestione: strumento per l'efficienza energetica .....</b>	<b>81</b>
4.1    Energy Management System .....	81

4.2	DDC: Controllo digitale .....	85
4.3	Hardware .....	86
4.4	Architettura di sistema.....	90
4.5	Software.....	92
<b>5.</b>	<b>Interventi di miglioramento dell'efficienza degli impianti.....</b>	<b>95</b>
5.1	Comfort Termico.....	95
5.2	Portata e velocità dell'aria .....	97
5.3	Qualità dell'aria.....	97
5.4	Strategie di controllo .....	98
5.4.1	Programmazione operativa .....	100
5.4.2	Avviamenti ottimizzati .....	102
5.4.3	Spegnimenti ottimizzati.....	103
5.4.4	Setpoint notturni.....	104
5.4.5	Free cooling .....	105
5.4.6	Controllo ventilazione .....	109
5.4.7	Controllo della temperatura di bulbo secco dell'aria esterna... 110	
5.4.8	Raffrescamento notturno .....	113
5.4.9	Cambiamento setpoint .....	113
5.5	Componenti Impianti meccanici .....	115
5.6	Modifiche impiantistiche per migliorare l'efficienza energetica .....	117
5.6.1	CAV to VAV zona singola .....	122
5.7	Miglioramento della manutenzione impianti .....	124
<b>6.</b>	<b>Caso pratico: Edifici catena Grande Distribuzione.....</b>	<b>127</b>
6.1	Audit Energetici.....	130
6.2	Caratteristiche e informazione edifici analizzati .....	133
6.3	Consumi e costi energetici edifici analizzati.....	139
6.4	Caratteristiche impiantistiche degli edifici analizzati.....	144
6.5	Quadro consumi energetici edifici .....	148
6.6	Azioni per la riduzione dei consumi energetici.....	155
6.6.1	Ottimizzazione orari di funzionamento .....	156
6.6.2	Installazione tecnologia inverter .....	159



6.6.3	Aumento temperatura setpoint aria ambiente.....	161
6.7	Implementazione di sistema di telegestione impianti per il monitoraggio dei consumi energetici.....	162
<b>7.</b>	<b>Bibliografia</b> .....	<b>165</b>

## Indice delle Figure

Figura 1.1, Domanda di energia primaria per fonte; anno 2008 .....	17
Figura 1.2, Consumi energia elettrica per settore in Italia.....	18
Figura 1.3, Consumi finali di energia per settore.....	19
Figura 1.4, Ripartizione dei risparmi al 2016 dovuti agli interventi di efficienza energetica riferiti ad energia primaria.....	21
Figura 1.5, Tipica suddivisione dei consumi energia elettrica in un supermarket.....	26
Figura 1.6, Ripartizione consumi energia elettrica supermercati Termigas .....	27
Figura 1.7, Ripartizione consumi energia elettrica tipici di un edificio della Grande Distribuzione non alimentare.....	29
Figura 1.8, Andamento domanda elettrica giornaliero in un tipico edificio commerciale .....	30
Figura 1.9, Profilo orario occupazione edificio commerciale .....	31
Figura 1.10, Andamento domanda elettrica ottimizzata.....	32
Figura 2.1: Procedura Programma Energy Management .....	49
Figura 2.2, Tipico andamento dei consumi energetici .....	53
Figura 2.3, Suddivisione dei consumi finali di energia elettrica in un edificio del settore terziario .....	54
Figura 2.4, Schematizzazione semplice flussi edificio commerciale.....	58
Figura 3.1: Tipico layout di un impianto a Tutt'Aria .....	69
Figura 3.2, Schema di un sistema centralizzato.....	72
Figura 3.3, Schema semplificato unità Rooftop .....	73
Figura 3.4 : Tipica sezione semplificata di una unità trattamento aria.....	76
Figura 3.6, Schema semplificato per centrale frigorifera .....	78
Figura 5.1, Schema controllo partenza ottimizzata.....	102
Figura 5.2, Schema controllo fermate ottimizzate .....	103
Figura 5.3, Schema controllo cicli notturni .....	105
Figura 5.4, Schema controllo free cooling .....	108
Figura 5.5, Strategia di controllo della ventilazione ambienti per i periodi di non occupazione.....	109

Figura 5.6, Strategia di controllo free cooling con ambienti occupati .....	111
Figura 5.7, Strategia di controllo free cooling con ambienti non occupati.....	112
Figura 5.8, Strategia controllo e risettaggio setpoint .....	114
Figura 5.9, Potenza assorbita dai differenti metodi di controllo della portata .....	118
Figura 5.10, Controllo della portata tramite valvola 2 vie e VSD .....	119
Figura 5.11, Controllo tradizionale impianti CAV .....	122
Figura 5.12, Modifica controllo da impianto CAV a impianto VAV .....	123
Figura 6.1, Localizzazione edifici considerati nell'analisi .....	135
Figura 6.2, Andamento consumo energia elettrica per l'edificio situato a Sassari .....	140
Figura 6.3, Andamento consumo energia elettrica per l'edificio situato a Brescia .....	142
Figura 6.4, Ripartizione Consumi elettrici edificio Verona.....	151
Figura 6.5, Ripartizione Consumi elettrici edificio Brescia .....	151
Figura 6.6, Andamento assorbimento utenza con partenza ottimizzata .....	157
Figura 6.7, Schema semplificato sistema WebGestione.....	164

## Indice delle Tabelle

Tabella 1.1, Imprese attive nel Commercio al dettaglio in Italia .....	13
Tabella 1.2, Punti vendita della GDO in Italia a fine periodo .....	14
Tabella 1.3, GDO, Punti vendita in Lombardia, Veneto, Emilia Romagna .....	15
Tabella 1.4, Bilancio energia elettrica Italia, anno 2008 .....	17
Tabella 1.5, Contributo riduzione CO <sub>2</sub> nei diversi usi finali di energia .....	20
Tabella 1.6, Esempio consumi edifici commerciali, .....	25
Tabella 3.1, Campi di impiego dei diversi refrigeratori d'acqua.....	78
Tabella 5.1 Effetti delle principali anomalie sui condizionatori roof top.....	126
Tabella 6.1, Zone climatiche e gradi giorno .....	134
Tabella 6.2, Elenco edifici considerati nell'analisi.....	134
Tabella 6.3, Caratteristiche Edifici considerati nell'analisi .....	135
Tabella 6.4, Profilo occupazionale estivo .....	137
Tabella 6.5, Profilo occupazionale invernale .....	137
Tabella 6.6, Consumi energia elettrica edifici PdC .....	139
Tabella 6.7, Consumi energia elettrica edifici con caldaia tradizionale.....	141
Tabella 6.8, Consumi annui energia elettrica e combustibile edifici anno 2008 .....	143
Tabella 6.9, Tipologie impiantistiche edifici analizzati .....	145
Tabella 6.10, Sommario Elenco Impianti edificio Verona .....	147
Tabella 6.11, Sommario elenco impianti edificio Brescia.....	147
Tabella 6.12, Sommario modello elettrico edificio Verona .....	149
Tabella 6.13, Sommario modello elettrico edificio Brescia .....	150
Tabella 6.14, Riassunto ripartizione consumi edifici analizzati .....	153
Tabella 6.15, Consumi e costi globali annui di alcuni edifici analizzati .....	153
Tabella 6.16, Confronto consumi stimati centrale frigorifera e centrale termica .....	154
Tabella 6.17, Sommario Interventi riduzione consumi energetici .....	155
Tabella 6.18, Risparmi ipotizzati con riduzione orari funzionamento impianti .....	158
Tabella 6.19, Risparmio stimato installazione inverter.....	159
Tabella 6.20, Riepilogo risparmi energia elettrica ottenuti con installazione inverter.	160

## Introduzione

Il lavoro sviluppato con questa Tesi di Laurea Magistrale ha come scopo quello di fornire un'analisi generale dei consumi energetici degli edifici del settore della Grande Distribuzione non alimentare in Italia e delle possibilità di risparmio energetico con soluzioni sia impiantistiche che gestionali.

Vuole essere una promozione dell'efficienza energetica, priorità della politica energetica italiana. Una politica di incentivo all'efficienza energetica permette infatti di ridurre la dipendenza italiana dai paesi esportatori di fonti energetiche primarie, di migliorare l'impatto ambientale delle attività umane senza diminuire gli standard di vita.

Efficienza energetica vuol dire soprattutto un forte stimolo di progresso tecnologico, attraverso lo sviluppo di nuove tecnologie ad alta sostenibilità e l'applicazione di quelle già esistenti su vasta scala. Vi sono diversi scenari possibili ma tutti portano a riduzioni percentuali pari al 20 per cento dei consumi finali, come richiesto dalla Commissione Europea, con un conseguente risparmio di circa 30 Mtep<sup>1</sup>, pari all'incremento previsto dei consumi fino al 2030.

Ecco quindi che diventa fondamentale la promozione dell'efficienza energetica in senso lato, partendo da piccoli oggetti domestici fino alle più grandi applicazioni industriali. Si tratta di agire a livello culturale su tutta la società, a partire dalle imprese, fino alla pubblica amministrazione ed ai cittadini. È importante che aziende ed istituzioni comprendano che l'investimento in efficienza energetica, se effettuato secondo logiche corrette, produce ritorni

---

<sup>1</sup> Tep, Tonnellata equivalente di petrolio, unità di misura dell'energia con valore fissato convenzionalmente a 42 GJ.

economici anche nel breve termine e può favorire situazioni di vantaggio competitivo.

I totali consumi finali in Italia sono circa 146 Mtep e la Commissione Europea pone come obiettivo un risparmio al 2010 del 20% di energie primarie; ciò equivale per il nostro Paese a circa 30 Mtep. La direttiva 2006/32/CE fissa “gli obiettivi indicativi, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari ad eliminare le barriere e le imperfezioni esistenti sul mercato che ostacolano un efficiente uso finale dell’energia”. In particolare, stabilisce che gli Stati Membri adottino e mirino a conseguire un obiettivo nazionale indicativo globale di risparmio energetico al 2016, pari al 9% della media dei consumi 2000-2005, da ottenere tramite servizi energetici e altre misure di miglioramento dell’efficienza energetica. La direttiva prevede inoltre che ciascuno Stato Membro presenti dei Piani di Azione per l’Efficienza Energetica ( PAEE ). Sebbene negli ultimi anni vi sia stato un rallentamento nell’efficienza energetica del sistema paese, l’Italia, con i suoi consumi di circa 0,16 kg PE per 1€ di PIL e con emissioni di CO<sub>2</sub> pari a 8,4 ton/persona per anno, può considerarsi un paese “virtuoso” energeticamente in confronto ad altri paesi industrializzati; vi sono comunque ancora notevoli spazi per un’efficienza energetica, la cui diffusione è fondamentalmente legata ad aspetti informativi e culturali.

Obiettivo di questo lavoro è quindi l’analisi dei consumi energetici di un player della Grande Distribuzione in Italia, con l’implementazione di nuove strategie di gestione e controllo degli impianti meccanici, di un sistema di Telegestione impianti in grado di monitorare ed agire su ogni singolo componenti impiantistico e la stima delle possibili riduzioni in termini di consumo energetico tramite appunto gli interventi proposti per ogni singolo edificio.

Nel capitolo 1 si è quindi cercato di presentare i consumi energetici del paese Italia, focalizzando l’attenzione sulla ripartizione dei consumi stessi in base alle

diverse aree di utilizzo. Oggetto di studio di questo elaborato sono stati, nello specifico, gli edifici della Grande Distribuzione non alimentare, analizzati tramite degli audit energetici di dettaglio, trattati nel capitolo 2, tramite i quali si è potuto capire quale sia la suddivisione dei consumi di energia elettrica e di combustibile fossile all'interno di questi edifici.

Nel capitolo 3 vengono presentate le tipologie impiantistiche incontrate ed analizzate durante gli audit energetici, con il dettaglio sia degli impianti stessi, considerati in modo generale, sia dei principali componenti che vanno a costituire propriamente gli impianti meccanici, adibiti al condizionamento e climatizzazione dell'edificio.

Nei capitoli 4-5 vengono trattate gran parte delle soluzioni che possono essere applicate per migliorare l'efficienza energetica e ridurre sostanzialmente i consumi e i costi energetici di un edificio commerciale. Nel capitolo 4 viene presentato uno strumento, quale la Telegestione impianti, che verrà poi discusso anche nei capitoli seguenti, capace di monitorare l'effettivo consumo di ogni singolo componente, ma anche di aiutare l'utente nello sviluppo di logiche di gestione mirate al contenimento dei consumi energetici. Nel capitolo 5 vengono affrontate le modifiche gestionali che possono essere implementate e gestite proprio tramite un sistema di Telegestione impianti; viene inoltre fornito un panorama delle modifiche impiantistiche che possono essere messe in atto sugli impianti analizzati. Nell'ultimo capitolo, capitolo 6, viene quindi presentata in termini concreti l'analisi condotta in circa 15 edifici distribuiti sul territorio italiano, con la stima dei consumi annuali di energia elettrica e di combustibile fossile. Vengono inoltre presentati in modo quantitativo i risultati delle stime degli interventi ipotizzati per il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici. Stime, sia in termini di consumi che economiche, che dovranno essere comunque verificate tramite l'utilizzo dei sistemi di Telegestione impianto, fase comunque successiva alla stesura di questo elaborato.





# 1. Consumi energetici ed impatto ambientale negli edifici commerciali

## 1.1 Introduzione

Gli edifici oggetto di studio nell'analisi presentata, appartengono al settore della Grande Distribuzione Organizzata: la Grande Distribuzione Organizzata esercita la gestione di attività commerciali sotto forma di vendita al dettaglio di prodotti alimentari e di prodotti non alimentari di largo consumo, in punti vendita a libero servizio. Caratteristica tipica di questa forma di attività è l'utilizzo di grandi superfici, con una soglia dimensionale minima generalmente individuata in 200 metri quadrati per i prodotti alimentari e in 400 metri quadrati per le categorie non alimentari. Elemento distintivo della Grande Distribuzione Organizzata ( chiamata anche "GDO" ) è l'esercizio dei punti vendita mediante "catene commerciali" di più punti vendita caratterizzati da un unico marchio, attorno al quale vertono le strategie di gestione di ogni singolo punto vendita, dal punto di vista della commercializzazione, ma anche dal corretto funzionamento dell'edificio e dei suoi impianti.

I canali di vendita della Grande Distribuzione Organizzata possono essere così classificati<sup>2</sup>:

- Ipermercato: struttura con un'area di vendita al dettaglio superiore ai 2500 metri quadrati. All'interno di questa fascia dimensionale, il segmento che va dai 2500 m<sup>2</sup> ai 4000 m<sup>2</sup> è detto Iperstore.

---

<sup>2</sup> Classificazione dei canali di vendita della Grande Distribuzione Organizzata effettuata da Nielsen, società operante su scala internazionale e specializzata nelle ricerche di mercato

- Supermercato: struttura con un'area di vendita al dettaglio che va dai 400 m<sup>2</sup> ai 2500 m<sup>2</sup>. All'interno di questa fascia dimensionale, il segmento che va dai 1500 m<sup>2</sup> ai 2500 m<sup>2</sup> è detto Superstore.
- Libero servizio: struttura con un'area di vendita al dettaglio che va dai 100 ai 400 m<sup>2</sup>.

Nel settore del Commercio o “Distribuzione” al dettaglio sono presenti in Europa<sup>3</sup>, a fine 2004, 3.735.241 imprese, una dimensione pari a ben il 26,7% di tutte le imprese del vasto mondo del Terziario. Quindi, più di una impresa terziaria su 4, nell'orizzonte dell'Unione Europea a 27 Stati, è dedicata ad attività distributive. Sul totale dell'economia reale di mercato, al netto cioè delle imprese finanziarie e naturalmente delle pubbliche amministrazioni, questo settore rappresenta da solo quasi un quinto ( 19,7% ) del numero imprese, un dato di grande rilevanza nel panorama generale dell'economia.

Anche se questi dati sono di carattere puramente economico, possono comunque farci capire quale sia la percentuale di queste attività presenti sia sul nostro territorio nazionale che sul territorio europeo.

La notevole importanza della Distribuzione Commerciale può quindi essere rilevata anche dalla numerosità delle imprese attive nel settore: la dimensione dell'universo delle imprese distributive al dettaglio è di rilievo assoluto nel panorama imprenditoriale italiano; il montante nazionale è di circa 810 mila unità, e rappresenta il 15,2% ( più di 1 su 7 ) delle imprese di tutti i settori attive a fine 2008. Nell'arco degli ultimi 5 anni, il numero di imprese commerciali al dettaglio non mostra alcuna tendenza alla diminuzione, si registra anzi una lieve tendenza all'espansione delle stesse unità.

Da un punto di vista territoriale, le prime 5 regioni italiane in assoluto sono Campania, Lombardia, Sicilia, Lazio, Puglia; nella tabella sottostante, possiamo

---

<sup>3</sup> Dati elaborati da Eurostat, ufficio statistico della Comunità europea

notare il numero delle imprese attive nel settore del Commercio al dettaglio suddivise per regioni dell'Italia.

	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
Piemonte	56420	57061	57450	57287	57654
Valle d'Aosta	1671	1658	1648	1642	1597
Lombardia	93384	93062	93664	91957	92711
Liguria	25330	25286	25271	24999	24972
Trentino Alto Adige	8882	8875	8849	8787	8809
Veneto	50273	50438	50550	50283	50185
Friuli Venezia Giulia	12615	12532	12400	12128	11850
Emilia Romagna	48959	49136	49074	48863	48570
Toscana	52186	51921	51704	51451	51429
Marche	19557	19751	19849	19938	19924
Umbria	11575	11694	11641	11549	11577
Lazio	71051	72600	74330	75187	76258
Abruzzo	19584	19852	19739	19590	19785
Molise	4946	4977	4955	4886	4866
Campania	107337	108917	107999	107071	108894
Puglia	67071	67645	67024	66328	66685
Basilicata	8943	8896	8909	8905	8909
Calabria	37482	36683	36815	36283	36146
Sicilia	80396	81348	82126	81897	81813
Sardegna	26588	27039	27186	27217	27202

Tabella 1.1, Imprese attive nel Commercio al dettaglio in Italia ( fonte Infocamere )

Fin qui è stato considerato il Commercio al dettaglio, dotato di una precisa codificazione nelle statistiche ufficiali ISTAT. La Grande Distribuzione Organizzata, invece, non è stata finora rappresentata dal punto di vista statistico quale settore a sé, con una distinta rilevazione. Nella realtà nazionale, il numero di imprese della GDO è piuttosto contenuto, rispetto all'universo del Commercio al Dettaglio, ma tra la fine del 2006 al 2007 il numero dei punti vendita si è incrementato del 2,9%. Nella Grande Distribuzione Organizzata bisogna effettuare nell'analisi una suddivisione in punti vendita della distribuzione alimentare e non; le tipologie della distribuzione alimentare nel

loro insieme hanno segnato un'espansione dell'1%, con superfici maggiori per ipermercati e superstore.

Le categorie della GDO non alimentare vantano una crescita brillante del numero di punti vendita, trascinata dalla affermazione veramente notevole delle catene specializzate ( mobili, elettronica, abbigliamento, ecc. ), attive su superfici di almeno 1500 m<sup>2</sup>; abbastanza statici i grandi magazzini, formula che sul territorio italiano non ha mai goduto di particolare successo.

Notiamo nella tabella sottostante la crescita che le catene specializzate hanno avuto tra gli anni 2006 e 2007, con un aumento di circa il 30% nel numero di punti vendita. Rappresenta sì una crescita in numero, ma rappresenta anche una crescita dei consumi energetici di questo particolare settore, che nel corso degli anni ha visto sempre aumentare i propri consumi elettrici.

	2006	Comp. %	2007	Comp. %	2007/2006
Ipermercati ( > 8000 m <sup>2</sup> )	104	0,3	112	0,4	+7,7
Ipermercati ( da 4500 a 7999 m <sup>2</sup> )	216	0,7	235	0,7	+8,8
Superstore ( da 2500 a 4499 m <sup>2</sup> )	354	1,2	385	1,2	+8,8
Supermercati ( da 400 a 2499 m <sup>2</sup> )	7972	26,1	8086	25,8	+1,4
Libero servizio ( da 100 a 399 m <sup>2</sup> )	15796	51,8	15688	50	-0,7
Discount	3398	11,1	3619	11,5	+6,5
<b>Distribuzione alimentare al dettaglio</b>	<b>27840</b>	<b>91,3</b>	<b>28125</b>	<b>89,7</b>	<b>+1</b>
Grandi superf. Specializzate non alimentari	1946	6,4	2525	8	+29,8
Grandi magazzini	710	2,3	721	2,3	+1,5
<b>Distribuzione non alimentare al dettaglio</b>	<b>2656</b>	<b>8,7</b>	<b>3246</b>	<b>10,3</b>	<b>+22,2</b>
Totale distribuzione al dettaglio	30496	100	31371	100	+2,9

Tabella 1.2, Punti vendita della GDO in Italia a fine periodo ( fonte Federdistribuzione )

Nella tabella sottostante possiamo notare la presenza di questa tipologia di edifici in tre principali regioni del nord Italia; come prima, possiamo notare una crescita del numero di centri della grande distribuzione al dettaglio alimentare e non alimentare.

	Lombardia		Veneto		Emilia Romagna	
	Num.	%	Num.	%	Num.	%
Ipermercati ( > 8000 m <sup>2</sup> )	40	1	9	0,3	12	0,6
Ipermercati ( da 4500 a 7999 m <sup>2</sup> )	57	1,4	21	0,8	15	0,7
Superstore ( da 2500 a 4499 m <sup>2</sup> )	105	2,6	47	1,7	25	1,2
Supermercati ( da 400 a 2499 m <sup>2</sup> )	1120	28,1	783	29	570	27,6
Libero servizio ( da 100 a 399 m <sup>2</sup> )	1565	39,3	1180	43,7	973	47,1
Discount	484	12,2	378	14	247	11,9
<b>Distribuzione alimentare al dettaglio</b>	<b>3371</b>	<b>84,7</b>	<b>2418</b>	<b>89,6</b>	<b>1842</b>	<b>89,1</b>
Grandi superf. Specializzate non alimentari	505	12,7	236	8,7	195	9,4
Grandi magazzini	103	2,6	44	1,6	30	1,5
<b>Distribuzione non alimentare al dettaglio</b>	<b>608</b>	<b>15,3</b>	<b>280</b>	<b>10,4</b>	<b>225</b>	<b>10,9</b>
Totale distribuzione al dettaglio	3979	100	2698	100	2067	100

Tabella 1.3, GDO, Punti vendita in Lombardia, Veneto, Emilia Romagna a fine 2007  
( fonte: Federdistribuzione )

Anche se le tabelle e i dati forniti fino ad ora si riferiscono semplicemente al numero di edifici del settore della Grande Distribuzione Organizzata, possiamo comunque iniziare a capire quale è l'incidenza di questo settore riguardo i consumi energetici. Analisi che deve essere fatta tenendo ben presente le superfici che caratterizzano ogni punto vendita. Gli edifici della grande distribuzione, come vediamo dalle tabelle precedenti, presentano superfici rilevanti se consideriamo anche il fatto che oltre alla superficie di vendita, all'interno dell'intero edificio, come si vedrà più avanti, vi è una notevole superficie adibita per esempio a magazzino e uffici.

Di seguito vengono analizzati i consumi energetici dell'Italia, partendo da un'analisi generale per arrivare a definire il consumo specifico del settore della Grande Distribuzione, fornendo quindi anche una tipica suddivisione interna dei consumi energetici di questi edifici, che verrà poi analizzata nel dettaglio nei capitoli seguenti.

## **1.2 Consumi energetici in Italia**

Le questioni legate ad un utilizzo razionale e sostenibile dell'energia, considerando quindi il binomio energia-ambiente, hanno acquisito nuovi caratteri e ulteriore rilievo nel quadro dell'attuale crisi economica. La constatazione che la diminuzione dell'attività economica ed industriale rende meno pressanti i vincoli legati all'uso delle risorse energetiche e al loro impatto ambientale, si accompagna infatti agli interrogativi sulle azioni più opportune che dovrebbero essere intraprese per mitigare gli effetti della crisi ed avviare un percorso per il superamento della stessa.

Le tecnologie legate al mondo energetico in senso generale diventano oggi, con una importanza via via crescente, un punto di riferimento in un mondo in cui l'innovazione ha un ruolo sempre più fondamentale nella creazione di benessere. Ma come rispondere alla sfida di una domanda sempre crescente di energia?

L'efficienza negli usi finali dell'energia, nel residenziale, nei trasporti e nell'industria, è forse la risposta più opportuna; altrettanto lo è un buon mix energetico nella produzione dell'energia elettrica. Occorre diminuire la nostra dipendenza dell'estero, differenziare le fonti attraverso nucleare e rinnovabili, aumentare la sicurezza degli approvvigionamenti e per tutto ciò il mix delle fonti è decisivo.

Ma per diminuire i costi, introdurre innovazione, abbassare i consumi e le emissioni, l'efficienza energetica rappresenta lo strumento decisamente più importante e la spinta maggiore al raggiungimento degli obiettivi di riduzione dei consumi energetici e soprattutto di emissioni di anidride carbonica.

Rispetto alla media dei 27 Paesi dell'Unione Europea, i consumi di energia primaria in Italia si caratterizzano per un maggiore ricorso a petrolio e gas, per una componente strutturale di importazioni di elettricità (circa il 5% dei consumi

primari), per un ridotto contributo del carbone (pari al 9% dei consumi primari di energia) e per l'assenza di generazione elettronucleare.

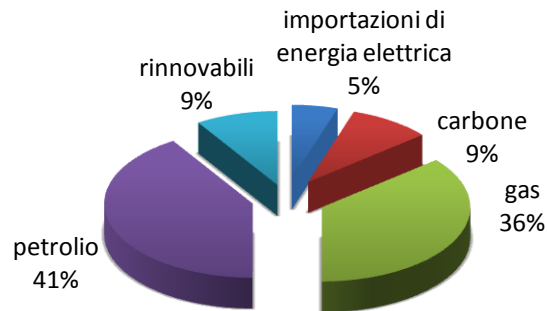


Figura 1.1, Domanda di energia primaria per fonte; anno 2008  
( Fonte: Elaborazioni su dati MSE )

Dal bilancio energetico Italiano, si può notare che la produzione lorda di energia elettrica nell'anno 2008 è stata di 318 TWh, mentre il consumo finale nel 2008 è stato di circa 316 TWh, suddiviso, come esposto più avanti, principalmente in 3 settori di utilizzo : industriale, trasporti, residenziale e servizi.

<b>Produzione lorda anno 2008 [ MWh ]</b>	<b>317.894,0</b>
Consumi dei servizi ausiliari	12.354,0
Produzione netta (A-B)	305.540,0
Destinata ai pompaggi	7.464,0
Produzione destinata al consumo (C-D)	298.076,0
Ricevuta da fornitori esteri	42.997,0
Ceduta a clienti esteri	3.431,0
<b>RICHIESTA</b>	<b>337.642,0</b>
Perdite di rete	21.492,9
<b>CONSUMI</b>	<b>316.149,1</b>

Tabella 1.4, Bilancio energia elettrica Italia, anno 2008,  
( Fonte: AEEG su dati GRTN – TERNA )

Vale inoltre la pena sottolineare che il 30% circa delle fonti primarie disponibili costituisce l'input del settore termoelettrico (in particolare il 40% del gas naturale disponibile è impiegato nella generazione elettrica). La domanda di energia primaria si attesta nel 2008 a 192 Mtep, subendo una flessione di circa un punto percentuale rispetto al 2007, per una generalizzata contrazione dei consumi di tutte le fonti fossili non compensata dall'accresciuto contributo delle fonti rinnovabili. Nel corso del 2008 si è registrato un incremento del contributo da fonte idroelettrica, eolica e solare; la quota di fonti energetiche rinnovabili sul totale dei consumi primari di energia è leggermente più elevata rispetto alla media dei Paesi OCSE<sup>4</sup> soprattutto grazie al notevole apporto della fonte idroelettrica.

Per capire l'importanza del concetto di risparmio energetico negli edifici, i consumi energetici devono essere comparati per settori. La Figura 1.2 mostra le frazioni dei consumi di energia elettrica per settore in Italia. Questo grafico mostra l'importanza di intraprendere e finanziare studi di risparmio energetico negli edifici e nell'industria. Il 48% dell'energia è consumata dal settore residenziale e commerciale.

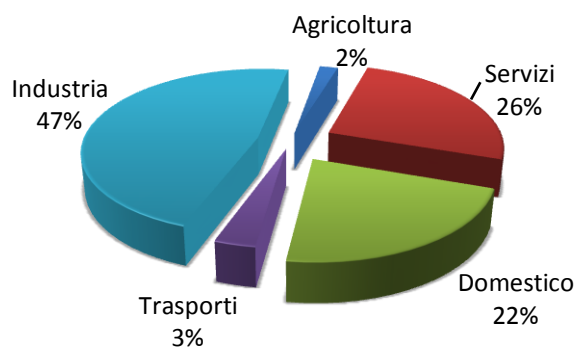


Figura 1.2, Consumi energia elettrica per settore in Italia, ( fonte Enerdata marzo 2009 )

---

<sup>4</sup> OCSE: Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico



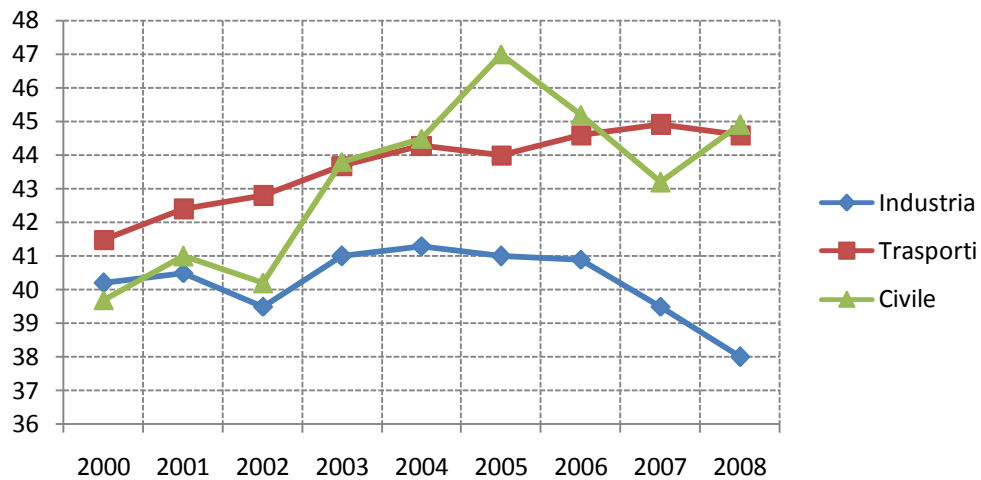


Figura 1.3, Consumi finali di energia per settore ( Mtep ),  
( fonte: Elaborazioni AEEG su dati MSE )

L'andamento recente dei consumi energetici nei settori di uso finale dell'energia ( Figura 1.3 ) evidenzia:

- una stabilizzazione dei consumi del settore trasporti attorno ai 44 Mtep;
- il raggiungimento di un analogo livello di consumo nel settore Civile nonostante forti oscillazioni determinate essenzialmente da fattori climatici;
- la progressiva diminuzione dei consumi dell'industria.

Le proiezioni sui consumi energetici e le relative emissioni di CO<sub>2</sub> confermano la centralità di un'accelerazione tecnologica, senza la quale è di fatto impossibile raggiungere concreti risultati in materia di contenimento delle emissioni. I dati confermano inoltre che la parte maggiore e più realizzabile di questi risultati dipende dall'impegno sull'efficienza energetica. Va ricordato che l'efficienza energetica può essere raggiunta con le tecnologie disponibili già oggi. Essa è inoltre decisiva non solo per il controllo delle emissioni ma anche per ridurre i costi ed aumentare la competitività industriale. Una valutazione puntuale degli interventi per la riduzione delle emissioni si può ricavare dall'indicatore rappresentato dal costo per ogni unità di abbattimento della CO<sub>2</sub>.

Nella tabella seguente vengono riportati i risultati di due analisi relative al sistema energetico italiano, sviluppate da ENEA<sup>5</sup> con il modello Markal-Italia e quella sviluppata da ENEL; questi risultati vengono presentati dai due organismi concentrando l'attenzione sui dieci principali gruppi di opzioni tecnologiche in termini di potenziale importanza relativa. Il risultato di rilievo del confronto di queste due valutazioni sta nella loro sostanziale concordanza, sia riguardo al contributo percentuale che possono garantire le diverse opzioni sia riguardo al costo addizionale che esse comportano. Si può notare che all'orizzonte 2020 la gran parte del contributo alla riduzione delle emissioni debba venire da tutti i settori di uso finale dell'energia, in particolare mediante l'accelerazione della penetrazione delle tecnologie più efficienti.

Usi finali dell'energia	Contributo alla riduzione di CO <sub>2</sub> (%)	
	2020	2030-2040
Efficienza energetica edifici ( residenziale e terziario )	>20%	>15%
Efficienza energetica nell'industria	>10%	<5%
Efficienza energetica trasporti	<20%	>10%

Tabella 1.5, Contributo riduzione CO<sub>2</sub> nei diversi usi finali di energia ( fonte ENEA )

Gli incrementi di efficienza nell'uso dell'energia consentono di migliorare l'impatto ambientale delle attività umane senza diminuire gli standard di vita, e rappresentano inoltre un forte stimolo di progresso tecnologico per il Paese, mediante un impulso allo sviluppo di nuove tecnologie. Si è visto che gli scenari energetici elaborati dall'ENEA per l'Italia mostrano come soprattutto nel breve-medio periodo (2020) la possibilità di riduzioni consistenti dei consumi di energia, e più ancora delle emissioni di CO<sub>2</sub>, sia legata in primo luogo a un uso massiccio di tecnologie più efficienti, il che richiede evidentemente investimenti per la diffusione e lo sviluppo di tecnologie innovative: quasi il 50%

<sup>5</sup> ENEA: Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

dell'abbattimento dipende infatti dalla riduzione dei consumi energetici nei settori di uso finale, grazie in primo luogo all'accelerazione nella sostituzione delle tecnologie.

Dalla Figura 1.4, possiamo notare quale sia la ripartizione ipotizzata negli scenari studiati da ENEA per il miglioramento dell'efficienza energetica, con conseguente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Notiamo che sul totale degli interventi di efficienza energetica, circa la metà è rappresentato dagli interventi nel settore residenziale e terziario.

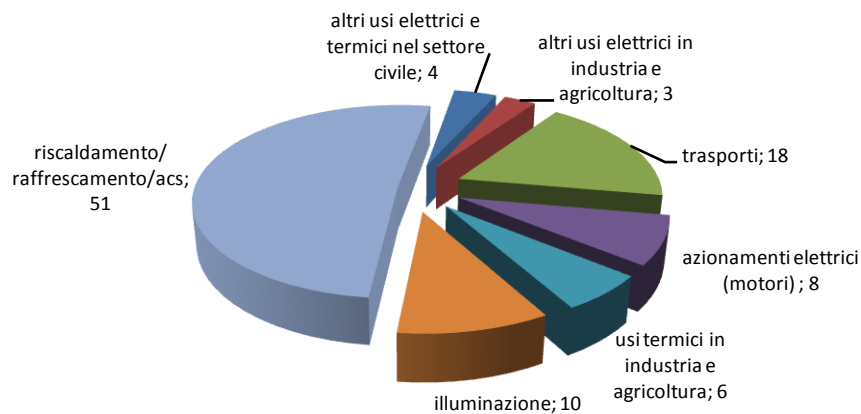


Figura 1.4, Ripartizione dei risparmi al 2016 dovuti agli interventi di efficienza energetica riferiti ad energia primaria ( fonte: ENEA )

Tra le diverse opzioni quindi il potenziale maggiore si ha nel settore residenziale (più di 15 Mt di CO<sub>2</sub>); l'effettiva realizzazione di questo potenziale è legato però alla difficile concordanza di molti decisori diversi, le cui resistenze al cambiamento tecnologico sono più difficili da superare rispetto a quelle che si possono riscontrare in un numero limitato di pochi grandi singoli "emettitori" (come nel caso delle grandi imprese). Un contributo di poco inferiore può venire dai trasporti, per metà grazie al vero e proprio incremento di efficienza, per l'altra metà a seguito di un cambiamento nella ripartizione modale.

Dall'industria, che rappresenta circa 1/3 dei consumi finali di energia, viene invece un contributo all'abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub> pari a circa 1/5 della riduzione corrispondente all'incremento di efficienza negli usi finali.

A tutto ciò si aggiunge infine il potenziale contributo rilevante delle opzioni di riduzione della domanda di servizi energetici, che implicano cambiamenti nei "modelli di uso dell'energia" da parte dei consumatori.

Il settore della climatizzazione assorbe circa 30 Mtep ogni anno e rappresenta circa un terzo dei consumi di energia negli usi finali. È quindi un settore fortemente sollecitato nel dare una risposta qualificata all'esigenza di ottenere dalle tecnologie in uso un maggior livello di efficienza e di risparmio. In questo ambito, uno dei punti chiave per il risparmio energetico è l'impiego di impianti e apparecchi innovativi ad elevata efficienza. L'evoluzione tecnologica negli ultimi anni ha reso disponibili sistemi impiantistici e apparecchi che da un lato migliorano sensibilmente il livello di comfort negli ambienti e dall'altro riducono sensibilmente i consumi energetici. I margini di miglioramento, a seconda della tecnologia impiegata, sono in media dell'ordine del 20-30%. Esistono oggi sul mercato sistemi e soluzioni impiantistiche dedicati alla climatizzazione e produzione di acqua calda sanitaria, ognuno con la sua particolarità, destinazione d'uso, costi e margini di miglioramento della efficienza e riduzione dei consumi. Soluzione che possono essere impiegate sia in ambito residenziale sia nel terziario, nel comparto industriale all'interno di edifici nuovi o nell'ambito di ristrutturazioni. Tali tecnologie possono essere utilizzate da sole o integrate con fonti energetiche rinnovabili. L'elemento fondamentale da tenere in considerazione è che non esiste una soluzione ideale per tutti gli impieghi, ma per ogni utilizzo deve essere fatta la scelta più appropriata tenendo conto di tutte le condizioni al contorno in cui viene inserito l'impianto.

