



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ELETTRICA

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

DOMOTICA 2010 E RISPARMIO ENERGETICO
2010 HOME AUTOMATION AND ENERGY SAVING

RELATORE: CHIAR.MO PROF. LORENZO FELLIN

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA

LAUREANDO: CHIARELLO JAMES

Matricola: 384074/IT

ACCADEMICO 2009-2010

© Copyright 2010 Chiarello Iames

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione
e di adattamento, totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i paesi.

Finito di stampare il 6 dicembre 2010
dalla Legatoria San Francesco
via San Francesco 68, Padova
<http://www.legatoriasanfrancesco.com/>

Un grazie alla mia cara cugina Evelyn

Alla pazienza dei miei genitori

All'assistenza di mia moglie Angelica

Indice

Sommario.....	7
1. Introduzione	9
2. Capitolo Cenni sulla Domotica	11
2.1 Introduzione al concetto.....	11
2.2 Evoluzione dei primi automatismi	12
2.3 Alcune realizzazioni anticipatrici.....	13
2.4 Evoluzione post-industriale.....	14
2.5 Applicazioni domotiche divise per aree.....	15
3. Capitolo I principali standard tecnologici	17
3.1 Introduzione agli standard.....	17
3.2 Lo standard Europeo Konnex	17
3.3 Tecnologia Konnex	19
3.4 Gli standard a livello mondiale	21
4. Capitolo Dispositivi impianto Domotico basato sullo standard Konnex.....	25
4.1 Generalità.....	25
4.2 Il cavo EIB/KNX	26
4.3 L'alimentatore.....	27
4.4 L'accoppiatore di linea e area	27
4.5 Dispositivo di protezione	27
4.6 Interfacce di sistema.....	27
4.7 Interfacce d'ingresso	28
4.8 Terminali di uscita	28
4.9 Accoppiatore BCU (<i>Bus Coupling Unit</i>)	28
4.10 Unità logica.....	28
4.11 Orologio programmatore.....	29
4.12 Attuatori per tapparelle o sistemi di ombreggiamento	29
4.13 Termostati e cronotermostati	29
4.14 Pannelli di comando o visualizzatori	29
4.15 Sensori.....	30
4.16 Sistemi di supervisione	30
5. Capitolo Efficienza energetica negli edifici.....	33
5.1 Contesto energetico.....	33
5.2 Consumi energetici	37

Indice

5.3	Situazioni e prospettive	39
5.4	Incidenza sui cambiamenti climatici	41
5.5	Che cosa significa “Efficienza energetica”	44
5.6	Analisi di un esempio di efficienza energetica.....	45
5.7	Settori di applicazione dell’Efficienza energetica.....	50
5.8	Soluzioni di efficienza negli edifici.....	52
6.	Capitolo Automazione degli edifici per l’uso razionale dell’energia	57
6.1	Classificazione.....	57
6.2	Applicazioni di automazione, supervisione e controllo per risparmiare energia....	57
6.2.1	Gestione della termoregolazione	59
6.2.2	Gestione dell’illuminazione.....	59
6.2.3	Gestione degli azionamenti e motorizzazioni.....	60
6.3	Gestione degli allarmi tecnici e della supervisione	60
6.4	Analisi caso reale.....	61
6.5	Interventi per una riduzione dei consumi nel settore residenziale.....	67
6.5.1	Distacco apparecchi elettrici.....	67
6.5.2	Programmazione oraria	73
6.6	Analisi sistemi di riscaldamento/raffrescamento.....	74
6.7	Classificazione impianti tecnici secondo la norma EN15232	75
6.8	Calcolo classe appartenenza caso reale	78
6.9	Analisi dati relativi ad un appartamento.....	82
6.10	Valutazioni economiche	83
7.	Capitolo Conclusioni	87
APPENDICE A.....	.....	91
	CALCOLO COSTO ENERGIA PER UN UTENTE DOMESTICO PERIODO OTTOBRE / DICEMBRE 2010	91
APPENDICE B.....	.....	95
	CONDIZIONI ECONOMICHE UTENTI DOMESTICI FORNITO DALL’AEEG PERIODO OTTOBRE / DICEMBRE 2010.....	95
BIBLIOGRAFIA.....	.....	99

Sommario

Nella presente tesi di laurea si considera il problema dei consumi elettrici e termici in un edificio ad uso residenziale, proponendo soluzioni riguardanti l'integrazione di un impianto di Home Automation, le quali, con delle semplici funzioni di programmazione, consentono di ridurre i consumi non necessari e di indirizzare l'utente ad un uso consapevole dell'energia. In questo modo si possono ottenere dei risparmi energetici variabili dall'8 al 25%.

1. Introduzione

Il lavoro svolto analizza lo stato dell'arte della domotica nel 2010, con particolare attenzione ai consumi di un impianto basato sul protocollo europeo KNX. L'analisi viene ampliata trattando l'argomento, oggi molte volte richiamato, dell'efficienza energetica dell'edificio in genere. Lo studio riguarda una verifica dei consumi di un edificio ad uso residenziale, per poter identificare i punti di intervento per migliorarne l'efficienza. La trattazione si basa principalmente sui consumi in stand-by degli apparecchi presenti in uno standard abitativo e sui consumi degli elettrodomestici di grossa potenza (i cosiddetti elettrodomestici bianchi). Tutti i dati sono stati tradotti in costi che un utente medio deve sostenere durante un anno solare. Infine, questi costi sono stati comparati tra di loro per verificare la convenienza o meno nella realizzazione di un impianto domotico rispetto ad un impianto elettrico tradizionale.

2. Capitolo Cenni sulla Domotica

2.1 Introduzione al concetto

La domotica è la materia che si occupa dell'integrazione delle tecnologie e degli impianti nelle abitazioni per realizzare case intelligenti, confortevoli, sicure e di semplice fruizione.

Il termine "Domotica" deriva dal neologismo francese "Domotique", un'espressione che racchiude due parole, la prima di origine latina "Domus" –Casa- e la seconda dal francese "Telematique" –Telecomunicazione, informatica-. Nata nel corso della terza rivoluzione industriale, con tale termine s'indica una scienza interdisciplinare che si occupa dello studio e delle tecnologie atte a migliorare la qualità della vita nelle abitazioni o più in generale negli ambienti antropizzati. Quest'area della scienza racchiude numerosi settori scientifici tra cui l'ingegneria civile, elettrotecnica, elettronica, delle telecomunicazioni e informatica con lo scopo di trovare strumenti e strategie per:

- migliorare la qualità della vita;
- migliorare la sicurezza;
- risparmiare energia;
- semplificare la progettazione, l'installazione, la manutenzione e l'utilizzo della tecnologia;
- ridurre i costi di gestione;
- convertire i vecchi ambienti e i vecchi impianti.

La Domotica viene anche denominata "casa intelligente" oppure "*home automation*" perché gli impianti presenti possono dare quel valore aggiunto in più di un impianto "tradizionale".

Essendo l'insieme di varie tecnologie atte a migliorare la vita di tutti i giorni, a un livello superiore vi è la cosiddetta "*building automation*" o "automazione degli edifici" in cui è possibile la gestione coordinata, integrata e computerizzata degli impianti tecnologici (climatizzazione, distribuzione acqua, gas ed energia, impianti di sicurezza), delle reti informatiche e delle reti di comunicazione, allo scopo di migliorare la flessibilità di gestione del comfort, della sicurezza, aumentare il risparmio energetico degli edifici non solo attraverso applicazioni edili (isolamento termico superfici opache e/o sostituzione serramenti) e per migliorare la qualità dell'abitare e del lavorare all'interno degli edifici.

Già al tempo degli antichi romani si può riprendere uno stralcio da "De Officiis (I doveri) Libro primo" di Marco Tullio Cicerone, in cui si afferma che:

*"Ornata est dignitas domo, non ex domo tota quaerenda,
nec domo dominus, sed domino domus honesta est."*

Cicerone, De Officiis, I, 139

"Colla dimora vuoi abbellire la dignità nostra, e non dalla dimora ripeter tutta la dignità; né il padrone ha da essere onorato della casa, ma sibbene la casa da lui".

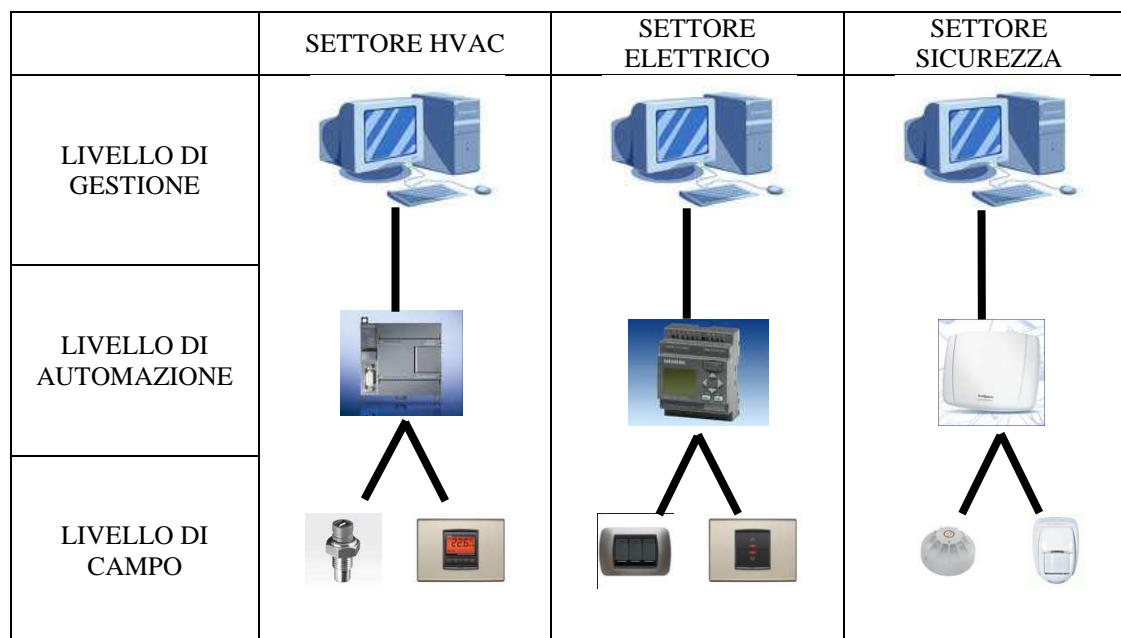
Il processo evolutivo parte dalla rivoluzione informatica e telematica inserendosi in tutte le applicazioni e i settori, modificando i processi produttivi e incorporando negli oggetti stessi sistemi miniaturizzati, microchip che innovano il processo produttivo ed il prodotto stesso. Nel frattempo i processi di automazione in campo manifatturiero con l'integrazione dei sistemi di automazione industriale (PLC), sono trasferiti anche alle applicazioni di *building automation* ed *home automation* con opportuni adeguamenti.

Dunque per Domotica intendiamo l'insieme dei prodotti, dei programmi, dei servizi e degli strumenti di progettazione disponibili per rendere più intelligente e integrato il funzionamento dei vari impianti ed equipaggiamenti tecnici presenti nei moderni edifici residenziali. [1] (Rocco, 2009)

2.2 Evoluzione dei primi automatismi

Sulla scia del settore industriale e di processo, i sistemi di automation sono via via migliorati introducendo nuove tecniche date dalla convergenza di tre tecnologie: *l'informatica, l'elettronica e le telecomunicazioni*. Da questa esperienza è stato possibile inserire gradualmente sistemi di automazione nei grandi edifici (*Building Automation*) proprio perché la sperimentazione di tali tecnologie è economicamente sostenibile.

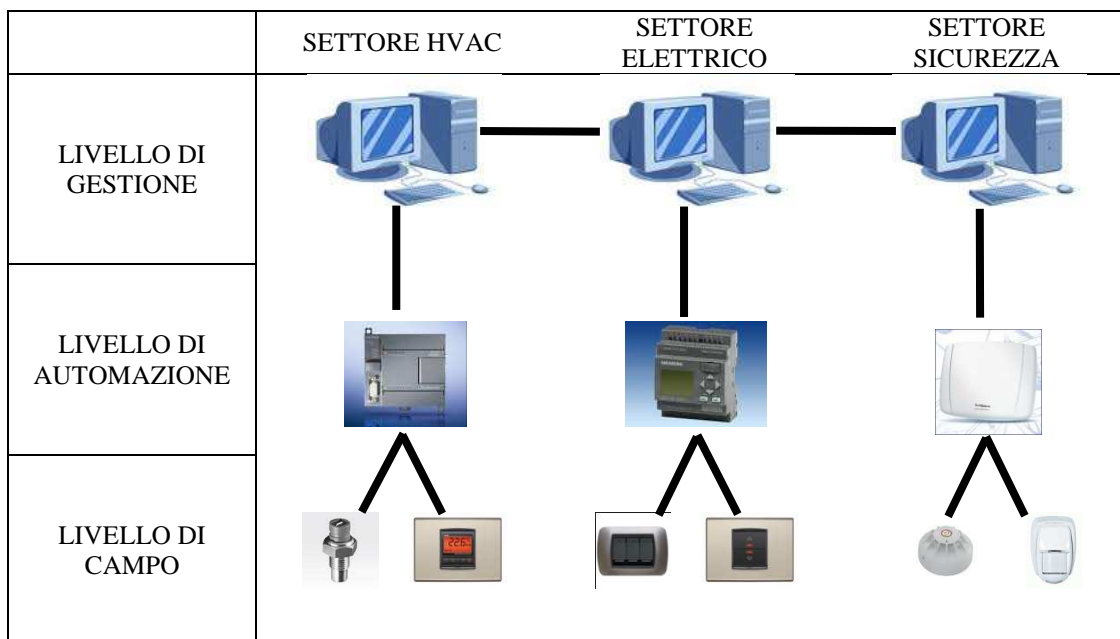
La prima fase di automazione nella Building Automation è caratterizzata da sistemi di tipo *centralizzato*, in cui ogni settore come condizionamento/riscaldamento (oggi nel gergo tecnico sistemi HVAC "Heating Ventilation Air Conditioning", che racchiude anche la gestione della ventilazione nelle strutture), elettrico e sicurezza. In questo tipo di sistema l'organizzazione gerarchica è separata per ogni settore come rappresentato nel seguente schema (Tab.2.1):



Tab.2.1 – Suddivisione centralizzata di ogni singolo sistema.

Il livello di gestione è un'integrazione di successive modifiche apportate negli anni con lo scopo di monitorare e controllare il settore specifico. Il sistema di tipo centralizzato ha rappresentato delle limitazioni allo stato attuale, dovuto principalmente a una ridondanza dei dispositivi collegati, alla saturazione dei controllori logici e nessuno o inefficace coordinamento tra di loro per la varietà di sistemi.

Con l'avvento di sistemi BUS (acronimo tecnico privilegiato di "Binary Unit System") e l'architettura PC Client/Server, nonché di protocolli aperti, il sistema è diventato di tipo *decentralizzato* superando determinati vincoli non realizzabili con sistemi centralizzati. Con tale tipo di sistema si è potuto collegare in rete tutti i settori in modo tale da poter aggiungere funzionalità, flessibilità e scalarità delle aree sia a livello di hardware sia software (Tab.2.2).



Tab.2.2 – Suddivisione decentralizzata dei vari sistemi in cui vi è un continuo scambio d'informazioni tra di loro.

Il vantaggio della decentralizzazione dei dispositivi ha portato a una gestione migliore degli apparecchi con l'idea dunque di distribuire capacità di elaborazione e comunicazione ai singoli sensori e attuatori. Infine grazie allo sviluppo dei sistemi bus per il livello di campo si sono aperte nuove prospettive anche per gli impianti residenziali, preparando il campo alla Domotica vera e propria.

2.3 Alcune realizzazioni anticipatrici

I primi sistemi di automazione applicati nell'ambito residenziale risalgono al periodo in cui è stato possibile diffondere nelle società industrializzate l'energia elettrica a cavallo tra il 1800 e il 1900. Contestualmente all'invenzione della lampadina da parte di Thomas Alva Edison s'iniziarono a integrare nei primi *monodomeistici* piccoli motorini elettrici. Le apparecchiature che furono inventate in quel periodo comprendono tutte quelle che oggi utilizziamo normalmente, certamente più evolute, ma che sostanzialmente svolgono le stesse funzioni: ferri da stiro, ventilatori e in successione fornelli e stufe elettriche. Una svolta venne dalla pubblicazione del primo vero manuale di economia domestica: "*La particolare responsabilità della donna americana*" di Catherine Beccher del 1841, che influenzò la vita familiare delle donne americane determinando uno stile di vita. Questo processo di automatizzazione di macchine domestiche fu la base degli attuali elettrodomestici che sostanzialmente cercavano di abbattere o eliminare il tempo necessario alle fatiche domestiche cercando di liberare la famiglia, ma soprattutto le donne da questa incombenza.

Negli anni che seguirono, si ebbero numerosi progressi, ma si dovrà attendere l'evoluzione del movimento moderno con la nascita dell'*Industrial Design* prima di vedere realmente concretizzate le primitive idee in modelli in cui lo spazio del vivere ed abitare venisse razionalizzato. In Italia nel 1930 fu presentata da SCAEM la casa elettrica, il primo vero prototipo su cui l'abitazione razionale e le

tecnologie domestiche impiantistiche si misuravano contestualmente in una dimensione dell'abitare che in realtà prefigura lo standard della casa di tutti i giorni. Tale prototipo, logicamente, non era alla portata di tutti, ma rappresentava l'evoluzione che sarebbe avvenuta nel dopoguerra e soprattutto con il boom economico a cavallo del 1960. Infatti, con questo modello s'iniziava a comprendere e a razionalizzare il più possibile l'impianto elettrico, in modo che quest'ultimo fosse dotato di prese fisse per elettrodomestici non trasportabili e un numero di prese disponibili per gli elettrodomestici manuali. Anche il sistema d'illuminazione fu razionalizzato in modo che, al posto dei punti luce centrali, si potessero preferire quelli a parete, con una distribuzione localizzata che evitava così coni d'ombra durante le varie attività. Infine, anche nei bagni s'iniziarono a inserire piccoli apparecchi come asciugamani elettrici, phon, arricciacapelli, oltre allo scaldacqua elettrico.

Negli anni si susseguirono diversi prototipi allo scopo di analizzare e sperimentare le case tecnologicamente avanzate. Un primo esempio fu *"The house of the future"* (1927-1937) denominata *Dymaxion*, che significa "dinamismo ed efficienza" di R.B. Fuller: una casa rotante su di un perno centrale completamente prefabbricata con le più evolute tecnologie di allora, persino le porte pneumatiche (Fig.2.1-2.2).



Fig.2.1 – Dymaxion vista esterna



Fig.2.2 – Dymaxion vista interna

Poi la *"Casa dell'Avvenire"*, di plastica del 1956 di Alison e Peter Smithson (Fig.2.3-2.4-2.5), anche questa rimasta un prototipo; prefigurava un cablaggio semplificato e totale, in conformità al materiale utilizzato; era dotata di un pannello di controllo e di tutti i dispositivi elettrodomestici, compreso una cabina a raggi infrarossi. In questo progetto si pensava anche a un'abitazione che fosse un'entità autonoma funzionante all'infinito, basata sull'energia atomica e proiettandosi in un futuro in cui la casa fosse indipendente, per certi versi, dal sistema.



Fig.2.3 – Vista soggiorno.



Fig.2.4 – Patio e cucina.



Fig.2.5 - Vista attraverso il Soggiorno.

Nel 1972 fu presentata una casa autonoma sperimentale autosufficiente che sfruttava le energie rinnovabili, dall'acqua, all'energia solare ed eolica, al reimpiego dei rifiuti domestici.

2.4 Evoluzione post-industriale

Dal 1970 in poi, si arrivò ai primi progetti di case intelligenti all'interno delle quali s'implementarono sistemi telematici e informatici con lo scopo di introdurre un nuovo modo di abitare, che tutto sommato si poteva definire un effettivo precursore delle applicazioni odierne che utilizzano tecnologie simili, ma più raffinate, standardizzate e miniaturizzate. Un esempio di tale modello fu la casa di Ahwatukee (Fig.2.6).



Fig.2.6 – La casa di Ahwatukee.

In Europa si svilupparono vari progetti. Il più significativo fu quello DORIS, in Alsazia, ad est della Francia, in cui 42 alloggi vennero realizzati con il sistema Synfonic (come pannello di controllo) e dispositivi Schlumberger basati soprattutto su funzioni di sicurezza, comfort ambientale e teleallarmi.

In Italia Ugo La Pietra presentava nel 1983 “*La casa telematica*” (Fig.2.7-2.8), realizzata con divisori attrezzati allo scopo e integrata di sistemi computerizzati di sicurezza e controllo dell'ambiente come comodità e illuminazione, nonché provvista dei più moderni sistemi di telecomunicazioni quali videocitofono, videotext e teletext.