### **1.3 Consumi energetici negli edifici della Grande Distribuzione**

Nel seguente paragrafo ci si pone l'obiettivo di fornire una idea di massima di quali possono essere i consumi energetici del settore della Grande Distribuzione Organizzata.

Uno dei requisiti fondamentali per procedere con questa tipologia di analisi è la disponibilità di dati energetici certi, rilevati regolarmente con criteri e metodi uniformi, confrontabili negli anni, in termini di fonti impiegate e di settori di impiego. La difficoltà di reperire analisi statistiche, a livello soprattutto nazionale, sui consumi energetici del settore della Grande Distribuzione, ma anche del settore terziario più in generale, rendono le ripartizioni per usi finali dei consumi energetici di settore, reperibili in letteratura, scarsamente attendibili. È infatti noto che la ripartizione in usi finali dipende dalla diffusione delle apparecchiature, dal loro consumo specifico e dalla modalità di utilizzo delle stesse. La richiesta energetica per riscaldamento e condizionamento risente sostanzialmente delle tecniche di costruzione degli edifici e delle caratteristiche climatiche, mentre quella di produzione di acqua calda, ad esempio, dipende dalle abitudini degli utenti finali. Gli utilizzi diversi necessitano quindi di una qualità dell'energia molto diversa, che è strettamente connessa alle tecnologie utilizzate. A titolo di esempio, il riscaldamento degli ambienti richiede essenzialmente energia termica a bassa temperatura, mentre l'acqua ad uso sanitario una temperatura leggermente più alta. Maggiore è il livello di temperatura necessario per l'eventuale produzione di freddo con apparati che usano calore, mentre altri componenti, come ad esempio i gruppi frigoriferi classici a compressione di vapore, richiedono lavoro, cioè energia della qualità più elevata, sia sotto forma di lavoro meccanico sia di elettricità.

L'acquisizione di dati sui consumi nel settore terziario risulta pertanto alquanto complicata e di notevole vastità ma fondamentale per conoscere meglio la

situazione e l'andamento di uno dei settori più energivori del sistema elettrico nazionale.

Il settore terziario contribuisce alla formazione del valore aggiunto nazionale per circa il 69%, ripartito tra le varie tipologie di attività. Ad esempio, il settore del commercio contribuisce per circa il 37%. Il settore presenta due grandi classi di utilizzo di energia: quella della climatizzazione, riscaldamento e condizionamento degli ambienti<sup>6</sup>, che rappresenta spesso la principale fonte di spesa, e quella produttiva, che usa quasi esclusivamente l'energia elettrica come vettore energetico per l'alimentazione dei macchinari. La domanda di elettricità dipende quindi dai livelli di produzione e di dotazione dei componenti e degli impianti installati e dal livello di informatizzazione: rappresenta quindi la variabile di maggiore interesse nell'analisi di questo settore.

Secondo analisi Cesi<sup>7</sup> negli ultimi anni si è registrata un cambiamento di tendenza per quanto riguarda la principale fonte energetica del settore terziario. Nell'ultimo decennio infatti la fonte principale è diventata l'energia elettrica, e la differenza tra la fonte di energia elettrica e gas è cresciuta costantemente. Sempre secondo analisi Cesi ed elaborazioni dati MAP e AE, in base a studi riferiti a circa 50 edifici campionati sul territorio italiano, si è rilevato che, per edifici della piccola distribuzione, tra gli anni 2002 e 2004, il consumo specifico per unità di superficie è stato di circa 223 kWh/m<sup>2</sup>, con una superficie media dell'unità locale di circa 60 m<sup>2</sup>. Per gli edifici della grande distribuzione invece l'analisi, riferita all'anno 2004, ha riportato un consumo specifico pari a circa 510 kWh/m<sup>2</sup>, con una superficie media dell'unità locale pari a 930 m<sup>2</sup>.

Come vedremo di seguito, gli edifici oggetto della nostra analisi appartengono alla Grande Distribuzione non alimentare, presentano superfici maggiori, per cui risulta difficile un confronto con queste analisi. Verranno quindi sviluppati dei

---

<sup>6</sup> Questa classe utilizza diversi vettori energetici in base alle varie forme di energia finali richieste.

<sup>7</sup> Indagine sui consumi e sulla diffusione delle apparecchiature nel settore terziario in Italia, 2005

confronti a livello più ampio tramite l'utilizzo di dati relativi a consumi energetici di edifici europei o appartenenti al continente americano.

Gli edifici commerciali sono consumatori intensivi di energia in tutti i paesi; possiamo racchiudere in questa categoria una vasta varietà di edifici, come uffici, ospedali, scuole, varie tipologie di negozi, hotel, centri commerciali. Queste differenti attività commerciali, sono accumulate tutte dal fatto che richiedono energia, e ne richiedono in grande quantità: più del 50% dell'energia viene utilizzata per gli scopi di condizionamento. In questa tipologia di edifici i consumi energetici si riferiscono essenzialmente a consumi di elettricità e di gas naturale; sono molto pochi gli edifici che utilizzano altre forme di energia, come gruppi locali di generazione o tramite teleriscaldamento.

Nella tabella seguente vengono presentati, a titolo di esempio, i consumi di energia elettrica e di gas naturale su scala annuale di alcuni edifici della piccola distribuzione alimentare e non ( PDA – PDNA ) e della grande distribuzione alimentare e non ( GDA – GDNA ).

Tipologia	Z.C.	Sup. m <sup>2</sup>	Consumi energia elettrica			Consumi gas naturale		
			Tot. kWh	TEP/anno	kWh/m <sup>2</sup>	Tot. m <sup>3</sup>	TEP/anno	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
PDNA	E	150	6800	1	45	3400	3	23
PDNA	F	200	3500	1	18	6500	5	33
PDNA	E	200	4000	1	20	6360	5	32
PDNA	E	380	38468	7	101	3369	3	9
PDA	D	180	55790	10	310	6200	5	34
PDA	E	1200	191916	36	160	18750	15	16
PDA	C	300	71110	13	237	12582	10	42
GDNA	F	2960	173920	33	59	15000	12	5
GDNA	E	3831	707851	132	185	37006	31	10
GDA	E	2215	979260	183	442	37859	31	17
GDA	D	5200	1525261	285	293	15900	13	3
GDA	E	1007	571769	107	568	16500	14	16
GDA	E	1979	1596550	299	807	29759	25	15

Tabella 1.6, Esempio consumi edifici commerciali in Italia,  
( fonte: elaborazione su dati Cesi e Termigas Bergamo )

Gli edifici analizzati in questo lavoro appartengono al settore della Grande Distribuzione, e possiamo fin da subito effettuare una suddivisione tra Grande Distribuzione alimentare e non alimentare.

La ripartizione tra i consumi è diversa nei due sottogruppi: negli edifici della grande distribuzione alimentare, sostanzialmente supermercati e ipermercati, vi è un maggior contributo ai consumi energetici, soprattutto elettrici, dovuto alla produzione del freddo<sup>8</sup> per la conservazione dei cibi.

Una tipica suddivisione dei consumi energetici di un supermercato può essere rappresentata in Figura 1.5. Come si può notare, la quota relativa ai consumi della refrigerazione per la conservazione dei cibi, rappresenta circa il 40% dei consumi elettrici totali, rappresentando la maggior quota nella ripartizione interna dei consumi.

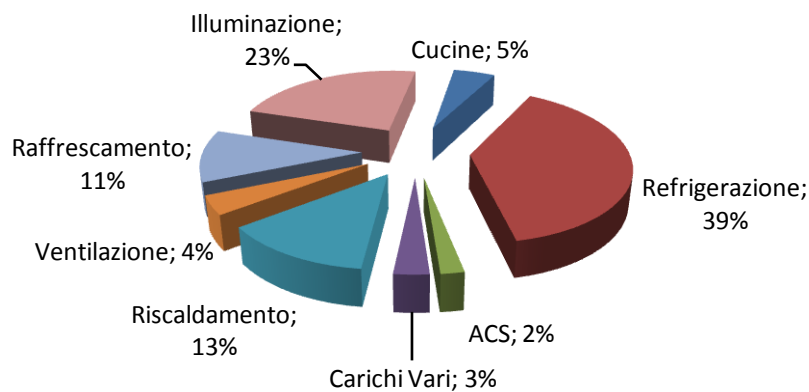


Figura 1.5, Tipica suddivisione dei consumi energia elettrica in un supermercato degli U.S.  
( fonte Baxter 2007 )

---

<sup>8</sup> Produzione di acqua refrigerata per alimentare le utenze frigorifere per la conservazione dei cibi



In analisi effettuate da Termigas Bergamo<sup>9</sup> riguardo supermercati e ipermercati del territorio italiano si hanno sostanzialmente le stesse ripartizioni in termini percentuali dei consumi di energia elettrica; risulta importante sempre la quota relativa alla refrigerazione, sia per quanto riguarda la produzione del freddo a temperatura normale ( TN ) sia per quanto riguarda la produzione del freddo a bassa temperatura ( BT ).

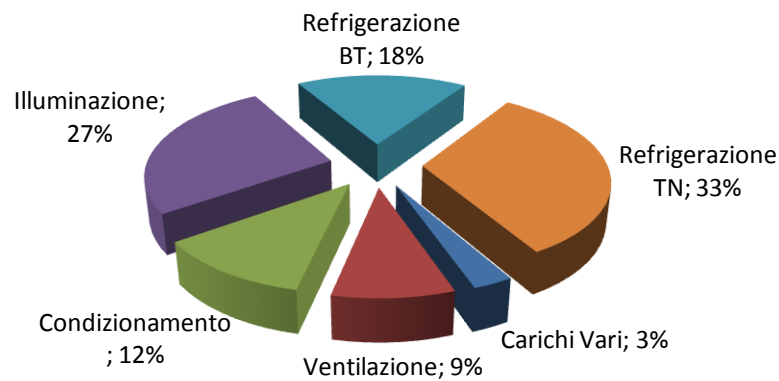


Figura 1.6, Ripartizione consumi energia elettrica supermercati Termigas ( fonte Termigas Bergamo )

Come possiamo notare dalla ripartizione dei consumi elettrici, c'è un grande potenziale per il miglioramento degli impianti energetici in un supermercato. Tipici interventi possono coinvolgere sistemi di refrigerazione, impianti di illuminazione e impianti meccanici per la climatizzazione. Le tecnologie di risparmio energetico come il recupero di calore, il controllo della pressione di condensazione, illuminazione efficiente, motori ad alta efficienza, ad esempio, sono stati implementati in molti supermercati per ridurre il consumo energetico. L'utilizzo della tecnologia di recupero di calore dai condensatori per riscaldare l'acqua calda sanitaria, ad esempio, permette di raggiungere buoni risultati di efficienza energetica e una sensibile riduzione dell'uso di combustibili fossili.

<sup>9</sup> Società italiana operante nel settore degli impianti tecnologici meccanici, speciali, elettrici

L'introduzione di valvole di espansione elettroniche permette di ottenere basse temperature di condensazione a basse temperature ambiente. Una riduzione della temperatura di condensazione incrementa il coefficiente di performance dell'impianto di refrigerazione.

L'illuminazione occupa circa il 25% del consumo totale di energia elettrica in un supermercato. Una riduzione dei costi energetici per l'illuminazione tra il 25-35% è possibile con l'utilizzo di lampade ad alta efficienza o sistemi di controllo, massimizzando la luce solare, o utilizzando materiali ad alta riflettività.

Se è vero che talvolta gli interventi di risparmio energetico possono essere onerosi in termini di investimento, esistono, come abbiamo visto in modo generale, tecnologie che consentono di ottenere significativi risultati energetici con investimenti moderati e risparmi significativi nelle spese di esercizio.

Diversa risulta invece la ripartizione dei consumi energetici in edifici della Grande Distribuzione non alimentare. La quota relativa alla refrigerazione per la conservazione dei cibi scompare, e la ripartizione dei consumi di energia elettrica assume un altro aspetto. Diviene quindi ben più importante la quota relativa alla refrigerazione per la produzione del freddo per scopi di climatizzazione<sup>10</sup> mentre la quota relativa all'illuminazione rimane sostanzialmente invariata. Come detto prima, non vi sono altre analisi pubblicate sul territorio Italiano che mostrano una tipica ripartizione dei consumi di edifici commerciali.

Vengono quindi mostrati le analisi effettuate sugli edifici oggetto di studio di questo lavoro; sono circa venti edifici, distribuiti sul territorio Italiano, con concentrazione maggiore nelle regioni del nord Italia. Troviamo però anche qualche edificio localizzato nel centro e nel sud Italia; possiamo, seppur il campione analizzato non sia numeroso, delineare comunque un quadro generale

---

<sup>10</sup> In questo caso si ha la produzione di acqua refrigerata per l'alimentazione delle batterie di scambio termico presenti nell'unità di trattamento aria

di quale sia l'effettivo consumo energetico di questi edifici, sia dal punto di vista dei consumi elettrici sia di gas naturale.

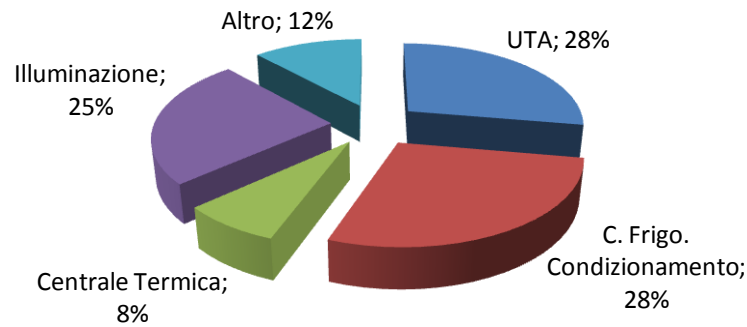


Figura 1.7, Ripartizione consumi energia elettrica tipici di un edificio della Grande Distribuzione non alimentare ( fonte Termigas Bergamo )

Come possiamo notare dalla Figura 1.7, la ripartizione dei consumi elettrici in un edificio non alimentare subisce una variazione, dovuta sostanzialmente, come detto prima, alla mancanza degli impianti di refrigerazione per la conservazione dei cibi. Ciò comporta, senza dubbio, una riduzione complessiva dei consumi specifici, e una ripartizione dei consumi elettrici diversa. La quota relativa agli impianti meccanici aumenta, mentre la quota relativa all'illuminazione rimane sugli stessi valori percentuali.

Un tipico scenario dell'andamento della domanda di energia elettrica nell'arco di una giornata, in un edificio commerciale per la vendita al dettaglio, in una giornata estiva, può essere rappresentato come in Figura 1.8:

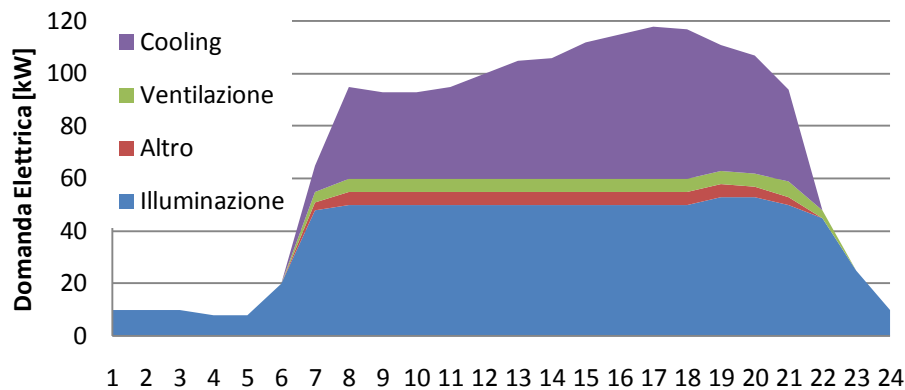


Figura 1.8, Andamento domanda elettrica giornaliero in un tipico edificio commerciale ( fonte:US Environmental Protection Agency )

Questo profilo mostra il contributo degli impianti di illuminazione, raffrescamento, ventilazione, e altri carichi vari nell'arco di una giornata. Il consumo energetico globale di questa tipologia di edificio aumenta considerevolmente nella mattinata prima che vi sia l'apertura al pubblico dell'esercizio commerciale, e diminuisce rapidamente dopo che vi è la chiusura serale. Possiamo notare fin da subito che la richiesta di energia elettrica per gli scopi di climatizzazione può presentare essenzialmente due picchi: uno nel periodo di raffrescamento nelle prime ore della mattina, per portare l'edificio alle temperature operative di comfort, e un picco di intensità maggiore nelle ore pomeridiane, ovvero le ore di massima occupazione dell'edificio<sup>11</sup>. Infatti, riportando in Figura 1.9 un tipico andamento dell'occupazione oraria in termini percentuali degli edifici considerati nell'analisi, facilmente generalizzabile anche ad altri edifici della Grande Distribuzione non alimentare, possiamo notare come gli andamenti siano del tutto simili. Edifici appartenenti a questa tipologia di commercio al dettaglio sono infatti occupati dal personale acquirente soprattutto nelle tarde ore del pomeriggio. È chiaro quindi che,

<sup>11</sup> Come vedremo anche in seguito i carichi termici interni variabili degli edifici dipendono sostanzialmente dalle condizioni climatiche dell'ambiente esterno e dal numero di persone presenti all'interno dell'edificio stesso.

essendo la variazione dei consumi elettrici legata sostanzialmente al consumo dei gruppi frigoriferi per la climatizzazione, nelle ore pomeridiane si ha una condizione critica legata sia alle condizioni dell'aria esterna da trattare, soprattutto nel periodo estivo, sia alla massima occupazione dell'edificio.

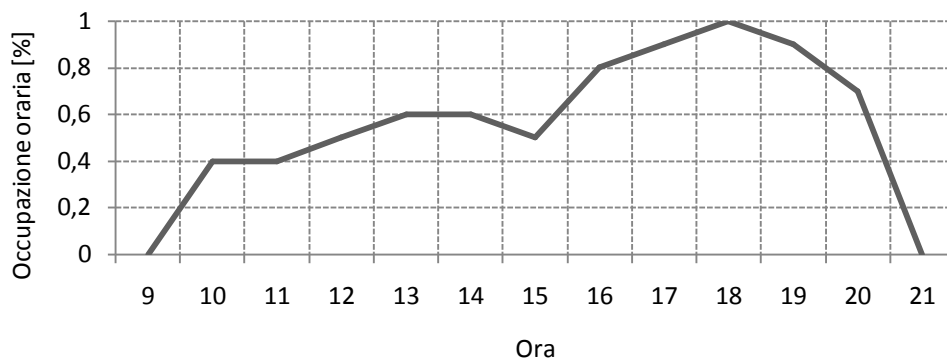


Figura 1.9, Profilo orario occupazione edificio commerciale ( fonte Termigas Bergamo )

Sono stati presentati molti scenari, per il miglioramento dell'efficienza energetica e la riduzione dei consumi energetici. Riferendoci ancora alla Figura 1.8, un tipico scenario per la riduzione dei consumi globali di un edificio del settore terziario, può fornire andamenti della domanda elettrica minori. Infatti, tramite l'utilizzo di tecnologie efficienti e nuove modalità di gestione e controllo degli stessi impianti è possibile ridurre i picchi di domanda elettrica. Tipici interventi possono essere l'ottimizzazione dei setpoint di temperatura ambiente, l'ottimizzazione nella gestione degli impianti di illuminazione e impianti meccanici, il controllo dei carichi elettrici, l'utilizzo di componenti ad alta efficienza.

Si può notare dalla figura sottostante che, intervenendo sia sugli impianti di condizionamento e climatizzazione che sugli impianti di illuminazione, la domanda elettrica diminuisce sensibilmente, assumendo profili del tutto diversi.

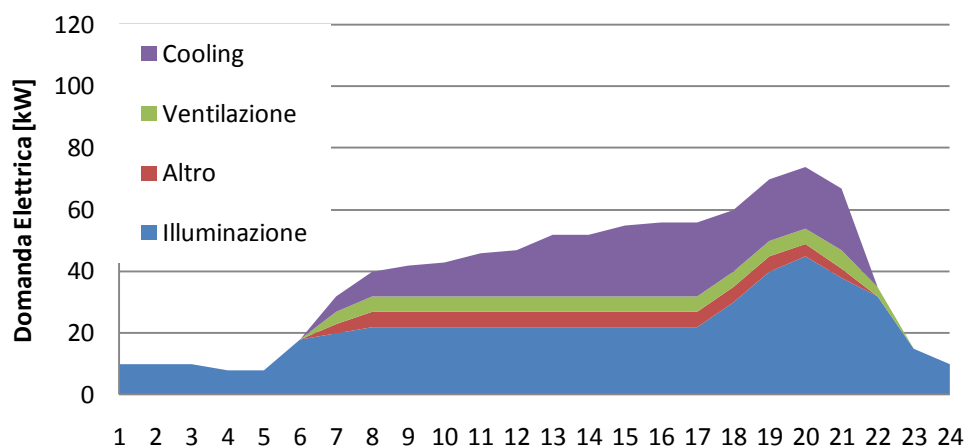


Figura 1.10, Andamento domanda elettrica ottimizzata  
( fonte:US Environmental Protection Agency )

## 1.4 Azioni europee per l'efficienza energetica degli edifici

Vogliamo ora presentare a livello del tutto generale le principali azioni sviluppate a livello europeo, dagli Stati Membri, per il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici. La trattazione risulterà più vasta rispetto al tema principale di questo elaborato, ma ci può far capire quale sia il supporto legislativo e governativo nella promozione dell'efficienza energetica nel settore edilizio, indipendentemente dall'ottenimento di una certificazione energetica degli edifici stessi. Svilupperemo quindi prima le azioni europee, considerate come il motore di tutte le iniziative nazionali che verranno esposte di seguito.

L'Europa sta iniziando una nuova era energetica, la domanda globale di energia sta aumentando, e con essa anche le emissioni di gas serra : è evidente che l'Unione Europea non ha reagito in modo immediato per favorire l'uso di tecnologie energetiche cosiddette "low-carbon" ed incrementare l'efficienza energetica. Le emissioni di gas serra dell'EU supereranno del 2% il livello del 1990 nel 2010 e del 5% nel 2030, in accordo con il modello PRIMES<sup>12</sup>. La dipendenza dell'EU dalle importazioni di energia aumenterà dall'attuale 50% al 65% nel 2030.

In questa situazione, il settore edilizio, residenziale ma soprattutto terziario, gioca un ruolo fondamentale. Consuma più del 41% del consumo finale di energia e produce circa un terzo del totale delle emissioni di gas serra, il settore edilizio gioca un ruolo fondamentale in ogni politica energetica in Europa.

Gli elementi base per una politica sostenibile in questo settore sono chiaramente:

- ridurre la domanda totale di energia per gli edifici,
- aumentare l'efficienza energetica del settore edifici,

---

<sup>12</sup> Il Modello PRIMES elabora uno scenario tendenziale (*Baseline* scenario) che descrive quale sarebbe il livello di emissioni, la domanda finale di energia e la percentuale di tale domanda soddisfatta da fonti rinnovabili nel 2020

- incrementare la cogenerazione, per la produzione di calore e energia elettrica,
- aumentare l'uso di energie rinnovabili e,
- National Energy efficiency action plans ( IEEAs )

Storicamente, la politica energetica ha sempre giocato un ruolo importante nella formazione dell'Unione Europea; nel 1952, con il trattato "Coal and Steel" e nel 1957 con il trattato "Euratom", gli stati membri fondatori si accordarono per un comune approccio al concetto "energia".

Oggi, il mercato energetico e le condizioni geopolitiche sono cambiate significativamente, ma la necessità di agire per ridurre la domanda di energia è più forte di sempre: i giorni di un'energia economica e poco costosa per l'Europa sembrano essere finiti. Il cambiamento climatico, l'aumento della dipendenza delle importazioni e l'alto prezzo dell'energia, hanno colpito e stanno colpendo tutti gli stati membri dell'UE. Nello stesso tempo, tutti gli stati membri sono interconnessi tra loro sia dal punto di vista energetico che in molte altre aree e settori : un blackout energetico in un solo paese ha effetti immediati in tutti gli altri stati.

L'Europa, essendo un paese sviluppato, deve agire per garantire una energia sostenibile, sicura e competitiva. Nei settori residenziale - terziario la necessità di un approccio coerente può essere la chiave del successo. Questo quindi è la ragione per cui l'UE ha varato un certo numero di misure per migliorare l'efficienza energetica, ridurre il consumo di energia primaria e aumentare l'uso di energie rinnovabili.

Il ruolo dell'UE in termini di politiche e programmi di efficienza energetica, è divenuto via via sempre più importante, poiché l'UE in sé è cresciuta sia politicamente che istituzionalmente. Ritornando negli anni '70, troviamo un numero di direttive che furono implementate dagli stati membri; un cambiamento importante ci fu nel 1989 con la creazione del programma



THERMIE : gli obiettivi erano la promozione delle tecnologie energetiche, diventando parte dei programmi di ricerca europei. Il programma SAVE, che ancora oggi è un programma della Comunità Europea per l'efficienza energetica, venne approvato solamente nel 1991. Nel 1998, con il "Communication on Energy Efficiency", seguito poi dall'"Action Plan" nel 2000, si stimò che due terzi del potenziale risparmio poteva essere ottenuto nel 2010; sempre nel 2000 l'"European Climate Change Program" identificò le misure più sostenibili e redditizie per aiutare l'UE ad affrontare il Protocollo di Kyoto. Nel 2003 venne approvato il programma "Energy Intelligent Europe" ( EIE ), che ha SAVE come sottoprogramma.

L'UE è stata anche coinvolta nello sviluppo di tecnologie attraverso il successivo "Framework Program" ( 6° e ora 7° ) che copra tutti i programmi di ricerca dell'UE.

Durante gli ultimi anni, le strategie per l'efficienza energetica e la sostenibilità sono state rinforzate dal "Green Paper on Energy Efficiency". Possiamo riassumere la direttiva in 5 punti principali e vedere l'interazione che si ha con il settore degli edifici.

- L'obiettivo della cogenerazione è una vera sfida per l'Europa. In Finlandia la produzione di energia elettrica da fonti cogenerative è la più alta d'Europa; più del 40% degli edifici viene riscaldato da calore distribuito, gran parte proveniente dalla cogenerazione. In ogni caso, altre tipologie di soluzioni tecniche possono essere impiegate maggiormente in futuro, sempre con l'obiettivo dell'efficienza energetica.
- La direttiva per le performance energetiche degli edifici ha fissato le basi per la legislazione nazionale in merito all'efficienza energetica. Ha individuato le aree più importanti dove devono essere concentrati gli studi e gli sforzi degli stati membri. L'implementazione della direttiva è stata più

lenta del previsto a causa della diversità di legislazione di ogni stato membro e per la mancanza di una normativa tecnica di riferimento.

- La direttiva per l'efficienza nei consumi finali di energia fissa i requisiti e gli obiettivi di riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di CO<sub>2</sub> per gli stati membri. L'obiettivo è la riduzione di un punto percentuale per ogni anno, durante gli anni futuri.
- La direttiva sul consumo energetico dei prodotti stabilisce i criteri progettuali e costruttivi dei prodotti che consumano energia; i criteri sono ancora in fase di studio per i prodotti che vengono venduti in più di 200000 unità ogni anno. Dopo 2-3 anni di studi, le prime direttive vengono pubblicate all'inizio del 2008. Tra questi prodotti ci sono ad esempio ventilatori, pompe utilizzate negli impianti di riscaldamento, caldaie.
- L'obiettivo della direttiva per le energie rinnovabili è incrementare l'uso delle stesse di almeno 20% in Europa, e del 10% dei biocombustibili. In Finlandia l'uso dell'energie rinnovabili è già oggi più del 20%, ma la cifra proposta, che rappresenta una vera sfida, è di circa il 38%.

#### **1.4.1 EPBD – Energy Performance of Building Directive**

Copre i principali consumatori finali di energia negli edifici : riscaldamento e raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria e illuminazione, che rappresentano l'89% del consumo globale di energia negli edifici residenziali e del 79% di altri edifici.

La direttiva è basata essenzialmente su 5 punti:

- Adozione di una metodologia comune
- Performance energetiche minime richieste
- Certificato di efficienza energetica
- Manutenzione di centrali termiche e impianti meccanici
- Requisiti per la manutenzione

**Adozione di una metodologia comune:**

L'articolo 3 della direttiva impone l'adozione di una metodologia e le linee guida generali per le procedure di calcolo. *“Member States shall apply a methodology, at national or regional level, of calculation of the energy performance of building on the basis of the general framework set out in the Annex. Parts 1 and 2 of this framework shall be adapted to technical progress in accordance with the procedure referred to in Article 14(...), taking into account standards or norms applied in Member State legislation. This methodology shall be set at national or regional level. The energy performance of a building shall be expressed in a transparent manner and may include a CO<sub>2</sub> emission indicator”*.

Per facilitare l'applicazione dell'articolo 3, viene dato mandato al comitato CEN di sviluppare una appropriata procedura di calcolo a supporto degli stati membri per l'implementazione nazionale del metodo di calcolo delle performance energetiche.

**Performance energetiche minime richieste:**

Questo punto riguarda ed è strettamente collegato alle procedure per i requisiti minimi delle performance energetiche degli edifici negli Stati Membri, che sono coperte dagli articoli 4, 5 e 6 della direttiva. Poiché ogni Stato può differenziare questi requisiti tra edifici nuovi ed esistenti, tra tipologie diverse di edifici, i temi affrontati in questi articoli sono vari: strategie per i requisiti minimi dell'EP, come le diverse categorie degli edifici sono considerate nei diversi stati membri, come i requisiti tengono conto delle condizioni climatiche interne, quali edifici sono esclusi da questi requisiti, se il limite dei 1000 m<sup>2</sup> è applicabile in tutti gli stati membri, ecc.

Nell'articolo 4, nello specifico, gli Stati Membri sono responsabili di prendere le misure necessarie per assicurare i requisiti di performance energetiche degli edifici, differenziando tra edifici di nuova costruzione ed edifici esistenti. Questi

requisiti devono essere rivisti e verificati in precisi intervalli di tempo e tengono in considerazione delle condizioni climatiche generali interne, per eliminare i possibili effetti negativi come sistemi di ventilazione inadeguati o obsoleti.

Nell'articolo 5 gli Stati Membri devono prendere le misure necessarie per assicurare che gli edifici di nuova costruzione rispettino le performance minime energetiche definite nell'articolo 4. Anche per gli edifici esistenti che prevedono una ristrutturazione, gli stati membri devono assicurare che le performance energetiche migliorino a seguito degli interventi di ristrutturazione e miglioramento sia dell'edificio che degli impianti installati.

Il certificato di efficienza energetica viene discusso nell'articolo 7 della direttiva; gli stati membri possono richiedere che, quando un edificio viene costruito, venduto o affittato, venga richiesto un certificato di efficienza energetica, che ha validità non superiore ai 10 anni.

I certificati di efficienza energetica degli edifici possono includere valori di riferimento per comparare le diverse prestazioni energetiche degli edifici. Il certificato può essere accompagnato da raccomandazioni sulla fattibilità economica delle proposte di efficienza energetica. Gli stati membri possono prendere decisioni singole per applicare questa direttiva per edifici con superficie utile maggiore di 1000 m<sup>2</sup> occupati da autorità pubbliche o da istituzioni per il servizio pubblico.

Viene discussa anche la manutenzione delle centrali termiche e degli impianti meccanici, negli articoli 8 e 9.

In quest'ottica, l'EPBD impone che *“regular maintenance of boilers and of air-conditioning systems by qualified personnel contributes to maintainig their correct adjustment in accordante with the product specification and in that way will ensure optimal performance from an environmental, safety and Energy point of view”*.

Come discusso in precedenza, l'EPBD fornisce solamente un quadro generale ma le iniziative più importanti vengono lasciate ad ogni stato membro per adattare questo quadro generale alle particolari condizioni climatiche, economiche, culturali o tecniche. Gli stati membri quindi hanno un ruolo chiave nell'implementazione della direttiva; gli stati membri sono molto diversi l'uno dall'altro, non equamente preparati per affrontare l'enorme lavoro legislativo. In ogni caso è interessante vedere come gli stati membri sono ora realmente coinvolti in questa politica energetica. Molti di loro stanno rivedendo, in parallelo con l'implementazione dell'EPBD, le proprie politiche e stanno definendo nuove iniziative per promuovere l'integrazione delle energie rinnovabili negli edifici, per lo sviluppo di certificati specifici per gli edifici sostenibili, per classificare edifici a basso consumo energetico. Molti paesi hanno inoltre definito incentivi economico-finanziari a supporto dei costi di investimento per migliorare l'efficienza energetica degli edifici.

#### **1.4.2 Altre direttive energetiche europee**

Risulta ora interessante esporre le altre direttive europee principali in materia di efficienza energetica presenti, in modo da fornire un quadro più completo di come questo tema venga affrontato dagli stati membri.

##### **Directive on Energy end-use efficiency and Energy services:**

La direttiva sull'efficienza dell'utilizzo finale di energia e dei servizi energetici è stata approvata nell'aprile del 2006. Definisce in modo molto chiaro i target per la riduzione dei consumi. Gli stati membri possono adottare e porre come obiettivo una riduzione globale del consumo di energia nazionale pari al 9% per il nono anno di applicazione di questa direttiva, prendendo misure economiche, pratiche e ragionevoli, per contribuire al raggiungimento di questo obiettivo.

Ogni stato può stabilire un indice nazionale di riduzione dei consumi per il terzo anno dell'applicazione della direttiva, e fornire una revisione della sua strategia per il raggiungimento degli obiettivi nazionali e globali.

Per seguire l'implementazione della direttiva gli stati membri devono sottostare all'Energy Efficiency Action Plans ( EEAP ): descrive le misure da adottare per il raggiungimento dell'efficienza energetica, i piani di informazione per i consumatori finali, l'uso e il graduale aumento dell'uso di indicatori di efficienza energetica, per la valutazione di misurazioni passate e la stima di misurazioni future.

#### **Directive on establishing a frame work for the setting of eco design requirements for Energy-using products**

Qualsiasi uso di energia e l'impatto ambientale degli edifici sono condizionati dagli edifici stessi e da come operano, ma anche dai componenti utilizzati negli edifici. Nel 2005 un'importante direttiva stabilisce un quadro generale per fissare i requisiti ecologici per la progettazione e la realizzazione.

La commissione ha definito 14 gruppi di componenti di impianto che devono essere analizzati in un programma di efficienza energetica, tra questi ci sono caldaie, motori elettrici, pompe, ventilatori e componenti di impianti meccanici.

#### **Directive on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal Energy market**

L'utilizzo combinato di energia e calore ( CHP ) rappresenta un sostanziale potenziale per aumentare l'efficienza energetica e ridurre l'impatto ambientale. L'efficiente consumo di petrolio, la produzione simultanea di calore e potenza può offrire una riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Circa il 40% dell'elettricità prodotta da fonti cogenerative viene impiegata per la fornitura pubblica, spesso legata con una rete di distribuzione del calore ( teleriscaldamento ). Il 60% di quella generata viene auto consumata, generalmente nei processi industriali. Le strategie adottate nel 1997 dalla

“Commission’s cogeneration strategy” avevano fissato un obiettivo globale di produzione di elettricità da cogenerazione pari al 18% nel 2010. In ogni caso, bisogna notare che tra gli stati membri vi è una variazione notevole in termini percentuali della produzione di elettricità, tra il 2% e il 60%. Ad oggi, una nuova Commissione legislativa lavora per fornire un quadro generale per la promozione di queste tecniche di efficienza energetica, in modo da superare le barriere esistenti, per avanzare la sua penetrazione nel mercato libero dell’energia e per aiutare il suo utilizzo. La direttiva definisce cogenerazione ad alta efficienza, la cogenerazione che porta ad una riduzione del 10% di energia utilizzata se paragonata alla produzione separata.

#### **Directive on the promotion of the use of Energy from renewable sources**

La Commissione Europea ha dimostrato che un obiettivo del 20% della produzione globale di energia da fonte rinnovabile e del 10% dell’energia rinnovabile nel settore dei trasporti, è raggiungibile e ottenibile. La commissione ha pubblicato uno schema guida riguardo la promozione dell’utilizzo dell’energia da fonte rinnovabile nel gennaio 2008. Tre settori sono legati all’energie rinnovabili: elettricità, riscaldamento/raffrescamento e trasporti.

L’approccio globale per gli stati membri è comunque quello di creare un mix di questi settori nel raggiungimento degli obiettivi nazionali. Comunque, viene proposto che ogni stato membro deve utilizzare almeno il 10% dell’energia rinnovabile nel settore dei trasporti ( principalmente biocombustibili ) entro il 2020. La direttiva proposta fissa i principi base di come viene definito l’uso dell’energia rinnovabile, ed ad esempio, definisce quale frazione dell’energia di un sistema a pompa di calore può essere considerato rinnovabile.

## **1.5 Attuazione della Direttiva EPBD in Italia**

L'attuazione della Direttiva sul Rendimento Energetico degli Edifici in Italia è sotto la responsabilità del Ministero dello Sviluppo Economico, in collaborazione con il Ministero dell'Ambiente e quello delle Infrastrutture. Prima dell'approvazione definitiva, è obbligatoria anche l'autorizzazione da parte del Comitato delle Regioni, attraverso lo strumento della Conferenza Stato-Regioni. Infatti, secondo le modifiche apportate alla Costituzione Italiana, Parte V, la politica energetica è parzialmente delegata alle Regioni e alle Province autonome. La definizione della struttura-strategia generale su questo tema è di competenza del Governo centrale, mentre le regioni hanno il diritto finale di adattare gli schemi nazionali alle loro esigenze specifiche.

Alcune Regioni, anche in risposta alla prolungata attesa della pubblicazione delle linee guida nazionali, hanno sviluppato loro specifiche procedure sui requisiti minimi e sugli standard inerenti la certificazione energetica degli edifici.

Il contesto normativo può essere così riassunto:

- Il 19 agosto 2005 il Consiglio dei Ministri ha approvato il primo Decreto Legislativo ( D. Lgs. n. 192/2005 ) che fornisce una struttura generale per il recepimento di tutti gli articoli della Direttiva sulla Performance Energetica degli Edifici nella legislazione nazionale, ad esclusione dell'articolo 9 ( verifica dei sistemi di raffrescamento ) per cui è stata richiesta ed ottenuta una proroga di 3 anni.
- Il 29 dicembre 2006, il Consiglio dei Ministri ha emanato un nuovo Decreto Legislativo ( D. Lgs. n. 311/2006 ) relativo alle modifiche ed alle estensioni degli articoli inclusi nel precedente D. Lgs. 192/2005. I successivi decreti attuativi sono di competenza del Ministero dello Sviluppo Economico.



- Il passaggio successivo è rappresentato dal recepimento della Direttiva 32/2006/EC sull'efficienza negli usi finali dell'energia e sui servizi energetici, approvato come Decreto Legislativo n. 115 del 30 maggio 2008 dal Presidente della Repubblica e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il 3 Luglio 2008 al n. 154.
- Le linee guida nazionali sulla certificazione energetica, assieme al relativo Decreto del Presidente della Repubblica ( DPR ) sulle metodologie di calcolo e i requisiti minimi per i sistemi di raffrescamento completeranno il recepimento, avendo già ottenuto il necessario consenso dal tavolo di coordinamento Stato-Regioni. Il prossimo stadio di recepimento nazionale della Direttiva è la definizione dei requisiti minimi e delle metodologie per la valutazione delle performance dei sistemi di raffrescamento e di illuminazione artificiale.

Una ulteriore tappa nel recepimento della Direttiva consisterà nello sviluppo di un sistema di monitoraggio per la certificazione: come viene applicata, quale è il livello di omogeneità delle applicazioni, i costi, gli standard e le metodologie adottate nelle diverse aree del Paese.

### **1.5.1 Il piano d'Azione per l'Efficienza Energetica**

#### **Ministero dello Sviluppo Economico**

Il presente piano di azione intende mobilitare la società civile, i responsabili politici e gli operatori del mercato, e trasformare il mercato interno dell'energia, in modo da fornire ai cittadini dell'Unione europea (UE) infrastrutture (compresi gli edifici), prodotti, processi e servizi energetici che siano globalmente i più efficienti sul piano energetico.

L'obiettivo del piano di azione è contenere e ridurre la domanda di energia, nonché agire in maniera mirata sul consumo e sull'approvvigionamento per riuscire a ridurre del 20% il consumo annuo di energia primaria entro il 2020 (rispetto alle proiezioni sul consumo energetico per il 2020). Tale obiettivo corrisponde alla realizzazione di risparmi di circa l'1,5% all'anno fino al 2020.

La realizzazione di risparmi energetici significativi e sostenibili implica, da una parte, l'esigenza di sviluppare tecniche, prodotti e servizi a basso consumo di energia e, dall'altra, la necessità di modificare i comportamenti in modo da ridurre il consumo di energia mantenendo comunque la stessa qualità di vita. Il piano presenta una serie di misure a breve e a medio termine per la realizzazione di questo obiettivo.

La quasi totalità delle misure considerate ha come denominatore comune l'obiettivo della promozione di una o più tecnologie, tenendo anche conto della loro praticabilità tecnica ed economica, intesa sia in termini di investimenti complessivi che in termini di necessaria fine della vita utile degli impianti esistenti. In generale, la promozione di una tecnologia è sempre connessa a misure che facilitino la transizione del mercato verso quella tecnologia, che altrimenti stenta ad affermarsi "spontaneamente".

Nel settore terziario, le misure di miglioramento dell'efficienza energetica riguardano quattro categorie di intervento: riscaldamento efficiente,

condizionamento efficiente, illuminazione degli edifici, illuminazione pubblica. Come nel caso del settore residenziale tali misure derivano dalla direttiva sulla certificazione energetica degli edifici (relativamente all'efficienza nel riscaldamento e nel condizionamento) e dalla Direttiva 92/75/CEE EUP. In questo caso, i risparmi aggiuntivi a livello di edificio sono dovuti principalmente al miglioramento della climatizzazione (estiva e invernale) e alla maggiore efficienza dei sistemi di illuminazione.

La Commissione ritiene che i più consistenti risparmi di energia possano essere realizzati nei seguenti settori: gli edifici residenziali e commerciali (terziario), con un potenziale di riduzione stimato rispettivamente al 27% e al 30%, l'industria manifatturiera, con possibilità di risparmio di circa il 25%, e il settore dei trasporti, con una riduzione del consumo stimata al 26%.

Queste riduzioni settoriali del consumo energetico corrispondono ad un risparmio complessivo stimato a 390 milioni di tonnellate equivalente petrolio (Mtep) annue, ossia 100 miliardi di euro all'anno entro il 2020. Esse permetterebbero inoltre di diminuire le emissioni di CO<sub>2</sub> di 780 milioni di tonnellate all'anno.

Questi risparmi potenziali verranno ad aggiungersi alla riduzione nei consumi, stimata all'1,8%, ossia 470 Mtep all'anno, risultante tra l'altro dalle misure già attuate e dal ricambio fisiologico delle apparecchiature.

Il conseguimento dell'obiettivo di riduzione del 20% permetterà di ridurre l'impatto sul cambiamento climatico e la dipendenza dell'UE dalle importazioni di combustibili fossili. Il piano di azione avrà anche l'effetto di rafforzare la competitività industriale e di accrescere le esportazioni di nuove tecnologie, oltre ad avere effetti positivi in termini di occupazione. I risparmi realizzati compenseranno inoltre gli investimenti effettuati nelle tecnologie innovative.



## 2. Energy Management ed Audit Energetici

Per ragioni sia economiche che ambientali, tutti noi in questi anni siamo costantemente sotto pressione per ridurre i consumi energetici e lo saremo maggiormente negli anni futuri. Piccoli privati, piccole-medie imprese, grandi industrie: siamo tutti coinvolti in una riduzione dei consumi energetici.

Il costo energetico rappresenta una delle principali voci di spesa nel bilancio economico di qualsiasi realtà, sia essa industriale o commerciale, e la riduzione di questi costi porta innanzitutto alla conseguente riduzione dei costi operativi, incrementando di molto il profitto delle stesse aziende ed organizzazioni coinvolte.

Una delle maggiori problematiche ambientali legate ai consumi energetici è l'emissione di diossido di carbonio (  $\text{CO}_2$  ), gas serra che contribuisce al riscaldamento globale; a causa del rilascio di  $\text{CO}_2$  durante la combustione di combustibili fossili, le emissioni di  $\text{CO}_2$  sono strettamente correlate ai consumi energetici.

Con la crescita sempre più smisurata dei consumi energetici, dovuta sostanzialmente al costante progresso della nostra società, il problema di fondo riguarda la sempre crescente domanda di combustibili fossili, come petrolio e gas, per supportare e incrementare lo sviluppo economico. Sono energie non rinnovabili che hanno bisogno di milioni di anni per formarsi e che quindi rappresentano una risorsa finita, che probabilmente verrà completamente esaurita.

La riduzione dei consumi energetici può quindi rappresentare una valida opportunità per affrontare queste tematiche, tramite l'efficienza energetica e programmi di conservazione energetica. Questi programmi promuovono

l'efficienza o l'uso efficiente dell'energia, portando quindi ad una riduzione dei consumi, dell'impatto ambientale e dei costi operativi.

Nel seguente capitolo verranno quindi presentati come questi programmi di efficienza energetica possono essere affrontati e formulati tramite il cosiddetto "Energy management" e gli audit energetici. Questi ultimi, in particolare, rappresentano la prima azione da compiere nell'analisi energetica di un edificio.

## **2.1 Energy management**

Il cosiddetto Energy management è una procedura per il contenimento e la riduzione dei consumi globali di energia e dei relativi costi energetici di un edificio. Alcuni tipici obiettivi, che dipendono sostanzialmente dalle necessità di ogni azienda o organizzazione ( titolare dell'edificio ), includono: bassi costi operativi, incremento guadagni, riduzione impatto ambientale, miglioramento comfort ambientale con conseguente miglioramento delle condizioni di lavoro.

Un programma di gestione energetica per essere di successo deve essere supportato da parte di aziende che operano nel settore specifico e deve essere in sinergia con gli obiettivi del committente, titolare quindi dell'edificio.

L'Energy management richiede un approccio sistematico, dalla formazione di un adeguato team di lavoro, alla realizzazione e il mantenimento dei risparmi energetici. Un tipico processo è rappresentato in Figura 2.1.

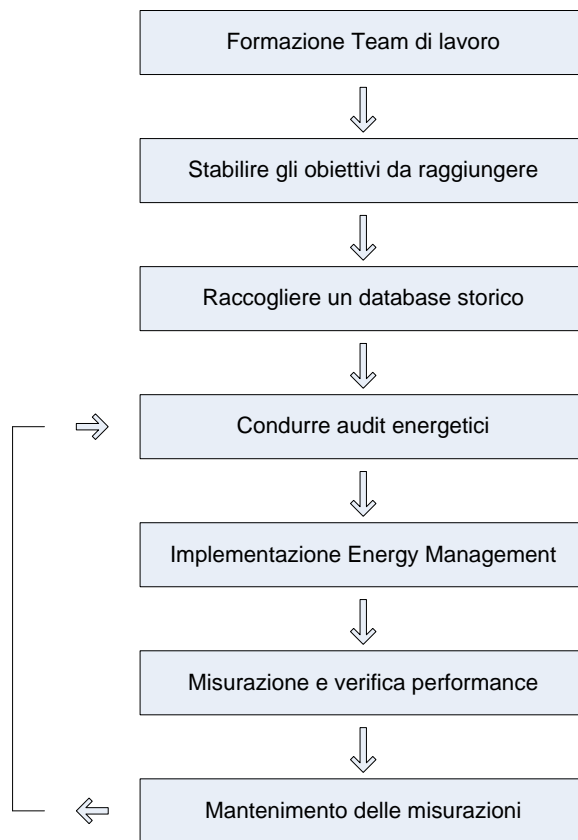


Figura 2.1: Procedura Programma Energy Management

Il primo passo è selezionare un team di lavoro adeguato con le giuste capacità per affrontare ed eseguire integralmente un programma di Energy management; deve quindi capire quali sono gli obiettivi e le priorità di questo programma di lavoro, come ad esempio definire gli obiettivi del risparmio, stabilire un budget e un calendario nell'affrontare il lavoro.

È di notevole importanza riuscire a creare un database storico dei risparmi energetici conseguiti, in modo tale da poter comparare i risultati di lavori futuri con i dati storici: questo database può comprendere ad esempio dati riguardanti i consumi dei singoli componenti, ore di funzionamento, o dati riguardanti nello specifico l'edificio e il suo stato occupazionale.

Proseguendo, devono essere identificati specifici interventi di risparmio energetico: rappresenta la parte più importante di un programma di Energy management ed è ottenuta tramite gli audit energetici. Gli audit energetici possono essere improntati su diversi livelli di dettaglio, in base agli obiettivi di ogni singolo studio. Come verrà descritto successivamente, l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers ha suddiviso gli audit energetici in 3 livelli, da 1 a 3, in base al grado di dettaglio del singolo audit ( fonte [7] ). Per esempio, se il team di lavoro sta considerando quali edifici, tra un gruppo di edifici, può rappresentare una importante risorsa per la riduzione dei consumi energetici, il livello 1 della scala ASHRAE può essere sufficiente. Se invece si vuole stimare quale è il potenziale risparmio e costo per un particolare impianto in un edificio, deve essere necessario il livello 2, che comprende un'indagine e analisi energetica. Nello stesso modo, se invece l'obiettivo dell'analisi è identificare e implementare specifici interventi di risparmio energetico bisogna affrontare il problema con audit di terzo livello.

Completata la fase di audit energetici, bisogna quindi passare all'implementazione di un sistema di controllo specifico per evidenziare i risparmi energetici, monitorando quindi l'effettivo andamento degli impianti e i risparmi ottenuti. Una volta terminata l'implementazione del sistema di monitoraggio, bisogna assicurare il mantenimento dei risparmi ottenuti durante tutta la vita utile degli impianti considerati. Se necessario, il ripetersi degli audit energetici può essere effettuato periodicamente.

Come visto la parte più importante di un programma di Energy management è rappresentata dagli audit energetici per identificare i potenziali risparmi di energia. Verranno ora presentato i vari aspetti di un audit energetico.



## 2.2 Audit energetico

Gli audit energetici vengono condotti per capire le performance energetiche di un edificio e quali sono le aree e le opportunità di intervento per ottenere risparmi dal punto di vista energetico. Un audit energetico si pone come obiettivo l'identificare come un edificio e chi lo occupa utilizzano l'energia, quali sono le tariffe per la fornitura di energia, e l'identificazione degli interventi migliorativi per ridurre i consumi energetici. Lo scopo del lavoro intrapreso con un audit energetico dipende essenzialmente dagli obiettivi dello studio e delle risorse disponibili. Per l'ASHRAE gli audit possono essere classificati in 3 principali livelli, basati essenzialmente sugli obiettivi degli stessi audit.

Verranno quindi ora presentati i tre livelli e le relative caratteristiche di un audit energetico.

**1 livello** – Comporta la valutazione dei costi energetici e dell'efficienza di un edificio attraverso l'analisi delle fatture energetiche e un breve sopralluogo dell'edificio. Un audit di livello 1 aiuta ad identificare e fornire i risparmi e un'analisi economica di eventuali interventi. Fornisce inoltre una lista di potenziali interventi che meritano considerazioni e analisi più approfondite, con un primo giudizio di quali potranno essere i costi di investimento e i relativi risparmi economici. Il livello di dettaglio inoltre dipende dall'esperienza del personale che affronta l'audit energetico e senza dubbio della corrispondente retribuzione del cliente che richiede l'audit.

Il sopralluogo quindi fornisce una valutazione iniziale dei potenziali risparmi degli edifici analizzati e aiuta inoltre ad ottimizzare le risorse disponibili essendo capaci di identificare gli edifici con il miglior potenziale per la riduzione dei consumi e dove quindi ulteriori sforzi e studi devono essere condotti.

**2 livello** – Gli audit di secondo livello includono sopralluoghi degli edifici ed analisi energetiche più dettagliate. Vengono valutate tutte le misure di risparmio energetico che si possono praticare ed ottenere, fornendo una lista completa dei potenziali miglioramenti che richiedono maggiori dati e/o analisi, con un iniziale giudizio dei costi e risparmi potenziali. Gli audit di secondo livello generalmente non includono il monitoraggio dei dati ma si possono effettuare delle misure a campione dei parametri come la potenza dei motori elettrici, temperatura ambiente e umidità relativa, portate d'aria, dove necessario. Non viene identificato solamente quale edificio tra un gruppo di edifici considerati nell'analisi può portare i risparmi maggiori ma vengono identificate anche le aree specifiche di intervento negli edifici stessi dove si richiederanno ulteriori studi più approfonditi. Inoltre, studi di secondo livello possono essere molto utili prima di dettagliati studi, in modo tale da ottimizzare le risorse disponibili. Vengono di seguito rappresentate alcune analisi che devono essere affrontate durante un audit di secondo livello.

- Raccolta delle informazioni riguardanti gli impianti e il loro funzionamento: bisogna ottenere il prospetto dell'edificio considerato, mostrando i layout delle differenti aree di funzionamento degli impianti o componenti; la metratura dell'edificio, le ore operative degli impianti e il dettaglio dei componenti utilizzati con le specifiche tecniche.
- Analisi delle fatture energetiche : dati dei consumi passati di periodo pari almeno ad un anno devono essere identificati e plottati, come in Figura 2.2; in modo tale si identificano i vari andamenti stagionali dei consumi energetici dell'edificio. Questi dati vengono poi utilizzati per stimare indici mensili o annuali come kWh/m<sup>2</sup> o €/m<sup>2</sup> che possono essere utilizzati per comparare l'efficienza energetica di edifici diversi ma con le stesse caratteristiche. Due indici comunemente usati sono il costo energetico annuale per metro quadro e i kWh annui consumati per metro quadro.

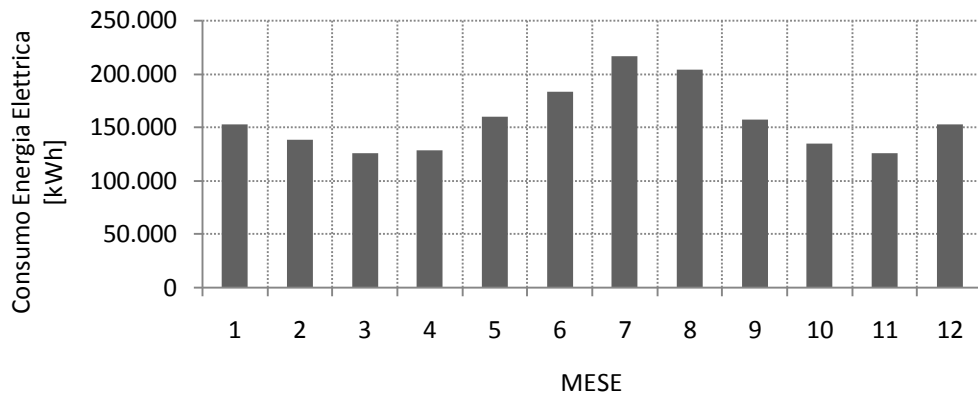


Figura 2.2, Tipico andamento dei consumi energetici ( fonte Termigas Bergamo )

- Un altro indice riguardante il consumo elettrico è il fattore di carico, definito come segue:

$$\text{Fattore di carico} = \frac{\text{consumo totale mensile [ kWh ]}}{\text{massima domanda in [ kW ] * 24 [ h ] * n giorni/mese}}$$

Il fattore di carico esprime la relazione tra il consumo in kWh degli impianti e il picco di domanda mensile. La rappresentazione di questi dati mese per mese può indicare come e quando un componente consuma energia elettrica, se lo stesso può essere spento durante la notte e quanto il profilo di consumo di energia dell'edificio è dipendente dalle condizioni meteorologiche.

- Profili finali consumo : capire dove e quando l'energia viene consumata è un importante primo passo per capire dove può essere ridotta. Il profilo finale di utilizzo, che fornisce uno spaccato del consumo globale di energia di ogni singolo componente impiantistico, aiuta a definire dove conviene economicamente investire per ottenere i migliori profitti riducendo i

consumi e migliorando l'efficienza energetica. Questi profili dipendono essenzialmente quindi dai diversi componenti dell'impianto e le differenze che contiene l'impianto stesso.

Per un tipico edificio commerciale la ripartizione dei consumi può essere raggruppata a seconda delle seguenti categorie: gruppo frigorifero, centrale termica – caldaie, gruppo di pompaggio, torri evaporative, unità trattamento aria, fan coil e varie unità terminali, illuminazione, altri consumi.

Il consumo di ogni sottosistema può essere stimato utilizzando il consumo singolo espresso in kW moltiplicato per le ore annue di funzionamento.

Ogni singola stima dei consumi singoli dei componenti dell'intero impianto va via via sommata, fino a formare il consumo globale; questo valore deve essere poi paragonato con i valori di consumo forniti dalle fatture energetiche. Se i due valori non coincidono, ciò indica che non tutti gli utilizzi sono stati considerati durante l'analisi oppure i consumi singoli non sono stati correttamente stimati. Se ciò si verificasse sono necessarie ulteriori analisi per assicurarsi che tutti i componenti sono stati conteggiati. La suddivisione finale dei consumi può essere rappresentata come in Figura 2.3.

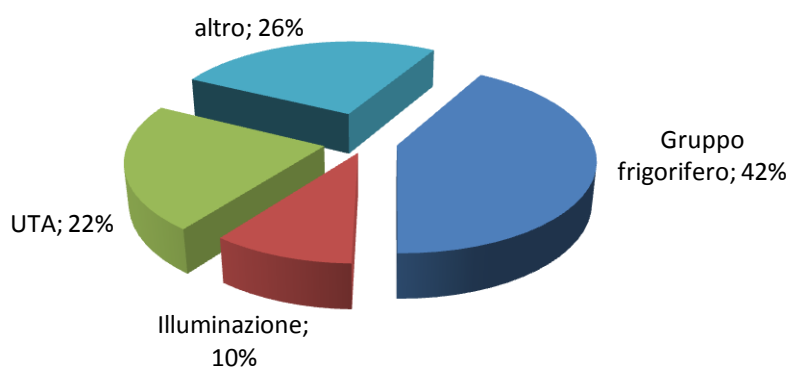


Figura 2.3, Tipica suddivisione dei consumi finali di energia elettrica in un edificio del settore terziario ( fonte Termigas Bergamo )

- Comparazione con valori di riferimento: i valori stimati dei consumi in kWh, della domanda in kW, e dei carichi di raffreddamento possono essere usati per valutare quanto sono efficienti gli impianti, comparandoli con valori di riferimento di altri edifici. Alcuni parametri di riferimento e cosa loro indicano sono forniti dalla

**3 livello** – Gli audit di terzo livello si concentrano sull’ottimizzazione potenziale degli impianti e sulle possibilità di investimento economico, basandosi sull’analisi effettuata con gli stessi audit, fornendo dati o campi di dati più dettagliati e analisi ingegneristiche più complete. Forniscono inoltre analisi economiche più dettagliate e possibilità di risparmio energetico con un alto livello di confidenza, sufficiente per molte decisioni di investimento economico. La rilevazione dei dati e il monitoraggio è la fase più importante di un audit dettagliato, dove i dati di funzionamento degli impianti e le varie operazioni ( accensioni, spegnimenti, ... ) vengono rilevati in modo da poter identificare l’EMS. In base alla tipologia di impianto, questi dati possono riferirsi ad impianti di condizionamento, illuminazione, impianti di ventilazione, motori, caldaie, impianti ad aria compressa o altri impianti speciali.

## 2.3 Audit di edifici commerciali

Gli audit di questa tipologia di edifici variano molto, da semplici audit di piccoli uffici, a audit molto complessi per edifici di grosse dimensioni come grandi centri commerciali. Questi audit generalmente comprendono sostanzialmente considerazioni riguardanti le caratteristiche strutturali dell'edificio, degli impianti e delle apparecchiature speciali. Gli edifici adibiti ad uffici, supermercati o centri commerciali hanno tipologie complesse dell'involucro edilizio che devono essere esaminati e valutati. I materiali edilizi, il livello di insolazione, la struttura delle parti finestrate e molte altre caratteristiche dell'involucro dell'edificio devono essere tenute in considerazione.

Le fatture energetiche dei grandi edifici commerciali sono strutturate in modo complesso contenendo componenti relativi all'energia consumata, alla richiesta di potenza, periodo del giorno o della stagione nell'anno, fattori di potenza e numerosi altri elementi. Uno dei primi passi in un audit commerciale è ottenere la struttura delle fatture energetiche per tutte le fonti utilizzate di energia, analizzando le fatture di almeno uno o due anni precedenti.

Deve essere fatto un inventario di tutti gli impianti adibiti al condizionamento dell'aria; devono essere registrate tutte le grandezze in gioco, come ad esempio i kW termici installati, efficienza dei componenti, e la modalità di utilizzo. Negli edifici commerciali tutte le tipologie di aree e spazi vengono condizionati, anche le aree magazzino: queste ultime in alcuni casi vengono solamente riscaldate, mentre è assente il condizionamento estivo.

La centrale termica deve essere analizzata in dettaglio: dai documenti presenti nelle stesse centrali termiche è possibile ricavare l'efficienza delle caldaie; è inoltre importante riportare la tipologia dei componenti della centrale termica e le relative grandezze caratteristiche, come ad esempio i kW termici erogati, le pressioni e le temperature operative.

L'illuminazione rappresenta, in un edificio commerciale, una frazione del consumo complessivo di energia molto elevata, in alcuni casi arrivando anche a coprire circa il 50% della ripartizione dei consumi degli edifici stessi. Il livello di illuminazione e la qualità della stessa risultano quindi estremamente importanti per qualsiasi programma di risparmio energetico di questa tipologia di edifici. Gli edifici con vendita al dettaglio richiedono livelli di illuminazione elevati che sono molto lontani da altre tipologie di edifici, come ad esempio gli uffici. La qualità della stessa illuminazione in termini di colore è inoltre di notevole interesse, per cui ridurre i costi legati all'illuminazione è molto più difficoltoso per questi edifici: la sfida è quella di trovare sempre nuove tecnologie che garantiscono alti livelli di illuminazione e una colorazione "calda" con basso consumo energetico.

Un edificio commerciale può essere quindi considerato come un macrosistema costituito da sub-sistemi che a loro volta risultano formati dall'aggregazione di sistemi minori. Il macrosistema interagisce con l'esterno tramite flussi di persone, clienti e personale dell'attività commerciale, flussi di merci e flussi di energia dovuti ad esempio a scambi termici con l'ambiente circostante, controllati attraverso portate d'acqua ( scambiatori termici ) e aria ( impianti di climatizzazione ), e flussi di energia elettrica. Il macrosistema risulta pertanto estremamente complesso sia per la ciclicità giornaliera e stagionale che caratterizza i citati flussi sia per la forte dipendenza tra i flussi stessi. Non bisogna inoltre trascurare l'estensione spaziale dell'area e l'estrema diversificazione dei settori che la possono costituire. Ogni reparto possiede caratteristiche specifiche, distinguendosi come entità autonoma fisicamente connessa alle altre.

Gli aspetti esposti lasciano intuire la difficoltà quindi che si incontrano nel determinare un modello razionale e funzionale all'analisi energetica. Una

schematizzazione del macrosistema permette di visualizzare il sistema stesso nel suo complesso e di mettere in evidenza i flussi di input e output, di materia ed energia che prendono parte nel funzionamento degli edifici commerciali, oltre ai flussi che intercorrono all'interno dell'edificio stesso.

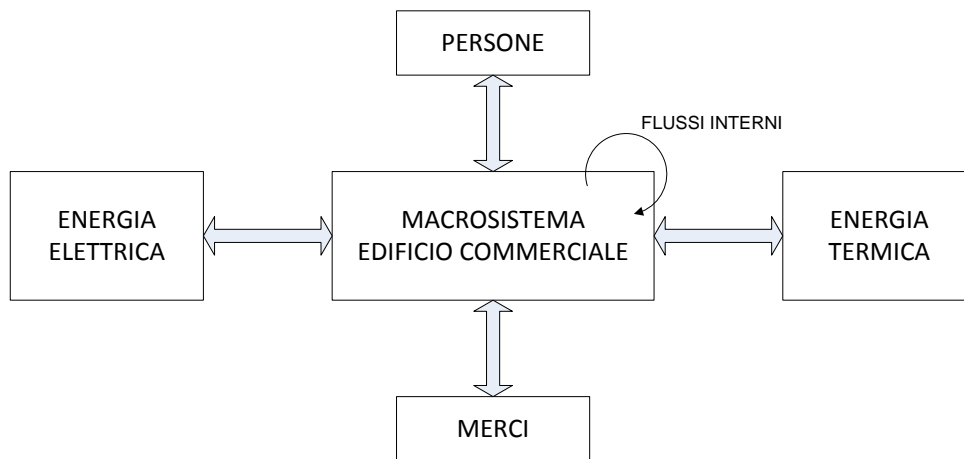


Figura 2.4, Schematizzazione semplice flussi edificio commerciale

Si possono quindi visualizzare due sottosistemi diversi, uno termico ed uno elettrico; questi due sottosistemi distinguono nel macrosistema le due principali voci che caratterizzano i consumi di energia: i consumi per la climatizzazione, quelli necessari quindi per garantire il benessere delle persone ed il mantenimento delle condizioni ottimali di comfort interno, e i consumi funzionali, quelli cioè necessari all'attività commerciale. Si tratta di una suddivisione e approssimazione molto generale e semplicistica, che però trova ragionevolezza nell'aver separato i consumi legati a fattori climatici di carattere stagionale da quelli legati alle logiche di funzionamento dell'attività commerciale, caratterizzati da ciclicità di natura più complessa. Il sottosistema termico è pertanto caratterizzato da forte stagionalità, con un andamento variabile relativamente alle condizioni esterne di temperatura ed umidità relativa



e sostanzialmente legato ai citati flussi di energia termica scambiata con l'ambiente. Anche una parte del sottosistema elettrico è legata a fattori stagionali, relativamente alle utenze che rientrano nella climatizzazione dell'edificio, come ad esempio i ventilatori nelle unità trattamento aria o i gruppi refrigeratori per la produzione di acqua refrigerata. L'altra parte del sottosistema elettrico è invece caratterizzata da ciclicità legate al funzionamento interno dell'edificio, funzionamenti quasi costanti durante le ore di servizio, come ad esempio sistemi di scale mobili, apparecchiature elettroniche in vendita e non. Una utenza che ricopre un consumo importante all'interno di attività della grande distribuzione è l'illuminazione, per la quale si potrebbe ipotizzare un andamento legato alle stagioni, ma è sempre più frequente un uso quasi continuo dell'illuminazione artificiale nelle ore di servizio in ambienti dove, per ragioni di varia natura, soprattutto commerciali, si fa sempre poco ricorso all'illuminazione naturale, indipendentemente dalla stagione.

La suddivisione in questi due sottosistemi è di comodo utilizzo per una prima valutazione dei consumi energetici del sistema, ovvero dei suoi consumi elettrici e di combustibile. Procedendo poi nell'analisi, affinché gli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica siano ben mirati, è necessario individuare per ogni sottosistema tutte le singole utenze, in modo tale da scendere nel dettaglio dell'utilizzo dell'energia.

## 2.4 Programma di un Audit Energetico

Un programma di un audit energetico è costruito da alcuni elementi base che devono essere seguiti e tenuti sempre in considerazione durante tutta la procedura. Ognuno di questi richiede prima una prima analisi approssimativa dei fondamenti da seguire nei successivi planning dettagliati dell'implementazione del programma di audit. I tre elementi base, legislazione, finanziamenti e promozione & marketing sono gli strumenti chiave nell'implementazione e nella decisione di sostenere o meno un audit energetico e un programma di riqualificazione energetica in senso generale.

Di seguito vengono presentate alcune caratteristiche di alcuni elementi chiave che caratterizzano un audit energetico.

- **Obiettivi:** la definizione degli obiettivi è strettamente connessa con il target del programma, il livello di dettaglio degli audit energetici, il raggiungimento dei risparmi stimati e alla realizzazione concreta delle proposte di risparmio energetico. Gli obiettivi di un programma di Energy audit vengono generalmente forniti in base alle quantità degli audit energetici annuali o totali, in base al settore di intervento, e soprattutto in base al livello di dettaglio. Piccoli audit energetici ma molto dettagliati possono essere migliori di un gran numero di audit eseguiti in modo superficiale. La definizione degli obiettivi ha un effetto molto importante sull'investimento globale relativo al programma, soprattutto legato anche alla "forza umana" richiesta per implementare gli stessi audit e coordinare il programma.
- **Legislazione:** gli audit energetici devono avere una connessione con la legislazione in vigore nei paesi dove l'attività viene svolta; bisogna inoltre essere a conoscenza di qualsiasi variazione e cambio della legislazione relativa.

- **Promozione & marketing:** attività promozionali fornite da organizzazioni governative o agenzie nazionali energetiche possono essere un supporto valido nella promozione di audit energetici e interventi di risparmio energetico.
- **Incentivi:** un metodo per supportare gli audit energetici è l'utilizzo di finanziamento come uno strumento di incentivazione. L'impegno economico dei clienti dipende fortemente dall'ammontare dell'investimento, più alto è il livello di finanziamento e più sarà alto il costo complessivo del programma.
- **Player chiave:** due dei quattro player chiave in un programma di audit energetico sono evidenti: il cliente e l'auditor. Gli altri due player chiave vengono chiamati Amministratore e agente operativo. Senza l'Amministratore non vi è nessun programma di audit energetico; l'agente operativo è responsabile per la conduzione e l'esecuzione del programma. Normalmente l'agente operativo è un'organizzazione neutrale che lavora sotto la supervisione dell'Amministratore.
- **Monitoraggio:** tutti i programmi di Energy audit necessitano di un monitoraggio più o meno dettagliato per prevedere le informazioni e giustificare poi le scelte a lungo termine di riqualificazione energetica. La pianificazione e lo sviluppo di un sistema di monitoraggio è un lungo processo e per questo dovrebbe essere eseguito nei primi step del programma.
- **Strumenti degli auditor:** un metodo per l'agente operativo per condurre il programma è utilizzare i giusti strumenti, in modo da caratterizzare il proprio lavoro con un alto livello di qualità. La selezione dei possibili strumenti varia da materiale software a strumenti di misurazione per effettuare l'analisi delle grandezze operative degli impianti.
-



### **3. Descrizione ed analisi delle tipologie impiantistiche**

La ricerca di una efficienza energetica migliore con la conseguente riduzione dei consumi hanno portato gli edifici e gli impianti, siano essi meccanici, di illuminazione, legati a processi industriali e non, ad essere sempre costantemente sottoposti ad un miglioramento delle loro caratteristiche e delle loro performance. Consideriamo ad esempio gli impianti meccanici, nel campo della climatizzazione: negli ultimi decenni hanno visto la loro diffusione soprattutto per una sempre più richiesta di comfort all'interno degli edifici, in un primo tempo edifici del settore terziario, negli ultimi anni anche nel settore residenziale. Questa tipologia di impianti rappresenta un potenziale notevole per la riduzione dei consumi energetici di un edificio.

### **3.1 Descrizione generale impianti e componenti**

La climatizzazione di un edificio, ovvero il condizionamento estivo e il riscaldamento invernale, dipende sostanzialmente dai vari apporti di calore esterni ed interni, dalle perdite di calore attraverso l'involucro edilizio e dalle infiltrazioni di aria esterna.

Obiettivo principale degli impianti HVAC<sup>13</sup> in un edificio è essenzialmente soddisfare le richieste di comfort degli occupanti dell'edificio stesso, tramite la regolazione della temperatura di bulbo umido, umidità e qualità dell'aria ambiente, con l'introduzione o rimozione di calore.

A causa della diversità dei vettori energetici che entrano in gioco nella climatizzazione di un edificio e delle diverse tipologie degli impianti meccanici che possono essere utilizzati, c'è una stretta relazione tra i carichi termici da apportare o rimuovere e l'energia consumata dagli stessi impianti HVAC.

Verranno quindi illustrate le varie tipologie impiantistiche che si possono incontrare nell'analisi di un edificio commerciale, considerando quindi anche i diversi componenti che vanno a costituire un impianto meccanico; in seguito poi verranno presentati brevemente i meccanismi di controllo degli impianti, argomento di fondamentale importanza in vista di riduzione dei consumi energetici e miglioramento dell'efficienza degli stessi impianti.

---

<sup>13</sup> Heating, Ventilating, and Air-Conditioning

## **Descrizione impianti**

Come descritto in precedenza, il primo passo di un programma di efficienza energetica è un audit energetico degli edifici in questione. Nell'analisi degli impianti meccanici bisogna valutare gli effettivi impianti esistenti, la loro funzionalità e il loro uso effettivo.

Si è soliti dividere un impianto meccanico, semplice o complesso che sia, principalmente in due sotto-impianti: componenti-impianti che provvedono al riscaldamento e/o raffrescamento, e i componenti-impianti che provvedono alla ventilazione.

E' quindi essenziale una documentazione completa della tipologia e dello stato di tutti i componenti dei principali impianti come centrali termiche, nelle quali risiedono ad esempio le caldaie, gruppi frigoriferi, torri di raffreddamento, condizionatori di tipo "RoofTop", unità di trattamento aria<sup>14</sup> e i relativi sistemi di controllo : solo attraverso un'analisi dettagliata di tutta la componentistica che costituisce l'impianto meccanico esaminato si è in grado di determinare quali parti impiantistiche rappresentano un immediato ed effettivo potenziale per ottenere un risparmio di energia.

Un ulteriore passo, fondamentale per il raggiungimento completo dell'obiettivo sopra esposto è la definizione di come i vari impianti operano: questo comporterà il monitoraggio e misurazione dei principali parametri operativi, con la stima dell'efficienza degli impianti in condizioni reali.

L'efficienza in condizioni reali è un parametro molto diverso sia dall'efficienza teorica, calcolata e alla base della fase progettuale, sia dall'efficienza a pieno carico degli impianti stessi. Per questo, è molto importante inoltre valutare ad esempio, tra i parametri operativi, ad esempio il numero di ore di funzionamento degli impianti stessi, se il controllo degli impianti viene eseguito in modo del

---

<sup>14</sup> Cosiddetta UTA o nelle letterature anglosassone AHU

tutto manuale o tramite un sistema automatizzato, in modo tale da riuscire ad avere più informazioni possibili sull'effettivo funzionamento degli impianti.

L'efficienza energetica degli impianti di condizionamento e climatizzazione degli edifici è molto variabile ma generalmente è una funzione del dettaglio della struttura degli impianti.

Nel caso più semplice possibile il consumo di energia è una funzione delle fonti di energia in riscaldamento e raffrescamento, dell'energia consumata nella distribuzione e come il fluido di lavoro viene simultaneamente riscaldato e raffrescato. L'efficienza energetica è anche dipendente direttamente dal sistema di controllo, che può in alcuni casi sovrastare le inefficienze degli impianti stessi.

Per massimizzare l'efficienza di qualsiasi tipologia di impianto HVAC, è importante selezionare, sostituire, migliorare l'impianto con componenti sempre più performanti, minimizzare l'energia consumata nella distribuzione ed eliminare il più possibile il simultaneo riscaldamento e raffrescamento dei fluidi di lavoro. E' altresì importante che il sistema di controllo agisca direttamente sulle variabili del sistema.