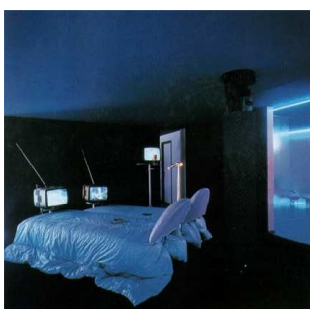


Fig.2.7 – Camera da letto.



Fig.2.8 – Soggiorno.

2.5 Applicazioni domotiche divise per aree

Le applicazioni domotiche possono spaziare in diverse aree d'intervento, strettamente connesse al progetto architettonico e impiantistico. In particolare:

1. Area dei sistemi di controllo degli impianti microclimatici e comfort ambientale:
 - I. regolazione di processo, attraverso l'interfacciamento degli impianti idrotermosanitari/condizionamento/climatizzazione con apparecchiature ad analisi analogica dei segnali;

- II. programmi e procedure per il risparmio energetico e telecontrollo a distanza; produzione di energia elettrica e calore da fonti rinnovabili.
- 2. Area della sicurezza attiva e passiva:
 - I. sistemi di protezione: allarmi, antieffrazione e controllo accessi e transiti, meglio conosciuta come *security*;
 - II. sistemi di protezione ambientale: antincendio, antiallagamento, fughe di gas, meglio conosciuta come *safety*.
- 3. Area dell'energia e dell'illuminazione:
 - I. misuratori digitali, punti luce e prese comandati e temporizzati, reti ad onde convogliate, controllo carichi elettrici, controllo parametri illuminotecnici, sistemi di ombreggiamento e gestione tapparelle nonché scenari illuminotecnici.
- 4. Area inerente al sistema di telecomunicazioni interno/esterno e di trasmissione:
 - I. tipologia e topologia della rete (LAN, WAN o VPN), sistema telefonico (ISDN, ADSL, fibra ottica, wireless), apparati satellitari mono o bidirezionali, decoder, Voice over IP, Hi-Fi, Home theater.
- 5. Area inerente agli elettrodomestici intelligenti:
 - I. tutt'ora a livello sperimentale e con la supervisione di un'associazione, il Ceced, con l'obiettivo comune di gestire e controllare gli elettrodomestici attraverso sistemi di trasmissione Wi-Fi a bassa potenza, per esempio attraverso il protocollo Zigbee per le WPAN (*Wireless Personal Area Networks*).

Oltre a queste aree di interesse per la domotica potremmo aggiungerne un altro paio:

- 6. Area inerente al sistema di precablaggio strutturato:
 - I. in cui l'edificio in genere viene interfacciato con il cablaggio della città: reti interne tra edifici (LAN), reti esterne (WAN) e gli impianti elettrici tradizionali con la componentistica hardware del sistema domotico.
- 7. Area dei sistemi di arredamento componibili attrezzati o incorporati alla struttura edilizia che interfacciano il sistema domotico. [2] (Capolla, 2004)

Questi ultimi punti sono molto importanti nella progettazione di un sistema domotico, perché permettono, non subito nell'immediato, ma molte volte dopo qualche anno di utilizzo dell'abitazione o dell'edificio in genere, di ampliare i sistemi, soddisfacendo le nuove esigenze degli utenti finali; così facendo potranno essere evitate sovrapposizioni, interferenze e rifacimenti. A tale scopo è sempre preferibile prevedere una predisposizione di canaline, tubazioni, montanti, quadri e quant'altro possa essere necessario.

3. Capitolo I principali standard tecnologici

3.1 Introduzione agli standard

I sistemi domotici e in generale la *Home & Building Automation*, si basano su di un sistema BUS di campo. La tecnica impiantistica è quella di tenere distinte, ma non necessariamente separate, le linee di potenza da quelle di segnale. Le prime sono necessarie per portare alimentazione alle utenze, mentre le seconde sono dedicate al trasporto dei segnali di comando o dei sensori agli attuatori. Questa tecnica comporta notevoli semplificazioni nella realizzazione dell'impianto elettrico stesso, dato che ne riduce i tempi e aumenta la flessibilità. Infatti, utilizzando questa tecnologia, se un ambiente cambia la sua destinazione d'uso, oppure l'utente desidera cambiare la funzione di un comando, è sufficiente eseguire delle semplici modifiche alle logiche di comando o abbinare degli scenari, senza nessun cambiamento al cablaggio dell'impianto, ma semplicemente intervenendo via software. Il BUS impiegato normalmente, come vedremo più avanti nello specifico, è costituito da una coppia di conduttori che lavorano a 30 V DC in modalità SELV di categoria "0" con doppio isolamento. La modalità di scambio delle informazioni sul Bus, dipende dal tipo di protocollo scelto da ogni casa produttrice dei dispositivi. A livello Europeo ormai da diversi anni si sta imponendo il cosiddetto *Standard Konnex*, mentre in altri Paesi del mondo i protocolli variano da regione a regione.

3.2 Lo standard Europeo Konnex

A livello europeo, i tre principali standard presenti fino agli anni '90 erano:

- **BCI** (BatiBus): *BatiBus Club International*, il primo protocollo Europeo, sviluppato in Francia alla fine degli anni '80 da un insieme di aziende del settore elettrico Merlin Gerin, Landis & GYR, EDF e Airelec. Basato sulla trasmissione su doppino con velocità di trasmissione di 4800 bps;
- **EIBA** (EIB): *European Installation Bus Association*, nato a Bruxelles anche lui nel 1990, aperto a tutti i costruttori che intendevano sviluppare soluzioni per la Home & Building Automation, la cui trasmissione poteva appoggiarsi su doppino, linee di potenza (*Powerline*), ethernet, infrarossi e radiofrequenza con velocità massime di trasmissione di 10Mbps;
- **EHSA** (EHS): *European Home System Automation*, sviluppata sulla base dei progetti Eureka ed Esprit 2431 già dalla metà degli anni '80, risultava un sistema basato sulla trasmissione su rete elettrica ad onde convogliate (*PowerLine* 132kHz), ma comunque con la possibilità di interfacciarsi con tutti gli altri sistemi. La differenza rispetto agli altri sistemi era la possibilità di avere la funzione Plug & Play.

Con la costituzione del comitato tecnico CENELEC 105, denominato HBES (*Home and Building Electronic System*), s'inizia a spronare le associazioni di categoria affinché siano normalizzate le integrazioni dei processi di controllo degli edifici, in modo da permettere all'indotto di non sprecare risorse inutili con soluzioni *stand-alone* e proprietarie come si era fatto fino allora. In seguito, nel 1996 le tre associazioni intrapresero un percorso di unificazione del protocollo di comunicazione, in modo da normalizzare i criteri di progettazione, installazione e utilizzo basati sulle tre tecnologie.

Nell'ambito del Comitato Tecnico 205 del CENELEC, nel 1997 il gruppo di lavoro delle tre associazioni definì il protocollo aperto Standard Konnex (abbreviazione in KNX) a livello Europeo, cercando in tale modo di indurre un numero sempre maggiore d'impresе a progettare apparecchiature, ampliando il mercato dei sistemi Home & Building Automation.

Infatti, l'associazione definì i principali ambiti di standardizzazione e le priorità da affrontare durante la fase di convergenza:

- scelta mezzi trasmissivi;
- adozione delle regole di installazione definite dal CENELEC;
- definizione di un protocollo di comunicazione condiviso;
- sviluppo del modulo di collegamento con la rispettiva applicazione;
- definizione delle specifiche di tre modi di configurazione;
- garanzia dell'interoperabilità dei prodotti di differenti costruttori;
- generazione di un database di prodotti certificati.

Oggi Konnex ha ben 216 membri (tra questi la maggior parte sono aziende derivanti dal settore elettrico come ABB, Siemens, Vimar, Bticino, Gewiss, ecc.) in 30 Paesi e 770 Partner certificati. La figura del KNX Partner rappresenta la garanzia di un interlocutore tecnico competente e qualificato sul sistema KNX, dato che KNX Partner si diventa solo a seguito di un corso di formazione ed il superamento di un esame finale. Oltre ai KNX Partner l'associazione ha collaborazioni anche con il mondo scientifico che coinvolge, a livello mondiale, circa 70 enti universitari e scuole superiori. In questo momento in Italia vi sono quattro Partner scientifici:

- ISTI, Istituto di Scienza e Tecnica dell'Informazione di Pisa;
- Università degli Studi di Trento, Centro Universitario Edifici Intelligenti CunEdI;
- Università di Catania, Dipartimento di Computer e Telecomunicazioni;
- Università di Genova, Dipartimento di Ingegneria Elettrica.

La garanzia dell'interoperabilità degli apparecchi avviene con la certificazione di prodotto, dopo la quale sull'apparato stesso è apposto il marchio KNX, garantendo il funzionamento in uno stesso impianto di qualsiasi apparecchio di qualsiasi produttore. Per rendere il marchio KNX un simbolo di qualità ed interoperabilità, l'associazione ha definito una serie di requisiti per la certificazione di prodotto:

- il produttore deve essere in possesso di un sistema di qualità in accordo con la Norma ISO 9001;
- essere conforme ai requisiti delle Norme Europee EN 50090-2-2;
- essere conforme ai requisiti dei volumi 3 e 6 delle specifiche KNX;
- essere conforme ai requisiti di interoperabilità per quanto riguarda i tipi dati standard e i blocchi funzionali.

Lo sviluppo della normativa è stato importante per l'affermazione di questo standard, che ha offerto maggiori garanzie, sia a livello nazionale con la CEI EN 50090, sia a livello Europeo con la CENELEC EN 50090 e CEN EN 13321-1, che a livello internazionale con la ISO/IEC 14543-3.

3.3 Tecnologia Konnex

Lo standard Konnex si basa su una tecnologia di tipo distribuito e sull'intelligenza decentralizzata in tutti gli apparecchi, con un doppio vantaggio: ogni dispositivo è autonomo (dando la possibilità al sistema della continuità di servizio in caso di guasto di un apparecchio) e si ha la possibilità di scegliere il produttore che più interessa per la fornitura dell'apparecchio, data l'interoperabilità di questi ultimi. Il sistema è costituito da vari apparecchi che svolgono tutte le funzioni necessarie per la gestione di un impianto elettrico più o meno complesso, ogni apparecchio collegato al Bus dovrà comunque essere configurato in modo tale da identificarlo nella programmazione finale. Dunque il collegamento degli apparecchi è seguito da una configurazione che è distinta in tre tipologie:

- ✓ **System Mode (S-Mode):** questa modalità è ideale quando sono richieste funzioni di automazione e controllo varie e complesse ed il numero di apparecchi è elevato. La configurazione viene eseguita attraverso l'uso di un software specifico, l'ETS (Engineering Tool Software), utilizzando un *database* rilasciato dal produttore con le funzioni da programmare. Nei programmi applicativi sono disponibili una grande varietà di parametri ed opzioni per personalizzare il funzionamento degli apparecchi (Fig.3.1).

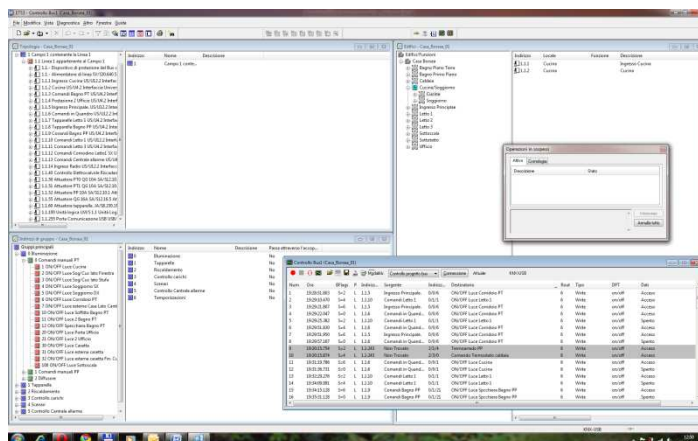


Fig.3.1 – Software di programmazione ETS3.

- ✓ **Easy Mode (E-Mode):** pensato per installatori con una formazione di base su KNX e una conoscenza applicativa limitata, programmabile senza l'uso del PC. È un sistema di configurazione adatto per piccole e medie estensioni, con un numero contenuto di apparecchi e funzioni. A differenza della configurazione System Mode, i dispositivi Easy Mode (Fig.3.2) contengono già al loro interno le possibili configurazioni, semplificando notevolmente il processo di messa in servizio del sistema. Infatti in fase di configurazione ci si limita a scegliere alcuni parametri e a stabilire i collegamenti logici fra gli apparecchi.



Fig.3.2 – Dispositivi di programmazione in modalità Easy-Mode: 1) sistema interfaccia Gewiss con palmare; 2) dispositivo portatile Hager; 3) modulo da quadro Gewiss preconfigurato.

- ✓ **Automatic Mode (A-Mode):** questa tipologia di configurazione è ancora in fase di sviluppo, in particolare per le applicazioni *end-user*, come, ad esempio, elettrodomestici o apparecchiature per l'*entertainment*. Gli apparecchi in questione dispongono al proprio interno di meccanismi di configurazione automatica che stabiliscono autonomamente il collegamento di comunicazione verso gli altri apparecchi presenti nel Bus. Tale sistema di configurazione è stato studiato appositamente per avvantaggiare utenti anche non professionisti.

Una rappresentazione schematica delle differenze sostanziali tra i tre livelli di configurazione, è rappresentata nella figura 3.3, in cui sono relazionate la complessità del progetto con le funzioni che possono essere realizzate. Si nota che impiegando il software ETS la programmazione è la più completa.

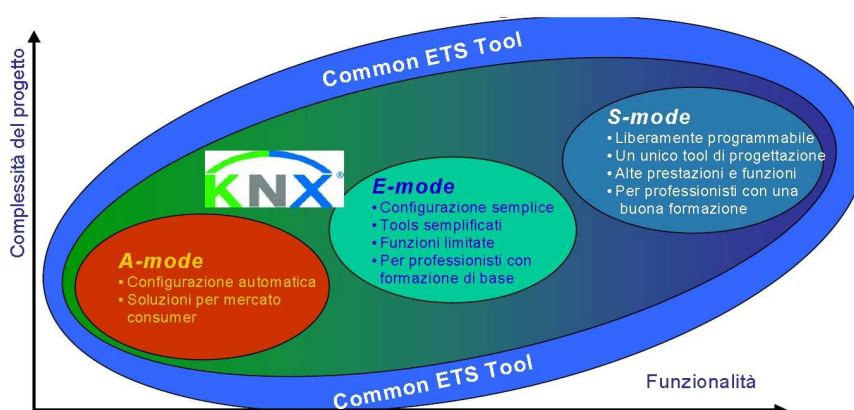


Fig.3.3 – Differenze sostanziali tra le tre configurazioni possibili.

Nella tabella 3.1 sono messi a confronto i livelli prestazionali che si possono raggiungere tra le due configurazioni attualmente disponibili, Easy Mode e System Mode.

Caratteristiche	Easy Mode	System Mode
Numero massimo dispositivi	64	Oltre 64.000
Architettura rete	Una sola linea	15 x 15 linee
Programmazione	Configuratore portatile o apparecchio pre-configurato oppure ETS	Solo con software ETS
Protocollo	KNX	KNX
Cablaggio	Doppino a tecnologia libera	Doppino tecnologia libera
Funzioni programmabili sui dispositivi	Solo le principali	Molte e con svariati parametri impostabili

Tab.3.1 – Confronto livelli prestazionali tra la configurazione E-Mode e S-Mode.

Il nucleo comune (*common kernel*), basato principalmente sullo standard EIB, contiene il sistema di comunicazione destinato a supportare la configurazione d'impianto e lo sviluppo delle applicazioni distribuite. Esso comprende, in definitiva, il protocollo per lo scambio dei messaggi, un insieme di mezzi trasmissivi diversi e i modelli per gestire la comunicazione in ogni nodo di rete. L'ampia

varietà di mezzi trasmissivi consente di coprire tutte le situazioni impiantistiche, dalla nuova costruzione alla ristrutturazione, nonché dai piccoli edifici residenziali ai grandi complessi terziari. L'unione in uno standard comune ha consentito alle varie associazioni di condividere la tecnica di trasmissione coprendo quindi il settore dell'automazione nella sua completezza.

I mezzi trasmissivi disponibili sono i seguenti:

- TP-0 (Twisted Pair, tipo 0): mezzo trasmissivo basato su cavo a conduttori intrecciati con *bitrate* di 4800 bits/s, proveniente da BatiBUS. I prodotti certificati KNX TP-0 funzionano sulla stessa linea Bus dei componenti certificati BatiBUS, ma non scambiano informazioni con essi.
- TP-1 (Twisted Pair, tipo 1): mezzo trasmissivo basato su cavo a conduttori intrecciati con *bitrate* di 9600 bit/s, proveniente da EIB. I prodotti certificati EIB e KNX TP-1 funzionano e comunicano fra di loro sulla stessa linea Bus.
- PL-110 (Power Line, 110 kHz): mezzo trasmissivo ad onda convogliata (power-line) con *bitrate* di 1200 bit/s, proveniente da EIB. I prodotti certificati EIB e KNX PL-110 funzionano e comunicano fra di loro sulla stessa rete di distribuzione dell'alimentazione elettrica.
- PL-132 (Power Line, 132 kHz): mezzo trasmissivo ad onda convogliata (power-line) con *bitrate* di 2400 bits/s, proveniente da EHS dove viene tuttora utilizzato. I componenti certificati KNX PL-132 ed EHS v.1.3a funzionano sulla stessa rete, ma non comunicano fra loro senza un convertitore di protocollo dedicato.
- RF (Radio Frequency, 868 MHz): mezzo trasmissivo in radiofrequenza con *bitrate* di 38.4 kbit/s, sviluppato direttamente all'interno della piattaforma standard KNX.
- IrDA (Infrared Data Association): diodi emettitori di radiazione infrarossa, comunemente detti LED infrarossi, che evitano interferenze con le onde radio.
- ✓ Ethernet (KNXnet/IP): mezzo trasmissivo molto impiegato che può essere utilizzato unitamente alle specifiche KNXnet/IP, le quali permettono il trasferimento del telegramma KNX nel protocollo standard IP.

3.4 Gli standard a livello mondiale

Gli standard domotici a livello mondiale sono svariati; la differenza sostanziale è legata al protocollo impiegato e all'area geografica del loro sviluppo. La figura 3.4 suddivide i protocolli in funzione delle regioni di utilizzo.



Fig.3.4 – Suddivisione protocolli secondo le regioni di utilizzo.

In questo paragrafo saranno elencati alcuni protocolli di comunicazione maggiormente utilizzati nella Building Automation. Si differenziano principalmente per il mezzo trasmissivo su cui si basano,

dalle linee di potenza alle linee in cavo Twisted Pair e infine alla trasmissione in radio frequenza. Tale caratteristica dà la possibilità di rendere minimo l'hardware necessario al suo funzionamento, in modo tale da rendere più semplice il dispositivo senza nulla togliere alla qualità del prodotto. La varietà dei mezzi di trasmissione può rendere incompatibili alcuni dispositivi rispetto ad altri della concorrenza, ma questo dà luogo a uno scenario di mercato estremamente eterogeneo.

- **X-10:** standard sviluppato fin dal 1976, largamente diffuso negli Stati Uniti. I dispositivi utilizzano la rete elettrica ad onde convogliate (PL) su frequenza di 120 kHz. Massima espandibilità di 255 apparecchi controllati da una centralina o PC. Tramite X-10 è possibile l'automazione solamente di semplici funzionalità domestiche. L'estrema semplicità e il basso costo di installazione e realizzazione di prodotti compatibili hanno fatto sì che le aziende realizzassero molti prodotti idonei allo standard e quindi, ancora oggi, lo X-10 è molto diffuso.

- **LonWorks:** standard del 1990 basato sulle specifiche X-10 ed EIA 709 della Echelon Corporation. Impiega qualsiasi sistema di trasmissione, TP, rete elettrica, cavo coassiale, IrDA, RF e fibra ottica. Protocollo aperto molto apprezzato dagli sviluppatori per la semplicità di installazione, manutenzione e il basso costo di installazione. Ciò è stato possibile grazie all'implementazione del protocollo realizzata su un singolo chip da Motorola e Toshiba. In Italia viene impiegato per la gestione dei nuovi contatori elettronici, forniti dall'ENEL, per la lettura a distanza delle informazioni e dalla Meliconi elettrodomestici per le proprie applicazioni.

- **CEBus (Consumer Electronic Bus):** sviluppato nel 1984 negli Stati Uniti dalla EIA con l'intento di realizzare uno standard flessibile e modulare per l'Home Automation, con particolare attenzione all'introduzione della domotica nelle case già esistenti e quindi non progettate a tale scopo. Anche questo sistema può utilizzare vari sistemi di trasmissione. Lo standard prevede un'architettura completamente distribuita e la possibilità di aggiunta/rimozione che non interrompe il funzionamento del sistema.