### **3.2 Impianti a tutt'aria**

La tipologia impiantistica più comune per gli impianti di condizionamento e climatizzazione degli edifici commerciali a proprietà indivisa è rappresentata dagli impianti a tutt'aria: una unità di trattamento aria centrale e una serie di canali d'aria garantiscono l'afflusso di aria negli spazi dell'edificio. La temperatura ambiente viene in genere controllata tramite la regolazione o del volume o della temperatura dell'aria di immissione.

Ricordando che una delle più importanti variabili per il comfort termico in climi caldi è rappresentata dalla velocità dell'aria, la maggior parte degli edifici che richiedono quasi sempre raffrescamento durante l'anno, utilizzano i sistemi a tutt'aria. Con questi impianti si ha un miglior controllo sull'immissione di aria fresca, qualità dell'aria immessa e controllo dell'umidità.

Gli impianti a tutt'aria vengono generalmente scelti in fase di progettazione quando i carichi interni, sia nel periodo invernale che estivo, sono molto importanti.

Vengono impiegati in moltissime applicazioni sia per il comfort negli edifici del settore terziario sia edifici industriali; sono adatti per edifici nei quali sia richiesto un controllo individuale delle condizioni termiche, un buon ricambio e movimento dell'aria, senza avere ingombri a livello di pavimento.

Un impianto a tutt'aria può presentare i seguenti vantaggi:

- La centrale di condizionamento, contenente le principali apparecchiature, è ubicata in zona a ciò riservata e quindi si ha la possibilità di poter eseguire con facilità le operazioni di controllo e manutenzione.
- È possibile effettuare un'accurata filtrazione di tutta l'aria immessa in ambiente; inoltre permettono, quando possibile, di poter ricorrere al free-cooling con risparmi energetici non trascurabili.

- È possibile controllare molto bene sia la temperatura sia l'umidità, visto che si può avere a disposizione tutto l'anno sia acqua refrigerata sia acqua calda.
- Si ha la possibilità di immettere grandi quantitativi di aria in ambiente; non creano problemi di arredamento poiché non hanno apparecchiature poste sul pavimento.

Tra gli svantaggi dobbiamo considerare l'ingombro, anche notevole, che i circuiti di distribuzione dell'aria possono presentare, con evidenti problemi architettonici e strutturali.

L'impianto a tutt'aria più semplice è rappresentato dall'impianto a singola zona, utilizzati nei casi in cui non occorra la suddivisione in zone, in tal caso ogni zona deve essere dotata di propria unità di trattamento dell'aria.

Sono costituiti essenzialmente da una UTA, da un sistema di condotti e da terminali di immissione e ripresa dell'aria; vengono utilizzati per climatizzare edifici con grandi volumetrie, grandi magazzini e centri commerciali, open-space e gran parte dei locali genericamente definiti commerciali.

La configurazione della UTA è funzione dei carichi termici, delle condizioni microclimatiche e di qualità dell'aria del locale da climatizzare.

Un sistema a tutt'aria è generalmente costituito da una Unità di Trattamento Aria, nella quale troviamo i ventilatori<sup>15</sup>, le batterie di riscaldamento e raffrescamento che provvedono al trattamento termico dell'aria, i filtri per la pulizia dell'aria e la sezione di umidificazione/deumidificazione dell'aria stessa. Come si vede dalla figura sottostante l'aria trattata dalla UTA viene immessa nell'edificio tramite una rete di condotti, chiamati comunemente condotti di mandata, e viene ripresa dagli stessi ambienti tramite un'altrettanta rete di condotti, chiamati condotti di ripresa. L'UTA e la rete di canali d'aria includono inoltre una canalizzazione di presa di aria esterna e una di espulsione di aria verso l'esterno.

---

<sup>15</sup> Generalmente si trovano due sezioni ventilanti, di mandata dell'aria in ambiente e di ripresa dell'aria dall'ambiente climatizzato

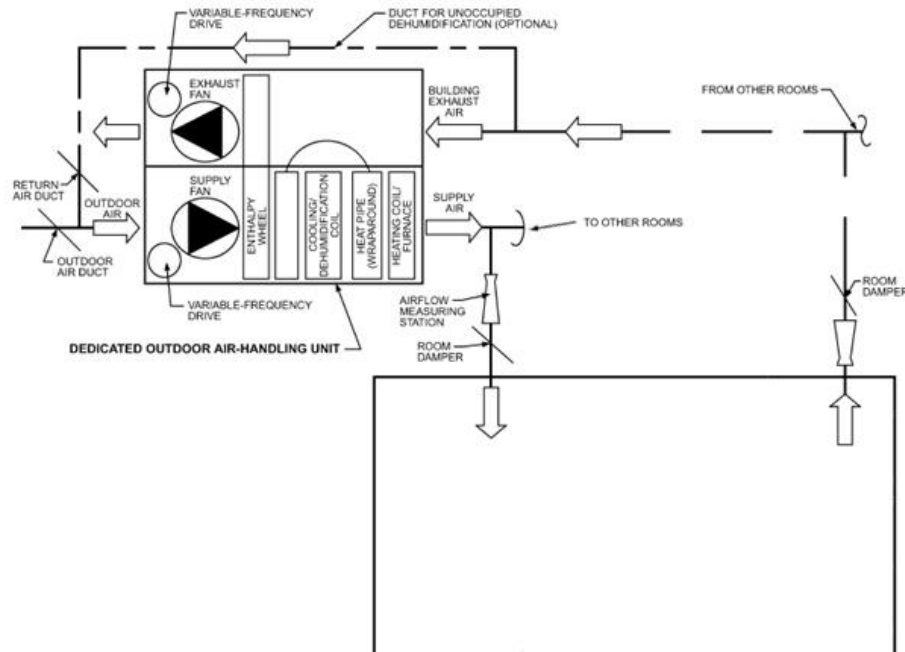


Figura 3.1: Tipico layout di un impianto a Tutt'Aria ( fonte ASHRAE )

La maggior parte degli impianti a tutt'aria utilizzano una sola rete di canalizzazioni di mandata dell'aria che provvede ad immettere continuamente aria calda o fredda nelle aree servite dell'edificio.

Il consumo di energia per la distribuzione dei fluidi di lavoro, essenzialmente energia elettrica, è relativamente modesto, poiché generalmente l'UTA è collocata nelle vicinanze degli ambienti da servire. L'impianto è direttamente controllato da un termostato che accende/spegne l'UTA in base alle richieste di temperatura in ambiente. L'impianto a singola zona però immette sempre lo stesso volume d'aria, alla stessa temperatura, all'intera zona servita. Questo limita la sua applicazione negli edifici con aree da servire ampie con poche aperture finestrate e carichi interni in riscaldamento/raffrescamento uniformemente distribuiti. Per questo vengono utilizzati essenzialmente negli edifici commerciali, come edifici per la grande distribuzione e supermercati.

### **3.3 Impianti a portata Variabile**

Gli impianti a portata variabile<sup>16</sup> operano come gli impianti a zona singola esposti in precedenza, con l'eccezione che la temperatura di ogni zona viene controllata da un termostato che regola il volume di aria immessa nell'ambiente servito.

Questa tipologia impiantistica è la più efficiente dal punto di vista energetico per mantenere le condizioni ambiente dell'edificio ai parametri desiderati. Generalmente, in questi impianti, la temperatura dell'aria di immissione è mantenuta costante, modulando la portata di acqua refrigerata che percorre le batterie di raffrescamento, e il volume di aria di immissione nella zona servita dall'impianto.

Rispetto all'impianto a portata costante si ha il vantaggio, in fase di dimensionamento e progettazione dell'impianto, di dimensionare sia la portata d'aria sia la potenzialità frigorifera sul massimo carico contemporaneo dell'edificio e quindi con ridotti costi di installazione e di gestione.

La variazione di portata nelle zone comporta una variazione anche del punto di lavoro del ventilatore di mandata delle UTA il quale, per adeguarsi a tale esigenza, deve essere dotato di un sistema di controllo della portata, generalmente realizzato negli ultimi anni con la tecnologia ad inverter.

L'impianto a portata variabile è in grado di controllare in modo apprezzabile anche l'umidità ambientale; la parzializzazione di portata attraverso la batteria fredda, infatti, ne migliora la capacità di deumidificazione. Uno dei punti critici dell'impianto VAV sta nella distribuzione dell'aria ambiente: la variazione di portata d'aria modifica il comportamento fluidodinamico del diffusore, con effetti negativi sulla uniformità di diffusione dell'aria e della temperatura.

---

<sup>16</sup> Chiamati VAV, Variable air Volume

Dopo aver analizzato le varie tipologie impiantistiche e le relative logiche che caratterizzano il funzionamento degli impianti stessi, analizziamo ora come i componenti definiscono l'intera tipologia impiantistica. I sistemi di climatizzazione negli edifici commerciali sono suddivisi sostanzialmente in tre principali categorie : sistemi centralizzati, decentralizzati, individuali. I sistemi centralizzati sono sistemi in cui il "freddo" è generato in un gruppo frigorifero e distribuito alle unità di trattamento aria o unità fan coil con un impianto di acqua refrigerata. Sistemi decentralizzati includono unità "Rooftop" o sistemi "split", ad espansione diretta, mentre i sistemi individuali sono costituiti da piccole unità esterne adatte essenzialmente per piccoli locali.

### **3.4 Sistemi centralizzati**

Gli impianti centralizzati sono definiti come qualsiasi altro impianto di climatizzazione che utilizza acqua refrigerata come vettore energetico. Questa tipologia quindi include sia impianti con gruppi frigoriferi raffreddati ad aria sia impianti che utilizzano torri evaporative per il rilascio di calore in atmosfera. Il riscaldamento in questi sistemi è generalmente coperto da caldaie in apposite centrali termiche, e viene distribuito sottoforma di acqua calda o vapore.

Un tipico esempio di un sistema centralizzato è fornito in Figura 3.2 : lo spazio che è climatizzato dall'impianto è nella parte destra in basso nella figura. L'impianto, come si può notare, è costituito da tre principali sottosistemi: l'unità di trattamento aria, il gruppo frigorifero, e la centrale termica. L'unità di trattamento aria provvede a trattare l'aria in modo da fornire le condizioni ottimali richieste nell'ambiente da climatizzare; il gruppo frigorifero è responsabile della produzione dell'acqua refrigerata che, tramite le batterie di scambio termico presenti nell'unità trattamento aria, consente l'asportazione di calore dall'aria trattata. La centrale termica produce quindi l'acqua calda

necessaria per il riscaldamento dell'aria da immettere in ambiente. Una descrizione dettagliata dei tre sottosistemi verrà affrontata successivamente.

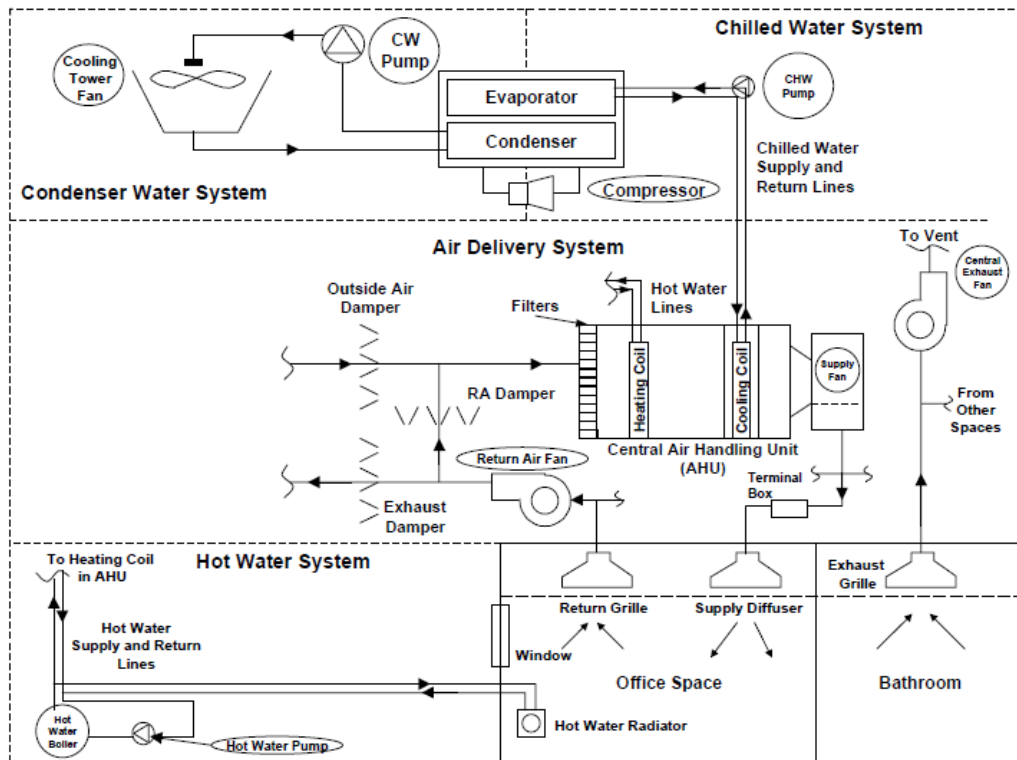


Figura 3.2, Schema di un sistema centralizzato ( fonte ASHRAE )

### 3.5 Unità decentralizzate – Roof top

Molti edifici, soprattutto se con ampie superfici, garantiscono il riscaldamento e raffrescamento con sistemi distribuiti, componenti decentralizzati che provvedono al riscaldamento e raffrescamento dell'area dell'edificio servita. Questa tipologia si differenzia dalle altre sostanzialmente perché non utilizza l'acqua refrigerata come vettore di energia per lo scambio termico.

Uno schema semplificato di una unità "Rooftop" è rappresentato in Figura 3.3; l'aria circola dallo spazio condizionato attraverso l'unità per poi essere immessa ancora nell'ambiente interno. Queste unità sono provviste di un circuito frigorifero interno a compressione di vapore, in modo tale da fornire il "freddo" direttamente all'aria da trattare e il calore viene disperso tramite un sistema condensante direttamente in atmosfera.

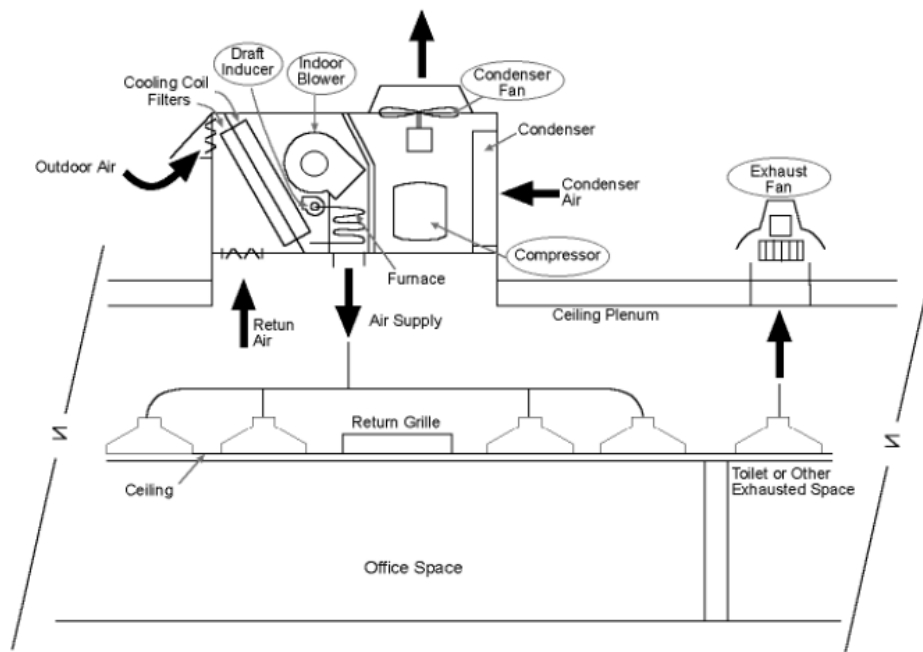


Figura 3.3, Schema semplificato unità Rooftop ( fonte ASHRAE )

L'efficienza di questa tipologia impiantistica, è solitamente più alta rispetto ad un impianto centralizzato, essenzialmente per i seguenti motivi:

- Meno energia utilizzata dal sottosistema di distribuzione : i ventilatori e le pompe di circolazione sono essenzialmente più piccole
- Controllo di queste unità è diretto e locale
- Efficienza a pieno carico

In questa analisi vengono compresi i condizionatori autonomi conosciuti con il nome di Roof-Top, condizionatori autonomi con condensatore raffreddato ad aria e di potenzialità elevata. La loro caratteristica consiste nel poter essere installati direttamente sulla copertura del locale che devono condizionare e, di conseguenza, bene si prestano per il condizionamento di grossi complessi con coperture piane e con spazi da condizionare senza suddivisioni. Hanno la possibilità di effettuare il riscaldamento invernale con l'inserimento di batterie ausiliarie alimentate ad acqua calda, a vapore o elettricamente.

I vantaggi che si ottengono nelle installazioni di questo tipo sono:

- Riduzione delle canalizzazioni di mandata, ripresa ed espulsione
- Nessun ingombro in ambiente delle apparecchiature per il condizionamento
- Facilità di esecuzione delle operazioni di controllo e manutenzione perché tutte al di fuori degli ambienti occupati.

Anche i sistemi autonomi sono dotati di sistema free-cooling per il risparmio energetico: vi è quindi la possibilità di realizzare il raffrescamento dei locali interessati, durante alcuni periodi dell'anno, senza l'uso di compressori frigoriferi. Un notevole vantaggio dei condizionatori autonomi con condensatore raffreddato ad aria, è la possibilità di funzionare in "pompa di calore", invertendo il ciclo frigorifero e riscaldando gli ambienti trattati durante la stagione invernale con buoni risultati per quanto riguarda il risparmio energetico.



### **3.6 Unità di trattamento aria**

L'unità di trattamento aria ha il compito di portare l'aria nelle condizioni di temperatura ed umidità desiderate per l'immissione in ambiente. Nella prossima figura viene riportata una tipica sezione di un'unità trattamento aria, nella quale possiamo evidenziare i diversi componenti impiantistici.

La prima sezione che si incontra seguendo il flusso dell'aria è appunto la sezione di ingresso dell'aria, la quale, il più delle volte, è costituita da un plenum a cui sono connesse le serrande dell'ara esterna e dell'aria di ricircolo; questa sezione ha il compito di provvedere alla miscelazione delle due masse d'aria. Se vi è anche il ventilatore per la ripresa e/o l'espulsione, la sezione è completata con la serranda sull'aria da espellere. Subito dopo la sezione di ingresso dell'aria viene posizionata la sezione filtrante; questa, nei gruppi di trattamento aria normali, è costituita, in genere, da filtri a media efficienza, seguiti poi da filtri ad alta efficienza. Nelle unità di trattamento aria installate in climi rigidi troviamo sempre una batteria antigelo in grado di proteggere le prese d'aria e i filtri così da evitare la formazione di ghiaccio anche sulla superficie filtrante.

Troviamo poi le sezioni di trattamento termico e di umidificazione/deumidificazione: il loro funzionamento dipende sostanzialmente dalle trasformazioni termiche da applicare all'aria trattata dalla macchina. Ad esempio in condizioni estive viene fatto un trattamento di raffreddamento e deumidificazione dell'aria esterna da trattare.

La sezione ventilante delle unità di trattamento dell'aria è essenzialmente un cassone nel quale viene installato, su un basamento comune al motore, un ventilatore centrifugo a doppia aspirazione.

I ventilatori sono macchine operatrici che forniscono energia al fluido che li attraversa; tra i ventilatori viene solitamente fatta una classificazione in base alla

direzione con la quale la portata d'aria attraversa la girante. Si distinguono quindi i ventilatori centrifughi, nei quali l'aria entra nella girante in direzione assiale e viene espulsa con moto centrifugo; è la tipologia più utilizzata nel campo della climatizzazione. Nei ventilatori assiali invece il flusso ha direzione essenzialmente parallela all'asse della girante, mentre nei ventilatori tangenziali sia l'ingresso che l'uscita della portata d'aria avvengono in direzione tangenziale rispetto alla girante. I ventilatori tangenziali, per le loro caratteristiche fluidodinamiche e di ingombro, trovano interessanti applicazioni sono in alcuni tipi di terminali degli impianti di condizionamento ( ventilconvettori, unità evaporanti, ecc. ) mentre i ventilatori centrifughi e quelli assiali trovano largo impiego nei sistemi di ventilazione.

Le sezioni ventilanti sono generalmente poste al termine dell'unità di trattamento, per cui tutta la macchina è in depressione, ciò ha il vantaggio di consentire un'uniforme distribuzione e velocità dell'aria in tutte le sezioni, garantendo, quindi, le rese teoriche dei filtri e delle sezioni di trattamento termico e di umidificazione.

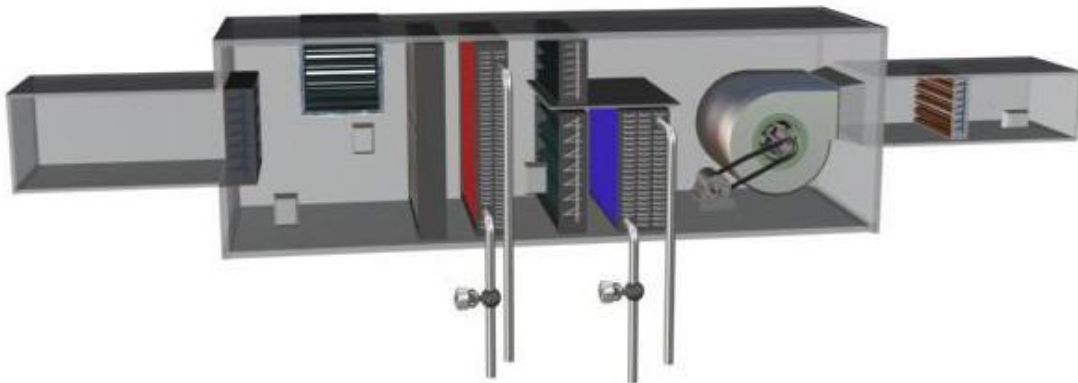


Figura 3.4 : Tipica sezione semplificata di una unità trattamento aria

### **3.7 Centrale frigorifera**

Per la produzione del cosiddetto “freddo”, necessario per gli impianti di climatizzazione, si deve ricorrere a particolari macchine, i gruppi frigoriferi, che permettono, mediante la spesa di un lavoro, di attingere calore da una sorgente a bassa temperatura ( l’ambiente da climatizzare ) e di riversarlo a una sorgente a più alta temperatura: l’aria o l’acqua ( utilizzate per la condensazione ).

Le macchine frigorifere possono essere divise in: macchine a compressione di vapori, a termocompressione, macchine ad aria, ad assorbimento ed a effetto termoelettrico. Nel settore della climatizzazione le macchine più diffuse sono quelle a compressione di vapori e quelle ad assorbimento.

Il compressore rappresenta l’elemento essenziale di un sistema di refrigerazione insieme agli altri tre componenti principali : condensatore, evaporatore e organo di laminazione. Risulta ovvio che l’elemento che consuma energia e quindi permette l’effettivo procedere del ciclo termodinamico è il compressore.

Esattamente come tutte le altre macchine a fluido sia motrici ( pompe e ventilatori ) sia operatrici ( turbine e motori ), i compressori si dividono in due fondamentali categorie, a seconda del loro principio di funzionamento: macchine volumetriche e dinamiche. I compressori volumetrici possono essere suddivisi in volumetrici alternativi ( a pistone ) e volumetrici rotativi ( scroll, vite ); dei dinamici fanno parte i compressori centrifughi.

Le centrali frigorifere sono quindi costituite da gruppi refrigeratori d’acqua, interamente assemblati dalle diverse case costruttrici e equipaggiati con compressori alternativi, a spirale orbitante, a vite, centrifughi oppure funzionanti sul principio dell’assorbimento. Nella Tabella 3.1 vengono riportati i campi di impiego di diversi refrigeratori d’acqua.

Potenzialità frigorifera [kW]	Tipologia di macchine
Fino a 90	Alternativi o scroll
90 – 280	Vite, alternativi o scroll
280 – 1600	Vite, alternativi o centrifughi
700 – 3500	Vite o centrifughi
3500 →	Centrifughi

Tabella 3.1, Campi di impiego dei diversi refrigeratori d'acqua

La scelta e il numero di macchine impiegate nei diversi impianti è essenzialmente economica: infatti nei piccoli e medi impianti, la tendenza è quella di installare un solo gruppo refrigeratore con più circuiti frigoriferi indipendenti, in modo tale da limitare sia i costi che gli ingombri della centrale frigorifera. Per grandi potenzialità invece si ricorre a più macchine in parallelo che, da un lato consentono di avere, anche ai carichi parziali, buoni valori di rendimento e dall'altro danno la tranquillità in quanto la riserva è intrinsecamente garantita.

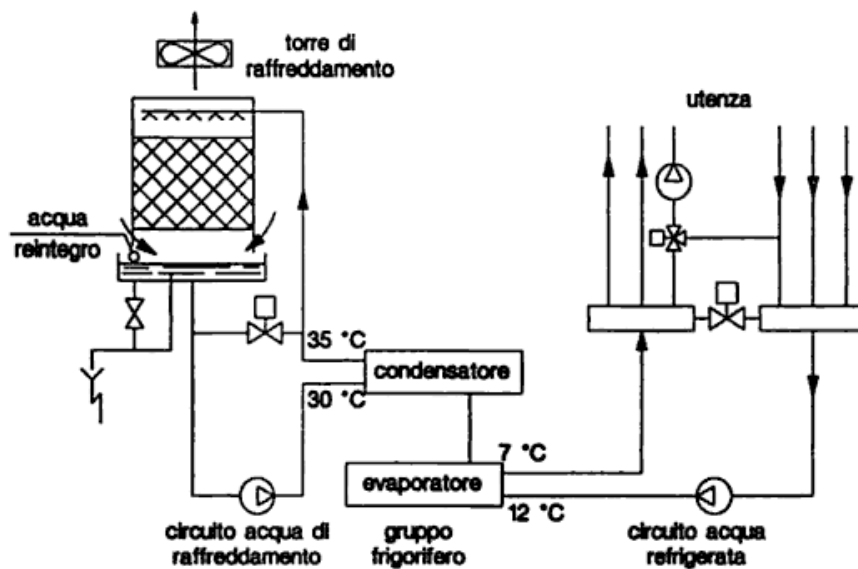


Figura 3.5, Schema semplificato per centrale frigorifera ( fonte [13] )

Come detto prima, nelle centrali frigorifere di grande potenzialità è necessario e opportuno prevedere due o più gruppi refrigeratori d'acqua, connessi in parallelo o in serie. Questo sistema garantisce flessibilità, una riserva intrinseca e buona possibilità di manutenzione, visto che è possibile effettuarla periodicamente, senza interrompere il funzionamento della centrale. La tipologia delle macchine è generalmente legata ai carichi termici e alla loro variabilità, nel senso che le potenzialità dei gruppi devono essere tali da poter garantire il carico base e i carichi di punta, con macchine sempre funzionanti pressoché a pieno carico, così da ottimizzare la gestione.

### **3.8 Centrale termica**

Vengono chiamate centrali termiche quei locali tecnici nei quali vengono installate tutte le apparecchiature preposte alla produzione, circolazione e regolazione del fluido termovettore destinato agli impianti centralizzati di riscaldamento e climatizzazione. Sono ricavati in piani interrati o sulle coperture dell'edificio e anche in volumi tecnici distinti dall'immobile servito. Le principali apparecchiature e macchine che costituiscono una centrale termica sono essenzialmente i generatori di calore, i serbatoi di accumulo, nel caso di combustibile liquido, i bruciatori del combustibile, le cosiddette "rampe", nel caso di combustibile gassoso, i camini, le pompe di circolazione e le apparecchiature di controllo e sicurezza. Sarà fatto un breve accenno alle soluzioni impiantistiche di base che si possono incontrare nell'analisi di edifici del settore terziario; l'argomento non viene approfondito ulteriormente in quanto i consumi di energia elettrica delle centrali termiche sono dovuti essenzialmente alle pompe di circolazione dei fluidi vettori.

Una centrale termica è articolata generalmente su più generatori, e spesso poi è presente un generatore indipendente, per la produzione di acqua calda sanitaria

destinata ai servizi. Nei medi e grandi impianti sono presenti diversi circuiti, soprattutto per far fronte a diversi orari di funzionamento e per disporre di acqua calda a temperature diverse a seconda degli utilizzi ( per esempio per il circuito radiatori, per il circuito ventilconvettori, per il circuito delle batterie di postriscaldamento e così via ).

Di seguito viene riportato uno schema semplificato di una centrale termica a servizio di un grande complesso. Notiamo appunto la presenza di più generatori, e di più utenze, tra le quali i vari circuiti di riscaldamento, i circuiti di alimentazione delle batterie di riscaldamento presenti nelle unità di trattamento aria ed i circuiti per la produzione di acqua calda sanitaria.

## **4. La Telegestione: strumento per l'efficienza energetica**

Le pressioni sulle aziende e proprietari di edifici commerciali di un'economia più competitiva per ridurre i costi degli edifici incidono non di poco sulla scelta e progettazione degli impianti di condizionamento e delle tipologie di illuminazione. Gli stessi proprietari e gli operativi hanno validi incentivi finanziari per adeguare e conformare nel modo più ottimale possibile qualsiasi tipo di impianto e componente alle caratteristiche dell'edificio, sia dal punto di vista strutturale, delle condizioni climatiche esterne, ma anche dal suo utilizzo. Tutto ciò deve essere fatto senza sacrificare il comfort e la sicurezza: per condurre questa sfida un sistema di Energy Management gioca un ruolo chiave. Il concetto di sistema di telegestione e supervisione emerse a partire dagli anni '60 e cambiò fin da subito sia gli obiettivi che le configurazioni degli impianti. La comunicazione tra gli impianti evolse fino ad arrivare ai giorni nostri ai sistemi digitali, dai protocolli cosiddetti poll-response con un processore centrale di controllo ai protocolli peer-to-peer con un controllo distribuito.

### **4.1 Energy Management System**

Ciò che viene definito con Energy Management è essenzialmente il controllo dei consumi energetici degli impianti con l'ottica di minimizzare gli stessi consumi e la richiesta di energia. Una gestione di tipo manuale degli impianti e dei componenti, la più semplice "on-off", è una forma rudimentale di gestione dell'energia. L'avvento di dispositivi meccanici ed elettronici come ad esempio un orologio o un termostato per accensioni automatizzate o per il controllo degli output degli impianti di riscaldamento o raffrescamento, accoppiati con sistemi

di trasmissione elettrica, hanno fornito le basi per lo sviluppo e il progresso dei moderni sistemi di gestione dell'energia. L'ulteriore avvento di controllori elettronici e lo sviluppo dei microprocessori legati ad esempio ai personal computer hanno permesso un notevole sviluppo a ciò che oggi viene chiamato "sistema di controllo e gestione dell'energia"<sup>17</sup>.

La principale differenza tra i primi sistemi di controllo automatico di temperatura e agli EMCS è l'applicazione di più variabili nella programmazione delle logiche dei controllori per ottimizzare l'uso dell'energia.

Gli obiettivi di un sistema di supervisione e gestione dell'energia sono molteplici: controllo continuo e automatico degli impianti; la riduzione dei rischi per mezzo della gestione degli eventi; la riduzione dei costi totali di gestione dovuti all'energia, pur rispettando le esigenze operative e di comfort richieste; riduzione drastica delle interruzioni di funzionamento con l'ausilio di programmi di manutenzione per rendere tempestivi e mirati gli interventi; massima flessibilità con possibilità di accesso multiplo all'unità centrale, semplicità di utilizzo e programmazione; raccolta dati storici, come la totalizzazione dei consumi di energia termica e di energia elettrica, delle ore di funzionamento, degli allarmi; previsione sull'andamento delle variabili sulla base delle informazioni memorizzate; capacità di monitoraggio e controllo a distanza con rilievo costante di tutti i parametri ( stati, allarme, misure ) tipici del sistema in esame.

Le caratteristiche base quindi di un Sistema di controllo e gestione dell'energia è centralizzare e semplificare il monitoraggio, il funzionamento e la gestione dell'edificio o degli edifici serviti, con l'obiettivo di migliorare sempre più l'efficienza di funzionamento dell'edificio, di ridurre i costi e i consumi energetici, fornendo un maggior comfort agli occupanti dell'edificio. Nella crescente necessità di raggiungere questi obiettivi, questi sistemi si sono evoluti:

---

<sup>17</sup> EMCS, Energy Management Control System



da semplici sistemi di supervisione a sistemi di controllo computerizzato integrati in tutte le tipologie di impianto presenti in un edificio.

Quando la tecnologia dei computer e delle mainframe era l'unica disponibile, questi sistemi di supervisione e telegestione erano utilizzati solamente nei grandi edifici per uffici o campus scolastici. Con il cambiamento verso i controllori base microprocessori nel DDC, il costo dell'integrazione di questo tipo di tecnologia è divenuto sempre più competitivo tanto che un sistema di telegestione risulta oggi un buon investimento per gli edifici commerciali di qualsiasi tipologia e grandezza.

Altre utilità che può avere un sistema di supervisione e controllo sono espresse di seguito:

- Monitoraggio: monitoraggio costante degli impianti, e la possibilità di rivedere i dati monitorati storici. Questo permette agli ingegneri e tecnici di capire maggiormente l'andamento dell'edificio e degli impianti, e quali possono essere gli interventi di risparmio energetico applicabili. L'efficienza energetica può essere confermata utilizzando sempre il monitoraggio tramite il sistema di supervisione, comparando anche solo i consumi globali di energia elettrica o combustibile.
- Comunicazione: lo sviluppo dei personal computer e della tecnologia di internet permette di comunicare e agire sui sistemi di supervisione da qualsiasi parte ci si trovi; un'integrazione web permette agli operatori di raggiungere l'impianto sotto controllo da qualsiasi luogo e in qualsiasi momento.
- Risparmi manodopera e manutenzione: tramite un sistema di supervisione non vi è la necessità di avere del personale addetto sempre presente negli impianti controllati; al più si può pensare che una singola persona possa controllare più edifici contemporaneamente. Anche gli interventi di

manutenzione possono essere programmati anticipatamente, tramite la supervisione dei vari parametri di controllo.

L'Energy management è tipicamente svolto tramite il controllo digitale su base microprocessori. In molti edifici di media e grande taglia, l'Energy management è una parte integrante del sistema di supervisione e telegestione, con un controllo ottimizzato a livello di impianto e con un accesso al sistema di supervisione e la possibilità di consultare le più comuni informazioni di gestione. I componenti e gli impianti funzionano quindi al minimo costo e le temperature, ad esempio, sono controllate per la massima efficienza, avendo preventivamente stabilito delle condizioni al contorno del controllo mirato al comfort. Le strategie energetiche interessano qualsiasi tipo di impianto e la rete di comunicazione è essenziale.

Il Facilities Management, introdotto negli ultimi anni '80, amplia gli obiettivi di un controllo centralizzato includendo la gestione dell'intera struttura. In un impianto per la produzione di auto, per esempio, la programmazione e il monitoraggio della produzione possono essere inserite con un normale sistema di controllo e supervisione. Si possono avere impianti distribuiti separati per il controllo degli input e output, ma gli impianti sono capaci di scambiarsi le informazioni, generando dei report di gestione.

La configurazione di un sistema di facility management deve riguardare essenzialmente due livelli di funzionamento: i funzionamenti giornalieri e la gestione e il planning del funzionamento degli impianti a lungo termine. Il funzionamento giornaliero richiede un sistema real-time per un monitoraggio costante e il controllo della struttura. Il livello di gestione e planning a lungo termine fornisce dati e report che mostrano gli andamenti a lungo termine e il progresso rispetto agli obiettivi prefissati. Senza dubbio, l'obiettivo più

importante per questo livello è raccogliere dati storici, processarli e fornire i dati in un formato utilizzabile facilmente. Lo sviluppo dei sistemi di trasmissione dati, dei pc per operazioni centralizzate, e dei processori distribuiti ( DDC ), hanno portato alla necessità di definire delle configurazioni di sistema. Queste configurazioni sono basate sulle esigenze dell'edificio e del personale che lo occupa.

## **4.2 DDC: Controllo digitale**

I costruttori di sistemi di controllo degli impianti HVAC hanno notevolmente migliorato gli EMCS con l'introduzione del controllo digitale di processo. Con il controllo digitale vengono misurate particolari variabili, processandole con specifici algoritmi e controllando un'apparecchiatura terminale per mantenere un dato setpoint o mantenere lo stato on/off di uno specifico output. Il termine "digitale" si riferisce solamente al fatto che le informazioni di input/output sono processate digitalmente e non che i dispositivi di input e output sono digitali. Questi infatti possono essere sia analogici che digitali e interagire con l'EMCS. Tipicamente, molti input sono segnali analogici convertiti in segnali digitale da un computer mentre la maggior parte degli output vengono preferiti essere digitali.

I sistemi di controllo digitale utilizzano software per programmare i microprocessori, permettendo un'enorme flessibilità nel controllo e la modifica di applicazioni di controllo sofisticate. Cambiare le sequenze di controllo modificando solamente il lato software permette all'utilizzatore di migliorare le performance del sistema di controllo dell'edificio.

DDC EMCS può essere programmato per personalizzare il controllo di qualsiasi tipologia di impianto e per poter eseguire una varietà di operazioni di gestione dell'energia come ad esempio la limitazione del picco di domanda elettrica, il

controllo dell'illuminazione degli ambienti, l'ottimizzazione degli orari di accensione/spengimento, il reset di alcune grandezze come la temperatura del gruppo frigorifero o dell'acqua calda, e il controllo dell'aria esterna in modalità di free cooling. Un EMCS che utilizza il DDC può integrare funzioni automatiche di controllo temperatura per garantire che gli impianti HVAC operino in accordo l'un con l'altro con l'obiettivo del risparmio energetico.

I più significativi benefici che un sistema DDC offre sono l'abilità di personalizzare la programmazione degli impianti e dei loro componenti a reagire a qualsiasi cambiamento delle condizioni di utilizzo o condizioni climatiche; modalità di controllo aggiuntive ( integrale e derivativo ) che risultano sistemi di controllo più accurati rispetto a sistemi pneumatici. Questi ultimi offrono solamente un controllo proporzionale ( quanto è lontano l'input dal setpoint ).

L'obiettivo principale di un DDC EMCS è quello di ottimizzare il controllo degli impianti meccanici; permette inoltre il monitoraggio centralizzato e remoto, la supervisione e la programmazione di manutenzione degli impianti HVAC e di illuminazione. Alcuni sistemi inoltre permettono il miglioramento del comfort indoor e della qualità dell'aria.

### **4.3 Hardware**

Un EMCS può essere equipaggiato in modo molto vario; ci può essere una unità molto semplice di controllo, con base microprocessore e controllore con un firmware specifico ( logica di controllo che l'utilizzatore non può modificare eccetto i setpoint ) che provvede al controllo di un'unità terminale come ad esempio una pompa di calore o un gruppo frigorifero. La selezione della tipologia e del livello di dettaglio di un EMCS per una specifica applicazione deve essere condotta in base agli obiettivi preposti: è logico che un sistema di controllo molto sofisticato e completo porterà ad una capacità di gestione degli

impianti molto accurata, ma ciò si scontra con il fatto che questo sistema risulterà molto costoso. Dall'altra parte, controllori stand-alone sono i meno costosi ma nello stesso tempo molto limitati dal punto di vista delle strategie di controllo e di capacità di gestione. Con un appropriato software di telecomunicazione, un sistema di controllori stand-alone unitari connessi tra loro può portare ad essere un vero effettivo sistema di controllo e gestione dell'energia.

Ci sono essenzialmente due opportunità base di tipo economico nell'applicazione di un EMCS. La prima è un retrofit di edifici esistenti con sistemi di controllo automatici di temperatura; la seconda risiede negli edifici di nuova costruzione.

È molto difficile giustificare la rimozione di un sistema automatico di controllo di temperatura in un edificio esistente installando un sistema EMCS con l'obiettivo del risparmio energetico. Ad esempio, una unità di trattamento aria, è tipicamente gestita da un controllore che monitora segnali della temperatura dell'aria esterna, dell'aria di mix, dell'aria espulsa, e dell'aria di ritorno, comparando i segnali con le condizioni di setpoint trasmettendo poi un segnale all'apparecchiatura di controllo terminale sulla posizione ad esempio delle serrande dell'aria esterna, di espulsione, dell'aria di ritorno, delle valvole delle batterie calde o fredde, per mantenere determinati setpoint. Se l'unità ha poi sistemi di variazione di velocità, sezioni di umidificazione/deumidificazione, ci sono molte più condizioni da monitorare e controllare.

Rimuovere tutti i sistemi di controllo esistenti e installare un EMCS può risultare molto costoso.

Una alternativa economica è interfacciare il EMCS in modalità di supervisione rispetto ai singoli controllori già presenti; un campionamento rappresentativo di condizioni come la temperatura ambiente o la temperatura di ritorno dell'aria in congiunzione con gli input globali e un software ben progettato in molti casi

porta a creare una gestione adeguata per mantenere il confort e risparmiare una significativa quantità di energia.

Per edificio intelligente è sempre stato definito un edificio che contiene una determinante quantità di informatica distribuita per coordinare le sue funzioni e i processi in esso ospitati. Per informatica distribuita si intendono sia unità di elaborazione che di processo, che sovrintendono al funzionamento di qualsiasi tipologia di impianto presente nell'edificio. Ogni impianto veniva quindi automatizzato tramite un proprio sistema di controllo autosufficiente solamente nell'assicurare le funzionalità specifiche dell'impianto che controllava, essendo costituito da un insieme di unità periferiche e unità centrali a microprocessore ma con architetture e funzionalità dedicate e non standardizzate, quindi con una propria vita funzionale e con proprie soluzioni "informatiche".

I sistemi di supervisione erano visti e utilizzati solo sotto l'aspetto del monitoraggio e controllo, mentre la qualità e il risparmio energetico erano considerati non necessariamente indispensabili per l'utente. In conclusione si dotava l'impianto, semplice o complesso, di una serie di sistemi di supervisione, privilegiando solo la conduzione e non la gestione, con una notevole differenza in termini qualitativi e funzionali.

Il sistema di supervisione, con funzioni unicamente di conduzione, appartiene a una sua nicchia funzionale, sconosciuta alla maggior parte degli attori che partecipano alla vita dell'edificio, utilizzato unicamente dal personale di manutenzione senza collegamenti ed interconnessioni con tutto l'apparato gestionale che serve per la vita dell'edificio. Questo è dovuto al fatto che le capacità di interconnettere sistemi informatici era molto ridotta rispetto alle capacità attuali, le conoscenze tecniche in materia erano proprietà di pochi e ogni attività funzionale dell'edificio era indipendente. Mancava o non veniva

valorizzato l'aspetto qualitativo che un sistema di supervisione può e deve fornire.

Il continuo e rapido succedersi di innovazioni nel campo dell'elettronica dei componenti, delle telecomunicazioni e dell'informatica hanno determinato un mutamento radicale. Nell'Intelligent Building oggi emerge l'idea di integrazione, intesa come la possibilità di collegare configurazioni hardware e software di base diverse, senza determinare vincoli reciproci tra i diversi componenti e soprattutto senza richiedere modifiche agli stessi.

Il livello di interazione è relativo al collegamento dei diversi componenti del sistema attraverso strumenti informatici generalizzati, quali reti locali o protocolli di comunicazione, sotto il profilo delle informazioni scambiate e delle funzionalità mutuamente richieste tra i singoli moduli.

La definizione di edificio intelligente si completa con la condizione che i diversi sistemi di automazione in esso presenti, comunichino e interagiscono tra loro, armonizzandosi in un'unica piattaforma software gestionale. L'integrazione non si limita ad uno scambio di dati, ma ad una reale condivisione dell'intelligenza di ogni sistema.

La convergenza tra la building automation, il controllo digitale del processo, l'information technologies e le reti di comunicazione Internet/Intranet ha finalmente eliminato le barriere tra i differenti livelli di sistema, consentendo di realizzare delle architetture integrate, che utilizzano protocolli standard di comunicazione.

## 4.4 Architettura di sistema

L'architettura di principio di un sistema integrato di supervisione e controllo è ormai tipicamente sviluppata su tre livelli:

- Livello di campo : questo livello include i dispositivi di campo a contatto con gli impianti fisici ( sensori, attuatori, ecc. ), specializzati per funzioni. Ad esempio per gli impianti meccanici si tratta di sonde di temperatura, umidità relativa, pressione, servomotori per valvole di regolazione o di serrande.
- Livello di automazione : a questo livello viene presa la maggioranza delle decisioni operative; le funzioni di controllo e di ottimizzazione sono tipiche di questo livello. I controllori periferici ricevono le informazioni dai dispositivi in campo, le elaborano in base alle finalità del sistema e inviano opportuni comandi agli organi di attuazione. I controllori periferici ( utilizzando microprocessori ) hanno la possibilità di svolgere e gestire localmente quasi tutte le funzioni, così da rendersi indipendenti dal sistema centrale. La condivisione di protocolli aperti di comunicazione, di servizi di accesso alle variabili, di definizioni delle variabili applicative e del loro significato e funzione, permettono l'interoperabilità tra controllori periferici, favorendo così la realizzazione di applicazioni integrate e autonome rispetto al sistema centrale. Inoltre controllori periferici Web-based consentono un facile accesso utente ai dati di sistema attraverso interfaccia Web da qualunque PC di rete abilitato, mentre la disponibilità di Web Services sui controllori periferici permette la comunicazione diretta verso sistemi gestionali/amministrativi/IT per implementare applicazioni a livello gestionale.
- Livello di gestione : a questo livello è presente l'unità centrale di supervisione, costituita da un PC o da un minielaboratore le cui funzioni



principali sono la concentrazione e l'elaborazione di tutte le informazioni provenienti dai controllori periferici, la loro archiviazione a fini storici, statistici e manutentivi e la presentazione verso l'utente delle informazioni attraverso un'interfaccia grafica.

I metodi specifici di comunicazione in un EMCS sono significativi vista la mole di dati che deve essere processata simultaneamente. Mentre i metodi di trasferimento dati tra i controllori e il livello di interfaccia operatore variano da costruttore a costruttore, i protocolli di comunicazione possono essere semplificati in due distinte categorie: client/server e peer-to-peer. Una rete di tipo peer-to-peer non ha un punto centrale di comunicazione come un sistema client/server; non possiede quindi nodi gerarchizzati come client o server fissi (clienti o serventi), ma un numero di nodi equivalenti (i cosiddetti peer) che fungono sia da cliente che da servente verso altri nodi della rete. Qualsiasi nodo è in grado quindi di avviare o completare una transazione; i nodi equivalenti possono differire nella configurazione locale, nella velocità di elaborazione, nella ampiezza di banda e nella quantità di dati memorizzati. La velocità dei sistemi di comunicazione nel controllo di un edificio non è oggi una prerogativa della tecnologia del controllo digitale. Comunque, il tempo di risposta come reazione al controllo dei parametri può essere una prerogativa nei sistemi centralizzati client/server dove vi è la necessità di controllare e monitorare un numero elevato di variabili. Generalmente, la comunicazione peer-to-peer permette tempi di risposta più brevi, anche se, con il continuo aumento della velocità dei personal computer, i sistemi client/server possono essere sempre più competitivi. Sia in una nuova costruzione che in un edificio esistente, quando si sceglie un EMCS bisogna sempre valutare le necessità attuali e le richieste di quel particolare edificio o complesso di edifici. Il layout dell'edificio stesso influenzerà la configurazione dell'EMCS, ma la parte software rimane sempre la più critica in tutte le applicazioni.

## 4.5 Software

L'efficacia di un software di controllo è permettere agli operatori dell'edificio di interagire con gli impianti con il vantaggio di un programma di gestione dell'energia. La logica di controllo nel sistema di gestione e i controllori terminali permettono di migliorare l'efficienza energetica dell'edificio e produrre risparmi in termini di consumi. Le apparecchiature digitali, interconnesse tra loro, hanno portato gli operatori dell'edificio ad acquisire una certa abilità nel personalizzare le strategie più tradizionali di gestione dell'energia come ad esempio la programmazione oraria degli impianti, l'ottimizzazione delle partenze e fermate degli impianti, il controllo di temperatura, portando ad una riduzione dei volumi di aria trattata e a fermate degli impianti nei periodi non occupati o di chiusura degli stessi edifici. Il controllo PID ha portato un controllo più accurato, preciso e efficiente degli impianti HVAC dell'edificio.

Un software adattativo è in grado di monitorare le performance di un particolare loop di controllo e automaticamente intervenire sui parametri del PID per migliorare le stesse performance.

L'architettura tipica del software è modulare, composta da diversi applicativi che intercomunicano e hanno accesso agli oggetti controllari. Gli applicativi messi a disposizione dal livello gestionale di un sistema di Building Automation permettono di ricoprire tutte le necessità operative e funzionali per una corretta gestione, manutenzione e ottimizzazione degli impianti realizzati all'interno dell'edificio o insieme di edifici.

Ogni stazione operativa ha una struttura modulare basata su una grafica ad oggetti orientati, dove il primo e ultimo contatto tra l'utente e il sistema avviene attraverso una task bar, barra degli strumenti.

Quest'ultima permette, oltre a una navigazione veloce all'interno del sistema, di visualizzare immediatamente le informazioni più importanti sul sistema stesso e di passare da un applicativo a un altro con un sistema operativo multitasking. Inoltre, nei sistemi che gestiscono impianti remoti, la barra degli strumenti permette di passare rapidamente da un impianto all'altro.

I principali programmi applicativi del livello gestionale implementati in una postazione di controllo sono:

- Il plant Viewer – visualizzazione grafica
- Alarm Viewer – gestione allarmi
- Time scheduler – programmazione oraria
- Trend Viewer – visualizzazione storici
- Long Viewer – visualizzazione archivio utente
- Tools per l'analisi dei dati a lungo termine e il controllo dei consumi

Come sempre tutto quanto realizzato, in qualsiasi campo, deve essere finalizzato e reso disponibile all'utilizzatore per un suo uso completo. Ciò che quest'ultimo vede ed utilizza è destinato a diventare l'elemento di giudizio del prodotto nella sua globalità. Evidentemente anche i sistemi di supervisione non sfuggono a questa regola, infatti l'applicativo che definisce l'interfaccia grafica è l'elemento prioritario per la conduzione dell'impianto e quindi tutto ciò che costituisce il sistema, dai sensori alle periferiche, viene in qualche modo "oscurato" da questo applicativo, o meglio "ambiente applicativo", che costituisce l'interfaccia utente. Si è più volte discusso e documentato, nei diversi convegni e nelle bibliografie specializzate, che in futuro l'importanza ed i costi del software nei sistemi di supervisione è destinato ad aumentare passando dall'attuale 30% a valori più che raddoppiati; ciò a causa delle continue evoluzioni informatiche che comportano continui aggiornamenti del software delle piattaforme di sviluppo, che aumentano le funzionalità operative e gestionali dei sistemi stessi.

Nel processo di evoluzione che i sistemi di supervisione e controllo degli edifici hanno subito negli ultimi anni, l'interfaccia grafica è uno degli applicativi che hanno maggiormente subito influenze. Infatti, mentre anni or sono e, in alcuni casi, ancora oggi, l'interfaccia grafica svolgeva funzioni di interazione con gli impianti solo per visualizzare e comandare le periferiche, implementata in ambienti proprietari, oggi si hanno altre funzioni complementari che permettono una totale gestione del sistema dall'interfaccia grafica, grazie alle interazioni tra quest'ultima e tutti gli altri applicativi che costituiscono il sistema.

Inoltre le funzionalità e le metodologie di interazione con l'utente sono state notevolmente migliorate sia sotto l'aspetto puramente grafico che sull'interazione, cioè la HMI ( Human Machine Interface ).

Evidentemente, l'evoluzione dei modelli di programmazione e delle architetture di sviluppo su cui si basano, comportano la necessità di sviluppare nuovi ambienti applicativi cercando di essere il più possibile fedeli all'evoluzione per evitare ulteriori costi di riadattamento del software.

Non a caso, il software è passato in breve tempo dall'uso di linguaggi sequenziali strutturati a linguaggi object-oriented, quindi all'uso di classi che una volta implementate possono dare origine ad oggetti che ne ereditano le funzioni. Quindi un oggetto non è altro che un elemento che congloba e quindi mette a disposizione dell'utente metodi e proprietà in modo strutturato e sicuro, nascondendo all'utilizzatore la sua implementazione.

## **5. Interventi di miglioramento dell'efficienza degli impianti**

Dopo aver stabilito le necessità e i requisiti che deve avere un edificio, ed è stata fatta una suddivisione tra edificio ed impianto, rimane ora da considerare gli impianti meccanici e il loro controllo. La progettazione di impianti mirati al risparmio energetico richiedono una conoscenza approfondita dell'edificio, del suo funzionamento e degli impianti installati.

Naturalmente, è importante riconoscere e tenere sempre ben presente che lo scopo principale di un impianto meccanico è garantire il comfort termico agli occupanti dell'edificio, o comunque di opportune condizioni ambientali in specifici processi.

È quindi necessario valutare ogni intervento di risparmio energetico in base alle conseguenze che questo porterà sulla qualità dell'aria interna, sugli standard di umidità e comfort termico, velocità dell'aria e i requisiti di ventilazione.

Prima di valutare le possibilità di intervento negli impianti HVAC, devono essere chiariti gli effetti che si possono avere sul comfort termico, qualità dell'aria e requisiti di ventilazione, modificando gli impianti stessi.

### **5.1 Comfort Termico**

Uno degli errori più gravi che può essere fatto nella modifica degli impianti meccanici è mettere in relazione un cambiamento della temperatura di bulbo secco dell'aria con il risparmio energetico. Vale la pena richiamare che la temperatura di bulbo secco dell'aria non è determinante nel comfort termico sia nella stagione invernale che estiva.

Siccome il comfort termico nella stagione estiva è più direttamente influenzato dal movimento dell'aria, il carico termico in raffrescamento può essere ridotto aumentando la portata d'aria e/o il movimento dell'aria negli spazi occupati senza diminuire la temperatura di bulbo secco dell'aria.

L'energia totale, o entalpia, in relazione a un cambio nelle condizioni ambientali, comprende sia un calore sensibile che latente. Il calore sensibile è sostanzialmente l'energia richiesta per aumentare la temperatura di bulbo secco; il calore legato invece ad una variazione di umidità dell'aria è propriamente il calore latente.

Cambiamenti nel design o nel funzionamento degli impianti meccanici che portano ad una riduzione del calore sensibile o delle esigenze in raffrescamento possono aumentare il calore latente o la stessa energia per il raffrescamento, annullando quindi qualsiasi vantaggio di un programma di risparmio energetico. Questo, ad esempio, è particolarmente vero in alcune condizioni di free-cooling: l'uso di aria esterna fredda, ma molto umida, può aumentare i consumi energetici se il carico in deumidificazione viene aumentato. Per questo motivo, la miglior tipologia di controllo per effettuare questa operazione è un controllo di entalpia che ostacola il funzionamento in modalità free-cooling quando i requisiti in termini di calore latente eccedono i risparmi in termini di calore sensibile.

## **5.2 Portata e velocità dell'aria**

La valutazione delle opportunità di risparmio energetico spesso trascura i requisiti stabiliti in fase di progettazione riguardo la portata e la velocità dell'aria. Come detto prima, il volume di aria fornita e la sua velocità hanno una profonda influenza sul comfort termico; per questo, interventi che possono ridurre la portata d'aria possono inavvertitamente ridurre anche il comfort termico. Ancora più importante, la portata d'aria non può essere ridotta sotto un certo valore di portata d'aria esterna richiesta dalla normativa di ventilazione.

È una pratica comune avere più portata immessa in ambiente rispetto a quella estratta per creare una pressurizzazione dell'ambiente servito, che minimizza le infiltrazioni e previene l'intrusione in ambiente di odori e di altri contaminanti presenti in ambienti vicini. Qualsiasi alterazione nei valori di portata d'aria immessa e estratta altera la relazione tra le due grandezze e l'impianto deve essere ribilanciato.

## **5.3 Qualità dell'aria**

Un altro aspetto che spesso viene sottovalutato o trascurato è l'effetto sulla qualità dell'aria di cambiamenti degli impianti meccanici. I requisiti di qualità dell'aria sono spesso soddisfatti maggiormente con la ventilazione e la filtrazione fornite da un impianto ad esempio tutt'aria. Quando la quantità di aria esterna viene alterata significativamente, l'effetto sulla qualità dell'aria non può essere a priori conosciuto e deve essere determinato. In un ambiente inquinato, aumentare il volume di aria esterna, per esempio durante il funzionamento in free-cooling, può portare sia all'aumento dei requisiti di filtrazione che al deterioramento della stessa qualità dell'aria. Nello stesso tempo, una riduzione della portata d'aria dovuta per esempio a una conversione a un sistema a portata

variabile, riduce la filtrazione dell'aria di ricircolo che può portare a una riduzione della qualità dell'aria.

## **5.4 Strategie di controllo**

Il sistema di controllo gioca un ruolo fondamentale in quasi tutte le opportunità e le tecniche di risparmio energetico per gli impianti meccanici. Per essere efficiente nel controllare il consumo energetico insieme al comfort termico, deve essere usato propriamente, lavorare e essere settato in modo correttamente. Ambiente sovra riscaldati o sotto raffreddati non solo consumano e sprecano energia, ma sono anche non confortevoli.

Un facilissimo metodo per individuare questi spazi è una semplice camminata all'esterno dell'edificio e vedere quali sono le finestre aperte: ciò indica che lo spazio non è correttamente climatizzato.

L'efficienza di un sistema di controllo è direttamente proporzionale alla chiarezza di controllo; la forma più diretta di controllo è rappresentata da semplici controllori che spengono o accendono determinati impianti quando ve ne è bisogno. Gli impianti in cui la temperatura dell'aria e/o dell'acqua viene controllata da parametri oltre che dall'attuale bisogno di riscaldamento o raffrescamento vengono detti impianti a controllo indiretto, giudicati i meno efficienti.

Il controllo diretto generalmente impiega termostati principali che consentono l'accensione/spengimento dei componenti o aggiustano il volume di aria di mandata nello spazio climatizzato basandosi sulla temperatura interna dell'ambiente. Questo tipo di controllo è il più efficiente in edifici termicamente leggeri, nei quali il consumo di energia è direttamente proporzionale alle condizioni dell'ambiente esterno.



Molti vecchi impianti meccanici, particolarmente gli impianti asserviti al solo riscaldamento, furono creati come sistemi a singola zona nei quali l'unità di trattamento aria è al servizio dell'intero edificio oppure completamente spenta. Valvole termostatiche automatiche possono essere usate per modificare l'impianto a singola zona e lo stesso impianto ad aria forzata a singola zona può facilmente essere modificato in un impianto a portata variabile, senza una modifica sostanziale dell'unità centrale di trattamento.

La selezione dei setpoint, specialmente con sistemi di controllo diretti, è importante.

I termostati devono essere settati per massimizzare il comfort termico; la necessità dell'umidificazione varia a secondo della temperatura esterna e la sezione umidificatrice non deve essere settata ad un valore costante. La necessità di umidificazione è una funzione dell'occupazione dell'area climatizzata e deve essere modificata negli ambienti non utilizzati o occupati. L'utilizzo dell'aria esterna per la ventilazione deve essere controllata propriamente, agendo sulle serrande di presa di aria esterna.

I sistemi di controllo e gestione dell'energia base microprocessore permettono una vasta gamma di operazioni di controllo diretto sugli impianti meccanici.

Con il controllo elettronico è possibile anche attuare il controllo entalpico; quest'ultimo relaziona l'energia richiesta per raffreddare l'aria ad una data temperatura di bulbo secco all'energia richiesta per rimuovere l'umidità dall'aria umida esterna. Il controllo entalpico è usato comunemente per controllare un ciclo di free-cooling, determinando quando è più efficiente ricircolare l'aria interna rispetto a condizionare l'aria umida esterna. I sistemi di controllo che non sono ben accettati o semplici da usare sono soggetti ad essere "misuse" dagli occupanti dell'edificio. Per esempio il controllo su un'unità ventilante include un termostato di temperatura ambiente che controlla le valvole sulle

batterie calde o fredde, un controllo sulla serranda che regola la giusta proporzione di aria fresca con l'aria di ricircolo, e un termostato di minimo che previene che l'aria esterna scenda sotto una determinata temperatura ( solitamente da 13 a 16°C ). Un errore comune degli occupanti o delle persone addette alla gestione dell'edificio è incrementare il setpoint del termostato di minimo quando si ha la sensazione che l'aria in mandata sia troppo fredda.

In un sistema di controllo indiretto l'ammontare dell'energia consumata non è una funzione del comfort termico richiesto, ma di altri fattori come la temperatura dell'aria esterna, umidità, entalpia. I sistemi di controllo indiretti determinano i setpoint per la temperatura dell'aria fredda, temperatura dell'acqua, ecc. Questi sistemi inoltre tendono ad auto aggiustarsi sia per le condizioni di picco che per le condizioni normali di funzionamento.

Uno degli ostacoli maggiori per l'efficienza di qualsiasi impianto è la necessità di scaldare e raffrescare l'aria o l'acqua simultaneamente per raggiungere la giusta condizione termica richiesta dall'edificio.

#### **5.4.1 Programmazione operativa**

Una delle più grande cause degli sprechi energetici sono i funzionamenti inutili. Un impianto, seppur sia il più efficiente possibile, consumerà energia in eccesso se funziona quando non è necessario. I funzionamenti inutili sono causati essenzialmente in presenza di grandi impianti che condizionano interi edifici o parti di edifici e dall'assenza di un controllo mirato per lo spegnimento degli impianti quando questi non sono necessari.

Quando gli edifici sono condizionati da un grande impianto centrale, l'utilizzo di una sola area specifica può richiedere il funzionamento di tutto l'intero impianto per condizionare questo singolo spazio. Pertanto, l'installazione di un

sistema localizzato che serve una determinata area può prevenire il funzionamento inutile di un sistema centralizzato.

In alcune applicazioni, come ad esempio i ventilatori di estrazione o altri piccoli componenti che servono specifiche aree sono spesso lasciati in funzionamento continuo solamente per la mancanza di un controllo locale per lo spegnimento; un controllo automatico può quindi eliminare la necessità di far funzionare questi componenti continuamente.

Ad esempio un ventilatore di estrazione in uno store poco occupato può essere acceso tramite un sensore di occupazione o quando l'illuminazione viene acceso e rimanere in funzione fino a che, ad esempio, l'impianto di illuminazione viene spento o non vi sono più persone nell'area.

Lo spegnimento degli impianti, particolarmente gli impianti meccanici, negli edifici che di notte non sono occupati può essere un altro aspetto per il risparmio energetico.

Semplici regolatori ad orologio possono essere usati dove non vengono utilizzati sistemi di controllo più sofisticati, anche dove è necessario mantenere acceso l'impianto per fornire un minimo raffrescamento durante la notte o nei weekend, i ventilatori di estrazione e la ventilazione può essere spenta quando l'edificio non è occupato.

In presenza di climi estremi, l'aria esterna può essere ridotta per piccoli periodi per migliorare l'efficienza in riscaldamento o raffrescamento.

Un controllo computerizzato comunque può essere usato anche per prevenire la simultaneità nel funzionamento di grandi componenti impiantistici, causando un incremento del picco di domanda di energia elettrica e ciò che ne deriva in termini economici.

### 5.4.2 Avviamenti ottimizzati

Basandosi sulle misurazioni delle temperature indoor e outdoor e da fattori correttivi storici, la strategia degli avviamenti ottimizzati ( Figura 5.1 ) calcola il tempo ottimale per l'accensione degli impianti di riscaldamento e raffrescamento per portare la temperatura ad un livello adeguato per l'orario di occupazione dell'edificio. Per ottenere questi risultati, un impianto a portata costante deve avviarsi molto prima rispetto ad un impianto a portata variabile; un programma di partenza ottimizzata per un'unità di trattamento aria a portata variabile fa sì che questa funzioni ad una capacità ridotta. A meno che vi sia una richiesta stringente di qualità dell'aria, le serrande dell'aria esterna rimangono chiuse durante questi periodi di avviamento. Durante i periodi di spegnimento nei giorni festivi, il programma automaticamente cambia in modo tale da calcolare il giusto intervallo di tempo per raffrescare o riscaldare l'edificio; questa strategia si adatta autonomamente in base ai cambiamenti stagionali dell'edificio.

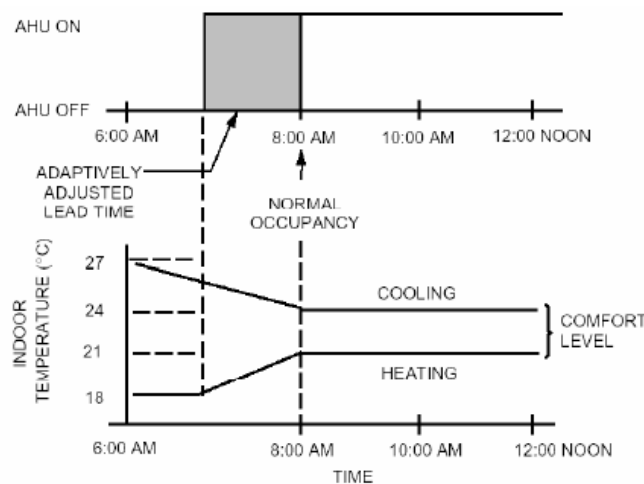


Figura 5.1, Schema controllo partenza ottimizzata

### 5.4.3 Spegnimenti ottimizzati

La strategia degli spegnimenti ottimizzati ( Figura 5.2 ) utilizza l'energia immagazzinata durante la giornata per mantenere l'edificio alla giusta temperatura fino alla fine del periodo di occupazione dell'edificio. Basandosi sulla temperatura della zona con il peggior carico termico, il programma varia la fermata degli impianti in modo tale che l'energia immagazzinata mantenga un buon livello di comfort termico fino al termine del periodo di occupazione. Anche questa strategia di controllo si adatta autonomamente al variare delle condizioni.

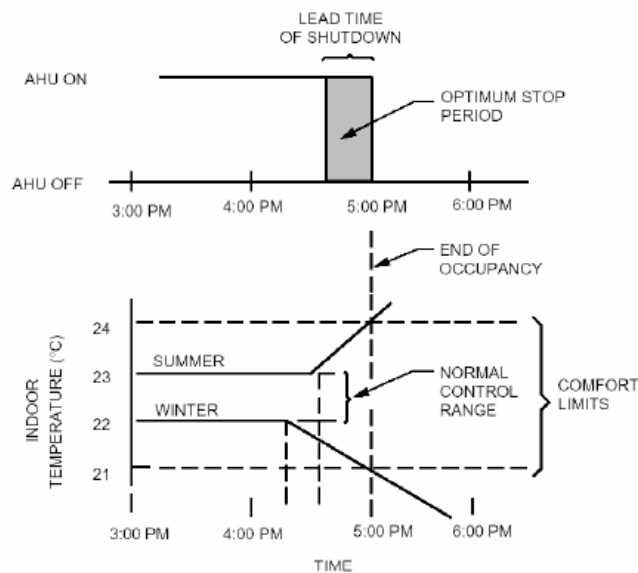


Figura 5.2, Schema controllo fermate ottimizzate

#### 5.4.4 Setpoint notturni

Il principio di questa operazione è ridurre il carico di condizionamento fornito durante i periodi notturni permettendo alla temperatura interna di cambiare in modo naturale fino a una temperatura limite durante la notte, con il ripristino delle condizioni ottimali nelle prime ore della mattinata. Un funzionamento di questo tipo porterà sempre ad ottenere risparmi in termini energetici ed economici.

Il risparmio può essere stimato dalla seguente equazione:

$$E = [(A_{per} * U) + q_{vent}] * \Delta T * hr$$

dove con  $A_{per}$  si intende l'area della superficie perimetrale dell'edificio,  $U$  è l'effettiva trasmittanza termica dell'involucro edilizio,  $q_{vent}$  è il carico di ventilazione,  $\Delta T$  è la differenza di temperatura di setpoint notturno,  $hr$  sono le ore nella stagione di riscaldamento non occupate.

Questa strategia mantiene quindi un limite di minima temperatura durante la stagione invernale nelle ore notturne, facendo funzionare l'unità di trattamento aria con la serranda dell'aria esterna chiusa. Tramite il controllo digitale è possibile ridurre la velocità dei ventilatori se vi è la possibilità tramite un sistema a portata variabile.

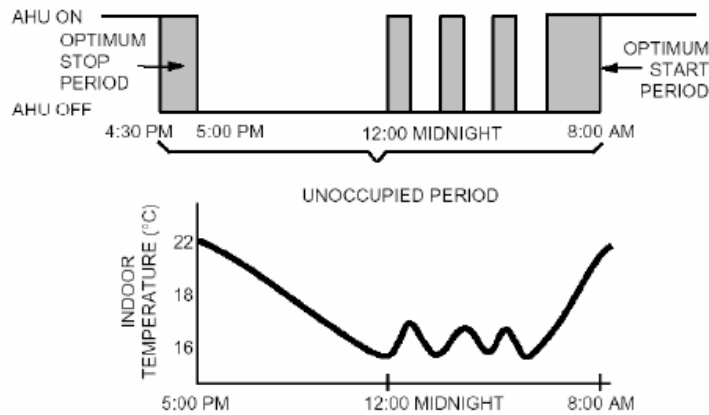


Figura 5.3, Schema controllo cicli notturni

In un clima temperato questo può portare a risparmi di circa 40% dell'energia richiesta in riscaldamento per un edificio con piccola massa termica che è occupato solamente per circa 10 ore al giorno. Comunque, non sempre si raggiungono queste percentuali, bisogna valutare diversi aspetti, soprattutto se poi il costo per ripristinare le condizioni ambiente nelle prime ore del mattino risulta molto elevato. Gli effettivi risparmi quindi saranno dipendenti da quanto tempo il sistema riuscirà a ritornare nelle condizioni ottimali e quanto incideranno le variazioni di temperatura se vengono spenti tutti gli impianti.

#### 5.4.5 Free cooling

Uno dei vantaggi di un impianto meccanico a tutt'aria è che possono utilizzare l'aria esterna per condizionare gli spazi interni quando si è in presenza di determinate temperature. L'uso dell'aria esterna per raffrescare attivamente gli spazi interni viene chiamato free-cooling.

Quando l'aria esterna è più fredda rispetto al set point di temperatura interna viene richiesta solamente l'energia di distribuzione per fornire il raffrescamento con aria esterna. Quando la temperatura dell'aria esterna è maggiore del set

point di temperatura ma minore della temperatura dell'aria di estrazione, viene comunque richiesta meno energia utilizzando il 100% dell'aria esterna come aria di mandata che condizionare l'aria interna di ricircolo.

Un ciclo di questo tipo è semplicemente una sequenza di controllo che regola le serrande di aria esterna e di espulsione per l'utilizzo del 100% dell'aria esterna quando la sua temperatura permette di ottenere un vantaggio.

L'energia consumata nel riscaldare l'aria esterna al livello del mare può essere calcolata dalla seguente equazione:

$$q = 1,08 * Q * \Delta T$$

Dove con  $q$  si intende il carico orario di ventilazione in riscaldamento,  $Q$  è la portata d'aria volumetrica e  $\Delta T$  è l'incremento di temperatura.

Questa modalità di funzionamento è più appropriata per gli edifici con carichi interni molto elevati e richiedono il raffrescamento delle zone interne in tutto l'anno. È una modalità poco utile negli edifici con piccoli carichi interni e edifici nei quali i carichi in riscaldamento e raffrescamento sono dominati dalla trasmissione termica attraverso l'involucro.

In teoria il 100% dell'aria esterna può essere utilizzato per il raffrescamento quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore rispetto alla temperatura dell'aria di estrazione; ma se l'aria esterna ha una umidità relativa maggiore rispetto all'aria di estrazione e quindi contiene una frazione importante di calore latente, questa modalità di funzionamento non deve essere attivata a questa temperatura.

Il più semplice sistema di controllo utilizza un controllore di temperatura di bulbo secco che attiva il ciclo a una determinata temperatura di bulbo secco dell'aria esterna, di solito la stessa del setpoint di temperatura dell'aria di mandata, oppure intorno ai 13°C. Sopra questa temperatura, viene usata solamente una minima frazione di aria esterna per la ventilazione.



Sotto i 13°C, la quantità di aria esterna viene gradualmente ridotta dal 100% e miscelata con l'aria di estrazione fino al raggiungimento di un'aria di mandata di 13°C.

L'equazione calcola l'energia richiesta per raffrescare un'aria di ritorno ambiente da 24°C fino a 13°C con un'aria di mandata di 13°C è  $1,08 \times Q \times 20 = 21,6 Q$ . L'energia risparmiata dall'uso di un semplice ciclo di free-cooling che miscela l'aria esterna con l'aria di ritorno per fornire l'aria di mandata, al livello del mare, è quindi:

$$E = 21,6 * Q$$

Poiché è possibile utilizzare l'aria esterna a temperature superiori ai 13°C in termini di risparmio energetico, può essere usato un controllo della temperatura di bulbo secco dell'aria modificata.

È uguale al più semplice controllo di temperatura di bulbo secco eccetto che, quando la temperatura esterna è tra i 13°C e un valore prestabilito più alto di temperatura, basato rispetto all'umidità tipica, viene usato il 100% di aria esterna.

La terza e la più efficiente modalità di controllo è il controllo entalpico, che può istantaneamente determinare e comparare la quantità di energia richiesta per raffreddare il 100% dell'aria esterna con la quantità richiesta per raffrescare la miscela di aria di estrazione.

Le unità di trattamento aria che non hanno una adeguata predisposizione per il trattamento del 100% dell'aria esterna possono utilizzare un'altra modalità di funzionamento chiamata "wet-side". Questa tecnica di risparmio energetico è molto adatta a vecchi edifici esistenti. Esistono molte variazioni di questa modalità, tutte permettono lo spegnimento del gruppo frigorifero.

La più semplice configurazione consiste in una batteria di scambio termico presente nell'unità trattamento aria in cui circola l'acqua di raffreddamento della torre evaporativa.

Una applicazione della strategia di controllo relativa al free cooling può essere rappresentata dalla cosiddetta zero Energy band. Questa strategia di controllo fornisce un intervallo di funzionamento in cui non viene utilizzato nessun impianto, né di riscaldamento né di raffreddamento. Questo limita il consumo di energia permettendo alla temperatura dell'aria interna di variare tra un valore minimo e massimo. Utilizza anche la serranda di aria esterna e di miscelazione in modo da utilizzare l'aria esterna disponibile se è ottimale per il raffrescamento.