- **HAVi:** l'architettura *Home Audio-Video interoperabilità*, è stata sviluppata nel 1998 da otto grandi produttori di apparecchiature elettroniche (Grundig, Hitachi, Matsushita, Philips, Sharp, Sony, Thomson e Toshiba) sotto forma di una architettura di una rete domestica paritetica e distribuita. La tecnologia è basata sull'interfaccia IEEE-1394 (FireWire) Plug & Play, che consente una larga banda in grado di trasmettere contenuti audio/video in tempo reale. Questo sistema prevede un massimo di 63 dispositivi collegati nella stessa rete. Anche questa tecnologia prevede un'architettura completamente distribuita senza bisogno di alcuna unità centrale. Infatti, ogni singola periferica implementa sia la funzione di controllore che di controllato, in cui l'utente finale può gestire l'intera rete tramite una comoda interfaccia dalla quale riesce ad accedere a tutte le funzionalità.

- **Bluetooth:** sistema che si basa sulla trasmissione RF ad onde radio a bassa frequenza operante a 2,4 GHz realizzato per la prima volta nel 1994 dai maggiori produttori di apparecchiature telefoniche. Sviluppato inizialmente per collegare auricolari con telefoni cellulari, è stato poi migliorato proprio per le sue caratteristiche di stabilità a corto raggio. Infatti consente una interconnessione immediata tra i dispositivi che si trovano in un raggio di 10 metri, successivamente migliorata con Bluetooth 2 con coperture fino a 100m. La rete che si crea viene chiamata PicoNet, con possibilità di interconnessione virtuale fino a 256 dispositivi. Il sistema è stato progettato proprio per il basso consumo e la possibilità di essere installato su un'ampia gamma di apparecchiature, ma ha una struttura master-slave che impone la presenza di un'unità centrale.

- **Jini:** *Java Intelligent Network Infrastructure* è una tecnologia progettata dalla SUN all'inizio del 1999. Questo standard permette ad ogni dispositivo, collegato in rete di pubblicare i servizi che mette a disposizione, in modo che essi vengano conosciuti dalle altre periferiche condividendo quindi le informazioni. Per poter far parte dell'architettura Jini, ogni dispositivo deve essere dotato di capacità di calcolo e di una certa quantità di memoria.
- **EDS:** questo protocollo, *En-Decoder System World Datapak*, è stato sviluppato allo scopo di fornire funzioni domotiche a basso costo ed implementazioni in abitazioni già esistenti. Il sistema prevede la trasmissione bidirezionale impulsiva di dati in banda base su un monofilo telefonico con riferimento a massa, oppure attraverso onde convogliate o RF. Inoltre lo standard non risulta essere aperto ma coperto da brevetti.
- **OSGi:** *Open Service Gateway initiative* è uno standard aperto sviluppato nel 1999, con lo scopo di specificare una piattaforma di servizi basati su Java in grado di essere controllata in remoto. Il cuore del servizio è un frame work che definisce un registro di servizi e un modello di ciclo di vita delle applicazioni. Lo scopo è quello di dare la possibilità di installare, disinstallare, avviare o bloccare componenti senza riavviare il sistema. Nelle applicazioni domotiche può essere visto come un'unità centrale di controllo.
- **UPnP:** *Universal Plug and Play* permette a svariati dispositivi di riconoscersi e di comunicare direttamente tra di loro attraverso apparecchiature intermedie come PC e quindi attraverso un'interfaccia Web. Questa tecnologia è supportata da Microsoft a cui si sono unite molte altre società nei settori dell'elettronica di consumo, informatica, sicurezza, reti, dispositivi per la casa ed automazione domestica. È completamente indipendente dai mezzi trasmissivi, dai sistemi operativi e dai linguaggi di programmazione usati nei singoli dispositivi.
- **HBS:** nata nel 1988 (*Home Bus System*) da un consorzio di società giapponesi, l'EIAJ Electronic Industries Association of Japan, per rispondere al protocollo proposto dall'Europa, EHS European Home System, e dall'americana CEBus. Utilizza un sistema d'interoperabilità tra le reti IEEE-1394, per quanto riguarda le periferiche interne all'abitazione, e le reti come internet o la TV via cavo per la connessione dall'esterno per dare la possibilità all'utente finale di poter controllare da remoto la casa.
- **ZigBee:** il protocollo è stato sviluppato dalla ZigBee Alliance, impiega un sistema di trasmissione RF, che lavora tra tre bande 2,4 GHz, 902-928 MHz e 868,3 MHz, a bassa potenza sullo standard IEEE-802.15.4 per le Wireless Personal Area Network (WPAN), nel 2003. Tale sviluppo dà la possibilità di contenere sia i costi sia i consumi rispetto ad altre tecnologie simili. Ha notevoli caratteristiche di sicurezza e la possibilità di collegare un alto numero di unità. È stato concepito proprio per applicazioni nell'ambiente domestico per poter essere integrato negli oggetti/elettrodomestici di uso comune di qualsiasi produttore, essendo un protocollo aperto. Non è stato studiato per l'interfacciamento con sistemi d'intrattenimento, ma con la possibilità di interfacciarlo con sistemi Wi-Fi ed attraverso un *bridge* con reti ethernet con cui è possibile controllarlo attraverso un PC e quindi anche attraverso internet.
- **Z-Wave:** realizzato dalla società Danese Zensys è un protocollo wireless molto simile allo ZigBee, che lavora a 915 MHz e 868 MHz. Tecnologia sviluppata sempre per applicazioni domotiche e con un raggio di 30 metri è proposta come rivale allo ZigBee sempre con consumi ridotti ma forse con il vantaggio di non avere necessità di un'unità centrale e la comunicazione tra dispositivi tra loro fuori portata avviene tramite la ripetizione del segnale dai nodi intermedi.

4. Capitolo Dispositivi impianto Domotico basato sullo standard Konnex

4.1 Generalità

Nel sistema Konnex i vari dispositivi sono collegati con un doppino ritorto (Twisted Pair), con 6 spire per metro, che porta sia il segnale che l'alimentazione. Si basa sul modello a sette livelli ISO/OSI rispondente alla norma EN 50090. La trasmissione ha una velocità di 9600 baud, non elevata ma molto affidabile, in modalità asincrona per limitare il più possibile interferenze elettromagnetiche. La modalità di controllo dei segnali inviati nel Bus utilizza il sistema CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) attraverso il quale un dispositivo verifica l'assenza di altro traffico, in un tempo t , prima di trasmettere, con controllo del telegramma per eliminare gli errori dovuti alle possibili collisioni. Ogni destinatario conferma la ricezione del telegramma: se ciò non avviene, l'invio dello stesso può essere ripetuto fino a tre volte. Se la ricezione non è confermata, la procedura d'invio è interrotta e l'errore è registrato nella memoria interna del trasmettitore. L'unità di sistema più piccola è la cosiddetta "linea", che può collegare fino a 64 dispositivi Bus, senza vincoli sulle funzioni svolte. Questa prima applicazione è normalmente impiegata per le applicazioni residenziali. Invece per applicazioni medie e grandi, tipo edifici per il terziario, le "linee" possono essere ampliate sino a 15, creando in questo modo la cosiddetta "area". Un sistema EIB/Konnex può raggiungere un'estensione massima di 15 "aree" distinte per un totale di 14400 dispositivi (Fig.4.1). Nel caso in cui si desideri realizzare un ampliamento delle "linee", è possibile espandere ogn'una di queste con altri 3 segmenti, per un numero complessivo di 256 apparecchi per "linea" (Fig.4.2), raggiungendo al massimo 57600 dispositivi.

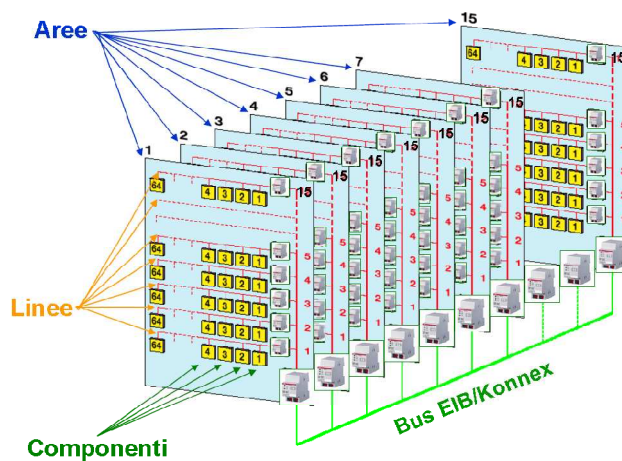


Fig.4.1 – Estensione impianto basato sullo standard EIB/Konnex.

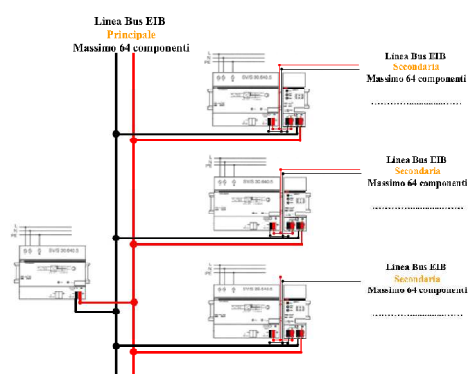


Fig.4.2 – Possibile ampliamento delle “linee” sullo standard EIB/Konnex.

Le linee secondarie sono collegate alle linee principali mediante i cosiddetti “Accoppiatori di Linea” (AL), mentre le linee principali sono collegate alla linea dorsale mediante gli “Accoppiatori di Area” (AA). Il vantaggio di questo sistema è che i singoli dispositivi possono essere connessi in qualunque punto del cavo Bus e su qualunque livello di collegamento. Non ci sono regole specifiche nella realizzazione del cablaggio fisico della rete Konnex, infatti, può avere la distribuzione che più si preferisce (lineare, a stella, ad albero o una loro qualsiasi combinazione) purché si rispettino gli standard definiti dall’associazione per garantire il perfetto funzionamento (Tab.4.1).

Descrizione	Metri
Lunghezza massima della singola linea comprensiva di tutte le diramazioni effettuate	1000
Distanza massima fra due dispositivi lungo la stessa linea	700
Distanza massima fra un qualsiasi dispositivo e l’alimentatore della linea	350
Distanza minima fra due alimentatori collegati alla stessa linea	200

Tab.4.1 – Specifiche di cablaggio per rispettare il corretto funzionamento dell’impianto.

Vediamo ora i principali dispositivi dell’impianto di Building Automation basato sullo standard Konnex.

4.2 Il cavo EIB/KNX

Il cablaggio degli apparecchi è effettuato utilizzando un cavo certificato e riconosciuto dall’associazione. In funzione dell’applicazione che si deve realizzare, vi sono due modelli, entrambi schermati, intrecciati e con tensione di prova di 4kV, che sostanzialmente differiscono solo per il numero di coppie. Per l’alimentazione delle linee normalmente è impiegato il PYCYM 1x2x0,8 a sezione tonda con i conduttori rispettivamente rosso e nero, per rispettare la polarità. Nel caso in cui si alimentino pannelli *touch-screen* o dispositivi che richiedono un’ulteriore alimentazione, viene impiegato il cavo PYCYM 2x2x0,8 che oltre alla coppia indicata precedentemente, possiede una coppia bianco e giallo per l’alimentazione secondaria. Questa tipologia di cavi può essere stesa anche all’interno delle canalizzazioni di potenza, avendo un grado d’isolamento di 800 V, secondo le indicazioni della norma CEI 64/8.

Esistono anche altre tipologie di cavo, come le piattine e i cavi composti (Bus/energia), tuttavia non sono molto impiegate nelle applicazioni piccole, ma soprattutto in quelle medio/grandi, come hotel, edifici a uso terziario e commerciale, dove sono presenti intercapedini di dimensione adeguate.

4.3 L'alimentatore

Questo dispositivo è necessario per l'alimentazione del Bus di campo e può avere vari amperaggi, scelto in funzione dei numeri di dispositivi da collegare. In funzione delle dimensioni dell'impianto HBES che si sta realizzando, è necessario rispettare degli accorgimenti imposti dallo standard. Ogni linea principale e secondaria devono avere il suo alimentatore. Se le distanze tra i vari dispositivi sono notevoli, possono essere inseriti al massimo due alimentatori per linea, ma questi non devono distare meno di 200 m.

4.4 L'accoppiatore di linea e area

Il dispositivo impiegato è sempre lo stesso sia per l'AA (Accoppiatore di Area) sia per l'AL (Accoppiatore di Linea) e le loro funzioni specifiche (accoppiatore o ripetitore) sono definite a livello software tramite l'ETS. In particolare ciascun accoppiatore, che assicura anche la separazione galvanica delle linee, può essere parametrizzato per filtrare le informazioni che interessano la linea controllata: in sostanza si ha un filtro dei telegrammi in entrata e in uscita tra le linee connesse, lasciando transitare verso l'esterno solamente i telegrammi non destinati ai dispositivi interni alla linea o all'area interessata e invece permettendo l'ingresso dei soli telegrammi destinati alla linea o all'area interessata. Ci offre due vantaggi notevoli:

1. ciascuna linea o area può funzionare anche in modo del tutto autonomo rispetto ad altre sezioni dell'installazione;
2. si ottiene una notevole riduzione del traffico di dati, con il conseguente miglioramento dei tempi di risposta del sistema.

4.5 Dispositivo di protezione

È un semplice scaricatore di sovratensione collegato alla linea Bus e al conduttore di terra dell'impianto dell'edificio. È consigliabile l'installazione su ogni linea in cui è presente un alimentatore, quindi normalmente alla fine del cavo Bus di linea e di area.

4.6 Interfacce di sistema

Tra i vari dispositivi di programmazione/controllo ormai si è imposta l'interfaccia USB, ma gradualmente sarà sostituita dalla IP, data la sua presenza in molte realtà sia del settore terziario che in quello residenziale. È un'interfaccia su guida Din oppure da scatola portafrutti, che consente la connessione tra PC e il sistema EIB/KNX, attraverso la quale è possibile eseguire la programmazione e il controllo dello stato del Bus con il software ETS versione 3.

Altre tipologie d'interfaccia sono utilizzate per comunicare con altri protocolli di comunicazione tipo il ModBus oppure il Dali, nonché consentire la comunicazione a grandi distanze come le interfacce per fibra ottica. In quest'ultimo caso può essere interessante il suo impiego per collegare due sezioni di uno stesso impianto a grande distanza, riducendo il numero di dispositivi di protezione da scariche atmosferiche e sovratensioni che sono necessari quando si stendono cavi tra due edifici diversi.

4.7 Interfacce d'ingresso

Le interfacce d'ingresso si distinguono in digitali e analogiche, da quadro e da scatola portafrutti. Quelle digitali acquisiscono le informazioni provenienti da pulsanti, interruttori o da qualsiasi apparecchio in grado di fornire un'informazione di tipo On/Off. Sono utilizzabili con qualsiasi famiglia di frutti presenti nel mercato (Vimar, Gewiss, ABB, Siemens, ecc), che l'utente finale desidera. Per esigenze di tipo pratico vi sono le cosiddette interfacce universali, in gergo chiamate "ragnetti", che possono essere poste all'interno delle classiche scatole portafrutti 503, le quali hanno dai 2 ai 12 canali di ingresso/uscita.

Le interfacce d'ingresso di tipo analogico si utilizzano per rilevare ed elaborare variabili analogiche. I canali liberamente configurabili possono rilevare sia segnali in tensione sia in corrente negli standard più diffusi, per esempio 0÷20 mA, 0÷10 V in DC. I contatti collegabili possono essere in tensione sia a 230 V AC/DC che a 24 V AC/DC, nonché contatti puliti liberi da tensione, in funzione delle esigenze richieste durante la realizzazione dell'impianto.

4.8 Terminali di uscita

I terminali di uscita si distinguono in digitali e analogici. Essi consentono di comandare direttamente carichi resistivi, induttivi e capacitivi, con comandi anche a bordo in caso di necessità. Le loro caratteristiche si differenziano principalmente per la corrente massima che possono controllare e per il numero di canali. Su alcuni modelli è inoltre integrato un circuito per il rilevamento della corrente che vi circola, questo sarebbe molto utile per controllare i carichi di tutto l'impianto, in modo tale da staccare utilizzatori non necessari in una prospettiva di risparmio energetico. Altri terminali hanno la possibilità di regolare in corrente o tensione i segnali provenienti dal Bus, per esempio nella regolazione della luminosità.

4.9 Accoppiatore BCU (*Bus Coupling Unit*)

L'accoppiatore BCU consente lo scambio dei segnali tra modulo applicativo e il resto del sistema. Questa è l'unità base sulla quale possono essere collegati numerosi dispositivi, dai sensori a infrarossi, ai termostati ambiente, ai pulsanti multi comando, ai pannelli multifunzione ecc, e terminali di uscita per il comando di utilizzatori. Quest'unità di base ha origine nei paesi nord europei in cui si utilizza moltissimo la scatola rotonda da incasso come portafrutti.

4.10 Unità logica

Questo modulo contiene al suo interno le logiche di programmazione necessarie per realizzare funzioni di controllo specifiche del progetto. Il dispositivo consente di implementare contemporaneamente fino a tre delle seguenti funzioni: porta logica, filtro, temporizzazione, moltiplicatore, sensore dei valori minimo/massimo, comparazione, commutazione di valori, conversione di formato, supervisione del limite, scenari, contatore, luci scala.

4.11 Orologio programmatore

Per una gestione di determinate funzioni nelle varie ore giornaliere oppure in relazione al periodo dell'anno, vi è un dispositivo con funzione di orologio programmatore interfacciabile con un'antenna per ricevere il segnale radio DCF77. Oltre a commutare carichi secondo un programma temporale, consente l'invio della data e dell'ora sul Bus per sincronizzare gli altri dispositivi.

4.12 Attuatori per tapparelle o sistemi di ombreggiamento

Sono dispositivi studiati appositamente per applicazioni di controllo di tapparelle e veneziane in genere. Come richiesto nella gestione di motorizzazioni di questo tipo, il dispositivo consente funzioni di: su/giù, stop regolazione, memorizzazione della posizione, controllo automatico protezione solare e controllo automatico riscaldamento/raffrescamento abbinati a sensori.

4.13 Termostati e cronotermostati

Esistono due tipologie: dispositivi da interfacciare con l'accoppiatore BCU oppure altri che possono essere scelti dai vari produttori abbinabili alla linea civile. Il loro funzionamento può essere programmato secondo la scelta dell'applicazione in cui viene inserito. Può essere impiegato come regolatore a soglia (classico termostato Fig.4.3), come regolatore proporzionale a larghezza d'impulsi On/Off (funzione PWM Pulse Width Modulation Fig.4.4) oppure regolatore proporzionale integrale (PI) per realizzare il controllo della temperatura di riscaldamento o raffreddamento.

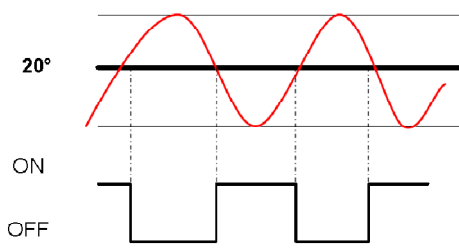


Fig.4.3 – Regolazione classica di un termostato ambiente.

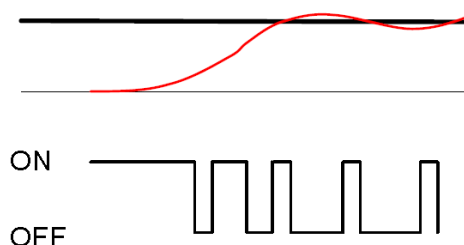


Fig.4.4 – Regolazione secondo logica PWM.

La scelta di programmazione consente di migliorare notevolmente i consumi e quindi un risparmio energetico.

4.14 Pannelli di comando o visualizzatori

Tutti i produttori di sistemi domotici hanno realizzato numerosi apparati che possono fornire semplicemente delle informazioni di sistema, tipo temperatura, stato di funzionamento di un utilizzatore oppure indicazioni sui consumi energetici, ma possono essere anche multifunzione, con display touch-screen come controllo di informazioni e di intrattenimento, nonché con sensori vari già integrati a bordo. Sono stati progettati in modo che abbiano anche un'estetica gradevole in relazione agli ambienti di installazione, con possibilità di scegliere tra numerose cornici di abbellimento. Tali

dispositivi hanno un'impostazione che rende semplice e veloce la supervisione dell'impianto, passando da un menù all'altro in pochi passaggi.

4.15 Sensori

Come sempre accennato, un impianto domotico deve poter assistere l'utilizzo dell'impianto elettrico sia nel settore residenziale sia terziario. Affinché questo avvenga, l'impianto EIB/KNX deve essere interfacciato con tutta una serie di sensori per rilevare qualsiasi situazione necessaria per abilitare determinate funzioni sia per un suo corretto funzionamento che per migliorare il risparmio energetico dell'edificio. Questa sezione è notevolmente ampia, ci limiteremo a considerarne alcuni.