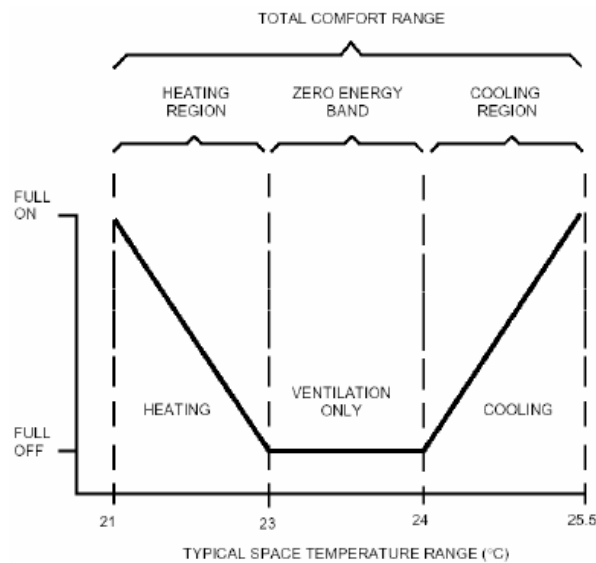


Figura 5.4, Schema controllo free cooling

### 5.4.6 Controllo ventilazione

Questa strategia lavora con il presupposto che non vi è la necessità di far funzionare il ventilatore di mandata durante i periodi di non occupazione dell'edificio, se le valvole delle batterie di riscaldamento o raffreddamento sono chiuse; per avere un beneficio da questa strategia la banda morta non deve essere minore di 2°C. La strategia è applicabile sia sul lato riscaldamento che raffrescamento.

Ad esempio, se siamo in regime estivo, il ventilatore viene acceso quando la valvola della batteria fredda apre a 24,5°C, e rimarrà in funzione fino a che la temperatura supera di 1°C questo valore. Nel periodo invernale, in riscaldamento, il ventilatore verrà messo in funzione a 18°, e verrà spento quando si raggiunge una temperatura di 1°C inferiore rispetto alla temperatura di apertura della valvola della batteria calda. I ventilatori di mandata, se gli spazi sono occupati, devono funzionare per tutto il periodo; i ventilatori di estrazione funzionano similmente con i relativi ventilatori di mandata.

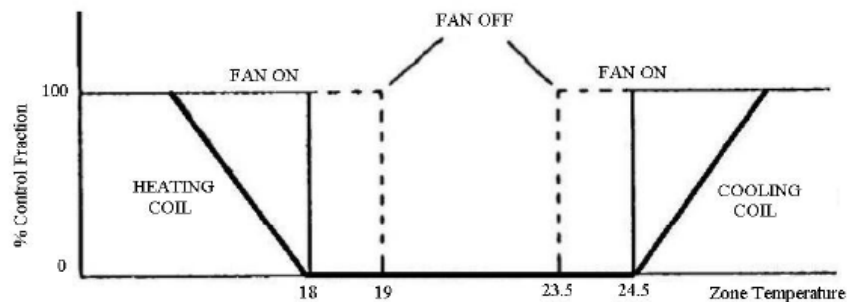


Figura 5.5, Strategia di controllo della ventilazione ambienti per i periodi di non occupazione

#### **5.4.7 Controllo della temperatura di bulbo secco dell'aria esterna**

L'aria esterna viene utilizzata per il raffrescamento ogni qual volta la temperatura dell'aria esterna è inferiore al setpoint. Per un funzionamento ottimale, è necessaria un'analisi dei dati climatici locali per determinare il setpoint ottimale. L'analisi deve solo considerare le temperature approssimativamente tra 16°C e 25°C durante i periodi di occupazione. Questa strategia è migliore nei piccoli impianti, dove il costo di un buon sensore di umidità non è giustificabile, o dove non vi sono frequenti variazioni della temperatura dell'aria esterna durante il ciclo di free cooling.

Questa strategia può essere suddivisa in base allo stato di occupazione dell'edificio e di non occupazione; vengono ora presentati diversi esempi che illustrano le diverse strategie.

Periodi di occupazione :

- Se la temperatura dell'aria di ritorno eccede i 22°C la serranda di aria esterna si aprirà proporzionalmente da un valore minimo ( 40% di aria fresca rispetto al valore globale ) fino al massimo valore a 23°C. Per le stesse condizioni la serranda dell'aria di ritorno inizierà a chiudere proporzionalmente dal suo massimo valore di set ( 60% RA ) alla chiusura totale.

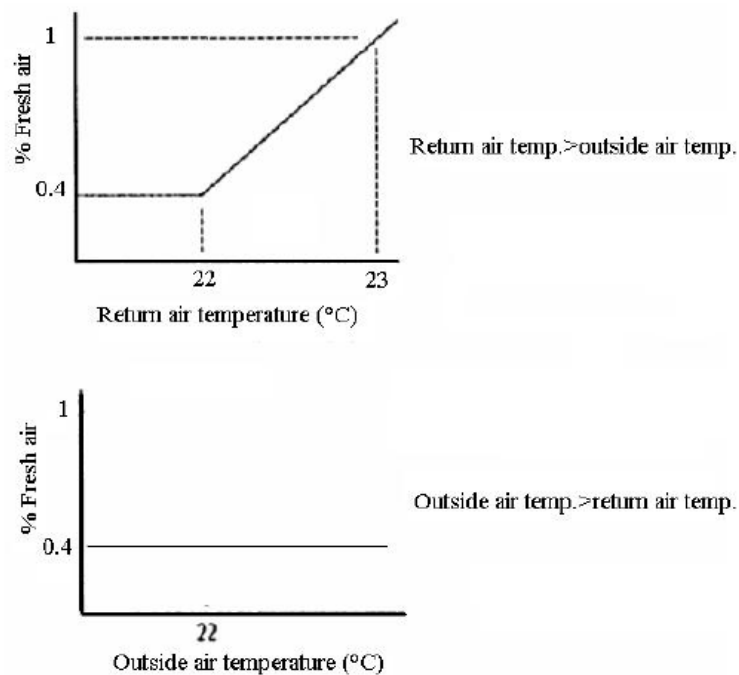


Figura 5.6, Strategia di controllo free cooling con ambienti occupati

- Se non è richiesto raffrescamento la serranda di aria esterna sarà al suo minimo valore di set ( 40% ) e la serranda dell'aria di ritorno al suo massimo ( 60% ). Se la temperatura di aria esterna eccede la temperatura dell'aria di ritorno, la serranda di aria esterna verrà chiusa fino al minimo valore ( 40% ) e quella dell'aria di ritorno al suo massimo ( 60% ).

Periodi di non occupazione:

- Se la temperatura dell'aria di ritorno eccede i 22°C la serranda di aria esterna si aprirà proporzionalmente dalla posizione di chiusura ( 0% ) fino ad essere totalmente aperta a 23°C. La serranda dell'aria di ritorno per le stesse condizioni inizierà a chiudere proporzionalmente dal valore di massima apertura ( 100% ) fino ad essere completamente chiusa.

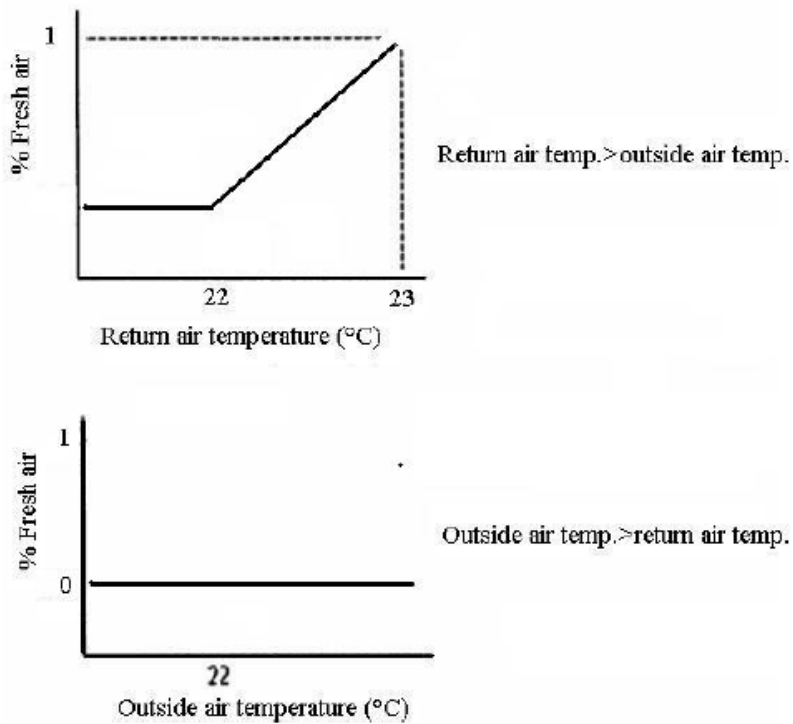


Figura 5.7, Strategia di controllo free cooling con ambienti non occupati

- Se non è richiesto raffrescamento, la serranda di aria esterna sarà chiusa e la serranda dell'aria di ritorno totalmente aperta. Se la temperatura dell'aria esterna eccede la temperatura dell'aria di ritorno, la serranda di aria esterna si chiuderà completamente e la serranda dell'aria di ritorno si aprirà totalmente.

#### **5.4.8 Raffrescamento notturno**

Questa tipologia di controllo utilizza l'aria esterna fredda, durante la notte, per pre-raffrescare l'edificio prima che il raffreddamento meccanico venga acceso. Spesso, utilizzando appositi sistemi di controllo, viene ridotta la capacità del ventilatore, nelle unità di trattamento aria a portata variabile, riducendo il consumo energetico.

La temperatura e l'umidità dell'aria esterna e la temperatura dell'ambiente interno vengono analizzate. Il 100% di aria esterna è ammesso solo in determinate tipiche condizioni:

- L'aria esterna è più alta rispetto ad un valore di conversione estate-inverno, circa 10°C.
- Aria esterna minore rispetto alla temperature ambiente di un determinate valore
- Aria esterna dew point minore di 16°C.

#### **5.4.9 Cambiamento setpoint**

Questa strategia permette il cambiamento dei setpoint se gli ambienti dell'edificio non sono occupati; richiede l'installazione di sensori di movimento negli ambienti. Ovviamente, si basa sull'assunzione che un ambiente non necessità di essere mantenuto alla temperatura di setpoint durante i periodi di non occupazione. Se lo spazio non è occupato, il controllo permetterà di cambiare il setpoint della batteria fredda o calda a valori più caldi o freddi.

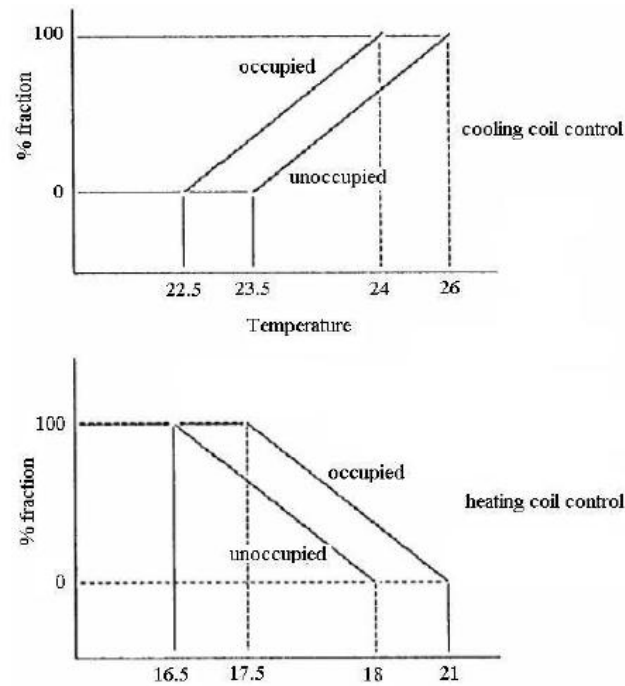


Figura 5.8, Strategia controllo e risettaggio setpoint

Nella condizione di non occupazione la batteria fredda sarà completamente aperta a 26°C e totalmente chiusa a 23,5°C; la batteria calda sarà invece totalmente aperta a 16,5°C e totalmente chiusa a 18°C.

Un'altra applicazione di questa strategia è la variazione dei setpoint in base al funzionamento dell'edificio. Si può implementare una tecnica di funzionamento a step, ad esempio, con funzionamento giornaliero dell'edificio diviso in 3 sottoperiodi, in base a diversi stati di occupazione e utilizzo dell'edificio. Ovviamente, durante il periodo di occupazione, bisogna trovare un compromesso tra l'efficienza energetica, la riduzione dei consumi e il comfort termico. Durante il periodo notturno, viene massimizzata l'efficienza energetica, a discapito del comfort termico.



## 5.5 Componenti Impianti meccanici

I componenti che provvedono al riscaldamento e raffrescamento di un edificio possono essere classificati in base alla loro funzione. Sono generalmente classificati come componenti per il riscaldamento ( caldaie ad esempio ), componenti per il raffrescamento ( chiller, torri di raffrescamento ); componenti per la distribuzione dell'aria, come unità di trattamento aria e ventilatori.

L'energia globale consumata dagli impianti meccanici è dipendente dall'efficienza di ogni singolo componente, dall'efficienza in distribuzione e dall'abilità del sistema di controllo che regola accuratamente l'energia consumata dai componenti del sistema in modo tale da non sprecare energia.

La taglia dei componenti ( e la capacità di riscaldamento/raffrescamento/movimentazione ) è determinata dai progettisti meccanici basandosi sui calcoli dei carichi interni di picco. Poiché le condizioni di picco sono arbitrarie, ovvero determinate in fase progettuale, ed è piacevole che non vi siano carichi di picco simultaneamente all'interno dell'edificio, è pratica comune specificare quale componente ha la capacità globale minore rispetto alla richiesta di picco. Questo fattore di sicurezza varia in base all'area servita e alla tipologia.

L'efficienza, per definizione, è la frazione dell'energia in uscita da un componente rispetto alla quantità di energia in input; l'efficienza relativa ai componenti per il raffrescamento è solitamente espressa dal “coefficient of performance” COP, definito come la frazione dell'energia termica estratta dall'energia meccanica di input nelle stesse unità. Poiché l'energia termica estratta dai moderni condizionatori d'aria può essere superiore all'energia meccanica di input, valori superiori all'unità del COP sono possibili.

I componenti per il condizionamento dell'aria sono anche comunemente classificati in base al “Energy efficiency ratio” ( EER ) o dal “seasonal Energy

efficiency ratio” ( SEER ). EER viene definito nello stesso modo del COP, generalmente espresso con la seguente espressione:

$$EER = 3,41 * COP$$

Sia il COP che l'EER esprimono l'efficienza di un chiller o di un condizionatore d'aria, entrambi sono misure che permettono il confronto di unità simili.

Molti componenti non funzionano al massimo della loro efficienza per tutto il periodo di funzionamento; per questa ragione, il “seasonal Energy efficiency ratio” ( SEER ), che considera la variazione di efficienza ai carichi parziali, è una misura più accurata dell'efficienza dei componenti, rispetto al COP e al EER.

In generale, l'efficienza dei componenti è una funzione della taglia; grandi componenti hanno un'alta efficienza rispetto a piccoli componenti della stessa tipologia. Ma l'efficienza energetica varia con il carico imposto: tutti i componenti funzionano alla loro massima efficienza quando sono prossimi alle condizioni di progettazione a pieno carico. Sia il sovraccarico che il funzionamento a carichi parziali dei componenti riducono l'efficienza dei componenti.

Questo fatto ha un grande impatto sull'efficienza dell'impianto quando sono progettati grandi impianti per condizionare l'aria di interi edifici; poiché i carichi termici variano e i carichi termici sia in riscaldamento che in raffrescamento sono solo raramente alle condizioni di picco, gli impianti, per la maggior parte del tempo, funzionano ai carichi parziali.

Quando vengono utilizzate solamente alcune parti dell'edificio ma viene comunque condizionato l'intero edificio e più l'impianto funziona lontano dalle condizioni ottimali e più sarà lontano anche dalle condizioni di massima efficienza.

Poiché quindi la maggior parte di questi componenti funziona per la maggior parte del tempo alle condizioni parziali, l'efficienza ai carichi parziali è diventata una priorità base per migliorare sempre più l'efficienza globale degli impianti.

La conoscenza dell'efficienza operativa attuale di componenti esistenti è importante nell'individuare le varie opportunità economiche per ridurre i consumi energetici attraverso la sostituzione degli stessi componenti.

### **5.6 Modifiche impiantistiche per migliorare l'efficienza energetica : conversione CAV a VAV**

L'applicazione dei cosiddetti "VSDs" ( Variable Speed Drives ), negli impianti meccanici comporta la misura più efficiente per la riduzione dei consumi, controllando la portata dell'aria e dell'acqua. Controllando la portata dell'aria può portare anche ad un aumento significativo del livello di comfort interno dell'edificio.

In tutte le applicazioni in cui vi sono ventilatori e pompe viene usata sempre una forma di controllo della portata. In alcune applicazioni questa può essere composta solamente da un dispositivo che regola la portata, come ad esempio una valvola o una serranda, settando la portata d'aria rispetto ai valori progettuali dell'impianto. In ogni caso però, tutti gli impianti meccanici sono progettati per le condizioni peggiori di funzionamento, per essere in grado di poter fornire il carico termico necessario per raffrescare l'edificio nel giorno più caldo e umido dell'anno.

In alcuni edifici, nei più efficienti, vengono utilizzate alcune forme attive di controllo della portata, per adattare la capacità dell'impianto alle richieste dell'edificio, aumentando il livello di comfort interno e risparmiando energia.

Un controllo di portata può essere sia formato da settaggio della portata che da un controllo attivo della portata stessa, l'uso del sistema di controllo più efficiente porterà ad una riduzione dei consumi energetici e ad una riduzione dei costi operativi dell'edificio considerato.

Come visto analizzando le leggi dei ventilatori, il controllo della portata minimizza la potenza assorbita delle pompe e dei ventilatori. In ogni caso, metodi differenti nel controllo della portata portano a differenti riduzioni della potenza assorbita ai carichi parziali.

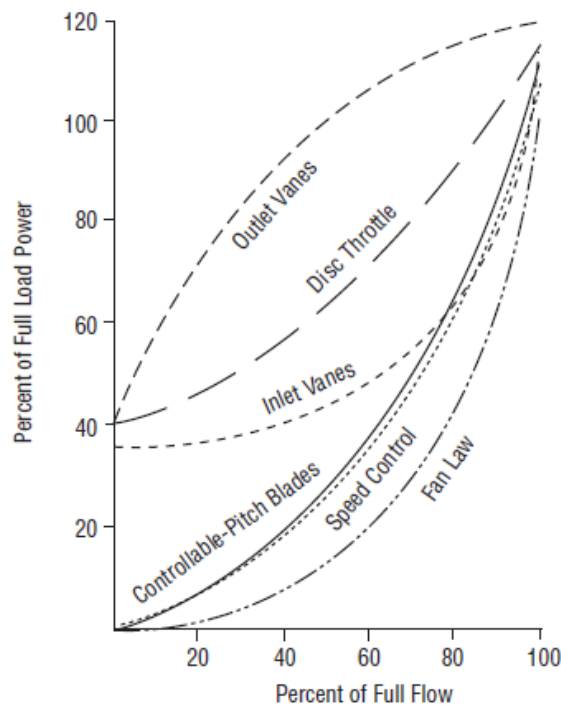


Figura 5.9, Potenza assorbita dai differenti metodi di controllo della portata ( fonte [13] )

La figura sottostante mostra che per la stessa riduzione di portata ( 80% delle condizioni di progetto ) i diversi metodi di controllo portano a diversi valori di potenza assorbita dal motore.

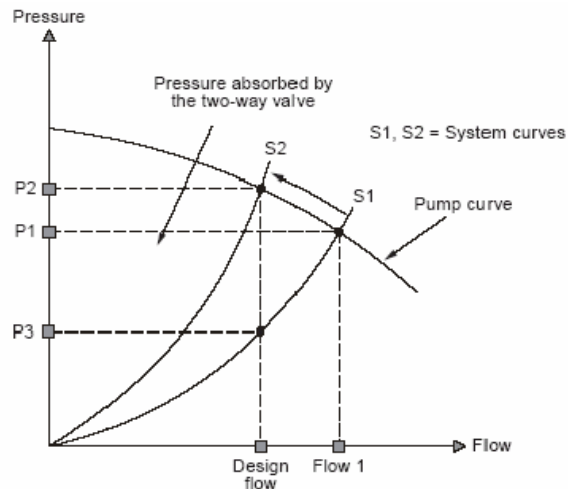


Figura 5.10, Controllo della portata tramite valvola 2 vie e VSD ( fonte [13] )

La Figura 5.10 mostra una tipica curva di un ventilatore o una pompa; nel grafico è stato scelto di rappresentare un ventilatore con un dato punto di funzionamento di progetto S1 ( pressione P1 e portata1) e tramite l'utilizzo di una serranda per la riduzione della portata l'impianto opera al punto S2 ( pressione P2). L'equazione mostra che, a parità di efficienza, la potenza assorbita da un ventilatore è proporzionale alla portata ( asse x ) moltiplicata per la pressione ( asse y ), ovvero rappresentata dall'area del rettangolo sotteso alla curva in Figura 5.10 ). Si può vedere che l'area del rettangolo, quando il punto di funzionamento del sistema è S2 è minore rispetto al funzionamento in S1. La potenza assorbita dal ventilatore che utilizza una serranda per il controllo della portata è minore rispetto alla potenza assorbita al punto di progetto. In ogni caso, utilizzando un VSD, la velocità del ventilatore viene ridotta con conseguente riduzione della pressione al punto P3 per fornire la portata d'aria di progetto. Si può facilmente vedere che l'area di questo rettangolo è molto più piccola che quella al punto S2.

Si può quindi concludere che utilizzando il VSD per il controllo della portata d'aria o acqua in un impianto meccanico è il metodo più efficiente dal punto di vista energetico con il più basso costo operativo.

Come discusso in precedenza ci sono molte applicazioni negli impianti meccanici in cui VSD può essere applicato. Come meglio applicare un VSD a queste applicazioni spesso dipende dalla funzionalità del VSD stesso; molti produttori forniscono dedicati HVAC VSD; questi VSD incorporano funzioni specifiche per le tipiche applicazioni HVAC, come verrà esposto di seguito.

È una pratica comune in molti paesi oggi di installare il VSD vicino a dove opera il motore/pompa/ventilatore invece di essere montato in modo centrale. I vantaggi di questa configurazione sono che viene ridotta la taglia dei quadri di controllo, in modo da semplificare l'installazione.

Il VSD controlla la velocità di un motore AC variando la frequenza ( e il voltaggio ) di funzionamento del motore: tutto ciò è eseguito tramite l'accensione e lo spegnimento di un transistor a una velocità elevata ( tipicamente almeno 4500 volte al secondo ).

I VSD utilizzati nelle applicazioni HVAC possono avere le seguenti caratteristiche:

- Funzionamento motore silenzioso: è particolarmente importante quando il motore è asservito ad un ventilatore dell'unità di trattamento aria poiché il rumore generato, trasmesso poi tramite i canali, può essere una fonte di disturbo per gli occupanti dell'edificio.
- Partenza immediata affidabile
- Ottimizzazione energetica automatica : alcuni VSD dedicati agli impianti HVAC hanno questa funzione, tramite la quale riescono tipicamente a portare un ulteriore risparmio di energia pari al 5-10%

Installando i VSD ed integrandoli in un sistema di gestione e controllo automatico dell'edificio utilizzando comunicazioni seriali, è possibile ridurre ulteriormente i costi. VSD HVAC dedicati possono essere integrati in un sistema di gestione utilizzando un cavo seriale di comunicazione. Utilizzando vari HVAC protocolli come Lonworks, BACnet, Metasys N2, ecc. , vi è la possibilità di controllare e monitorare un grande array di punti tramite questo singolo cavo. Questo minimizza il numero di componenti di I/O e i costi relativi di ingegneria, riducendo i costi di installazione.

Un VSD può ricevere segnali di start/stop, reset, comandi di setpoint attraverso questo singolo cavo; se il VSD viene utilizzato per mantenere una data pressione ( ad esempio la pressione statica nei canali in un impianto VAV ) il VSD può compiere tutti i necessari loop di controllo per far funzionare il ventilatore alla velocità richiesta per mantenere la pressione esatta e il sistema di gestione e controllo dell'energia può monitorare la pressione attraverso il cavo singolo e aggiustare il setpoint se necessario.

Il VSD può fornire informazioni diagnostiche come la corrente del motore, i kWh consumati, le ore di funzionamento e altre informazioni di molte altre variabili operative.

### 5.6.1 CAV to VAV zona singola

In un impianto tradizionale a portata costante<sup>18</sup> non ci sono misure per il controllo della portata, come appunto definito dal nome stesso. Le aree condizionate ricevono la portata d'aria di progetto per tutto il periodo di funzionamento e le valvole dell'acqua refrigerata sono modulate variando la temperatura dell'aria di mandata, in base alla temperatura dell'aria ambiente e dell'aria di ritorno.

Quando un impianto CAV è a servizio di una grande zona singola come può essere un negozio/centro commerciale, c'è l'opportunità di applicare un VSD per il risparmio di energia simulando un impianto VAV. Questa tipologia di edifici spesso hanno un profilo di carico termico molto variabile che dipende dall'occupazione delle zone; vi è quindi l'opportunità di variare il volume dell'aria di mandata in base all'occupazione.

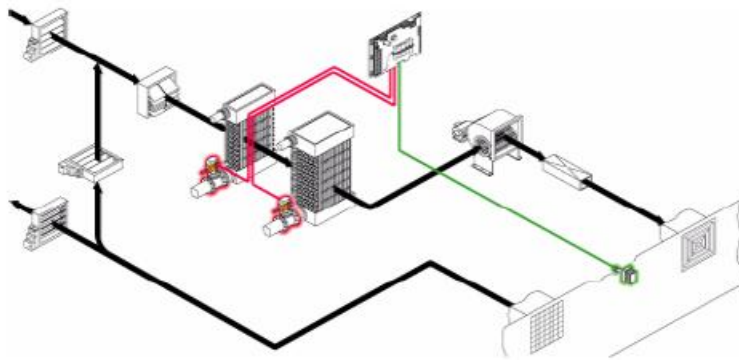


Figura 5.11, Controllo tradizionale impianti CAV ( fonte Danfoss )

---

<sup>18</sup> CAV, Constant Air Volume



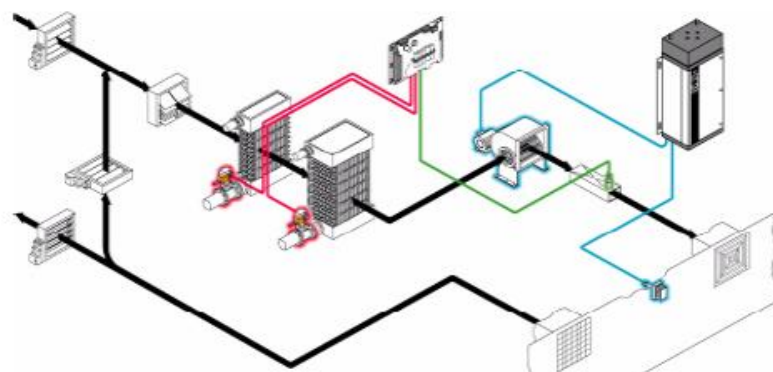


Figura 5.12, Modifica controllo da impianto CAV a impianto VAV utilizzando un VSD  
( fonte Danfoss )

Tutto ciò viene ottenuto mettendo un VSD per il controllo della velocità del ventilatore e quindi della portata d'aria di mandata per la singola zona, in base alla temperatura dell'aria di ritorno ( giusto quello che i box VAV fanno in un impianto VAV ). Viene inoltre utilizzato un sensore di temperatura nel condotto di mandata aria che modula le valvole dell'acqua refrigerata per mantenere ad un valore costante la temperatura dell'aria. Quindi la temperatura dell'aria di mandata viene mantenuta costante ma viene modulato il volume di aria di mandata.

Tipicamente il VSD viene programmato con una minima velocità di circa 70% per mantenere la qualità dell'aria e la stessa velocità varia fino ad un valore massimo in base a temperatura o a un sensore di qualità dell'aria ( ad esempio CO<sub>2</sub> ) installato nella zona servita, rappresentativo dell'occupazione dell'edificio.

In questa situazione, l'aggiunta di un VSD ad un'applicazione che tradizionalmente non ha un controllo di portata, potrebbe risultare un'opzione non economica. Bisogna però ricordare che, utilizzando un VSD dedicato all'HVAC e integrandolo in un sistema di controllo e gestione utilizzando comunicazioni seriali, si può ridurre il consumo e i costi energetici.

## 5.7 Miglioramento della manutenzione impianti

La manutenzione degli impianti meccanici e nello specifico la pulizia delle batterie di riscaldamento e raffrescamento, portano ad un risparmio energetico e ad un miglioramento delle performance degli stessi impianti e componenti. La fase manutentiva, nel corso della vita utile di un impianto meccanico, viene spesso messa in secondo piano o del tutto ignorata, riducendo quindi le risorse destinate alla manutenzione delle unità di trattamento aria. Pochi responsabili degli edifici destinano una considerazione importante nella gestione globale dell'edificio. Non vi sono molti studi eseguiti riguardo il risparmio energetico ottenibile da un miglioramento della manutenzione impiantistica; per questo motivo, in questo paragrafo, ci limiteremo a presentare solo un accenno dei pochi dati reperibili in letteratura.

Scopo principale è quello comunque di trovare una metodologia ed un regime che portano al mantenimento dei componenti degli impianti meccanici, in condizioni di pulizia, facendo risparmiare energia ed aumentando l'efficienza dei componenti stessi ed il miglioramento di alcuni parametri come, ad esempio, un incremento della deumidificazione e del comfort. Vi è quindi oltre che un risparmio in termini energetici anche un miglioramento dei parametri relativi alla qualità dell'aria interna.

Riportiamo qui di seguito i risultati di uno studio condotto nel 2005 da parte di studiosi americani<sup>19</sup>, i quali hanno valutato e monitorato l'importanza di una manutenzione programmata e costante durante la vita utile di un impianto al fine di migliorarne appunto l'efficienza energetica. Il ripristino di una unità di trattamento aria ha portato una riduzione dei consumi di energia elettrica dei componenti, una diminuzione della perdita di pressione attraverso le batterie di

---

<sup>19</sup>Study Verifies Coil Cleaning Saves Energy, Ross D. Montgomery, P.E. and R. Backer, ASHRAE Journal, Novembre 2006

scambio termico pari al 14%, con un corrispondente aumento del flusso d'aria e un miglioramento dell'efficienza del ventilatore soprattutto nel periodo di raffrescamento. Dallo studio emerge poi che migliora anche la capacità di raffrescamento di tutto l'impianto, con un miglioramento dell'efficienza di scambio termico delle batterie pari al 25% per quanto riguarda i carichi sensibili e il 10% per i carichi latenti. Questo comporta anche una riduzione delle ore operative dei gruppi frigoriferi, delle pompe di circolazione associate, delle torri di raffreddamento, e di tutti gli ausiliari che vanno a costituire gli impianti meccanici. Aspetto che non porta ad una riduzione dei consumi ma non per questo da sottovalutare è che con una manutenzione regolare, gli impianti meccanici risultano più puliti e non rappresentano più un ambiente ideale per la crescita di funghi, batteri e microbi, con un miglioramento della qualità dell'aria interna.

Secondo uno studio di Breuker e Braun ( 1998 ) anche la manutenzione e pulizia nei condizionatori Rooftop risulta importante e fondamentale per migliorare la vita utile degli stessi componenti e ridurre il consumo energetico.

Nella tabella seguente vengono riportati i principali risultati ottenuti da questo studio; si può notare come siano stati valutate diverse anomalie con diversi gradi di gravità della mancanza di manutenzione. Si è valutata l'ostruzione delle batterie di scambio termico, lato condensatore e lato evaporatore con una superficie frontale ostruita crescente. Viste le caratteristiche costruttive dei condizionatori Rooftop sono state quindi anche valutate alcune anomalie che possono verificarsi negli impianti di refrigerazione che sono presenti all'interno di questa tipologia di macchine. Si nota quindi una anomalia riguardo la perdita parziale di refrigerante, che può verificarsi per mancata manutenzione riguardo a rotture improvvise oppure riguardo al raggiungimento di un numero di ore operative elevato, e l'anomalia riguardo gli intasamenti della linea del liquido. Anche per questi ultimi due casi sono state valutate diverse situazioni.

I risultati ottenuti da questa analisi, come per il caso precedente, portano ad una riduzione del COP, coefficiente che delinea le performance della macchina e quindi anche i suoi consumi energetici, pari a circa 10-15% nei casi peggiori.

Anomalie	Caratteristiche dell'anomalia	Riduzione della capacità frigorifera nominale %	Riduzione del COP %
Ostruzione della batteria del condensatore	Superficie frontale ostruita %		
	14	-3,1	-4,3
	28	-4,8	-7,7
	42	-7,4	-12,2
Ostruzione della batteria dell'evaporatore	Superficie frontale ostruita %		
	12	-6,7	-6
	24	-13,6	-12,3
	36	-19,4	-17,4
Perdita parziale di refrigerante	Entità della perdita %		
	3,5	-3	-2,7
	7	-3,8	-2,8
	10,5	-5,6	-3,6
Restrizione o intasamento della linea del liquido	Aumento perdita di carico %		
	5	-3,5	-3
	10	-5,2	-3,7
	15	-8,8	-5,1
	20	-17,2	-8,7

Tabella 5.1 Effetti delle principali anomalie sui condizionatori roof top  
( Fonte : Breuker & Braun, 1998 )

Sono comunque percentuali ricavate da un solo studio condotto; sono quindi da considerare con attenzione. Senza dubbio, si può concludere che una manutenzione e una pulizia regolare di tutti i componenti comporta una riduzione dei consumi energetici globali.

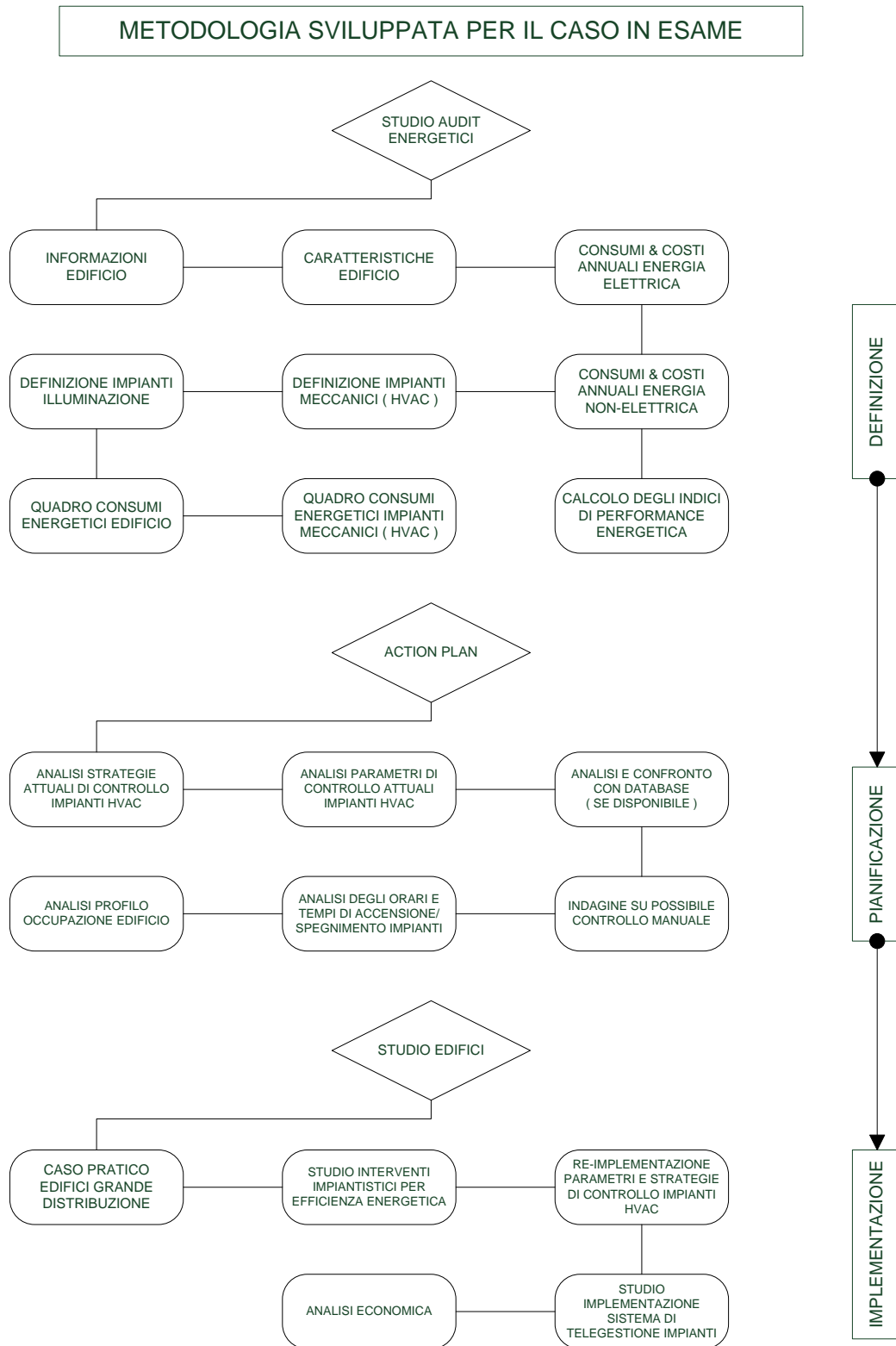
## **6. Caso pratico: Edifici catena Grande Distribuzione**

È stato condotto un caso pratico relativo ad edifici commerciali, punti vendita di una catena della grande distribuzione non alimentare presente sul territorio italiano, per analizzare i risparmi energetici potenziali apportando delle modifiche impiantistiche e ridefinendo i parametri di controllo e la modalità di gestione degli impianti HVAC negli edifici considerati nell'analisi.

Sono stati condotti degli audit energetici per determinare un quadro finale dei consumi energetici relativi agli impianti meccanici nei centri considerati.

I risultati di questi audit sono stati utilizzati per identificare gli edifici e le relative tipologie di impianto più energivore, che rappresentano anche le realtà più grandi e concrete di risparmio potenziale. L'analisi degli utilizzi di energia degli edifici considerati è un processo molto elaborato, poiché è impossibile conoscere il consumo esatto di ogni componente impiantistico, se non attraverso l'implementazione di un sistema di telegestione degli impianti stessi. Tutti gli edifici considerati nell'analisi, non hanno presentato però la presenza di un sistema di telegestione o simile, in grado di fornire i consumi specifici di ogni componente. L'analisi dei consumi è stata quindi condotta partendo dai consumi globali forniti dalle fatture energetiche nel corso degli anni 2008 e 2009; tramite gli audit energetici in dettaglio si è cercato di capire quali tipologie di componenti è composto ciascun impianto e come lo stesso impianto sia gestito. La gestione di ciascun impianto è risultata diversa per ogni punto vendita analizzato per diversi motivi: tipologie di edificio diverse, orari di utilizzo dell'edificio diversi, diverse "culture" del personale addetto alla gestione, aree climatiche diverse. L'analisi quindi è iniziata con audit per identificare l'utilizzo e i consumi di energia degli impianti HVAC, degli impianti di illuminazione e di

altri componenti secondari dell'edificio che non rientrano in queste due macro tipologie di impianto. Inoltre è stato condotto uno studio dettagliato delle fatture energetiche, della tipologia di controllo e di gestione degli impianti, per capire le aree di intervento per il miglioramento dell'efficienza energetica degli stessi impianti, la possibilità di implementazione di un sistema di telegestione impianti capace di gestire e monitorare l'andamento degli impianti, l'implementazione di nuove strategie di gestione e controllo degli stessi impianti. È stata poi condotta una valutazione delle performance energetiche degli edifici, confrontandole tra gli stessi edifici considerati nell'analisi e con gli standard a disposizione riguardo i valori di riferimento di altri edifici simili nei paesi europei. È stato poi elaborato un piano di azione per implementare le strategie di controllo degli impianti HVAC, per ridurre i consumi energetici, e per la possibile implementazione di un sistema di telegestione impianti sempre con l'obiettivo dell'efficienza energetica. Viene quindi presentato ora uno schema riassuntivo della metodologia sviluppata per condurre il caso in esame. Come si può vedere è composta da 3 principali aree di studio e intervento. Viene condotta prima una fase chiamata "definizione", nella quale vengono definiti tutti i parametri che serviranno poi per l'analisi; si passa poi alla fase definita di "pianificazione" nella quale si conducono delle indagini specifiche per capire e determinare nel modo più corretto possibile lo stato attuale degli impianti, dei parametri e delle strategie di controllo degli impianti, e gli stati occupazionali degli edifici considerati. Nell'ultima fase, chiamata fasi di "implementazione" vengono analizzati gli interventi impiantistici proposti per migliorare l'efficienza energetica degli impianti meccanici, vengono ridefiniti i parametri e le modalità di gestione e controllo degli impianti, viene studiata la possibilità dell'implementazione di un sistema di telegestione impianti con la funzione di monitorare il corretto andamento dei vari parametri in gioco, finendo poi con un'analisi economica dello studio globale.



## 6.1 Audit Energetici

Per capire quali sono gli effettivi potenziali di risparmio energetico e le aree di intervento è necessario analizzare il consumo energetico di ogni edificio considerato nell'analisi. È stato quindi effettuato un questionario e sulla base di questo questionario sono stati condotti gli audit energetici e le indagini di dettaglio per capire i consumi relativi all'energia elettrica e i consumi di gas naturale come apporto energetico alle centrali termiche degli edifici stessi.

Per iniziare gli audit energetici di tutti gli edifici considerati nell'analisi sono stati analizzati le informazioni riguardo le caratteristiche degli edifici stessi: geometria dell'edificio, caratteristiche dell'involucro edilizio, disposizione delle varie aree che compongono l'edificio, esposizione e orientamento dell'edificio. Questa prima fase include anche l'analisi dei profili di occupazione degli edifici, sia profili giornalieri, che ci aiutano a capire in quali giorni della settimana l'edificio è maggiormente occupato, sia profili orari, che ci aiutano a capire nel dettaglio in quali ore della giornata il carico termico interno dell'edificio diventa importante.

Vengono inoltre definiti i componenti e le tipologie di impianti meccanici presenti negli edifici, in modo tale da poter fornire un quadro generale dei consumi energetici dell'edificio. Bisogna ricordare che in una prima fase i consumi energetici dei singoli componenti vengono generati sulla base dei consumi annuali di energia elettrica e dei profili di gestione e utilizzo degli edifici analizzati.

Vengono inoltre analizzati i consumi di gas naturale o gasolio, combustibili utilizzati per alimentare le centrali termiche e nello specifico i gruppi caldaia per la produzione di acqua calda per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria. Per capire gli andamenti e i cambiamenti dei consumi energetici degli



edifici, può essere di aiuto il confronto tra i consumi di energia elettrica e di combustibili fossili utilizzati, e l'analisi degli andamenti degli stessi consumi su scala annuale di energia elettrica e combustibili.

Sono stati quindi forniti i grafici che riassumono gli andamenti dei consumi di energia elettrica e combustibili.

Nella conduzione degli audit energetici sono state analizzate tutte le tipologie impiantistiche e relativi componenti: impianti meccanici, impianti di illuminazione, impianti relativi a sottoservizi, componenti vari che consumano energia elettrica.

L'analisi poi degli audit energetici si è focalizzata sulla tipologia impiantistica degli impianti meccanici e si è cercato di analizzare i vari componenti degli impianti meccanici, il loro utilizzo e la loro gestione, per arrivare sempre a fornire i consumi energetici dei componenti analizzati.

Queste analisi non sono sufficienti per capire a fondo le performance energetiche degli edifici considerati. Sono stati considerati quindi degli indici di performance energetica per ogni edificio, in base al consumo globale di energia elettrica annuale e in base alla superficie complessiva dell'edificio considerato. Questi valori poi sono stati confrontati con i valori di riferimento di altri edifici commerciali presenti sia sul territorio italiano che europeo.

La valutazione di questi indici di performance permette di:

- Confrontare le diverse performance degli edifici con gli standard per conoscere meglio il potenziale risparmio energetico ottenibile per ogni specifico edificio.
- Confrontare gli edifici analizzati tra loro in modo tale da identificare l'edificio più energivoro e quindi quello che probabilmente deve essere analizzato e studiato in modo più approfondito.

- Confrontare con le performance di anni precedenti per monitorare il progresso e valutare gli effetti di qualsiasi cambiamento apportato all'impianto e i relativi risparmi in termini di consumo energetico.
- Considerare il consumo energetico in una modalità più approfondita, in modo tale da capire dove viene utilizzata maggiormente l'energia e dove invece questa viene sprecata, sempre con l'ottica di capire principalmente quali solo le aree di intervento che porteranno maggiori benefici in termini di riduzione dei consumi energetici e dei relativi costi.

Gli edifici considerati nell'analisi presentano alcuni programmi e metodi di gestione dell'energia; molti edifici però vengono gestiti in modo del tutto manuale, senza alcun programma specifico di gestione. Per questo la valutazione dei consumi energetici degli impianti meccanici è risultata di difficile comprensione poiché non vi è un funzionamento standard nell'arco dei giorni dell'anno degli stessi impianti.

In tutti gli edifici considerati vi è un programma specifico di manutenzione degli impianti meccanici, delle unità di refrigerazione, delle unità di trattamento aria, delle centrali termiche e quindi di tutti i componenti che vanno a formare gli stessi impianti meccanici. La conoscenza della quantità degli interventi di manutenzione è un'ulteriore informazione per capire nel miglior modo possibile il reale funzionamento degli impianti e dei componenti durante il periodo annuale. Sono state valutate quindi le reali condizioni di manutenzione degli stessi impianti, se quindi vengono eseguite delle operazioni costanti di manutenzione e come queste vengono eseguite, sempre per capire il funzionamento corretto degli impianti.

Negli edifici considerati non vi è presente nessun programma di gestione dell'energia mirato al risparmio energetico, se non a discrezione del personale addetto alla stessa gestione impianti, qualora vengano gestiti in modo del tutto manuale.

## 6.2 Caratteristiche e informazione edifici analizzati

Verranno presentati ora gli edifici considerati nell'analisi, la loro localizzazione sul territorio italiano e le relative caratteristiche degli stessi edifici.

In Tabella 6.2 vengono quindi elencati gli edifici che rientrano nell'analisi considerata e nella relativa figura si può vedere come questi edifici siano posizionati sul territorio italiano. Si può quindi notare che gli edifici sono più concentrati nell'area del Nord Italia, un solo edificio rientra nell'area relativa al Centro Italia e la restante parte di edifici è nell'area del Sud Italia e Isole. Questa suddivisione è di aiuto per effettuare delle prime analisi e considerazione sulle tipologie impiantistiche che si incontreranno durante gli audit energetici dei singoli edifici. È chiaro che, vista la morfologia geografica del territorio italiano, un edificio localizzato nel Nord Italia avrà un comportamento energetico molto diverso rispetto ad un edificio ubicato nel territorio del Sud Italia o nelle Isole.

Per questo motivo è necessario quindi considerare oltre alla localizzazione dell'edificio anche i relativi gradi giorno della località. I gradi giorno costituiscono un parametro molto importante, in alcune condizioni possono essere considerati proporzionali al fabbisogno energetico stagionale di un edificio.

I gradi giorno, quindi, sono dati dalla somma, estesa ai giorni compresi del periodo del riscaldamento, delle differenze fra la temperatura ambiente  $t_a$  di riferimento ( fissata convenzionalmente a  $20^{\circ}\text{C}$  ) e la temperatura esterna media del giorno. I gradi giorno, in quanto caratterizzanti il clima invernale delle città, sono stati assunti quali indici per suddividere l'Italia in sei zone climatiche, come si può vedere in Tabella 6.1.

Zona Climatica	Gradi Giorno
<b>A</b>	Non superiore a 600
<b>B</b>	Da 601 a 900
<b>C</b>	Da 901 a 1400
<b>D</b>	Da 1401 a 2100
<b>E</b>	Da 2101 a 3000
<b>F</b>	Superiore a 3000

Tabella 6.1, Zone climatiche e gradi giorno

In Tabella 6.2 vengono quindi elencati gli edifici considerati nell'analisi con la relativa aree geografica di riferimento e i gradi giorno della località.

PUNTO VENDITA	AREA GEOGRAFICA	Zona climatica e GG
APRILIA	CENTRO ITALIA	C – 1220
BRESCIA	NORD ITALIA	E – 2410
CAGLIARI	SUD ITALIA E ISOLE	C – 990
CATANIA	SUD ITALIA E ISOLE	B – 833
COSENZA	SUD ITALIA E ISOLE	C – 1317
BRINDISI	SUD ITALIA E ISOLE	C – 1083
MODENA	NORD ITALIA	E – 2258
PADOVA	NORD ITALIA	E – 2383
RIETI	SUD ITALIA E ISOLE	E – 2324
SASSARI	SUD ITALIA E ISOLE	C – 1185
TORTONA	NORD ITALIA	E – 2559
VARESE	NORD ITALIA	E – 2652
VERONA	NORD ITALIA	D - 2068

Tabella 6.2, Elenco edifici considerati nell'analisi



Figura 6.1, Localizzazione edifici considerati nell'analisi

Vengono ora presentate le caratteristiche specifiche alle superfici di ogni edificio e alla destinazione di relative superfici, ovvero aree vendita, aree magazzino, aree adibite ad uffici, aree adibite a galleria negozi, in modo tale da individuare le aree di suddivisione di ciascun edificio analizzato. Questa analisi è necessaria in modo tale da individuare quali sono le aree all'interno dell'edificio che consumano più energia, e quindi quali saranno gli impianti e i relativi componenti che porteranno i maggiori risparmi in termini di consumi energetici.

PUNTO VENDITA	Sup. Negozio [m <sup>2</sup> ]	Sup. Deposito [m <sup>2</sup> ]	Sup. Uffici [m <sup>2</sup> ]	Sup. Galleria [m <sup>2</sup> ]
<b>APRILIA</b>	7583	8645	673	832
<b>BRESCIA</b>	9704	5390	431	-
<b>CAGLIARI</b>	9702	7612	560	2480
<b>CATANIA</b>	9919	6466	844	2913
<b>COSENZA</b>	7856	7850	765	-
<b>BRINDISI</b>	10800	10246	489	1995
<b>MODENA</b>	7743	5623	319	734
<b>PADOVA</b>	7958	5630	860	826
<b>RIETI</b>	9531	10058	490	1370
<b>SASSARI</b>	6277	6747	605	-
<b>TORTONA</b>	6702	4837	1104	-
<b>VARESE</b>	9282	7653	1075	-
<b>VERONA</b>	6186	5032	432	-
media	8403	7061	665	1593

Tabella 6.3, Caratteristiche Edifici considerati nell'analisi

Consideriamo ora i profili occupazionali dell'edificio, ovvero il profilo del numero di persone che occupa l'edificio nei diversi giorni della settimana, in modo tale da capire quali sono i giorni più critici dal punto di vista del carico termico all'interno dell'edificio. Questi dati devono essere tenuti in considerazione per un futuro programma di gestione degli impianti, con la ridefinizione dei parametri impiantistici e delle ore operative. Per questo, i giorni con maggiore affluenza prevista presenteranno orari di funzionamento diversi rispetto ai giorni con minore affluenza, proprio per far fronte al carico termico prodotto dalle persone all'interno dell'edificio. Si dovrà poi tener conto quindi sia del numero di persone previsto ma anche del periodo dell'anno considerato: nella stagione invernale, questo carico termico, rappresenta un apporto gratuito a favore degli impianti di riscaldamento, nella stagione estiva, al contrario, rappresenta un carico da asportare, a sfavore quindi degli impianti di condizionamento.

Vengono quindi presentati dei profili occupazionali di un edificio, che rappresenta abbastanza i profili di tutti gli altri edifici considerati nell'analisi. Sono state considerate due settimane "neutre", una nel periodo estivo e una nel periodo invernale, in modo tale da rappresentare nel modo più reale possibile l'effettiva occupazione dell'edificio.

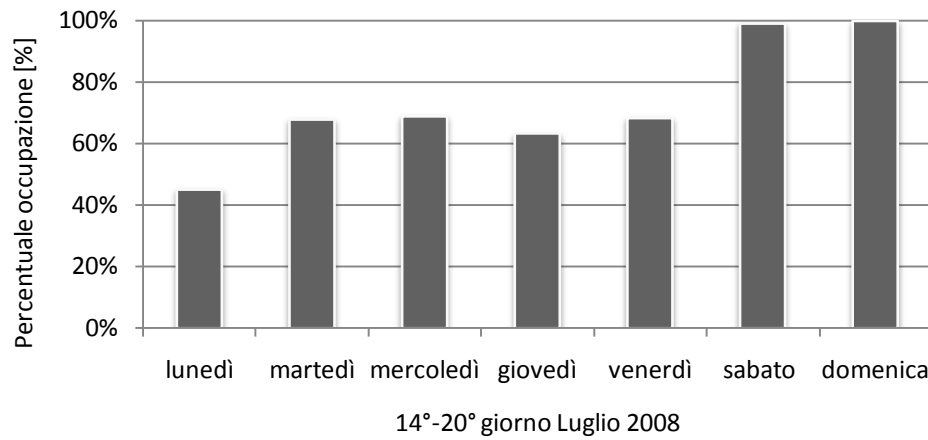


Tabella 6.4, Profilo occupazionale estivo

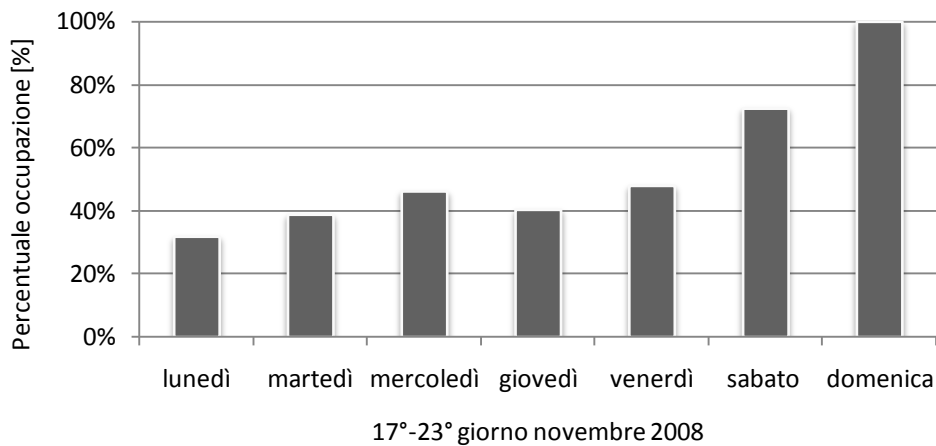


Tabella 6.5, Profilo occupazionale invernale

Come si può notare dalla Tabella 6.4 e dalla Tabella 6.5, questa tipologia di edifici, presentano una occupazione massima ( è stato preso come valore massimo il numero di occupanti nel giorno di domenica ) nel giorno di domenica, sia in periodo estivo che invernale, mentre nell'arco della settimana i profili risultano simili anche se percentuali diverse. Questa diversità dovrà essere tenuta in considerazione nello sviluppare un programma di gestione degli

impianti, con una diversità di programmazione tra il regime invernale ed il regime estivo.

Come si può vedere dalla tabella precedentemente esposta, gli edifici considerati sono generalmente composti da 4 principali aree : area vendita, area magazzino, area uffici, area galleria ( se presente ).

La valutazione dei profili occupazionali deve quindi essere di dettagli relativamente a queste 4 aree. È chiaro che l'area magazzino e l'area uffici sono occupate sempre dallo stesso personale, quindi nel corso della giornata o della settimana il profilo occupazionale sarà costante.

Le aree di maggiore importanza quindi, che comportano un cambiamento dei parametri di controllo degli impianti ( temperatura, umidità relativa, ... ) sono le aree vendita e le aree galleria, dove presenti.

L'effettiva occupazione delle aree galleria non è possibile calcolarla in quanto sono superfici di proprietà comune all'interno del complesso commerciale. L'occupazione delle aree vendita invece è possibile calcolarla tramite il profilo giornaliero registrato dal contatore d'ingressi presente all'entrata di ogni punto vendita di ogni edificio considerato nell'analisi.



### 6.3 Consumi e costi energetici edifici analizzati

I consumi e i costi annuali energetici, sia elettrica che non elettrica, vengono riportati mese per mese, facendo una distinzione tra gli edifici equipaggiati con pompa di calore e con caldaie tradizionali. Questa suddivisione risulta fondamentale per suddividere in due macrogruppi gli edifici caratterizzati da tipologie diverse impiantistiche. Edifici equipaggiati con pompe di calore non presentano consumi di combustibile fossile, e sono edifici cosiddetti “totalmente elettrici”. Edifici che presentano centrali termiche con caldaie tradizionali presentano consumi sia di energia elettrica che di gas naturale. Si può vedere che gli edifici con pompa di calore sono localizzati nelle aree del sud Italia, dove nella stagione invernale non si raggiungono temperature critiche per il funzionamento delle pompe di calore stesse.

Riportiamo quindi in Tabella 6.6 i consumi di energia elettrica totali rilevati nell'anno 2008 negli edifici equipaggiati con pompa di calore. Possiamo notare che, come detto prima, sono edifici localizzati nelle regioni del sud Italia e Isole, ovvero dove le temperature invernali permettono il buon funzionamento delle pompe di calore. Come possiamo notare dall'indice di performance energetico espresso in kWh/m<sup>2</sup>\*anno, i 5 edifici presentano consumi confrontabili tra loro.

Consumi energia elettrica anno 2008 [MWh]													
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	kWh/ m <sup>2</sup> anno
<b>Cagliari</b>	233	205	199	188	234	260	314	353	312	275	275	224	125
<b>Catania</b>	289	291	303	337	380	467	552	553	452	326	274	241	188
<b>Cosenza</b>	178	174	169	178	226	268	295	347	258	230	169	162	159
<b>Sassari</b>	143	104	96	105	140	197	301	266	169	114	146	155	123
<b>Siracusa</b>	240	223	249	299	338	404	457	463	413	306	294	257	196

Tabella 6.6, Consumi energia elettrica edifici PdC

In Figura 6.2, viene riportato l'andamento dei consumi di energia elettrica tipico per questi edifici. Come caso rappresentativo è stato scelto l'edificio situato a Sassari. Notiamo un andamento con un picco nella stagione estiva, nell'anno 2008 registrato nel mese di luglio, e dei minimi registrati nei mesi di marzo e ottobre. In questi mesi infatti, la centrale termica e frigorifera operano con basse percentuali di carico; nei mesi estivi la centrale frigorifera è sottoposta al maggior carico con conseguente aumento dei consumi energetici. L'aumento dei consumi nei mesi invernali, rispetto ai mesi di marzo e ottobre, è dovuto sostanzialmente al funzionamento inverso dei gruppi frigoriferi, che per la produzione del caldo lavorano in pompa di calore. Si può quindi già ipotizzare, facendo un'analisi dei carichi elettrici presenti in questi edifici, che la maggior quota dei consumi elettrici è dovuta alla centrale frigorifera per il trattamento dell'aria esterna nella stagione estiva, con un consumo maggiore quindi nel periodo estivo rispetto al riscaldamento invernale, dovuto essenzialmente alla localizzazione geografica degli stessi edifici.

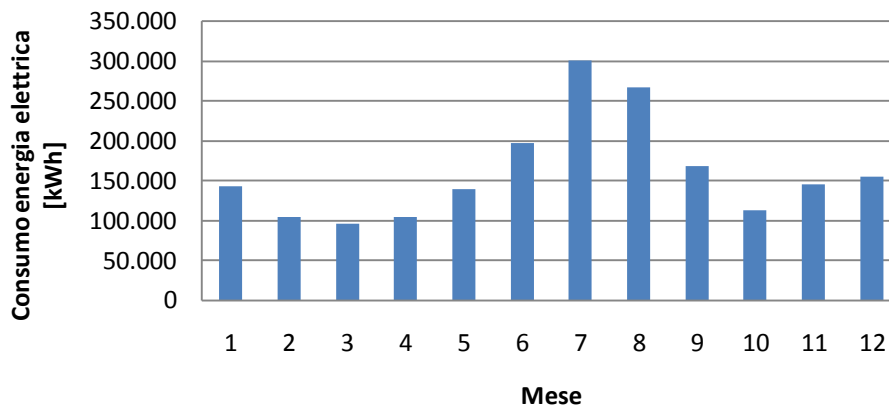


Figura 6.2, Andamento consumo energia elettrica per l'edificio situato a Sassari nell'anno 2008

In Tabella 6.7, vengono invece presentati i consumi di energia elettrica, sempre relativi all'anno 2008, degli edifici equipaggiati con caldaie tradizionali, alimentate a gas naturale. Da una prima analisi si nota che i consumi globali di energia elettrica annui sono minori rispetto agli edifici presentati in precedenza. Questo è dovuto sostanzialmente al fatto che gli edifici non hanno pompe di calore e il riscaldamento è affidato a caldaie tradizionali alimentate a gas naturale. Questa situazione si può notare anche analizzando il consumo di energia elettrica annuo specifico riferito all'unità di superficie, valori che in questo caso risultano minori rispetto agli edifici analizzati in precedenza. I consumi elettrici quindi nella stagione invernale risulteranno minori, ma si avrà un consumo di combustibile per la produzione di acqua calda per il trattamento dell'aria esterna. Anche nella stagione estiva si può notare un consumo di energia elettrica minore, dovuto essenzialmente alla minore superficie da climatizzare all'interno degli edifici e alle zone climatiche meno calde e critiche per il funzionamento estivo.

Consumi energia elettrica anno 2008 [MWh]														totale anno [MWh]	kWh/ m <sup>2</sup> anno
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic			
<b>Varese1</b>	141	136	159	165	193	210	207	181	156	139	140	141	1.969	120	
<b>Varese2</b>	54	49	57	53	54	71	79	75	58	51	53	54	708	135	
<b>Verona</b>	113	120	125	111	148	155	163	163	140	108	105	106	1.557	127	
<b>Padova</b>	124	113	118	103	142	180	210	219	176	155	146	151	1.837	99	
<b>Rieti</b>	174	166	157	164	150	207	276	238	187	147	158	174	2.198	89	
<b>Alessandria</b>	129	114	105	97	100	136	152	169	133	121	133	129	1.518	95	
<b>Brindisi</b>	250	239	276	313	386	398	447	481	351	279	205	198	3.823	162	
<b>Brescia</b>	153	138	126	129	160	184	216	204	157	135	126	153	1.881	98	
<b>Latina</b>	183	174	175	160	240	265	293	301	251	224	189	176	2.630	148	
<b>Modena</b>	120	109	106	129	152	157	202	181	161	108	109	128	1.661	97	

Tabella 6.7, Consumi energia elettrica edifici con caldaia tradizionale

Come in precedenza, anche in questa analisi mostriamo l'andamento dei consumi elettrici mese per mese per l'edificio situato a Brescia, preso come riferimento. Si nota ancora un picco assoluto nella stagione estiva, due minimi raggiunti nelle stagioni intermedie, nei mesi di marzo-aprile e ottobre-novembre. Si può notare come l'andamento sia del tutto simile agli edifici equipaggiati con pompa di calore ma con un consumo globale inferiore nella stagione estiva, per i motivi precedentemente esposti.

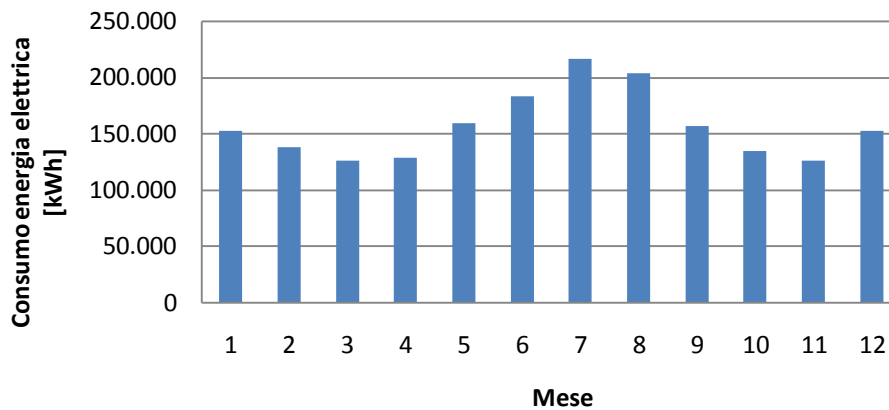


Figura 6.3, Andamento consumo energia elettrica per l'edificio situato a Brescia nell'anno 2008

In questa tipologia di edifici quindi il condizionamento degli edifici non è affidato solamente a componenti totalmente elettrici, ma, soprattutto nella stagione invernale, per il trattamento dell'aria ambiente, interviene la centrale termica alimentata a gas naturale. È necessario quindi fornire anche i consumi di gas naturale annui per fornire un confronto di massima tra stagione invernale ed estiva. In Tabella 6.8 quindi vengono riportati i consumi annui di energia elettrica e di combustibile riferiti all'anno 2008. Possiamo subito constatare che la ripartizione dei costi energetici di un edificio della Grande Distribuzione non alimentare presenta una percentuale nettamente maggiore di costo legato all'energia elettrica ( fissato convenzionalmente per tutti gli edifici a 135

€/MWh ) mentre la percentuale relativa al costo annuale del gas naturale rimane sempre inferiore al 25% dei costi energetici totali. Notiamo come negli edifici situati a Brindisi e Latina, la ripartizione dei costi è sostanzialmente composta dalla sola componente dell'energia elettrica. Questo è dovuto al fatto che i due edifici sono situati nel centro-sud Italia, con temperature miti anche nella stagione invernale, e quindi con bassi consumi di gas naturale. Possiamo poi anche confrontare i consumi di energia elettrica e di gas naturale annuali: notiamo che i TEP/anno legati all'energia elettrica sono sempre di gran lunga maggiori rispetto ai TEP/anno di gas naturale.

Ciò comunque non deve ingannarci nel concludere fin da subito che il consumo degli impianti meccanici nella stagione estiva sia sempre maggiore rispetto al consumo energetico nella stagione di riscaldamento. Per fare questo tipo di analisi e confronto è necessario, come vedremo in seguito, fare una stima di massima di quale può essere il consumo energetico della centrale termica e della centrale frigorifera nei periodi rispettivamente di riscaldamento e di raffrescamento.

	Consumo annuale energia elettrica				Consumo annuale combustibile			
	totale anno [kWh]	TEP/anno	€/anno	rip. € %	m <sup>3</sup>	TEP/anno	€/anno	rip. € %
<b>Varese1</b>	1.968.958	368	265809	92%	48060	40	21627	8%
<b>Varese2</b>	707.851	132	95560	85%	37006	31	16653	15%
<b>Verona</b>	1.556.580	291	210138	81%	112925	93	50816	19%
<b>Padova</b>	1.836.541	343	247933	78%	154015	127	69307	22%
<b>Rieti</b>	2.197.911	411	296718	82%	141927	117	63867	18%
<b>Alessandria</b>	1.517.950	284	204923	78%	128424	106	58272	22%
<b>Brindisi</b>	3.823.224	715	516135	99%	5700	5	2565	1%
<b>Brescia</b>	1.881.469	352	253998	92%	47491	39	21371	8%
<b>Latina</b>	2.629.605	492	354997	98%	14708	12	6619	2%
<b>Modena</b>	1.660.954	311	224229	77%	149390	123	67225	23%

Tabella 6.8, Consumi annui energia elettrica e combustibile edifici anno 2008

## **6.4 Caratteristiche impiantistiche degli edifici analizzati**

Tramite gli audit energetici effettuati in ognuno degli edifici esposti in precedenza, si è potuto delineare le caratteristiche impiantistiche degli stessi edifici e la loro modalità di gestione e controllo. Come già presentato in precedenza, una prima suddivisione tra gli edifici analizzati può essere fatta considerando edifici equipaggiati con pompa di calore ed edifici equipaggiati con caldaia tradizionale. Per ulteriori considerazioni riguardo questa suddivisione vedi sopra.

Una ulteriore suddivisione tra gli edifici equipaggiati con caldaia tradizionale può essere condotta considerando gli impianti meccanici costituiti da unità di trattamento aria e gruppo frigorifero ed impianti costituiti da unità decentralizzate, i cosiddetti Rooftop definiti nei capitoli precedenti. I primi presentano sostanzialmente soluzioni impiantistiche più complesse ma anche più complete dal punto di vista della gestione e del controllo. In questa logica è quindi facilitata l'implementazione di un sistema di telegestione per il risparmio energetico e il suo monitoraggio continuo, mentre nei condizionatori Rooftop è più difficile la re-implementation del controllo, poiché sono unità singole, gestite da un unico controllore programmato dalla casa costruttrice. Vengono quindi ora riassunte le caratteristiche impiantistiche analizzate durante gli audit energetici con l'obiettivo di fornire un quadro di massima delle soluzioni edificio-impianto riscontrate.

	Sup [m <sup>2</sup> ]	E.E. tot [MWh/anno]	kWh/m <sup>2</sup> anno	Tipologia Centrale Termica	Tipologia Impianti meccanici
Cagliari	24503	3072	125	Pompa di calore	Rooftop
Catania	23714	4465	188	Pompa di calore	UTA/Gruppo Frigo
Cosenza	16656	2655	159	Pompa di calore	Rooftop
Sassari	15719	1935	123	Pompa di calore	Rooftop
Siracusa	20160	3942	196	Pompa di calore	UTA/Gruppo Frigo
Varese1	16390	1968	120	Caldaia tradizionale	UTA/Gruppo Frigo
Varese2	5228	707	135	Caldaia tradizionale	Rooftop
Verona	12300	1556	127	Caldaia tradizionale	UTA/Gruppo Frigo
Padova	18.469	1836	99	Caldaia tradizionale	UTA/Gruppo Frigo
Rieti	24.689	2197	89	Caldaia tradizionale	UTA/Gruppo Frigo
Alessandria	15.910	1517	95	Caldaia tradizionale	UTA/Gruppo Frigo
Brindisi	23.530	3823	162	Caldaia tradizionale	UTA/Gruppo Frigo
Brescia	19.115	1881	98	Caldaia tradizionale	Rooftop
Latina	17.733	2629	148	Caldaia tradizionale	UTA/Gruppo Frigo
Modena	17.135	1660	97	Caldaia tradizionale	UTA/Gruppo Frigo

Tabella 6.9, Tipologie impiantistiche edifici analizzati

Come si vede da Tabella 6.9, vi è una maggioranza di impianti costituiti da unità di trattamento aria e gruppo frigorifero, mentre gli edifici con unità decentralizzati sono solo 5. Possiamo comunque notare che gli edifici equipaggiati con Rooftop presentano consumi di energia elettrica generalmente minori rispetto agli altri edifici. È un'analisi comunque del tutto generale e semplicistica poiché i numeri non ci permettono di estendere questa affermazione a livello generale, però comunque possiamo farci sicuramente un'idea di come questa soluzione impiantistica sia efficiente, sia dal punto di vista della facilità di installazione e manutenzione, sia per quanto riguarda i consumi energetici.

Dobbiamo inoltre dire che gli impianti presentati nella tabella precedente sono adibiti al condizionamento delle aree di vendita, deposito e galleria se presenti. Le aree adibite ad uffici, in tutti gli edifici analizzati, sono equipaggiate con i classici impianti a ventilconvettori. Non presenteremo in questa analisi il dettaglio dei consumi di questa tipologia impiantistica poiché è del tutto irrilevante rispetto ai consumi globali degli edifici, soprattutto perché le aree

adibite ad uffici e i relativi carichi termici sono molto ridotti, rispetto alle aree vendita e deposito. Queste utenze quindi verranno inglobate nelle nostre analisi insieme ai consumi energetici degli impianti meccanici generali.

Anche per quanto riguarda gli impianti di illuminazione degli edifici non svilupperemo, in questa trattazione, un'analisi dettagliata delle tipologie impiantistiche incontrate, poiché esula dagli scopi della stessa trattazione, concentrata prevalentemente sull'impiantistica relativa alla climatizzazione. Ci limiteremo quindi solamente a fornire i consumi globali degli impianti di illuminazione rilevati e stimati durante gli audit energetici.

Come visto nel capitolo dedicato, ogni centrale termica e frigorifera, oltre a rispettivamente caldaia/pompa di calore e gruppo frigorifero, è composta anche dalle pompe di circolazione che permettono al fluido vettore di raggiungere le utenze. Sono state quindi campionate tutti quei sistemi ausiliari che completano gli impianti meccanici. Anche in questo caso, per semplicità di trattazione, non verrà presentata ogni singola utenza, ma verranno raggruppate in modo più generale.

Presenteremo ora, a titolo di esempio, un riassunto dell'impiantistica riscontrata durante gli audit energetici, presentando un edificio con unità di trattamento aria e gruppo frigorifero e un edificio equipaggiato con unità decentralizzate.



ID	UTENZA	UBICAZIONE	TIPOLOGIA/MODELLO
1	UTA Vendita	Esterno al p.v.	65.000 m <sup>3</sup> /h
2	UTA Vendita	Zona Vendita	-
3	UTA Ritiro Merci	Zona ritiro merci	CLIVET
4	Unità interne/esterne condizionamento	Uffici	-
5	Frigorifero UTA Vendita	Esterno al p.v.	CLIVET WSAT
6	Frigorifero UTA Ritiro Merci	Zona ritiro merci	CLIVET WSAT
7	Caldaia	Centrale Termica	ICI
8	Pompe di Circolazione	Centrale Termica	Pompe gemellari caldo e freddo
9	Illuminazione Vendita	Zona Vendita	Lampade a fluorescenza
10	Illuminazione Vendita	Zona Vendita	Faretti
11	Illuminazione Magazzino	Zona Magazzino	Lampade a fluorescenza
12	Altre Utenze	Vendita/Magazzino	-

Tabella 6.10, Sommario Elenco Impianti edificio Verona

ID	UTENZA	UBICAZIONE	TIPOLOGIA/MODELLO
1	ROOFTOP	Copertura	RC
2	ROOFTOP	Copertura	RC
3	UTA Magazzino	Copertura	LORAN
4	Unità interne/esterne condizionamento	Uffici	
5	Caldaie	Copertura	BLOWTHERM
6	Pompe di Circolazione	Centrale Termica	Pompe gemellari caldo e freddo
7	Illuminazione Magazzino	Magazzino	Lampade a fluorescenza
8	Illuminazione Vendita	Vendita	Lampade a fluorescenza
9	Illuminazione Vendita	Vendita	Faretti
10	Altre Utenze	Vendita/Magazzino	

Tabella 6.11, Sommario elenco impianti edificio Brescia

Come possiamo notare dalle tabelle presentate, nel caso di edifici con unità decentralizzate non vi è il gruppo frigorifero. Nel caso presentato inoltre, anche se è presente una unità di trattamento aria, possiamo notare che non è fornita di batterie per il raffrescamento dell'aria; ciò è dovuto al fatto che l'unità è adibita

al solo riscaldamento dell'area magazzino, soluzione che è stata riscontrata in molti edifici.

Con "Altre Utenze" si sono raggruppate tutte quelle utenze che consumano energia elettrica ma non rientrano in un'analisi energetica di questa tipologia. In questo gruppo possiamo trovare quindi le più varie utenze come materiale informatico presente negli uffici, nell'esposizioni delle aree vendita ( gli edifici fanno parte di una catena della Grande Distribuzione di prodotti informatici/elettronici ed arredamento per la casa ), i nastri delle casse vendita, le utenze per il funzionamento dell'area magazzino, ad esempio i carrelli elevatori, montacarichi o ascensori.