- *Stazioni meteo o sensore meteorologico*: consentono di rilevare diverse situazioni ambientali, normalmente all'esterno degli edifici, attraverso un sensore crepuscolare, con possibilità di rilevare la luminosità di tre punti cardinali, un sensore pioggia, un sensore di temperatura ed un sensore vento.
- *Sensore di luminosità*: per applicazioni interne, in grado di analizzare la luminosità nell'ambiente in cui è stato installato, per esempio per regolare l'intensità luminosa emessa dai corpi illuminanti.
- *Sonda di temperatura*: per rilevare la temperatura in più punti dell'ambiente.
- *Rilevatore di movimento*: sensore con altissima sensibilità per rilevare anche i più piccoli movimenti, per esempio per applicazioni di accensione dei corpi illuminanti in presenza di persone nell'ambiente.
- *Sensore presenza acqua*: per rilevare possibili allagamenti.
- *Rilevatore di fumo*: per rilevare presenza di fumo dovuto agli incendi.
- *Rilevatore di gas*: impiegato per rilevare possibili fughe di gas dai piani cottura o dalla caldaia.
- *Sensore magnetico*: per rilevare l'apertura di qualsiasi finestra o porta dell'edificio in questione, per esempio per interrompere il riscaldamento o raffrescamento dello specifico ambiente.

4.16 Sistemi di supervisione

Benché un impianto su tecnologia KNX non richieda un PC né alcun software per operare (una volta configurato con ETS), spesso è richiesta la possibilità di gestire le sue funzionalità in modo centralizzato da PC attraverso un cosiddetto software di supervisione. I compiti solitamente richiesti a simili software sono:

- poter comandare i dispositivi presenti direttamente da PC e visionarne lo stato aggiornato in tempo reale;
- poter modificare alcuni parametri di configurazione dell'impianto in corso di funzionamento;
- poter visionare e gestire situazioni di allarme;

- poter integrare le suddette funzioni con altre tecnologie, sia impiantistiche che informatiche.

Questi software di supervisione hanno la necessità di funzionare su una piattaforma PC o miniPC con una connessione direttamente sul Bus del sistema Konnex oppure attraverso la porta USB di configurazione. Un esempio possono essere il miniPC della Domoticalabs (Konnexion Fig.4.5), i kit di Sistema Casa, EasyDom, oppure semplici software come Aston WinSwitch (Fig.4.6). I miniPC sono veri e propri mini computer studiati e configurati appositamente per la supervisione e il controllo del sistema domotico, puntando a fattori come stabilità di sistema (magari su piattaforme Linux) e bassissimi consumi, poiché dovranno funzionare 24h/24h tutti i giorni dell'anno, come il sistema domotico. I kit sono costituiti da software e sistemi d'interfacciamento dedicati alla supervisione. Infine i software puri possono essere installati su qualsiasi PC che sarà poi collegato al sistema attraverso la porta USB oppure ethernet. In quest'ultimo caso, per contenere i consumi deve essere previsto l'acquisto di un PC possibilmente con potenze ridotte (esempi attuali hanno spinto questi ultimi a consumi attestati dai 10 ai 20 W).



Fig.4.5 – Supervisione Konnexion della Domoticalabs.

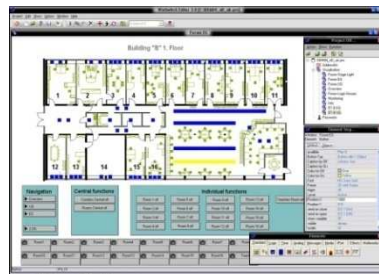


Fig.4.6 – Supervisione WinSwitch della Aston.

5. Capitolo Efficienza energetica negli edifici

5.1 Contesto energetico

Il tema dell'aumento specifico dei consumi energetici nel tempo è ormai oggetto di elevata attenzione. Infatti, negli ultimi 400 anni si è passati da un fabbisogno di energia pro capite di 0,3 Toe/cap (Tonnellate equivalenti di petrolio pro-capite) agli 1,6 Toe/cap (Fig.5.2), fino ad arrivare ai 3÷8 Toe/cap nell'era della tecnologia moderna (Fonte dati: Key World Energy Statistic 2009, IEA).

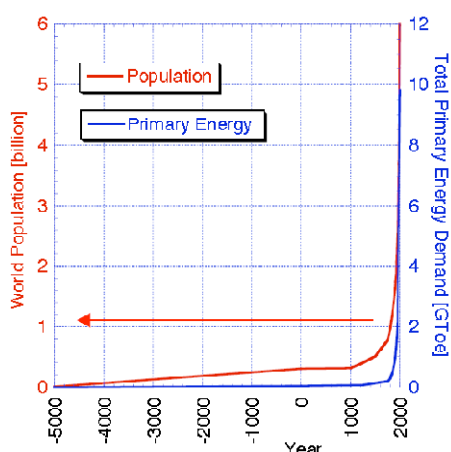


Fig.5.1 – Domanda di energia primaria e popolazione mondiale negli anni.

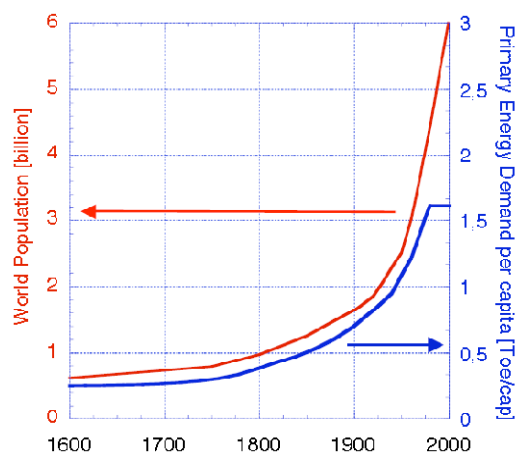


Fig.5.2 – Domanda di energia primaria e popolazione mondiale negli ultimi 400 anni.

Il tutto, come si può notare nei grafici soprastanti, è legato all'aumento mondiale della popolazione che allo stato attuale ha raggiunto quota:

World Population

6,888,693,600 Current World Population

Partendo dai primi anni in cui l'unica fonte di energia conosciuta era il cibo, si è passati attraverso la scoperta del fuoco e lo sfruttamento dell'energia del sole. Il salto successivo nel consumo di energia è stato l'addomesticamento di animali selvatici per formare il bestiame e l'introduzione dell'agricoltura. Poi si è passati attraverso l'agricoltura avanzata e cioè quando la gente ha iniziato a usare il carbone e a costruire macchine per lo sfruttamento del vento e acqua (mulini ad acqua, mulini a vento, navi a vela), arrivando fino alla prima rivoluzione industriale. In questo periodo, con l'introduzione delle macchine a vapore, l'uomo ha richiesto molta più energia. Si fecero delle considerazioni sulle quantità di legname disponibile per la produzione di vapore, introducendo anche dei programmi di forestazione, che comunque non erano sufficienti a coprire la grande richiesta che si stava sviluppando. Infatti, fino a che non furono scoperti grandi giacimenti di carbone, non s'iniziò a utilizzare energia su larga scala. Come ultima analisi, ci spostiamo nel periodo della tecnologia moderna, in cui, con l'introduzione delle macchine a combustione interna e l'impiego dell'elettricità nella vita quotidiana, s'inizia ad avere un'impennata dei consumi pro capite e di conseguenza un aumento dell'inquinamento globale. Come si può notare nella figura 5.3, si ha l'aumento quasi esponenziale dei consumi annui di energia soprattutto nei paesi più sviluppati. [3] (Zollino, 2010)

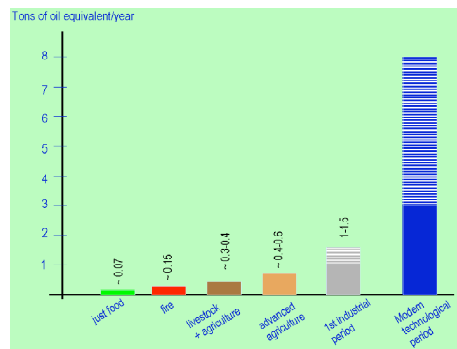


Fig.5.3 – Consumo di energia per anno in Tep (Tonnellate equivalenti di petrolio) in relazione all’età storica.

Per avere un’idea della quantità di energia utilizzata da ogni paese, viene utilizzato un indice. Negli anni ‘90 s’instaura un indice chiamato *HDI Human Development Index* (Indice di Sviluppo Umano) attraverso il quale è possibile identificare ogni paese riferendo i parametri di sviluppo a tre fattori quali:

- *aspettativa di vita alla nascita*, come indice di salute della popolazione e longevità;
- *la conoscenza e l’istruzione*, misurata dal tasso di alfabetizzazione degli adulti;
- *il tenore di vita*, misurato dal logaritmo naturale del Prodotto Interno Lordo (PIL) pro capite a Parità di Potere d’Acquisto (PPP) in USD.

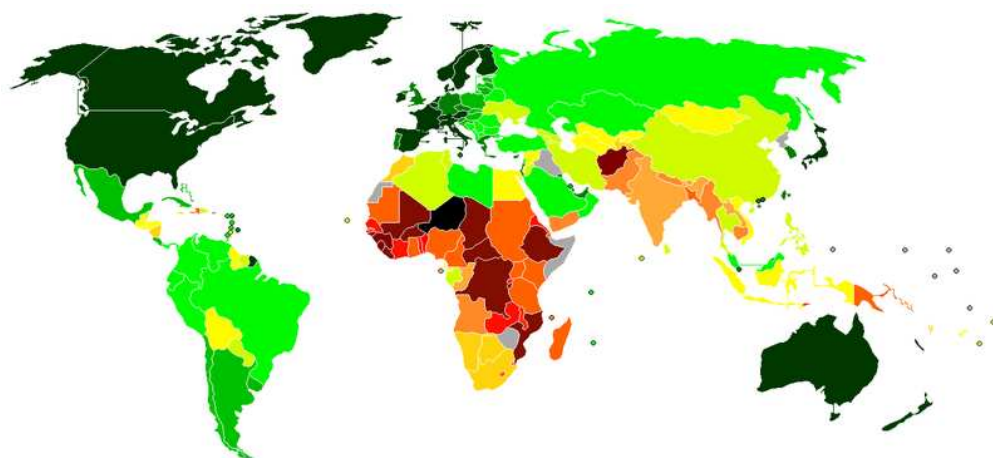
Attraverso tale indice siamo in grado di identificare le regioni del mondo in cui lo sviluppo umano è più alto rispetto ad altri e quindi quelle regioni in cui la modernizzazione e l’industrializzazione sono più sviluppate, che corrispondono alle regioni più o meno *energivore*.

Come indicato nella relazione finale del Human Development Report 2009 (Fig.5.4), l’Italia nell’analisi del suo sviluppo si trova al 18° posto e fa parte dei paesi con HDI ad “alto sviluppo”.

HDI Rank	Human development index trends										Average annual growth rate (%)			
	1980	1985	1989	1995	2000	2005	2006	2007	2006	2006-2007	1980-2007	1980-2007	1980-2007	2009-2007
VERY HIGH HUMAN DEVELOPMENT														
1	Norway	0.900	0.912	0.924	0.948	0.961	0.968	0.970	0.971	1	0	0.38	0.29	0.16
2	Australia	0.871	0.883	0.902	0.908	0.954	0.967	0.968	0.970	2	0	0.40	0.40	0.24
3	Ireland	0.865	0.854	0.903	0.918	0.943	0.945	0.947	0.948	3	0	0.33	0.36	0.59
4	Denmark	0.861	0.873	0.920	0.908	0.948	0.943	0.945	0.945	4	0	0.29	0.31	0.27
5	Iceland	0.840	0.855	0.879	0.903	0.936	0.946	0.944	0.945	5	0	0.52	0.55	0.44
6	Netherlands	0.862	0.873	0.917	0.928	0.950	0.950	0.951	0.951	7	1	0.30	0.30	0.21
7	Sweden	0.865	0.865	0.906	0.927	0.954	0.960	0.961	0.962	6	1	0.32	0.35	0.14
8	France	0.870	0.880	0.909	0.927	0.941	0.946	0.948	0.949	11	3	0.34	0.32	0.30
9	Switzerland	0.862	0.876	0.900	0.921	0.948	0.947	0.949	0.950	9	0	0.25	0.25	0.19
10	Japan	0.867	0.872	0.918	0.931	0.943	0.946	0.948	0.949	10	0	0.29	0.26	0.26
11	Luxembourg	...	...	...	...	...	0.956	0.959	0.959	8	0	...	...	...
12	Finland	0.865	0.882	0.904	0.916	0.938	0.942	0.945	0.945	13	1	0.38	0.35	0.32
13	United States	0.864	0.870	0.923	0.929	0.949	0.946	0.946	0.946	12	-1	0.26	0.21	0.11
14	Austria	0.862	0.878	0.909	0.920	0.940	0.940	0.940	0.940	15	2	0.27	0.35	0.22
15	Spain	0.865	0.880	0.896	0.914	0.921	0.940	0.942	0.945	16	0	0.41	0.37	0.36
16	Denmark	0.882	0.871	0.890	0.917	0.926	0.940	0.942	0.943	11	2	0.20	0.28	0.28
17	Belgium	0.871	0.886	0.904	0.923	0.946	0.947	0.949	0.949	17	0	0.34	0.31	0.19
18	Italy	0.859	0.869	0.904	0.886	0.927	0.947	0.949	0.949	18	1	0.36	0.31	0.26
19	Liechtenstein	...	...	...	...	...	0.950	0.951	0.951	19	-1	...	...	...
20	New Zealand	0.863	0.874	0.894	0.911	0.930	0.946	0.948	0.950	20	0	0.36	0.40	0.30
21	Netherlands	0.861	0.870	0.901	0.920	0.922	0.947	0.948	0.947	21	0	0.26	0.26	0.24
22	Germany	0.863	0.877	0.896	0.919	...	0.942	0.945	0.947	22	0	0.32	0.33	...
23	Singapore	0.785	0.805	0.851	0.864	...	0.942	0.944	0.944	24	1	0.66	0.61	...
24	Hong Kong, China (SAR)	...	...	...	...	...	0.939	0.943	0.944	25	-1	...	...	...
25	Denmark	0.844	0.857	0.892	0.914	0.905	0.935	0.938	0.942	25	0	0.41	0.46	0.79
26	Denmark (Republic of)	0.729	0.760	0.802	0.837	0.860	0.927	0.923	0.927	26	0	0.67	0.62	1.04
27	Israel	0.825	0.853	0.868	0.883	0.908	0.929	0.932	0.935	28	1	0.44	0.44	0.42
28	Austria	...	...	...	...	...	0.913	0.914	0.914	27	+	...	...	...
29	Slovenia	...	...	0.853	0.861	0.892	0.918	0.924	0.929	29	0	...	0.51	0.58
30	Swiss Confederation	0.867	0.843	0.896	0.889	0.935	0.917	0.919	0.920	30	0	0.39	0.29	0.22
31	Israel	0.862	0.835	...	...	...	0.916	0.916	0.916	31	0	0.44	...	...
32	Cyprus	...	...	0.849	0.866	0.897	0.908	0.911	0.914	32	0	...	0.43	0.26
33	Oman	...	...	...	...	0.870	0.900	0.905	0.910	34	1	...	...	0.64
34	Poland	0.788	0.762	0.829	0.870	0.895	0.904	0.907	0.908	35	-1	0.62	0.62	0.22
35	United Arab Emirates	0.763	0.806	0.834	0.845	0.848	0.890	0.890	0.902	37	2	0.72	0.47	0.91
36	Czech Republic	...	...	0.847	0.867	0.868	0.894	0.899	0.905	36	0	...	0.58	0.56
37	Belgium	...	...	...	...	...	0.890	0.891	0.902	38	2	...	...	...
38	Malta	...	0.800	0.826	0.856	0.874	0.897	0.899	0.902	38	3	0.50*	0.45	0.45

Fig.5.4 – Posizione dei primi 38 paesi a livello mondiale con HDI ad alto sviluppo. Fonte: Human Development Report 2009.

Tale indice viene poi riflesso nella figura 5.5, in cui si notano le suddivisioni in aree geografiche dell'HDI e quindi del livello di sviluppo.



0,950 and over	0,700 – 0,749	0,450 – 0,499
0,900 – 0,949	0,650 – 0,699	0,400 – 0,449
0,850 – 0,899	0,600 – 0,649	0,350 – 0,399
0,800 – 0,849	0,550 – 0,599	under 0,350
0,750 – 0,799	0,500 – 0,549	Data unavailable

Fig.5.5 – Distribuzione degli indici HDI a livello mondiale. Fonte: Human Development Report 2009.

Come si può notare, esiste un legame forte tra i paesi molto sviluppati appartenenti all'OCSE e i paesi più poveri al mondo che ricadono nella maggior parte nell'Africa centrale. Tale legame è rappresentato anche dalla quantità di energia pro-capite in cui sono relazionati alcuni paesi a livello mondiale (Fig.5.6).

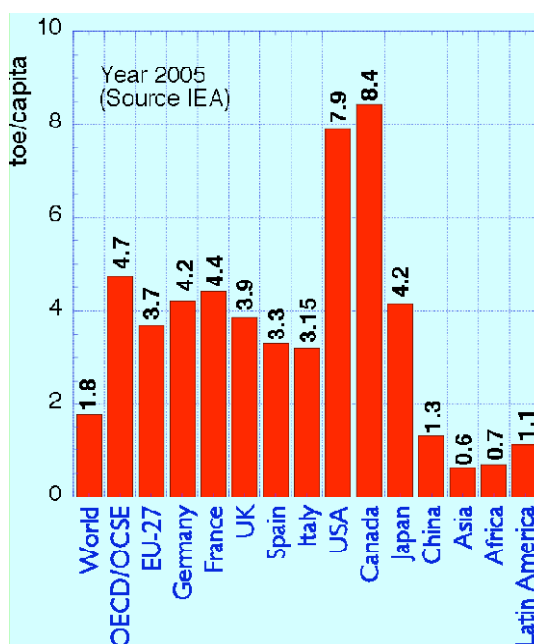


Fig.5.6 – Energia primaria in relazione ai paesi a livello mondiale. Fonte: IEA 2005.

Considerando la popolazione delle diverse Regioni indicate, si desume che attualmente circa il 25% della popolazione del mondo consuma il 70% circa del totale fabbisogno mondiale di energia primaria, mentre il 25% dei consumi è rappresentato dall'Europa (Fig.5.7).

Region/Country	Population (million)	TPES/Pop (toe/capita)	TPES/GDP (toe/1000 2000\$)	TPES/GDP (PPP) (toe/1000 2000\$ PPP)	Elec. Cons./Pop (kWh/capita)	CO ₂ /Pop (t CO ₂ /capita)
World	6432	1.78	0.32	0.21	2596	4.22
OECD	1172	4.74	0.20	0.18	8365	11.02
Middle East	187	2.69	0.64	0.37	2980	6.62
Former USSR	285	3.44	1.87	0.47	4209	8.08
Non-OECD Europe	54	1.94	0.69	0.25	3086	4.87
China	1311	1.32	0.83	0.22	1802	3.89
Asia	2080	0.62	0.65	0.18	646	1.25
Latin America	449	1.11	0.31	0.16	1695	2.09
Africa	894	0.68	0.83	0.29	563	0.93

Fig.5.7 – Analisi distribuzione consumi in relazione ai Paesi a livello mondiale. Fonte: [3] (Zollino, 2010)

In Italia la situazione è evidenziata nella figura 5.8, in cui sono evidenziati i consumi in TWh riferiti agli anni dal 2000 al 2009.

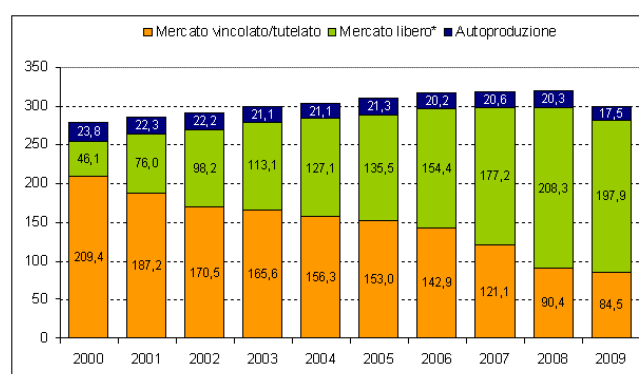


Fig.5.8 – Ripartizione in Italia dei consumi negli anni 2000-2009 in relazione al tipo di mercato. Fonte: AEEG 2010.

Il legame del benessere della popolazione e i consumi di energia sono due fattori direttamente proporzionali. Con ciò la produzione dell'energia elettrica è fortemente legata alle fonti primarie per la sua produzione e nel contesto globale si nota una notevole dipendenza da petrolio, carbone e gas naturale (Tab.5.1).

Fonti energetiche	1973 MTep	2007 MTep	% di aumento
Petrolio	1500,90	4089,97	+172%
Carbone	2820,06	3186,32	+13%
Gas naturale	978,90	2519,87	+157%
Idroelettrico	110,23	264,74	+140%
Nucleare	52,05	709,14	+1262%
Altre fonti rinnovabili	652,05	1259,32	+93%
Totale	6114,19	12029,36	+97%

Tab.5.1 – produzione mondiale di energia riferito agli anni 1973 e 2007. Fonte: Key World Energy Statistic 2009.

Come già sottolineato precedentemente, durante il periodo 1973-2007 la produzione mondiale di energia ha avuto un incremento del 96,7%. Analizzando la tabella 5.1, si nota che il carbone ha avuto un aumento di solo il 13%, mentre un aumento considerevole lo ha avuto il petrolio (ben il 172,5%), grazie alla scoperta di nuovi giacimenti e lo sfruttamento di miniere chiuse perché non sfruttabili pienamente con le tecnologie presenti all'ora. Il gas naturale invece ha avuto un aumento di ben il

157%. Tale fenomeno si è verificato in tutte le regioni del mondo in maniera più o meno accentuata ed inoltre il suo uso intensivo viene sfruttato relativamente da poco tempo: infatti nel periodo delle prime trivellazioni petrolifere non lo si considerava come prodotto utile per via degli alti rischi di esplosione connessi al suo uso. Superati questi problemi, il metano si è dimostrato di gran lunga il combustibile fossile più pulito per la bassa percentuale di elementi inquinanti: a parità di energia chimica fornita, la sua combustione emette infatti la metà dell'anidride carbonica prodotta dal carbone ed il 75% di quella emessa bruciando petrolio (ciò è dovuto alla sua composizione molecolare ricca di idrogeno e povera di carbonio).

5.2 Consumi energetici

La suddivisione dei consumi finali negli ultimi anni è notevolmente mutata. I consumi si sono spostati da quelli per usi industriali agli usi civili come si può notare nella figura 5.9.

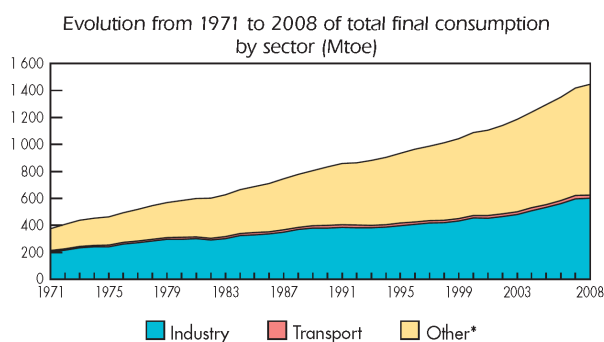


Fig.5.9 – Aumento dei consumi totali di energia negli anni in relazione al settore di impiego. Fonte: Key World Energy Statistic 2009.

Il contesto civile, comprendente il settore residenziale e terziario, è quello più rilevante dal punto di vista dei consumi energetici finali. A livello europeo per esempio le percentuali di suddivisione sono rappresentate nella figura 5.10.

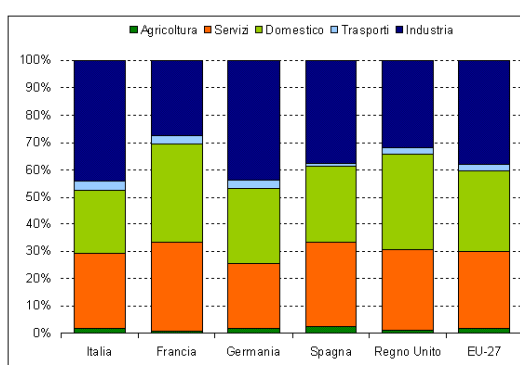


Fig.5.10 – Ripartizione dei consumi in relazione al settore di impiego nei Paesi europei. Fonte: ENEA 2010.

Nello specifico, andando ad analizzare i consumi energetici per funzione d'uso, forniti dall'ENEA in riferimento all'anno 2007, si possono ricavare i seguenti dati: usi per il riscaldamento 68%; per acqua calda 9%; usi cucina 4,9%; usi elettrici obbligatori 18,1%. Nel periodo 1990-2007 si è notata una certa stabilità negli usi riscaldamento, mentre vi è stata una leggera diminuzione negli usi finali di acqua calda ed usi cucina; invece per gli usi elettrici obbligati vi è stato un sensibile aumento: dal 13,4% del 1990 al 18,1% del 2007.

I dati riferiti al 2008 da parte dell'ENEA [4] (Pandolfi, 2010) mostrano la seguente situazione dei consumi nazionali (Fig.5.11): il settore residenziale, come precedentemente anticipato, non è più trascurabile nell'analisi del risparmio energetico.

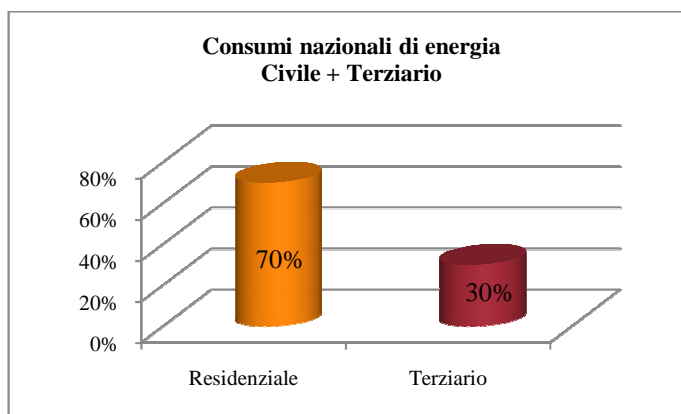


Fig.5.11 – Ripartizione consumi energetici tra il settore residenziale e terziario. Fonte: ENEA 2008.

I consumi nazionali segmentati per fonte nel settore residenziale sono rappresentati in figura 5.12; nel settore terziario in figura 5.13.

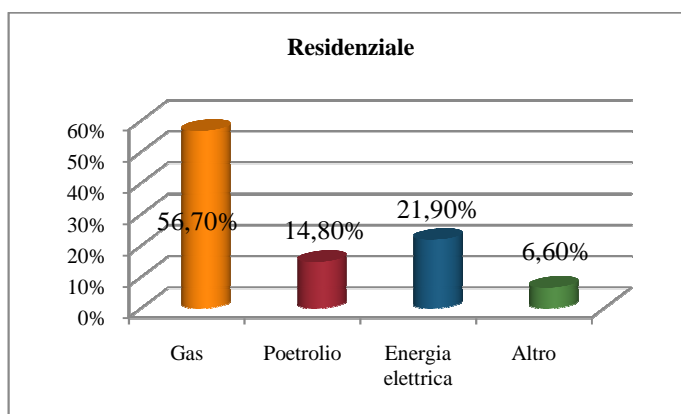


Fig.5.12 – Ripartizione consumi di energia primaria nel settore residenziale. Fonte: ENEA 2008.

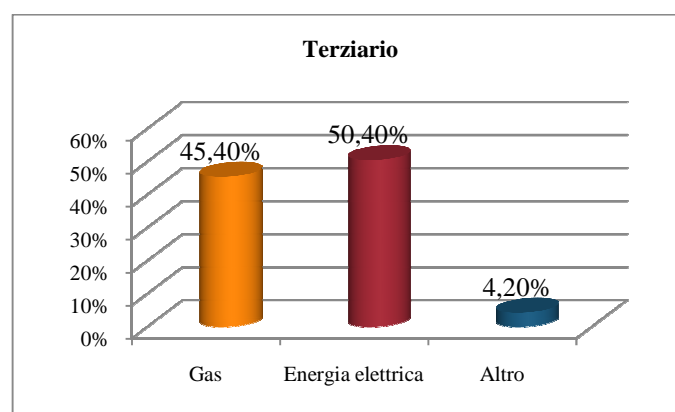


Fig.5.13 – Ripartizione consumi energia primaria nel settore terziario. Fonte: ENEA 2008.

Nell'analisi del terziario il fatto che ci sia un consumo elevato di energia elettrica è imputabile al condizionamento estivo e all'uso di pompe di calore nel periodo invernale.

Andando ad analizzare nello specifico la segmentazione di utilizzo di tale energia riscontriamo, per ogni area di applicazione, che nel settore residenziale ben il 69% viene utilizzato per il riscaldamento ed il condizionamento (Fig.5.14), mentre nel settore terziario rimane alto l'impiego nei servizi di riscaldamento e condizionamento, ma anche negli usi elettrici (Fig.5.15).

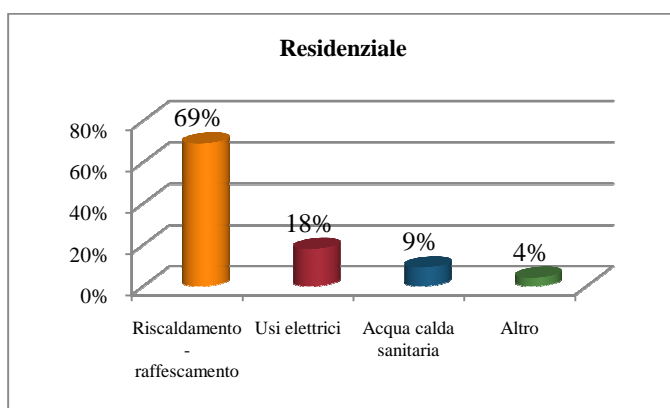


Fig.5.14 – Distribuzione dei consumi suddivisi per servizi nel settore residenziale. Fonte: ENEA 2008.

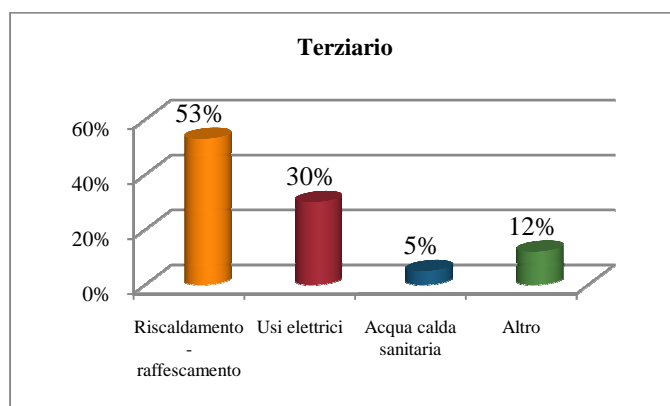


Fig.5.15 – Distribuzione dei consumi suddivisi per servizi nel settore terziario. Fonte: ENEA 2008.

Ciò sta evidenziando che il settore terziario è sempre stato energivoro, senza nessun controllo specifico per ridurre o migliorare l'efficienza, ma anche nella vita quotidiana il peso dei consumi relativi al settore domestico non è più trascurabile. Pertanto in questi due settori negli ultimi anni si stanno concentrando gli sforzi per migliorare l'utilizzo dell'energia in genere, concentrando molte risorse.

5.3 Situazioni e prospettive

L'Unione Europea ha promosso una crescita sostenibile sotto il nome di "Strategia europea 20/20/20" nella quale si pongono tre vincoli da rispettare entro il 2020: la riduzione del 20%, rispetto ai livelli del 1990, delle emissioni di gas serra; il raggiungimento della quota di fonti rinnovabili del 20% rispetto al consumo finale lordo; il miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia del 20%.

Per quanto riguarda l'Italia, la strategia si è tradotta in un duplice obiettivo vincolante per il 2020: la riduzione dei gas serra del 14% rispetto al 2005 e il raggiungimento di una quota di energia rinnovabile pari al 17% del consumo finale lordo.

Nel 2009 risulta ancora predominante la quota dei combustibili fossili, e in particolare dei prodotti petroliferi, che incidono per il 41% sul consumo interno lordo. La disponibilità di energia da fonti rinnovabili è aumentata di 1,8 punti percentuali rispetto al 2008, mentre è diminuita di 0,9 punti la quota di gas naturale e di 1,3 punti quella da combustibili solidi. Rimane pressoché stabile la quota da petrolio. Se si analizza il periodo 2000-2009, invece, risulta notevolmente diminuita la quota di disponibilità di energia da petrolio (-8,5 punti percentuali), mentre è salita la quota da fonti rinnovabili (3,8 punti percentuali) e quella da gas naturale (4,1 punti percentuali).

Nel periodo 1996-2005 le emissioni di gas serra in Italia sono aumentate, secondo i dati Eurostat, del 9,7%, mentre dal 2005 al 2007 si sono ridotte del 3,7% circa. Nella produzione complessiva di energia elettrica si è registrato un calo della produzione termoelettrica tradizionale, che passa dall'81,2% del 2004 al 76,4% del 2009, a vantaggio della quota di rinnovabili, la cui incidenza sulla produzione complessiva passa dal 18,8% del 2004 al 23,6% del 2009 (in questo caso il target europeo è fissato al 25,0% al 2010). Tra i settori utilizzatori finali di energia, la quota più elevata (pari al 35,2%) nel 2009 è attribuita al settore degli usi civili (che include il settore domestico, il commercio, i servizi e la Pubblica Amministrazione); seguono il settore dei trasporti (32,2 per cento) e quello industriale (22,6 per cento).

Dal 1995 al 2005 la disponibilità interna lorda di energia (Fig.5.16), definita come la quantità di energia prodotta all'interno del Paese più quella importata, al netto delle esportazioni e delle variazioni delle scorte, è sempre stata in crescita, ma dal 2005 al 2009 si è rilevata un'inversione di tendenza, particolarmente accentuata nell'anno 2008, in corrispondenza di una riduzione del Pil pari all'1,3 per cento e soprattutto nel 2009, quando la disponibilità energetica si è ridotta del 5,8 per cento rispetto all'anno precedente e il Pil ha subito una contrazione del 5,1 per cento. Rispetto al 2005, l'intensità energetica primaria si è ridotta, attestandosi nel 2009 al di sotto dei 150 tep per milione di euro prodotto.

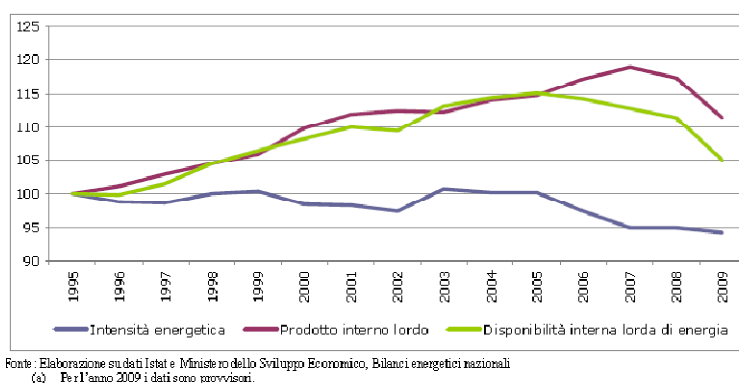


Fig.5.16 – Intensità energetica, Disponibilità lorda di energia e Prodotto Intero Lordo anni 1995-2009 in Italia (a). (Numeri indice base 1995=100)

La domanda energetica (Fig.5.17) da parte degli utilizzatori finali (usi o consumi finali) ha mostrato un andamento crescente fino al 2005 e una riduzione nel periodo successivo, particolarmente rilevante dal 2007 al 2008 (-1,3 per cento) e nel 2009 (-5,6 per cento). Complessivamente gli usi finali di energia sono aumentati dell'8,7 per cento nel periodo 2000-2005 e sono diminuiti del 9,2 per cento negli anni 2005-2009. Nel decennio 1995-2005 i consumi energetici per abitante hanno mostrato un

trend in crescita a seguito della variazione dei consumi energetici, sempre più intensa rispetto alla variazione della popolazione e del Pil. Nel 2005 si è registrata la punta massima sia per la crescita dei consumi finali che per il consumo unitario, mentre a partire dal 2006 i consumi totali ed unitari hanno evidenziato una inversione di tendenza. [5] (Istituto Nazionale di Statistica, 2010)

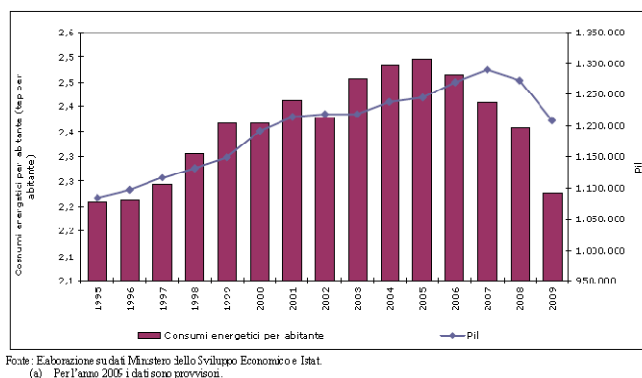


Fig.5.17 - Consumi finali di energia per abitante e PIL anni 1995-2009 (a)

5.4 Incidenza sui cambiamenti climatici

L'impiego intensivo dei combustibili fossili a livello mondiale ha avviato un cambiamento climatico globale con un aumento medio della temperatura terrestre di 0,6°C; valore allarmante se si pensa che circa 2°C costituivano la differenza fra il clima odierno e quello dell'era glaciale. L'importanza di tale fenomeno ha fatto in modo che a livello internazionale s'iniziasse a dibattere su come controllarne le cause, anche mediante la diminuzione della concentrazione di anidride carbonica rilasciata nell'atmosfera. In natura i gas presenti in atmosfera terrestre, in particolar modo vapore acqueo e anidride carbonica, sono degli ottimi assorbitori selettivi, cioè consentono all'energia solare in arrivo di giungere sulla superficie terrestre, ma sono in grado di assorbire e riflettere parte della radiazione infrarossa in uscita verso lo spazio. Questo fenomeno è definito come *effetto serra*. I principali gas naturali presenti nell'atmosfera sono il vapore acqueo H₂O, l'anidride carbonica CO₂, il metano CH₄ e gli ossidi di azoto NO_x. Fino a che la concentrazione di questi gas rimane costante, si instaura un equilibrio tra i vari fattori tale per cui il valore medio globale della temperatura sulla superficie terrestre sia di 17°C. Negli ultimi 150 anni, e in particolar modo negli ultimi 70 anni, è stato riscontrato un aumento della concentrazione naturale di CO₂, che è passata da circa 280 ppmv (Parti Per Milione in Volume), a 380 ppmv (Fig.5.18), cioè un aumento del 33%. Molti studiosi legano tale fenomeno alle attività antropiche.

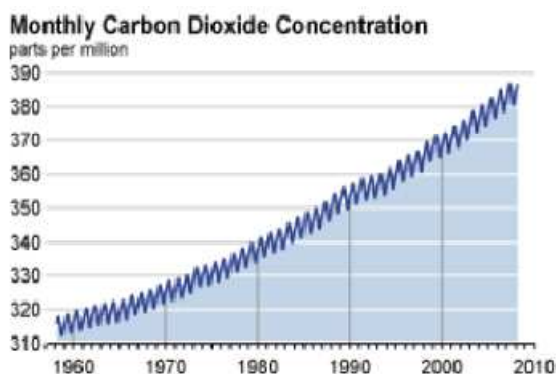


Fig.5.18 – Concentrazione di anidride carbonica dal 1960 al 2010. Fonte: <http://scrippsco2.ucsd.edu/> [6]

Una prima iniziativa a livello mondiale sui possibili provvedimenti fu l'incontro svolto a Kyoto nel 1997, denominato Protocollo di Kyoto, in occasione della Terza Conferenza delle Parti COP3 e della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici UNFCCC, nella quale tale sottoscrizione doveva entrare in vigore 90 giorni dopo la ratifica effettuata da almeno 55 Parti aderenti alla Convenzione. L'entrata in vigore definitiva si ebbe nel febbraio del 2005 quando anche la Russia sottoscrisse il protocollo. Impegnava i Paesi aderenti a ridurre le emissioni di elementi inquinanti (biossido di carbonio, metano, ossidi di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo) in misura non inferiore al 5,2%, rispetto alle emissioni registrate nel 1990, nel periodo 2008/2012. Questa sottoscrizione lasciava alle Parti un certo grado di libertà nel raggiungimento dell'obiettivo.