## **6.5 Quadro consumi energetici edifici**

Forniamo ora un quadro generale dei consumi energetici degli edifici analizzati ed anche in questo caso presenteremo una trattazione generale riferita alle due tipologie di edifici presentate in precedenza. Come detto più volte, lo scopo principale degli audit energetici è stato quello di identificare le utenze elettriche presenti negli edifici per fornire poi un modello elettrico di quale sia la ripartizione degli stessi consumi elettrici. È stato quindi necessario valutare tutte le utenze, anche quelle che non rientrano strettamente nell'impiantistica legata alla climatizzazione, in modo tale poi da stimare i consumi elettrici. L'analisi quindi è stata condotta partendo dall'identificare la potenza di ogni utenza, gli orari di funzionamento e le percentuali di carico della stessa utenza. La stima delle percentuali di carico estesa ad un intervallo di tempo annuale è stata condotta con l'aiuto dell'esperienza dei tecnici che hanno collaborato in questa analisi. Come possiamo vedere dalle tabelle seguenti il modello elettrico è stato creato in base alle utenze elettriche, alla loro modalità di funzionamento e

gestione, agli orari di funzionamento giornalieri e quindi estesi a tutto il periodo annuale.

ID	UTENZA	n°	kW unit	kW inst	% carico	kW ass	h/ giorno	gg/ anno	h/ anno	MWh/ anno	Rip.%
1	UTA Vendita	1	37	37	90%	33,3	15	359	5.385	179,3	11,50%
2	UTA Vendita	4	1,1	4,4	90%	4	15	359	5.385	21,3	1,40%
3	UTA Vendita	6	2	12	90%	10,8	15	359	5.385	58,2	3,70%
4	UTA Magazzino	4	11	44	90%	39,6	15	180	2.700	106,9	6,90%
5	UTA Zona ritiro merci	1	22	22	90%	19,8	13	359	4.667	92,4	5,90%
6	Frigo UTA Vendita	1	270	270	70%	189	15	150	2.250	425,3	27,30%
7	Frigo UTA Ritiro Merci	1	6,5	6,5	65%	4,2	15	150	2.250	9,5	0,60%
8	Centrale Termica	5	3	15	50%	7,5	15	359	5.385	40,4	2,60%
9	Illum. Vendita	-	-	71,9	95%	68,3	10	359	3.628	247,9	15,90%
10	Illum. Vendita	-	-	12	95%	11,4	10	359	3.628	41,4	2,70%
11	Illumi. Magazzino	-	-	30,4	95%	28,9	12	359	4.148	119,8	7,70%
12	Altre UtENZE	-	-	42	95%	39,9	15	359	5.385	215	13,80%

Tabella 6.12, Sommario modello elettrico edificio Verona

Le percentuali di carico, come detto in precedenza, sono state stimate per l'intero periodo di funzionamento annuo in base all'esperienza e a database storici forniti da Termigas Bergamo in base alle diverse tipologie impiantistiche e di gestione. Vediamo quindi che le percentuali di carico delle unità di trattamento aria si avvicinano molto ad una percentuale di funzionamento continuo; questa ipotesi risulta giustificata dal fatto che le utenze elettriche delle unità di trattamento aria, essenzialmente i ventilatori di mandata e di ritorno dell'aria ambiente, in tutti gli impianti analizzati risultano sprovvisti di una regolazione del numero di giri, ovvero una regolazione della potenza assorbita. È ragionevole quindi considerare che i ventilatori, assorbano il massimo della loro potenza durante il loro periodo di funzionamento giornaliero.

Per quanto riguarda le utenze Rooftop la percentuale di carico non può essere considerata vicina al pieno carico poiché in questi componenti non vi sono solo i ventilatori dell'aria ambiente, ma come detto in precedenza, vi sono anche i compressori dei circuiti frigoriferi interni al componente.

La percentuale di carico degli impianti di illuminazione è stata stimata a 95%, poiché è stato verificato che gli impianti di illuminazione operano durante tutto l'orario di apertura dell'edificio. È stata comunque considerata una riduzione del 5% sul carico totale per tenere in considerazione di eventuali rotture dei corpi illuminanti.

ID	UTENZA	n°	kW unit	kW inst	% carico	kW ass	h/ giorno	gg/ anno	h/ anno	MWh/ anno	Rip. %
1	ROOFTOP	7	43,9	307	65%	200	10	359	3619	723	38%
2	ROOFTOP	2	69,7	139	65%	91	10	359	3619	328	17%
3	UTA Magazzino	3	8,0	24	90%	22	10	180	1814	39	2%
4	Un. Cond. Int/est.	-	-	20	80%	16	10	359	3619	58	3%
5	Centrale Termica	-	-	15	50%	8	10	180	1814	14	1%
6	Illum. Vendita/Magazzino	-	-	170	95%	162	10	359	3619	584	31%
7	Altre Utenze	1	44	44	95%	42	9	359	3231	135	7%

Tabella 6.13, Sommario modello elettrico edificio Brescia

La ripartizioni dei consumi, relativa a questi due edifici considerati, edifici situati a Verona e Brescia, può essere rappresentata dai grafici seguenti. Nel primo caso notiamo che la maggior quota dei consumi è dovuta essenzialmente alle utenze relative agli impianti meccanici e alla centrale frigorifera, mentre i consumi elettrici della centrale termica sono valutabili a qualche punto percentuale.

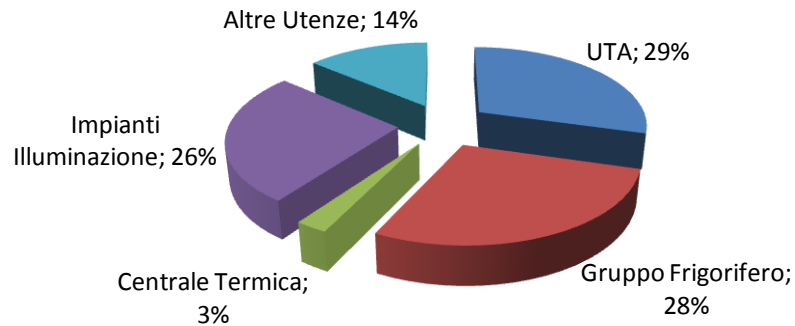


Figura 6.4, Ripartizione Consumi elettrici edificio Verona

Nel secondo caso, edificio di Brescia, equipaggiato con Rooftop, possiamo notare che, come previsto, la maggior quota dei consumi energetici è relativa proprio a questa utenza, che rappresenta più della metà dei consumi elettrici dell'intero edificio. Per quanto riguarda gli impianti di illuminazione possiamo notare che in entrambi i casi la ripartizione percentuale è di circa un terzo rispetto al consumo globale.

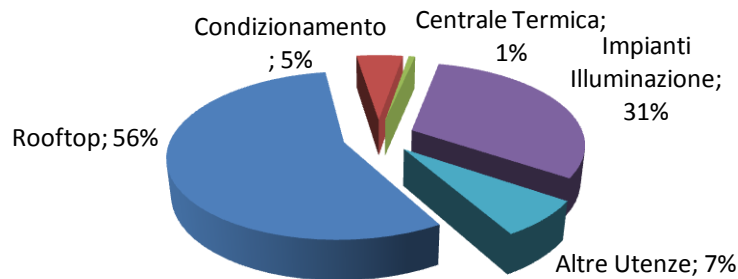


Figura 6.5, Ripartizione Consumi elettrici edificio Brescia

Nella tabella seguente viene riportato, per semplicità di trattazione, un sommario delle percentuali di ripartizione dei consumi elettrici negli edifici analizzati. È stata riportata anche la zona climatica di riferimento per le diverse località dove sono situati gli edifici in modo tale da poter fare alcune considerazioni. Notiamo subito che gli edifici che presentano la maggior ripartizione percentuale della

centrale frigorifera sono anche gli edifici appartenenti alla zona climatica B, ovvero edificio di Catania e Siracusa. Le percentuali di ripartizione dei consumi relativi alle unità di trattamento aria si aggirano tra il 20% e il 30%. Nel caso di Rieti si è registrata un consumo notevole delle unità di trattamento aria perché dagli audit energetici è emerso che gli impianti si trovano in pessime condizioni di operatività, dovute essenzialmente ad una mancanza di manutenzione ordinaria. Come si può notare, il consumo della centrale termica risulta di qualche punto percentuale in tutti i casi analizzati, poiché, come detto prima, le utenze elettriche rilevanti presenti in centrale termica sono solamente le pompe di circolazione del fluido vettore. Come visto nel caso dell'edificio di Brescia, negli edifici equipaggiati con Rooftop, la maggior percentuale di consumo è dovuta sostanzialmente a queste utenze. Percentuali che, negli edifici localizzati nel sud Italia e Isole diventano maggiori rispetto all'edificio di Brescia, poiché ragionevolmente il periodo di raffrescamento diventa sempre più importante e critico. Le stesse considerazioni sono state fatte in precedenza per gli edifici di Catania e Siracusa.

Per quanto riguarda gli impianti di illuminazione possiamo notare che negli edifici del nord Italia o comunque appartenenti a fasce climatiche D ed E le percentuali di consumo degli impianti di illuminazione si aggirano intorno al 30%, mentre nelle fasce climatiche B e C queste percentuali diminuiscono intorno al 20%. Ciò è dovuto sostanzialmente ad una maggiore esposizione alla radiazione solare negli edifici situati nelle regioni del sud Italia e Isole che permette quindi di sfruttare maggiormente questa fonte gratuita con una riduzione sensibile dei consumi energetici globali.

edificio	Sup [m <sup>2</sup> ]	Z.C.	E.E [MWh/anno]					Illum.	Alt. Ut.	Rooftop	Ut. Var. cdz
			UTA	C.F.	C.T.						
<b>Cagliari</b>	24503	C	3072	-	-	1%	19%	4%	74%	2%	
<b>Catania</b>	23714	B	4465	23%	58%	-	16%	3%	-	-	
<b>Cosenza</b>	16656	C	2655	-	-	-	18%	4%	75%	3%	
<b>Sassari</b>	15719	C	1935	-	-	-	18%	4%	78%	-	
<b>Siracusa</b>	20160	B	3942	23%	63%	-	11%	3%	-	-	
<b>Varese1</b>	16390	E	1968	16%	39%	1%	30%	14%	-	-	
<b>Varese2</b>	5228	E	707	-	-	2%	18%	8%	72%	-	
<b>Verona</b>	12300	D	1556	29%	28%	3%	26%	14%	-	-	
<b>Padova</b>	18.469	E	1836	35%	23%	2%	28%	12%	-	-	
<b>Rieti</b>	24.689	E	2197	49%	21%	4%	23%	3%	-	-	
<b>Alessandria</b>	15.910	E	1517	22%	37%	8%	22%	11%	-	-	
<b>Brindisi</b>	23.530	C	3823	21%	42%	4%	26%	7%	-	-	
<b>Brescia</b>	19.115	E	1881	-	-	1%	31%	7%	56%	5%	
<b>Latina</b>	17.733	C	2629	38%	30%	4%	21%	7%	-	-	
<b>Modena</b>	17.135	E	1660	17%	46%	6%	22%	9%	-	-	

( Z.C. = zona climatica, C.F. = Centrale Frigorifera, C.T. = Centrale Termica, Alt. Ut. = Altre Utenze, Ut. Var. cdz = Utenze varie condizionamento )

Tabella 6.14, Riassunto ripartizione consumi edifici analizzati

Nella tabella sottostante sono stati riportati i costi relativi alle macroutenze riscontrate durante gli audit energetici. Sono stati riportati, sempre per semplicità di trattazione, 5 edifici rappresentativi delle zone climatiche e delle varie tipologie di impianto. È stato preso come riferimento per il costo dell'energia elettrica un valore di 135€/MWh, valore medio valutato tramite le fatture di energia elettrica degli edifici analizzati. Possiamo quindi notare che i costi di energia elettrica estesi sul periodo annuale sono molto rilevanti.

	UTA	C.F.	C.T.	I.Ill.	Alt.Ut.	RT	Ut.Var.cdz
edificio	k€/a	k€/a	k€/a	k€/a	k€/a	k€/a	k€/a
<b>Catania</b>	139	350	-	96	18	-	-
<b>Cosenza</b>	-	-	-	65	14	269	11
<b>Verona</b>	61	59	6	55	29	-	-
<b>Brescia</b>	-	-	3	79	18	142	13
<b>Latina</b>	135	106	14	75	25	-	-

Tabella 6.15, Consumi e costi globali annui di alcuni edifici analizzati

Valutati quindi i consumi energetici e costi globali delle varie tipologie di impianti ed utenze presenti negli edifici, possiamo approfondire l'analisi facendo un confronto tra il consumo della Centrale Termica ed il Consumo della Centrale Frigorifera su base annua. Dobbiamo prima di tutto dire che la centrale termica ha come compito principale quello della produzione di calore per il riscaldamento invernale, mentre la centrale frigorifera produce il "freddo" per il raffrescamento estivo. Negli edifici analizzati la produzione di acqua calda sanitaria in molti casi è gestita da caldaie tradizionali di piccola taglia che quindi non rientrano nei consumi della centrale termica. Dalla tabella seguente possiamo notare come, valutando le conversioni rispettive dei consumi in tep/anno, nella maggior parte degli edifici vi sia un consumo maggiore nel periodo di raffrescamento rispetto al periodo di riscaldamento. Ciò non risulta vero sostanzialmente negli edifici situati nel nord Italia e quindi nelle aree climatiche più critiche dal punto di vista delle temperature invernali. Nei restanti edifici il consumo della centrale frigorifera risulta sempre maggiore.

	Consumi annui C.F.		Consumi annui C.T.	
	kWh/anno	TEP/anno	m <sup>3</sup> /anno	TEP/anno
<b>Varese1</b>	751.354	141	48.060	40
<b>Varese2</b>	212.355	40	37.006	31
<b>Verona</b>	434.531	81	112.925	93
<b>Padova</b>	422.832	79	154.015	127
<b>Rieti</b>	486.567	91	141.927	117
<b>Udine1</b>	408.012	76	72.449	60
<b>Udine2</b>	328.591	61	30.453	25
<b>Alessandria</b>	586.545	110	128.424	106
<b>Brindisi</b>	1.575.435	295	5.700	5
<b>Brescia</b>	564.441	106	47.491	39
<b>Latina</b>	729.564	136	14.708	12
<b>Modena</b>	771.174	144	149.390	123

Tabella 6.16, Confronto consumi stimati centrale frigorifera e centrale termica



## 6.6 Azioni per la riduzione dei consumi energetici

In questo paragrafo vengono presentate le azioni ipotizzate e studiate tramite gli audit energetici per la riduzione dei consumi energetici ed il miglioramento dell'efficienza impiantistica. Nella tabella sottostante vengono elencati i maggiori interventi ipotizzati per ogni edificio analizzato; come possiamo vedere i principali interventi ipotizzati per tutti gli edifici analizzati sono essenzialmente la riduzione degli orari di funzionamento degli impianti meccanici<sup>20</sup>, l'ottimizzazione dell'avvio e delle fermate degli impianti meccanici, l'aumento dei setpoint di temperatura dell'aria di immissione in ambiente e la possibile installazione della tecnologia inverter per il controllo della ventilazione nelle unità di trattamento aria.

edificio	Interventi riduzione consumi energetici
Aprilia	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti Installazione inverter UTA
Brescia	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti Aumento setpoint temperatura ambiente
Cagliari	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti
Catania	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti Installazione inverter UTA
Cosenza	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti
Brindisi	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti Installazione inverter UTA
Modena	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti Installazione inverter UTA - Aumento setpoint temperatura ambiente
Padova	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti Installazione inverter UTA
Rieti	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti Installazione inverter UTA
Sassari	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti
Alessandria	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti Installazione inverter UTA
Varese1	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti Installazione inverter UTA
Varese2	Riduzione orari funzionamento - Ottimizzazione Start/stop impianti

Tabella 6.17, Sommario Interventi riduzione consumi energetici

<sup>20</sup> Soluzione che poi verrà estesa anche agli impianti di illuminazione, ma in questa trattazione non viene considerata

Valutiamo ora ogni singolo intervento, riportando nel dettaglio, per semplicità, solo un caso rappresentativo.

### **6.6.1 Ottimizzazione orari di funzionamento**

Tramite gli audit energetici si è visto che in tutti i casi gli impianti meccanici sono in funzionamento anche nei giorni in cui il punto vendita è chiuso oppure vi è un orario ridotto. Ad esempio, in quasi tutti gli edifici analizzati, nelle giornate di lunedì il punto vendita è aperto solamente nelle ore pomeridiane, mentre gli impianti meccanici sono in funzionamento come se questo giorno fosse una giornata di apertura completa. Si è quindi ipotizzato una riduzione di orario per quanto riguarda gli impianti meccanici, che può poi essere estesa anche agli impianti di illuminazione. Si sono valutati quindi nell'arco di un anno, quante giornate il punto vendita presenta un orario ridotto o addirittura è chiuso con gli impianti in funzione. Sulla base poi dei modelli elettrici presentati nei paragrafi precedenti si è cercato di ipotizzare una riduzione dei consumi elettrici tramite l'implementazione di questa nuova strategia di controllo.

In aggiunta a questa riduzione di orario si è cercato di capire se è possibile ritardare l'accensione degli impianti meccanici e anticipare lo spegnimento, in modo tale da ridurre al minimo il periodo di funzionamento degli impianti stessi. Si è cercato quindi di valutare se gli impianti meccanici, tramite una partenza posticipata siano in grado di portare l'edificio alle condizioni climatiche richieste. Dai profili occupazionali dell'edificio si è visto che comunque nelle prime ore di apertura l'effettiva occupazione è in percentuale molto minore rispetto ai periodi della giornata con massima occupazione.

In figura sottostante possiamo vedere un tipico andamento della potenza assorbita da un'unità trattamento aria con una partenza ottimizzata, ritardata di circa 1 ora rispetto al normale funzionamento.

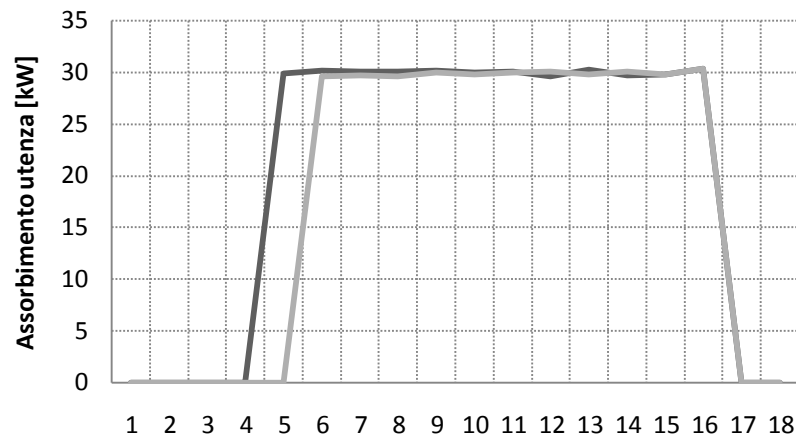


Figura 6.6, Andamento assorbimento utenza con partenza ottimizzata

Sulla base di analisi Termigas Bergamo riguardo altri edifici simili, si è ipotizzato quindi, in via cautelativa, una riduzione di orario pari a 0,5 h/gg per quanto riguarda sia le partenze che le fermate ottimizzate. Per gli impianti che sono in funzionamento a ciclo continuo nell'arco di una giornata, ovvero 24 ore su 24, si è ipotizzato invece uno spegnimento notturno minimo pari a 2 h/gg. Sono impianti di edifici localizzati per lo più nel sud Italia, dove le condizioni climatiche, soprattutto nel periodo estivo, sono critiche.

Viene quindi riportata una tabella riassuntiva, con la riduzione di orario ipotizzate per ogni edificio analizzato, valutando sia una riduzione di orario delle unità di trattamento aria e dei condizionatori Rooftop, sia dei gruppi frigoriferi o pompe di calore, ove presenti.

edificio	UTA		Gruppo Frigo/PdC		Risparmio [kWh/anno ]	Consumo tot. Anno	% risparmio
	h/a attuale	h/a ottimizzate	h/a attuale	h/a ottimizzate			
<b>Cagliari</b>	5026	4766	2100	2020	163729	3072327	5,3%
<b>Catania</b>	6480	6130	6480	6130	118818	4465759	2,7%
<b>Cosenza</b>	5385	5125	-	-	162439	2655278	6,1%
<b>Sassari</b>	4641	4475	-	-	142176	1935748	7,3%
<b>Varese1</b>	5924	5484	3240	2935	99253	1968958	5,0%
<b>Varese2</b>	8616	1077	-	-	60518	707851	8,5%
<b>Verona</b>	5385	5125	-	-	75622	1556580	4,9%
<b>Padova</b>	4414	4228	-	-	28652	1836541	1,6%
<b>Rieti</b>	8616	7539	3840	3360	189242	2197911	8,6%
<b>Alessandria</b>	8616	7099	3600	3150	126086	1517950	8,3%
<b>Brindisi</b>	5385	5125	2550	2460	219261	3823224	5,7%
<b>Brescia</b>	3619	3529	-	-	40091	1881469	2,1%
<b>Latina</b>	8616	7898	3840	3520	144154	2629605	5,5%
<b>Modena</b>	5296	5125	2656	2556	77855	1660954	4,7%

Tabella 6.18, Sommario Risparmi ipotizzati con riduzione orari funzionamento impianti

Possiamo notare come per gli edifici di Padova e Brescia la percentuale di risparmio è minore rispetto agli altri edifici. Nel caso di Padova, durante gli audit energetici, si è visto che la centrale frigorifera presenta già una gestione ottimizzata degli orari di funzionamento; nell'edificio di Brescia invece si è visto come la gestione di tutti gli impianti sia gestita in modo del tutto manuale, affidata a personale tecnico sempre presente nell'edificio, e quindi, per quanto riguarda gli orari di funzionamento, già ottimizzata anche in questo caso.

Per quanto riguarda invece gli altri edifici si può vedere come le percentuali di risparmio vadano dal 5% al 10%, in base alla tipologia impiantistica ed all'area climatica dell'edificio considerato. In generale comunque si può vedere che la riduzione dei consumi stimata è di circa 1650 MWh/anno, con una percentuale media di circa il 5%.

### 6.6.2 Installazione tecnologia inverter

Consideriamo ora la possibilità di installare gli inverter per il controllo della velocità delle sezioni ventilanti dell'unità trattamento aria. L'inverter consente di modulare la velocità del motore dei ventilatori presenti nelle UTA: è una modifica impiantistica, con una conversione da un impianto a portata costante ad un impianto a portata variabile. Questo modifica deve però essere condotta tenendo ben presente che comunque gli impianti sono stati progettati per essere a portata costante; la portata quindi elaborata dai ventilatori, come visto in precedenza, non dovrà essere diminuita a valori inferiori del 70%, per il corretto funzionamento dell'intero impianto e la corretta immissione dell'aria in ambiente. Per stimare questa riduzione dei consumi relativi ai motori elettrici ci si è basati su dati presenti in letteratura e sull'ipotesi di profili di carico ridotti nell'arco di una giornata di funzionamento. Profili di carico ipotizzati in base alle condizioni climatiche esterne ed ai carichi termici interni dell'edificio, legati essenzialmente all'occupazione dell'edificio stesso. Si è visto nel capitolo dedicato che una riduzione della portata elaborata dal ventilatore corrisponde una riduzione cubica della potenza assorbita dallo stesso ventilatore.

Nel prospetto seguente viene riportata un'analisi rappresentativa dei risparmi ottenibili tramite l'installazione di inverter.

	<b>prima</b>	<b>dopo</b>	
Potenza installata	132	132	kW
% carico	88%	65%	
Potenza assorbita media	116	85	kW
Ore annue di funzionamento	7.898	7.898	h/anno
Energia consumata	917	672	MWh/anno
Energia risparmiata		245	MWh/anno
Costo riferimento energia		135	€/MWh
TEP totali risparmiati		46	TEP/anno
Risparmio economico totale		33010	€/anno

Tabella 6.19, Risparmio stimato installazione inverter

Tramite l'ipotesi delle curve di carico per ogni applicazione e edificio considerato, si è potuto stimare il risparmio complessivo che si può avere tramite la conversione CAV a VAV. Nella tabella seguente vengono proposti i risultati ottenuti; gli edifici equipaggiati con condizionatori Rooftop sono esclusi da questa analisi.

edificio	E.E. Consumata [kWh/anno]		E.E. Tot. Risparmiata	%risparmio
	prima	dopo		
<b>Cagliari</b>	-	-	-	-
<b>Catania</b>	717210	528942	188268	4,2%
<b>Cosenza</b>	-	-	-	-
<b>Sassari</b>	-	-	-	-
<b>Varese1</b>	246780	167810	78970	4,0%
<b>Varese2</b>	-	-	-	-
<b>Verona</b>	182965	134932	48033	3,1%
<b>Padova</b>	627021	462446	164575	9,0%
<b>Rieti</b>	912219	668280	243939	11,1%
<b>Alessandria</b>	248471	185875	62596	4,1%
<b>Brindisi</b>	608235	448146	160089	4,2%
<b>Brescia</b>	-	-	-	-
<b>Latina</b>	916168	671330	244838	9,3%
<b>Modena</b>	217580	159987	57593	3,5%

Tabella 6.20, Riepilogo risparmi energia elettrica ottenuti con installazione inverter

L'energia elettrica totale risparmiata è di circa 1250 MWh/anno, con un risparmio percentuale medio, rispetto al consumo globale, di circa 6%. In confronto con i numeri presenti in letteratura, questo valore è minore; possiamo quindi affermare di aver stimato questa riduzione dei consumi in modo conservativo, situazione che dovrà sicuramente essere confermata tramite il monitoraggio e la misura delle prestazioni impiantistiche.

### 6.6.3 Aumento temperatura setpoint aria ambiente

Valutiamo ora la possibilità di resettare i setpoint di temperatura dell'aria ambiente a valori consigliati dalle normative e che permettono comunque un notevole risparmio energetico. In alcuni edifici si sono riscontrati, nel periodo estivo, setpoint di temperatura ben al di sotto dei valori imposti dalle normative ( 26 °C ), arrivando a setpoint pari anche a 21-22 °C. Le stime di risparmio di questo intervento sono del tutto semplicistiche in questa prima fase di analisi perché le variabili da tenere in considerazione sono davvero molteplici. Una simulazione completa comporterebbe la valutazione delle capacità termiche degli impianti meccanici, delle centrali frigorifere, ed anche delle caratteristiche strutturali dell'edificio analizzato. In questa tipologia di analisi non sono state sviluppate simulazioni di questo tipo ma ci si è basati solamente sull'esperienza e su dati presenti in letteratura. Una prima stima della riduzione dei consumi può essere fatta ipotizzando, per gli impianti a portata costante, una riduzione di 1-1,5%<sup>21</sup> del consumo energetico di una centrale frigorifera, per ogni grado incrementato della temperatura di mandata dell'aria ambiente. Si sono valutati quindi solamente due edifici, quello di Brescia e di Modena, che hanno presentato setpoint di temperatura pari a 22°C. Si è quindi stimato, con la riduzione di un punto percentuale dell'energia consumata per ogni grado di aumento della temperatura, una riduzione di 31 MWh/anno per l'edificio di Brescia e di circa 7 MWh/anno per l'edificio di Modena.

---

<sup>21</sup> Rif. Energy Management Handbook

## **6.7 Implementazione di sistema di telegestione impianti per il monitoraggio dei consumi energetici**

In questo paragrafo vengono presentate le caratteristiche principali del sistema di telegestione scelto per il monitoraggio e la supervisione degli impianti meccanici degli edifici analizzati. La fase di monitoraggio e di verifica delle ipotesi effettuate per il miglioramento dell'efficienza energetica degli impianti e la conseguente riduzione dei consumi rappresenta una fase successiva alla stesura di questo elaborato.

Si è scelto un sistema di telegestione non classico, fornito dai grandi produttori, ma un sistema di Webgestione sviluppato su misura da parte di società informatiche specializzate nel settore. La Webgestione è di fatto un servizio integrato on-line di telegestione di nuova generazione su piattaforma open-source erogato tramite la rete Internet a cui l'impianto / sottosistema utente si connette mediante specifici apparati ( come vedremo in seguito definiti UGL ). Tramite questi apparati è consentita una interazione globale e uno scambio di informazioni tra impianti e utenti con potenzialità inimmaginate per i sistemi tradizionali. In questo modo l'utente, attraverso l'utilizzo on-line di una serie di moduli applicativi software, usufruisce, in modalità SaaS ( software come servizio ), di un pacchetto di Servizi specializzati configurati sulle proprie specifiche esigenze, nonché su quelle dell'impianto supervisionato e tele gestito, in funzione del raggiungimento di chiari e documentati benefici.

La telegestione in rete Internet rappresenta una nuova frontiera per il mondo delle tecnologie di comando, controllo e comunicazione intelligente.

Non più sistemi dedicati, ma logiche e intelligenze distribuite, condivise fra più impianti, apparati, sistemi di campo e più operatori. Unità intelligenti di campo ( UGL ), server e reti cooperano tra loro condividendo compiti e funzioni. Non



più software di tipo SCADA<sup>22</sup>, ma funzionalità rese disponibili come servizi online ovunque in tempo reale. Il sistema di webgestione è in grado di fornire analisi dei dati su base matematica; è necessario analizzare la consistente mole di dati e informazioni che un impianto “intelligente” genera e mette a disposizione di chi ne ha la supervisione. Ciò deve essere fatto sia in tempo reale, in modo tale da verificare costantemente la qualità del funzionamento dei sottosistemi e dei componenti d’impianto, sia in modalità storica, rilevando mutazioni nei comportamenti e tendenze negli impieghi, tanto da poterne prevedere future evoluzioni e prevenire eventi, stati e condizioni anomale.

Un sistema di questa tipologia, integrato e costruito per erogare servizi informatici on-line si basa generalmente su una specifica architettura orientata ai servizi<sup>23</sup>; si compone di una infrastruttura informatica-telematica e di una gamma di servizi. È quindi un’architettura software atta a supportare le richieste operate dagli utenti, nonché l’interoperabilità tra diversi sistemi, così da consentire l’utilizzo delle singole applicazioni come componenti del processo e soddisfare le richieste in modo integrato e trasparente. Le singole applicazioni che compongono il processo di business sono dette servizi.

Le postazioni sono costituite da unità informatiche di largo utilizzo, fisse e mobili, con l’obiettivo di collegarsi e operare in rete internet. Si ricollegano tutte all’unità di gestione locale, unità installata presso l’utente. Il compito principale è la supervisione locale, conferendo ai sottosistemi tecnologici in campo una vera intelligenza integrata in grado di dare capacità autonome di gestione e controllo globale e parziale. Attraverso essa gli stessi acquisiscono connessione con l’infrastruttura telematica. Le principali attività sono quindi quelle di gestione funzionalità impianti, gestione degli eventi in tempo reale, raccolta dati

---

<sup>22</sup> SCADA, Supervisory control and data acquisition, riferito generalmente ad un sistema di controllo industriale, nel quale un sistema computerizzato monitora e controlla un determinato processo.

<sup>23</sup> cosiddetta SOA, Service Oriented Architecture

ed analisi sia in tempo reale che in remoto. Le UGL di campo sono coordinate dal cosiddetto “internet data”, costituito da otto server in cluster dedicati alla attività di webgestione.

Il software rappresenta il cuore del sistema; sono tutti a struttura modulare distribuita tra server e UGL. Comprendono quindi moduli di sistema, moduli applicativi, web service, comunicazione in tempo reale e database.

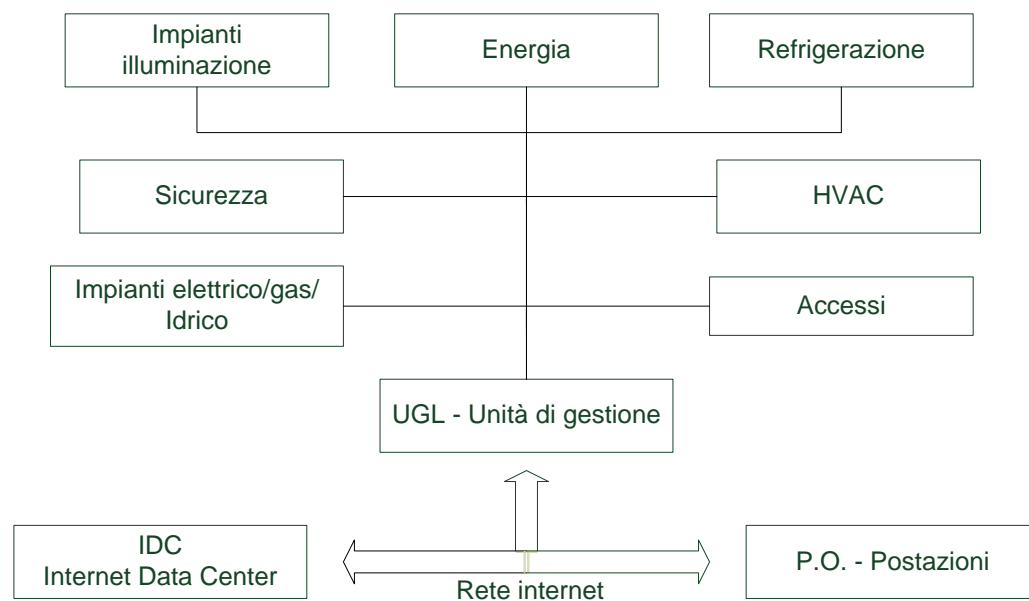


Figura 6.7, Schema semplificato sistema WebGestione

Nella figura sopra viene presentato uno schema semplificato del sistema di WebGestione ipotizzato per il monitoraggio e la gestione degli impianti meccanici. Possiamo notare l’interazione che vi è tra i vari componenti: le unità di gestione locali comunicano attraverso la rete internet con l’Internet Data Center e le postazioni singole. Le UGL poi comunicano con ogni singolo sottoimpianto dell’edificio, facendo da tramite per fornire gli input per il controllo degli stessi impianti e per immagazzinare i dati raccolti con il monitoraggio.

## 7. Bibliografia

- [1] ASHRAE, Handbook HVAC System and Equipment, 2008, cap. 1 “HVAC System Analysis and Selection”, cap. 2 “Decentralized Cooling and Heating”, cap. 4 “ Air Handling and Distribution”, cap. 5 “In-Room Terminal System”, cap. 37 “Compressors”, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, 2008
- [2] ASHRAE, Handbook HVAC Applications, cap. 2 “Retail Facilities”, cap. 3 “Commercial and Public Buildings”, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, 2007
- [3] ASHRAE, “Advanced Energy Design Guide for Small retail Buildings, Achieving 30% Energy Saving Toward a Net Zero Energy Building”, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, 2008
- [4] ASHRAE, Energy Use and Management. In: ASHRAE, 2003 ASHRAE Handbook, HVAC Applications, SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, 2003.
- [5] ASHRAE, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004., GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, Atlanta, 2004
- [6] ASHRAE, Standard Methods of Measuring and Expressing Building Energy Performance. ANSI/ASHRAE Standard 105-1984. Atlanta, GA:

- American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc., 1999
- [7] ASHRAE, Procedures for Commercial Buildings Energy Audit, ANSI/ASHRAE RP-669/SP-56. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc., 2004
- [8] Roberto Gonzalez, “Energy Management and Building Automation”, ASHRAE Journal, Gennaio 2007
- [9] Dr. Lal Jayamaha, “Energy-Efficient Building Systems, Green strategies for operation and maintenance”, McGraw-Hill, 2006
- [10] CESI, “Indagine sui consumi e sulla diffusione delle apparecchiature nel settore terziario in Italia”, Rapporto Cesi, Rete Trasmissione & Distribuzione, 2005
- [11] Canbay, C.S., A. Hepbsali, G. Gokcen. 2004. Evaluating performance indices of a shopping centre and implementing HVAC control principles to minimize energy usage. Energy and Buildings, Vol. 36, Issue 6, June 2004
- [12] Wayne C. Turner, S. Doty, “Energy Management Handbook” Sixth Edition, Taylor & Francis Ltd., 2007
- [13] N. Rossi, “Manuale del Termotecnico”, Terza Edizione, Ulrico Hoepli Editore Spa, Milano, 2009
- [14] R. Montgomery, R. McDowall, “Fundamentals of HVAC Control Systems”, American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, 2008
- [15] E.Tieri, A.Gamba, “La Grande Distribuzione organizzata in Italia”, Banco Popolare, marzo 2009
- [16] F. Allard, O. Seppanen, “European Actions to Improve Energy Efficiency of Buildings”, REHVA Journal, 2009

- 
- [17] U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, “Improving Fan System Performance, a sourcebook for industry”, AMCA International, 2003
- [18] D. Barley, M. Deru, S. Pless, P. Torcellini, “Procedure for Measuring and reporting Commercial Building Energy Performance”, U.S. Department of Energy, October 2005
- [19] A. Cooper, “Variable Speed Drive Applications in HVAC System”, Danfoss, Luglio 2003
- [20] ENEA, “Rapporto energia ambiente 2008, Analisi e scenari”, Luglio 2009
- [21] ENEA, “Inventario annuale delle emissioni di gas serra su scala regionale. Le emissioni di anidride carbonica dal sistema energetico. Rapporto 2008”, 2009
- [22] GME, “Relazione annuale 2008”, 2009
- [23] A. Pueroni, “Azionamenti a inverter nel settore HVAC”, Costruire Impianti, maggio 2005
- [24] D. Westphalen, S. Koszalinski, “Energy Consumption Characteristics of Commercial Building HVAC System”, vol. 1-2, U.S. Department of Energy, april 2001
- [25] The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, “Guideline on Energy Audit”, Electrical & Mechanical Services Department, 2007
- [26] Carrier, “Part-Load Control Strategies for Packaged Rooftop Units”, HVAC Analysis, vol. 1, no. 3.
- [27] I. Shapiro, P.E., “Energy Audits in Large Commercial Buildings”, ASHRAE Journal, Gennaio 2009

- [28] National University of Singapore, “Technical Guide Towards Energy Smart Retail Mall”, Energy Sustainability Unit, Department of Building, Singapore
- [29] V. Maija, M.Sc., “Refurbishment of Ventilation in Respect of Indoor Environment Quality and Energy Efficiency”, Workshop AICARR 2008, 2007.