Gli strumenti messi a disposizione per la diminuzione di gas serra si possono distinguere in due gruppi:

- I. Riferimento a un approccio nazionale riguardante l'attuazione di politiche e misure specifiche quali:
 - a. Miglioramento dell'efficienza energetica;
 - b. Incremento delle fonti rinnovabili;
 - c. Diffusione di biocombustibili;
 - d. Riduzione dei consumi energetici nel settore dei trasporti;
 - e. Sfruttamento dei pozzi di assorbimento (carbon sinks), come foreste o particolari usi del suolo, considerati assorbitori naturali di CO₂.
- II. Ricorso a meccanismi di mercato detti Meccanismi Flessibili per minimizzare i costi e per l'acquisizione di crediti di emissione:
 - a. *Joint Implementation* (JI): consente ai Paesi dell'allegato I di poter investire in progetti per la diminuzione di gas serra in un altro Paese dello stesso gruppo e di guadagnare crediti da poter condividere con il paese ospite;
 - b. *International Emission Trading* (IET): attraverso cui i Paesi che riescono a ridurre le emissioni in misura maggiore rispetto a quanto imposto, possono cedere i loro crediti a Paesi che non sono stati in grado di raggiungere il loro obiettivo;
 - c. *Clean Development Mechanism* CDM): dà la possibilità a Paesi dell'allegato I di poter investire in altri che non ne fanno parte, acquisendo in primis dei certificati (CER) mentre i secondi ne ricavano una spinta allo sviluppo nonché benefici ambientali. [7] (Baggini-Marra, 2010)

I Paesi aderenti al Protocollo di Kyoto ad ottobre del 2009 sono ben 184 ma, come si può notare dall'immagine seguente, gli Stati Uniti e l'Alaska non ne fanno parte. In principio gli americani avevano aderito poi si sono ritirati dall'adesione, anche se sono responsabili di circa il 36% del totale delle emissioni. Comunque gli Stati Uniti si sono prefissati di trovare metodi simili al Protocollo di Kyoto per la "riduzione" delle emissioni.

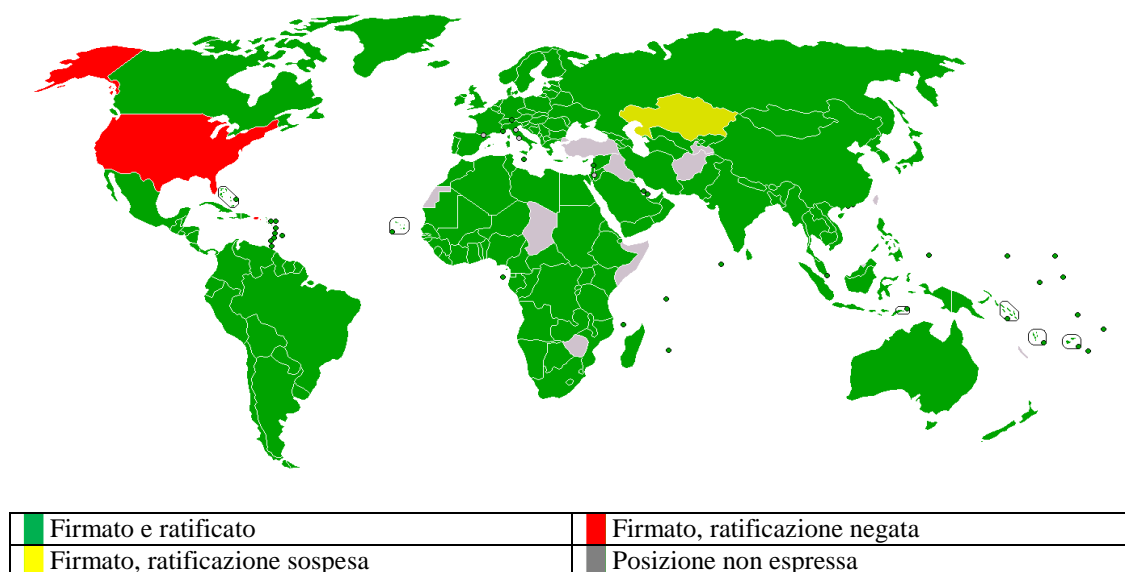


Fig.5.19 – Paesi aderenti al Protocollo di Kyoto nel 2010. Fonte: United Nations Framework Convention on Climate Change

L'ultimo incontro che si è svolto, risale a dicembre del 2009, è il COP15 tenutosi a Copenhagen, nel quale aderirono ben 119 capi di stato e di governo in rappresentanza dei Paesi responsabili a livello mondiale dell'86% delle emissioni di gas serra. Questo incontro, seppure con grandi difficoltà, non ha convinto. Infatti l'accordo è frutto di un'intesa politica della convenzione promossa da alcuni Stati (tra i quali Stati Uniti, Brasile, India, Cina e Sudafrica hanno svolto un ruolo di primo piano) ed è stato riconosciuto con una decisione che letteralmente è stata sottoscritta ma che non lo adotta formalmente. Di conseguenza l'accordo assume il valore di una lettera di intenti che i Paesi sono liberi di sottoscrivere o meno. L'accordo, che quindi non ha natura vincolante, stabilisce alcuni provvedimenti operativi e immediati in relazione alle scelte stabilite nel COP13 a Bali. Dal 29 novembre al 10 Dicembre 2010 si terrà il COP16, in cui verranno probabilmente discusse nuovamente le scelte e le strategie che i Paesi vorranno intraprendere per poter fermare la crescita della temperatura media mondiale e le scelte economiche.

In ogni caso sembra che anche dopo questi incontri, essendoci dei gradi di libertà per alcuni Paesi nel raggiungimento dell'obiettivo "diminuzione gas serra", alcuni Paesi industrializzati come USA, Cina ed India, hanno impostato i loro vincoli semplicemente nel rallentamento delle emissioni di una crescita esponenziale. [8] (UNFCCC, 2010)

Per avere un'idea dei costi, basti sapere che l'Italia ha accumulato nel biennio 2008-2009 un debito di 1,5 milioni € al giorno (17 € al secondo) per il mancato raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto. Nel 2009, complice la crisi economico/finanziaria, le emissioni sono calate significativamente rispetto all'anno precedente. Anche il costo della CO₂ sui mercati internazionali si è ridotto. L'Italia sta accumulando un debito medio di 1,5 milioni di euro al giorno per lo sfioramento delle emissioni di CO₂ rispetto all'obiettivo previsto dal Protocollo di Kyoto. Nel periodo di adempimento 2008-2012, la quantità di emissioni assegnate all'Italia è pari a 483 Mt CO₂ eq (-6,5% rispetto al 1990). Per il quinto anno consecutivo le emissioni clima-alteranti italiane si sono ridotte, dopo essere arrivate nel 2004 a un livello dell'11% superiore ai livelli del 1990. Nel 2009 si stima che esse sono state del 2% più basse rispetto al 1990. Il recupero degli ultimi anni deriva dall'aumentato prezzo dell'energia, da inverni poco rigidi, e per finire dai primi risultati delle politiche di efficienza energetica e d'incentivazione delle rinnovabili. Il crollo del 2009 è strettamente legato all'arrivo della recessione. Nonostante il calo delle emissioni degli ultimi anni, quella di Kyoto rimane un'emergenza in termini economici, d'immagine e di mancate opportunità. In definitiva paghiamo dieci anni di

sottovalutazione del problema climatico e di una notevole superficialità rispetto all'entrata in vigore del Protocollo. Poiché ogni ulteriore ritardo comporterà costi crescenti sarà fondamentale che le istituzioni mettano al centro delle politiche del paese la questione climatica, con conseguenti scelte oculate su efficienza energetica, utilizzo delle fonti rinnovabili e trasporti. [9] (KyotoClub, 2010)

5.5 Che cosa significa “Efficienza energetica”

Proteggere il clima è una delle più grandi sfide del nostro tempo e che pregiudica l'esistenza delle generazioni future. Il maggior uso di energia rinnovabile è inevitabile, ma abbiamo anche bisogno di concentrarci su come usare l'energia nel modo più efficiente possibile. Oggi, solo il 20% dell'energia primaria impiegata è effettivamente utilizzata, per esempio come illuminazione o calore. Questo livello di efficienza è troppo basso e deve essere migliorato.

Trattare l'energia in modo efficiente significa:

1. Utilizzare meno energia per ottenere lo stesso risultato;
2. Utilizzare la stessa quantità di energia per produrre un risultato migliore.

Oppure, per dirla in termini matematici, l'efficienza energetica risulta essere uguale alla seguente relazione:

$$\text{Efficienza Energetica} = \frac{\text{Energia usata}}{\text{Energia prodotta}} = \frac{E_{\text{OUT}}}{E_{\text{IN}}}$$

Che in generale può essere espressa come rapporto tra Energia in uscita (Energia sviluppata) ed Energia in ingresso (Energia assorbita) e rappresenta un rendimento sempre minore di “1”. Questa formula e le sue conseguenze sono sempre più importanti dal punto di vista economico. I costi per l'energia elettrica aumenteranno notevolmente in futuro, sia in edifici privati che in edifici commerciali e funzionali. Per questa ragione, gli investimenti in efficienza energetica potranno essere ammortizzati più velocemente attraverso minori costi di gestione.

Per uno sviluppo sostenibile che assicuri nel futuro un ambiente vivibile, risultano necessari interventi concreti in modo che le attività umane non si debbano interrompere per mancanza di fonti energetiche. Il punto focale è dunque l'aumento dell'efficienza energetica indicata in precedenza.

Al fine di migliorare l'Efficienza energetica oggi non è più necessario effettuare una riduzione dei consumi: migliorando i rendimenti riusciremmo a consumare meno energia per ottenere lo stesso risultato. Quest'affermazione non è da sottovalutare perché potrebbe verificarsi il cosiddetto “*Effetto rimbalzo*”, fenomeno legato all'intensità energetica del Paese, che è dato da:

$$\text{Intensità Energetica} = \frac{\text{Totale energia primaria}}{\text{PIL}}$$

Suddetto indice rappresenta la quantità di energia finale consumata per la produzione di una unità di prodotto interno lordo: è una misura macroeconomica dell'efficienza energetica del sistema economico di una nazione.

Ritornando all'*effetto rimbalzo*, si può verificare la situazione in cui gli utenti finali di energia, nel momento stesso in cui vedono uno sgravio dei costi nell'utilizzo di qualsivoglia servizio, siano propensi all'aumento del consumo dello stesso servizio. Un'osservazione su tale fenomeno è stata evidenziata da Terry Barker nel 2009, direttore del Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research ed appartenente al gruppo dei 1200 scienziati che hanno firmato il documento dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, cioè l'organismo ONU che ha certificato come i cambiamenti esistano e siano causati dalle emissioni di gas serra delle attività umane). Tuttavia, sostiene Barker, la riduzione dei consumi permetterà alle aziende di abbassare i costi dei loro prodotti. Di conseguenza i consumatori avranno più potere d'acquisto e potranno acquistare più prodotti, e faranno dunque crescere la domanda. A questo seguirà un aumento della produzione che farà di nuovo crescere le emissioni. In parole semplici, fino a quando l'apparato produttivo sarà basato sui carburanti fossili, la riduzione di emissioni degli impianti non metterà necessariamente a freno il monte totale di emissioni degli Stati. L'*effetto rimbalzo* sarà inoltre ancora più violento nei paesi in via di sviluppo, dove a ogni minimo miglioramento delle condizioni di vita della popolazione corrisponderà un aumento consistente delle emissioni di gas serra. Le soluzioni che Barker propone sono duplici: da un lato, ovviamente, va potenziato enormemente il ricorso a fonti rinnovabili ad emissioni zero, prime tra tutte il solare e l'eolico. Dall'altro, è necessario, secondo lui, prevedere una tassazione sui carburanti fossili, in modo che il loro prezzo rimanga alto, cosicché diventi conveniente passare all'uso di fonti diverse. [10] (Pistolesi, 2009)

Per sostenere la direzione dell'Efficienza energetica, può accadere che le soluzioni più innovative ed efficienti siano introdotte sul mercato a prezzi piuttosto elevati e che solo una loro maggiore domanda consenta una diminuzione dei prezzi di vendita. Un esempio potrebbero essere le lampade a basso consumo che inizialmente avevano costi abbastanza elevati, dopo che le lampade ad incandescenza sono state bandite, il prezzo di vendita delle lampade a basso consumo è diminuito.

5.6 Analisi di un esempio di efficienza energetica

Si vedano i seguenti grafici in cui sono comparate varie tipologie di lampade, secondo i consumi (Fig.5.20), i costi di acquisto iniziali (Fig.5.21) e il numero di ore garantite di funzionamento (Fig.5.22). Le comparazioni che sono fatte sono riferite allo stesso flusso luminoso.

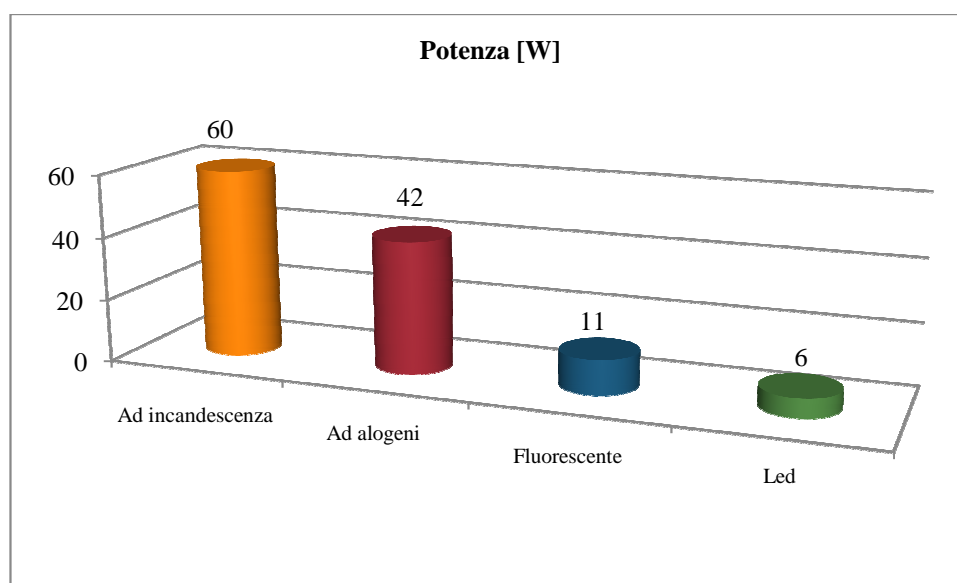


Fig.5.20 – Confronto tra le potenze di diversi tipi di lampade.

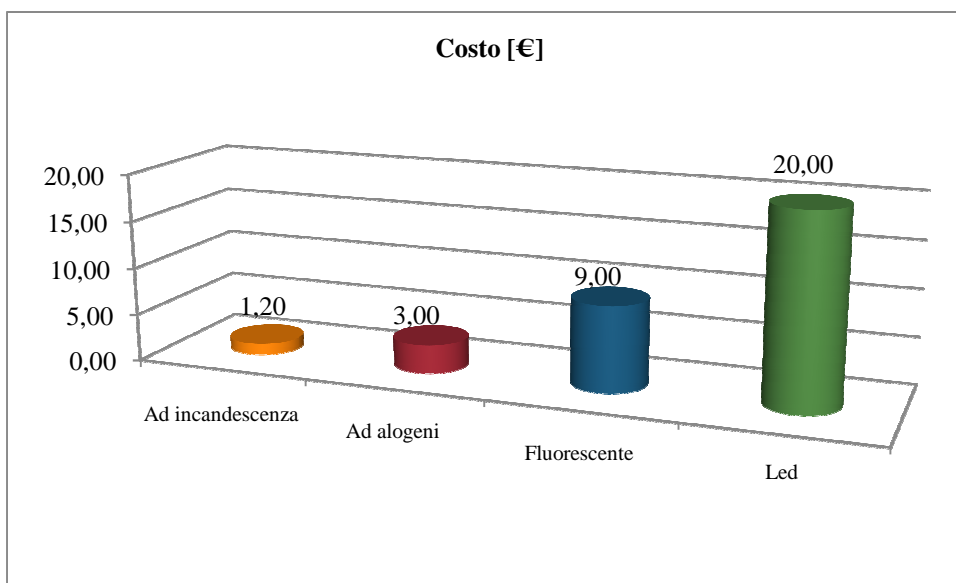


Fig.5.21 – Confronto tra i costi di acquisto di diversi tipi di lampade.

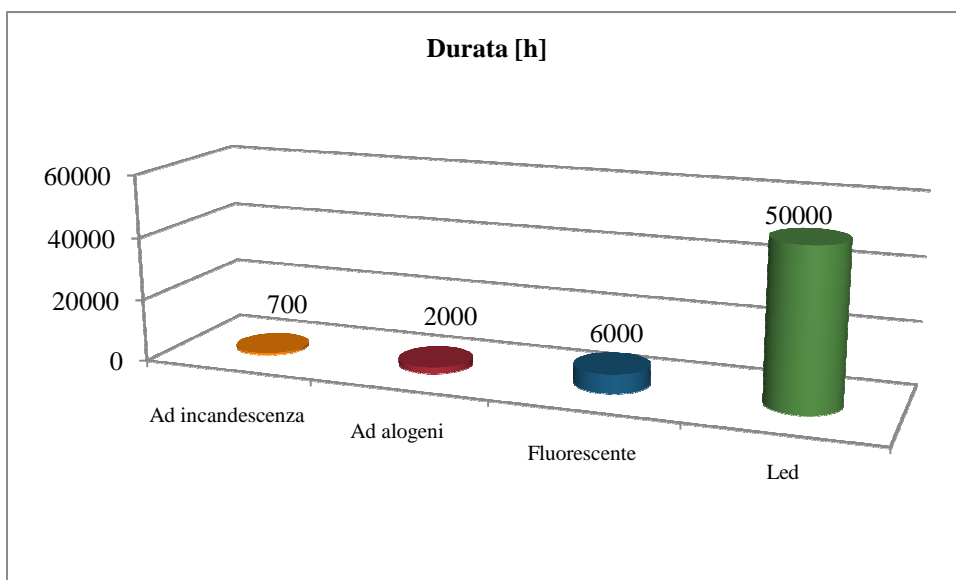


Fig.5.22 – Confronto tra le ore di funzionamento garantite da diversi tipi di lampade.

Ora calcoleremo i costi riferiti sia alla quota dell'energia consumata sia alla quota di acquisto delle lampade. Per quanto riguarda la prima, si veda l'appendice A e B.

Il primo costo che è proposto, fa riferimento solo alla quota di energia consumata considerando una media di 7 ore di utilizzo nell'arco della giornata (Fig.5.23), in tre periodi temporali.

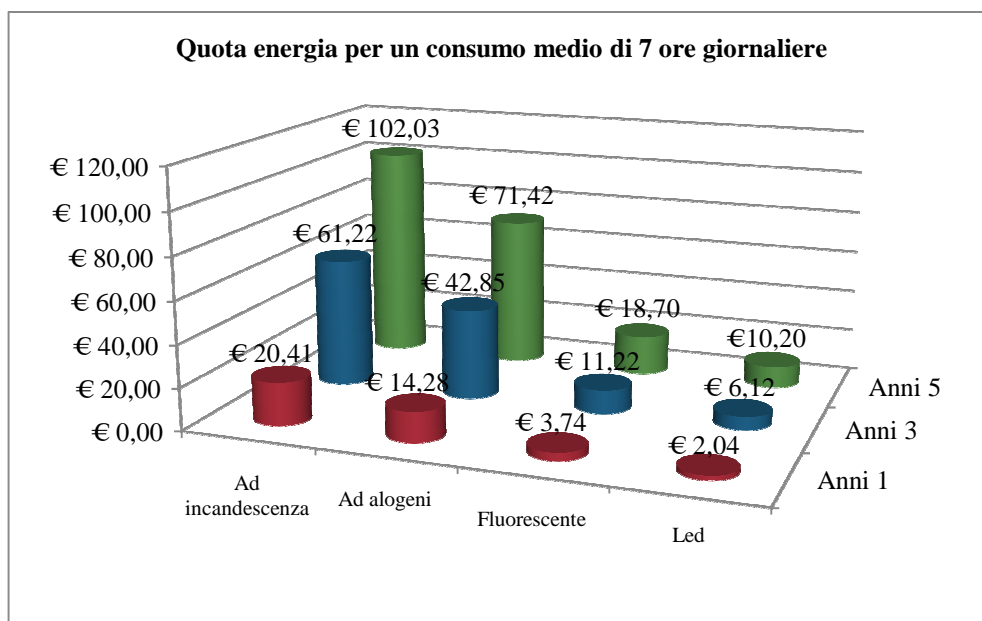


Fig.5.23 – Costi di esercizio riferiti a tre periodi temporali.

Si può notare un notevole risparmio nell'impiegare lampade con efficienza energetica sempre maggiore. Rapportando i costi in percentuale rispetto alle lampade a incandescenza otterremo (Fig.5.24):

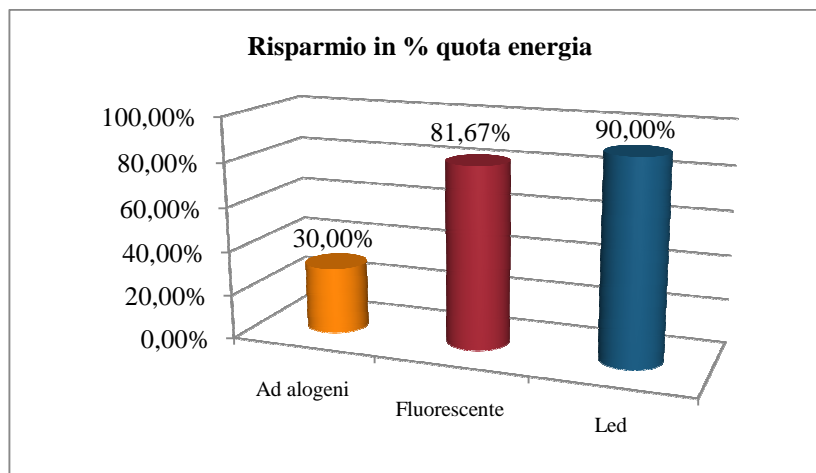


Fig.5.24 – Percentuale di risparmio quota energia rispetto alla lampada a incandescenza, costanti nei tre periodi considerati.

La figura 5.24 rispecchia il grafico che compara le quattro tipologie di lampade con la loro efficienza energetica (Fig.5.25):

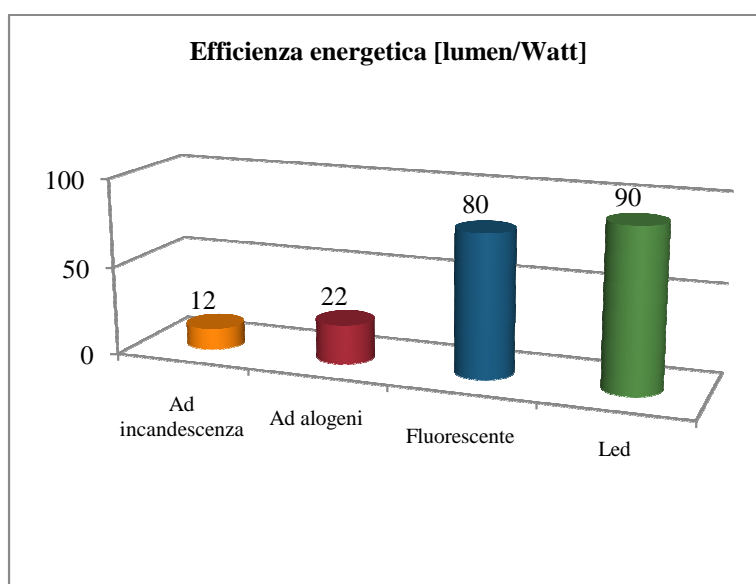


Fig.5.25 – Efficienza energetica lampade analizzate.

Quindi più è alta l'efficienza energetica della lampada, maggiore saranno i risparmi di energia elettrica a parità di flusso luminoso.

Ora analizziamo i costi che l'utente finale sostiene considerando anche la quota di acquisto di ogni singola lampada. Saranno quindi sommate alla quota di energia anche la quota di acquisto come indicato nella figura 5.21, naturalmente con riferimento al numero di lampade necessarie per coprire il funzionamento in 1, 3 e 5 anni.

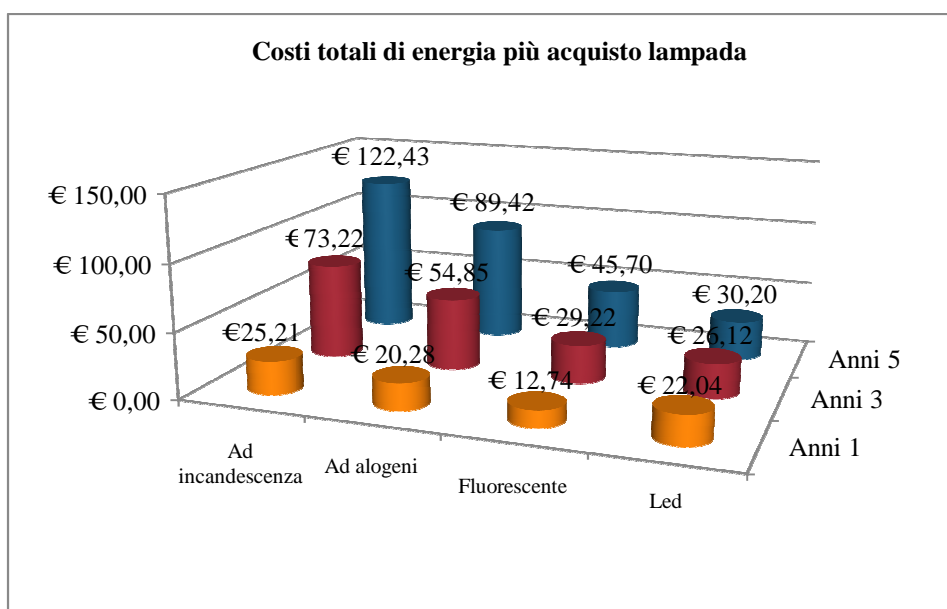


Fig.5.26 – Costi totali utilizzo lampade.

Come si può notare, a differenza dell'analisi della sola quota energia in cui la percentuale di risparmio rimane costante (Fig.5.24), in questo caso le percentuali si abbassano (Fig.5.27), perché, come indicato precedentemente, per poter fruire del risparmio nel consumo di energia, il consumatore, deve sostenere un esborso iniziale non trascurabile.

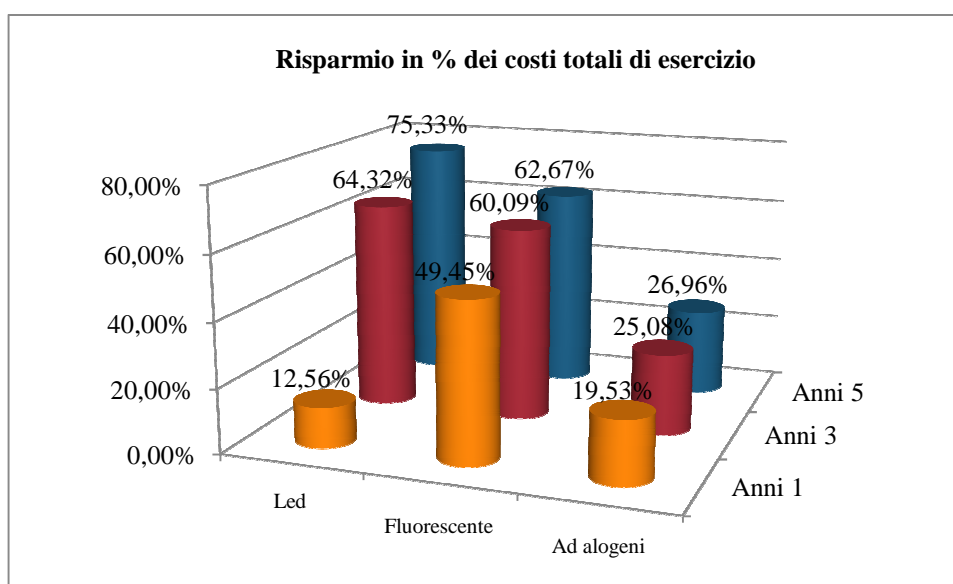


Fig.5.27 – Risparmio in percentuale dei costi totali di esercizio rispetto alle lampade a incandescenza.

È evidente che la differenza tra le percentuali è molto bassa per le lampade a Led, ma il guadagno, inteso come risparmio sui consumi, sarà maggiore quanto più saranno le ore di funzionamento.

Infine proponiamo un grafico in cui si riportano i mesi necessari per recuperare l'investimento iniziale di sostituzione delle classiche lampade a incandescenza con lampade a basso consumo (Fig.5.28). Abbiamo utilizzato un fattore di comparazione dato dal rapporto tra il costo delle lampade sostituite e la somma dei costi delle lampade a incandescenza più il risparmio ottenuto nello stesso periodo, il tutto moltiplicato per i 12 mesi. Il coefficiente utilizzato esula dai classici metodi di calcolo (VAN, PayBack, ROI, ecc.) perché lo abbiamo ideato per un utente finale che non ha molta praticità con calcoli econometrici raffinati.

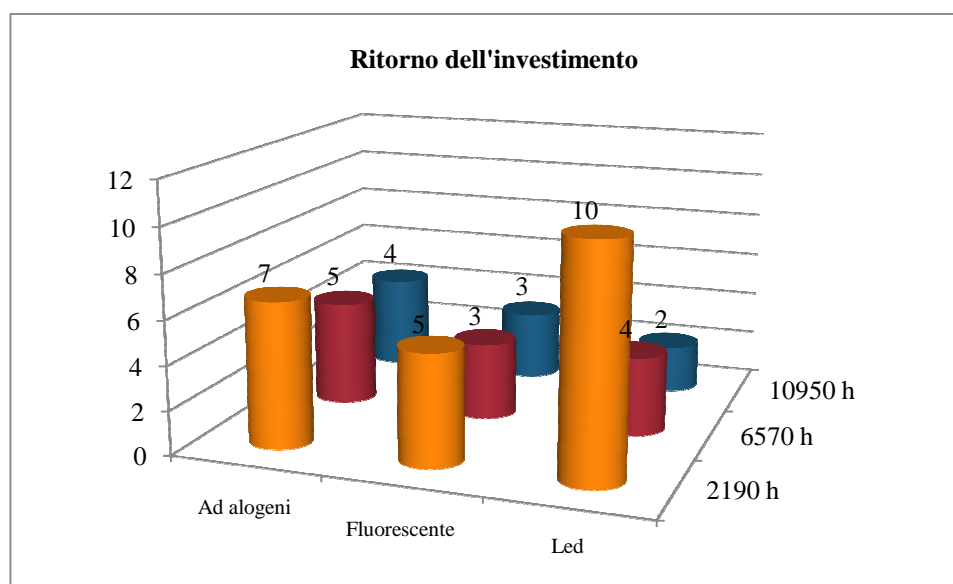


Fig.5.28 – Ritorno dell'investimento, espresso in mesi, nella sostituzione delle lampade ad incandescenza con lampade a maggior efficienza energetica.

Si può notare che comunque, ogni sostituzione di una lampada a bassa efficienza con altre ad alta efficienza comporta un risparmio sia nel consumo di energia sia nell'acquisto delle lampade stesse. Ormai oggi le lampade a incandescenza sono state messe "al bando" e l'attuale scelta che un consumatore deve porre è tra lampade fluorescenti a basso consumo e le lampade a Led che stanno ormai invadendo il mercato.

Pertanto un intervento di efficienza energetica comporta una spesa per la sua attuazione e un risparmio economico derivato dalla riduzione dei consumi di energia, senza escludere la possibilità anche di ridurre risorse di altro tipo. E' comunque evidente che gli investimenti per sostenere la linea dell'efficienza saranno effettuati solamente se i guadagni derivanti dal risparmio saranno maggiori. In questo contesto, la scelta di migliorare l'efficienza energetica impiegando tecnologie di automazione nel campo residenziale e terziario può oggi puntare ad un ritorno dell'investimento prossimo a qualche anno nel campo residenziale e a 6-9 anni nel campo terziario.

5.7 Settori di applicazione dell'Efficienza energetica

I settori in cui è possibile ottenere un miglioramento dell'efficienza energetica sono praticamente tutti i settori della filiera energetica: dall'estrazione dell'energia primaria alla distribuzione agli utenti finali, passando per il trasporto e la trasformazione in energia elettrica. Dal seguente grafico è possibile avere un'idea dell'efficienza energetica raggiungibile partendo dall'inizio della catena energetica secondo ABB (Fig.5.29).



Fig.5.28 – Settori di intervento per migliorare l'efficienza energetica. Fonte: ABB.

➤ Efficienza energetica nella produzione dell'energia primaria

Nell'estrazione del carbone, motori e azionamenti efficienti per argani e nastri trasportatori possono abbattere i costi ed incrementare la produttività. Un normale impianto di produzione di gas naturale liquefatto (GNL) dotato di azionamenti elettrici permette di risparmiare quasi 100 milioni di dollari l'anno rispetto alla tradizionale possibilità rappresentata dalle turbine a gas. Tra gli altri vantaggi si riscontra l'incremento dell'efficienza energetica, l'ottimizzazione dei cicli di manutenzione e di produzione e la riduzione delle emissioni. In un impianto di GNL con una capacità produttiva annua di 6,25 milioni di tonnellate metriche si otterrebbe una riduzione delle emissioni di CO2 pari a 360.000 tonnellate metriche l'anno. Per esempio ABB ha fornito a StatoilHydro un collegamento sottomarino ad alta efficienza di 70 km per la fornitura di energia idroelettrica a emissioni zero dalla rete continentale norvegese alla piattaforma di estrazione del gas Troll A

nel Mare del Nord. La tecnologia di trasmissione HVDC e i motori ad alta efficienza per l'azionamento degli impianti di erogazione di gas hanno permesso di ridurre le emissioni di CO₂ sulla piattaforma di 130.000 tonnellate metriche l'anno.

➤ Efficienza energetica nel trasporto

Gas e petrolio sono trasportati via terra o via mare, tramite gasdotti e oleodotti o navi cisterna. In Europa e in Nord America si registra un incremento delle importazioni di gas naturale liquefatto (GNL) tramite navi cisterna e le stime di crescita prevedono un aumento di tre volte delle esportazioni entro il 2030. È possibile dare un contributo alla riduzione delle perdite di energia e dell'emissione di CO₂ in mare e sulla terraferma. Un esempio è il sistema di propulsione Azipod® dell'ABB, costituito da un sistema posizionato in un *pod* montato esternamente allo scafo, che combina sia la funzione propulsiva che di governo dell'elica centrale, del timone e delle eliche di manovra. La possibilità di riunire in un unico gruppo sistemi di norma installati separatamente consente di recuperare spazio a bordo da destinare a scopi diversi. Tale sistema ha dato la possibilità di ridurre i consumi di carburante anche del 15-20% nonché un incremento della capacità di trasporto del 15% rispetto alle navi di pari dimensione equipaggiate con motori diesel. Anche gli operatori di oleodotti e gasdotti gestiscono le portate e rilevano le perdite impiegando soluzioni ad alta efficienza energetica di compressori, convertitori di frequenza, strumenti e sistemi di controllo per il pompaggio del gas in condotte lunghe migliaia di chilometri.

➤ Efficienza energetica nella generazione di energia

Per quanto riguarda la generazione elettrica, negli ultimi anni, si è migliorata l'efficienza della combustione dei carburanti, il funzionamento delle caldaie e il consumo di energia nelle attività di supporto. Il carbone è ancora il primo carburante utilizzato per la generazione di energia. Dal 1970 l'efficienza media degli impianti alimentati a carbone è stata ottimizzata di circa il 20%. Sul fronte della generazione di energia elettrica, l'efficienza di trasformazione si attesta oggi in media sul 40%, mentre un impianto moderno (impianto di cogenerazione o CHP), che utilizza il calore prodotto durante la generazione di energia per riscaldare gli edifici circostanti, può raggiungere un grado di efficienza pari all'85%. Un esempio è un sistema di riscaldamento in Cina che ricicla il calore normalmente disperso dalle torri di raffreddamento per riscaldare le abitazioni di circa un milione di persone, riducendo ogni anno le emissioni di CO₂ di 500.000 tonnellate metriche e le emissioni di SO₂ di 2.200 tonnellate metriche.

➤ Efficienza energetica nella trasmissione di energia

L'energia elettrica generata dalle centrali deve essere trasportata e distribuita attraverso una rete di linee di trasmissione interconnesse agli utenti finali che si trovano spesso a centinaia o migliaia di chilometri di distanza. Durante la trasmissione si verificano delle perdite di energia che si attestano generalmente sul 6-8%, ma che possono arrivare fino al 10%. La tecnologia disponibile permette un consistente risparmio di energia elettrica, oltre a incrementare anche del 16% l'effettiva capacità di trasporto delle reti di trasmissione e distribuzione. In questo modo, l'energia giunge agli utenti finali tramite le reti già esistenti evitando la costruzione di nuove linee di trasmissione e di nuove centrali. Utilizzando una di queste tecnologie, la Cina ha incrementato del 40% la capacità di un corridoio di trasmissione a Pechino. Secondo le stime della Commissione Europea, le perdite di rete nell'UE si potrebbero ridurre ogni anno anche di 48 milioni di MWh, in altre parole l'equivalente dell'energia consumata da 13 milioni di abitazioni. In questo campo di applicazione sono sempre più impiegati nuovi e più sofisticati sistemi di trasmissione e di distribuzione dell'energia, come i sistemi HVDC (High-Voltage Direct Current) e i trasformatori di energia e distribuzione ad alta efficienza che permettono di ridurre significativamente le perdite. In Cina, la tecnologia HVDC contribuirà a ridurre i consumi di carbone grezzo di 40-50 milioni

di tonnellate metriche l'anno, con un risparmio in termini di emissioni di CO₂ di 100 milioni di tonnellate metriche. L'energia per la città di Shanghai è generata a oltre 1.000 km di distanza nella Cina centrale, presso la stazione idroelettrica della diga Three Gorges, da cui viene distribuita attraverso due linee di trasmissione HVDC, che hanno permesso di risparmiare un quantitativo di energia sufficiente per rifornire oltre 150.000 abitazioni per linea. I sistemi UHVDC (Ultra High-Voltage Direct Current), inoltre, permettono di ridurre di circa il 30% le perdite di trasmissione su distanze superiori a 1.500 km.

➤ **Efficienza energetica nell'industria**

Secondo l'IEA, il settore industriale consuma circa il 42% di tutta l'energia elettrica generata. I settori responsabili dei maggiori consumi sono le industrie del cemento, chimiche e metallurgiche. Anche considerando solo i sistemi motorizzati, il potenziale di risparmio energetico è enorme: centinaia di milioni di motori elettrici che azionano macchine utensili, compressori, ventole, pompe e trasportatori assorbono circa il 67% di tutta l'energia elettrica utilizzata nell'industria. Oltre il 90% di questi motori non dispone di sistemi per regolare il consumo di energia o adotta sistemi approssimativi e inefficienti. Molti funzionano sempre alla massima velocità, indipendentemente dall'utilizzo. In molte applicazioni si potrebbero ridurre i consumi a 1/8 solo dimezzando la velocità del motore. Nel 2008, i convertitori di frequenza a bassa tensione forniti da ABB hanno permesso di risparmiare più di 170 milioni di MWh di energia elettrica, equivalenti al consumo annuo di 42 milioni di abitazioni nei 27 Paesi membri dell'Unione Europea. In termini di emissioni di CO₂, sono stati risparmiati 140 milioni di tonnellate metriche, equivalenti alle emissioni annue di 35 milioni di auto. I robot sono utilizzati in ambito industriale principalmente per aumentare la produttività, la qualità e per ridurre i rischi per la sicurezza del personale. Aumentare la produttività implica ridurre al minimo gli scarti e, di conseguenza, il consumo di energia di ogni unità produttiva. Un esempio di applicazione sono stati i robot della Roland Murten AG, azienda svizzera di prodotti da forno, che hanno ridotto dell'80% gli scarti di una linea di confezionamento del tipico pane "brezel", riducendo del 12% il consumo energetico per tutta la linea di produzione.

➤ **Efficienza energetica negli edifici commerciali e residenziali**

Secondo l'IEA, città e centri abitati producono oltre il 70% delle emissioni globali di CO₂. Gli edifici commerciali e residenziali incidono per il 38% circa sul fabbisogno energetico complessivo dell'utenza finale, un settore in cui l'energia elettrica è principalmente utilizzata per gli impianti di riscaldamento e condizionamento e gli elettrodomestici. I risparmi ottenibili in questi settori possono arrivare:

- fino al 30% attraverso il controllo della temperatura;
- fino al 50% attraverso il controllo dell'illuminazione;
- fino al 60% attraverso l'automazione degli edifici. [5] (ABB, 2008)

5.8 Soluzioni di efficienza negli edifici

La presa di coscienza dei paesi industrializzati nel cercare delle soluzioni nell'ambito del protocollo di Kyoto, ha portato all'introduzione di strumenti normativi e tecnici in direzione dell'attuazione delle politiche correttive del consumo e della produzione di energetica. I settori di applicazione delle direttive, a livello Europeo, si possono distinguere nei seguenti (Tab.5.2):

Direttiva 2006/32/CE	Concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici
Direttiva 2002/91/CE	Concernente il rendimento energetico nell'edilizia EPBD (Energy Performance of Buildings Directive)
Direttiva 2005/32/CE	Relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti che consumano
Direttiva 2003/66/CE	Riguarda l'etichettatura indicante il consumo d'energia dei frigoriferi elettrodomestici, dei congelatori elettrodomestici e delle relative combinazioni
Direttiva 2002/40/CE	Riguarda l'etichettatura indicante il consumo di energia dei forni elettrici per uso domestico
Direttiva 2002/31/CE	Riguarda l'etichettatura indicante il consumo di energia dei condizionatori d'aria per uso domestico
Direttiva 2004/8/CE	Sulla promozione della cogenerazione su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia
Council Decision of 18 Dicembre 2006	Sulla conclusione dell'accordo tra il governo degli Stati Uniti d'America e la Comunità europea per il coordinamento dei programmi di etichettatura dell'efficienza energetica per le apparecchiature per l'ufficio

Tab.5.2 – Direttive comunitarie riferite al settore dei consumi e produzione di energia.

Come si può notare i settori principali si possono identificare nella struttura edilizia e negli usi finali di energia. Nei primi anni '90 fu avviato un approccio concreto al problema dell'efficienza con la direttiva Europea 93/76/CE, meglio conosciuta come direttiva SAVE. Infatti, la direttiva prevedeva che gli Stati membri applicassero una serie di azioni tra le quali:

- ✓ finanziamento tramite terzi degli investimenti di efficienza energetica nel settore pubblico;
- ✓ la certificazione energetica degli edifici, per permettere l'informazione dei potenziali utenti di un edificio circa la sua efficienza energetica;
- ✓ l'isolamento termico degli edifici di nuova costruzione.

Dopo la 93/76/CE, fu emanata la 2002/91/CE, nota come EPBD, la quale aggiornava la direttiva rilasciata circa un decennio prima e inquadrava in modo chiaro e strutturato la materia dell'efficienza energetica. Il settore delle costruzioni incide in modo importante sugli impatti ambientali sia in termini di consumo di risorse sia in termini d'inquinamento ambientale. La EPBD propone degli strumenti fondamentali quali:

- ✓ la certificazione energetica degli edifici;
- ✓ una metodologia comune europea per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici;
- ✓ l'applicazione dei requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici esistenti di grande metratura, sottoposti a importanti ristrutturazioni;
- ✓ l'applicazione dei requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione; l'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento dell'aria negli edifici, nonché una perizia del complesso degli impianti termici le cui caldaie abbiano più di 15 anni.

A livello nazionale vi è il Decreto Legislativo del 19 agosto 2005, n. 192 inerente all'"Attuazione della direttiva 2002/91/CE concernente il rendimento energetico nell'edilizia" e il Decreto Legislativo del 29 dicembre 2006, n.311 inerente alle "Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE". Tutto ciò serviva per indirizzare gli Stati a seguire una direttiva comunitaria per raggiungere gli obiettivi proposti nel protocollo di Kyoto. Di qui si può notare che l'oggetto della direttiva è l'edificio/impianto: pareti perimetrali, serramenti esterni, impianti di riscaldamento, condizionamento dell'aria e ventilazione, acqua sanitaria, illuminazione. Allo stato attuale i miglioramenti proposti dalla normativa si sono

spostati nella direzione dell'involucro edilizio e sugli impianti. Si pensi alle agevolazioni fiscali proposte in Italia per migliorare l'efficienza nelle seguenti aree:

- Serramenti e infissi;
- Caldaie a condensazione;
- Caldaie a biomassa;
- Pannelli solari;
- Pompe di calore;
- Coibentazione pareti e coperture;
- Riqualificazione globale.

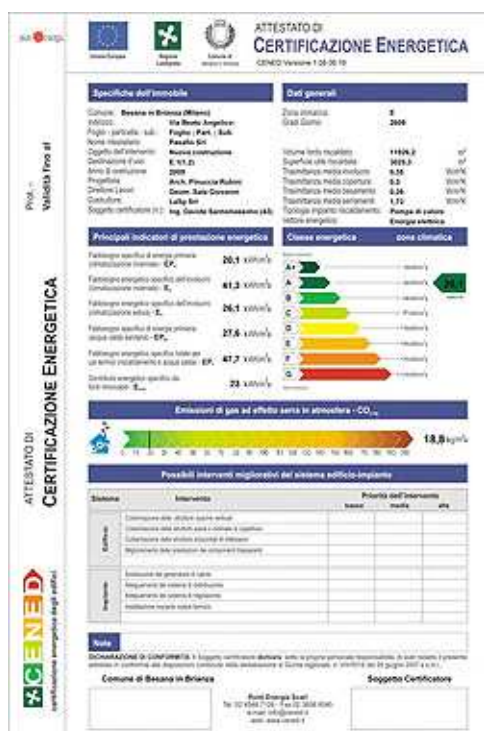
Il decreto non esclude il ricorso all'automazione per perseguire, o comunque migliorare ulteriormente, i traguardi di risparmio energetico ottenibili.

Nel 2010 la Direttiva 2002/91/CE viene rivista e vengono applicate due nuove modifiche: la prima riguarda l'etichettatura dei pneumatici in relazione al consumo di carburante e ad altri parametri fondamentali, mentre la seconda modifica riguarda l'indicazione del consumo di energia e di altre risorse dei prodotti connessi al consumo energetico. È importante notare che la normativa sarà estesa anche ai prodotti a uso commerciale e industriale, poiché attualmente si limita agli apparecchi domestici.

Il progetto CasaClima/KlimaHaus è stata la prima vera iniziativa per la certificazione energetica degli edifici in Italia, partita dalla Provincia Autonoma di Bolzano, gradualmente si è estesa anche in altre regioni italiane. Questo progetto ha come intento quello di tradurre le linee guida delle Direttive Europee, in anticipo rispetto alla scadenza fissata dalla Direttiva 2002/91/CE e dal D.Lgs. 192/05. Tale progetto richiede che ogni abitazione di nuova costruzione debba essere correlata di un certificato che ne definisca la qualità termica; a questo scopo gli edifici sono classificati in categorie di consumo in base al fabbisogno di energia espressa in kWh/m²a. Per la rappresentazione grafica è stata impiegata una raffigurazione, familiare agli utenti privati, simile a quella posta sugli elettrodomestici in uso ormai da anni. Lo standard minimo delle abitazioni nuove è stato imposto alla classe "C", che corrisponde a un fabbisogno di energia non superiore ai 70 kWh/m²a.

Anche altre regioni iniziarono ad emanare provvedimenti attuativi delle leggi nazionali (D.Lgs. 192/05 e 311/06), come la Lombardia nel 2007, poi Piemonte e Liguria. In particolare l'attestato rilasciato, denominato anche ACE (Fig.5.24), è il documento che dimostra la prestazione energetica ed eventualmente alcuni parametri energetici caratteristici del sistema edificio/impianto, il quale deve essere emesso da un professionista accreditato ed estraneo alla progettazione, realizzazione o proprietà dell'edificio.

Nell'ACE sono indicati la classe energetica di appartenenza dell'edificio in relazione anche alla zona climatica, oltre a possibili interventi migliorativi delle prestazioni energetiche del sistema edificio/impianto. Dal 1° luglio 2009 l'attestato di certificazione energetica diventa obbligatorio nel caso di compravendita degli edifici, ovvero di trasferimento a titolo oneroso delle singole unità immobiliari o contratti di locazione, di affitto di azienda comprensivo di immobili (dal 1° luglio 2010).



2)

Fig.5.24 – 1)Modello di certificazione energetica della regione Lombardia rilasciato dal CENED (certificazione Energetica degli Edifici); 2)Suddivisioni delle classi energetiche.

Tale ACE è inoltre necessario per accedere agli incentivi e agevolazioni fiscali di qualsiasi natura, come alla detrazione del 55% per gli interventi di riqualificazione energetica. L'idea di fondo di questa certificazione energetica deve essere vista come la "carta d'identità" dell'immobile, che ci consente di avere più elementi nel momento in cui decidiamo di acquistare, affittare una casa o che la valorizza nel momento in cui viene messa in vendita. Inoltre un punto distintivo, dopo l'approvazione della DGR VIII/8745 nella Regione Lombardia, è che la targa energetica (Fig.5.25) diventa un segno evidente e concreto dell'alta qualità energetica dell'edificio. Essa può essere richiesta dal Soggetto certificatore per qualsiasi classe di consumo, riferita alla climatizzazione invernale o riscaldamento, riportata sull'attestato di certificazione energetica. Gli edifici pubblici o adibiti ad uso pubblico, qualora l'ACE si riferisca all'edificio comprensivo di tutte le unità immobiliari che lo compongono, devono essere dotati di targa a prescindere dalla loro classe energetica. Saranno in alluminio riciclato con colorazioni diverse in funzione della classe energetica di appartenenza.

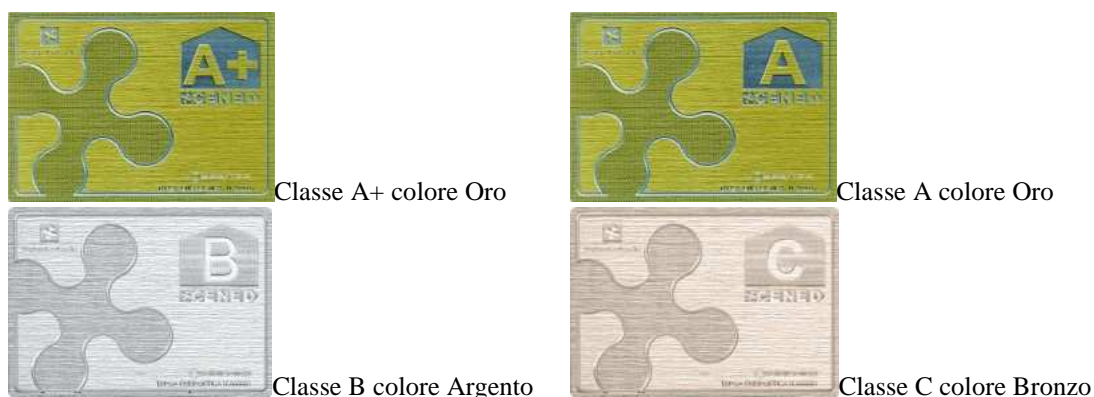


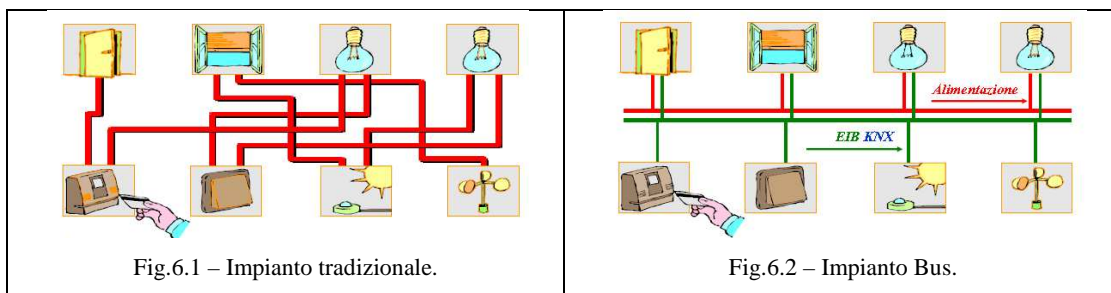
Fig.5.25 – Targhe delle varie classi energetiche rilasciate dalla Regione Lombardia.

6. Capitolo Automazione degli edifici per l'uso razionale dell'energia

6.1 Classificazione

Come visto nel paragrafo del contesto energetico, si può affermare che gli edifici residenziali e del terziario, costituiscono un settore molto importante per la riduzione dei consumi energetici non necessari. Infatti, con l'introduzione dell'automazione dell'edificio in genere è possibile correggere i comportamenti umani, molte volte errati, per condurre l'utente a un impiego ottimizzato degli impianti, sia elettrici sia di climatizzazione, per una riduzione dei consumi e per migliorare la sostenibilità ambientale.

Le differenze sostanziali tra un impianto tradizionale e un impianto Home or Building Automation sono che, nel tradizionale (Fig.6.1) ogni dispositivo in bassa tensione gestisce direttamente l'utilizzatore; nell'impianto domotico (Fig.6.2), invece, il sistema di comando lavora su di una linea Bus in SELV dedicata, nella quale si scambiano informazioni sotto forma di messaggi, mentre gli attuatori gestiscono gli utilizzatori di potenza in bassa tensione.



Le possibilità che può dare un sistema Home & Building Automation non differiscono sostanzialmente dalle realizzazioni ottenibili con un impianto tradizionale, ma quando si vogliono realizzare logiche che iniziano ad essere più complesse di una deviate, invertita, la complessità del cablaggio diventa così rilevante che è impensabile poterla realizzare. Si pensi ad esempio alla realizzazione di qualche scenario in cui con un comando unico devo attivare qualche accensione, alzare le tapparelle a un 50% e regolare la temperatura di una serie di ambienti a un valore prefissato, tutte queste logiche in un impianto tradizionale sarebbero impraticabili.

Le applicazioni realizzabili con un sistema di automazione residenziale o terziaria possono essere suddivise in tre classi (Tab.6.1):

<i>Classe 1</i>	
Comandi	Illuminazione, riscaldamento, ventilazione, condizionamento, attuatori
Allarmi	Soccorso, antintrusione, fughe gas, incendio, allagamento, tecnici
Diffusione sonora	Controllo
<i>Classe 2</i>	
Diffusione sonora	Altoparlanti
Comunicazione	Telefono, citofono
<i>Classe 3</i>	
Comunicazione	Video a banda larga

Tab.6.1 – Classi di applicazione dei sistemi d'automazione.

Le classi su cui è possibile pensare a un intervento di risparmio energetico sono evidentemente tutte quelle che riguardano i consumi legati all'illuminazione, climatizzazione e controllo carichi, quindi tutte le applicazioni contenute nella Classe 1.

6.2 Applicazioni di automazione, supervisione e controllo per risparmiare energia

Analizzeremo varie soluzioni per l'automazione degli edifici sia nel settore residenziale sia in quello terziario, portando varie soluzioni applicative per rendere confortevoli gli ambienti di vita quotidiana, ma che comunque possono portare a una riduzione dei consumi e quindi ottimizzare l'energia elettrica utilizzata.

Rappresentiamo due grafici (Fig.6.3 – 6.4) dove entreremo nello specifico dei consumi energetici in cui successivamente applicheremo delle automazioni per poter risparmiare energia.

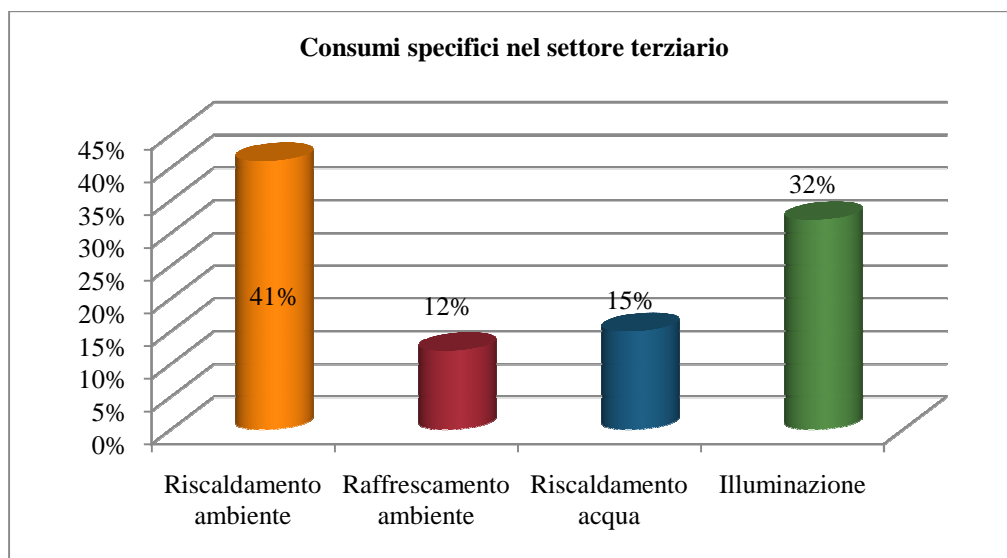


Fig.6.3 – Consumi specifici nel settore terziario.

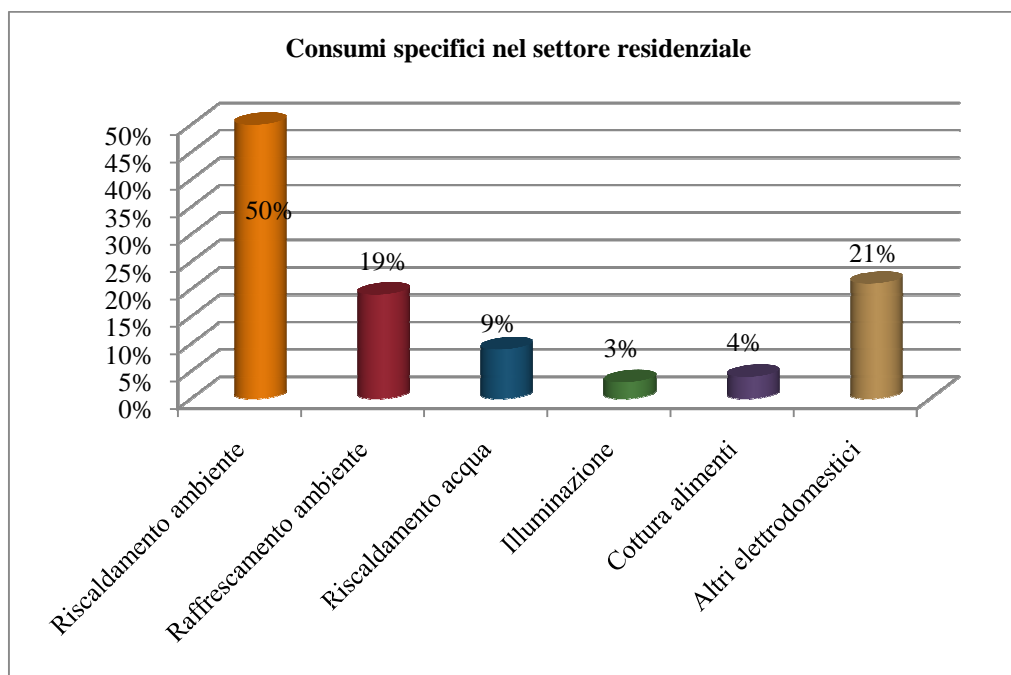


Fig.6.4 - Consumi specifici nel settore residenziale.

Come si può notare, le percentuali di riscaldamento e raffrescamento ambiente sono elevate in entrambi i settori, mentre l'illuminazione è notevolmente predominante nel terziario. Questo è dovuto principalmente a due fattori: il primo è la necessità di avere sempre luci accese, per esempio nei corridoi degli uffici o nei centri commerciali; il secondo è un non corretto uso razionale dell'illuminazione, per esempio nei grandi edifici adibiti ad uffici, in cui anche senza nessuno presente le luci rimangono accese per tutta la notte o per giorni nel caso del fine settimana. Ciò comporta un

consumo di energia sostanzialmente sprecata senza nessuna utilità. La stessa affermazione, per quanto riguarda il terziario, potrebbe essere riportata anche alla gestione errata del riscaldamento/raffrescamento. Infatti, molte volte il sistema di gestione di climatizzazione non è impiegato razionalmente dal personale che lascia acceso il sistema, anche se nell'ufficio non vi è presente nessuno per molte ore, nonché lascia le finestre aperte con l'impianto di riscaldamento/raffrescamento in funzione.

6.2.1 Gestione della termoregolazione

Le possibilità d'intervento nella gestione della termoregolazione possono essere varie. Un primo sistema è il controllo in fasce orarie prestabilite o con l'effettiva presenza delle persone nei locali; altro modo è la regolazione della temperatura, intesa come abbassamento di pochi gradi del valore di soglia, in quei periodi in cui le persone sono assenti.

Le principali funzioni ottenibili in un sistema di Home & Building Automation per la riduzione dei consumi possono essere:

- ✓ realizzare un sistema di controllo suddividendo le aree in microzone con dei cronotermostati che controllano le rispettive elettrovalvole;
- ✓ utilizzare una funzione di protezione in cui vengono attivate sia le elettrovalvole che le pompe nei periodi di fermo prolungato per evitare possibili blocchi (funzione *antisticking*). Un esempio sono proprio i sistemi di riscaldamento con pannelli radianti in cui nel periodo estivo i sistemi di azionamento sono spenti per 6/7 mesi, eccetto che il sistema sia utilizzato anche per il raffrescamento;
- ✓ impiegare un sistema *Indoor Air Quality* (IAQ), che analizza la qualità dell'aria all'interno dei locali; normalmente si analizza la percentuale di CO₂ per identificarla, attivando così un ricambio d'aria attraverso i sistemi di ventilazione;
- ✓ controllare i ricambi d'aria in funzione del periodo dell'anno in cui ci si trova per non portare a gradienti troppo elevati di differenza tra la temperatura dell'aria in ingresso e quella presente;
- ✓ integrare con stazioni meteo (sensori pioggia, vento, luminosità) attraverso le quali, per esempio, è possibile gestire sistemi di ombreggiamento o chiusura tapparelle in caso di pioggia;
- ✓ regolare il confort ambientale attraverso il comando automatico in funzione della presenza o meno di persone; controllare lo stato delle finestre o porte verso l'esterno per disattivare i sistemi di termoregolazione, con ripristino automatico degli stessi alla richiusura delle finestre nelle aree controllate;
- ✓ possibilità di controllare manualmente, in loco o centralizzato, lo stato di funzionamento con distinzione tra le funzioni di comfort, economy ed Off;
- ✓ proteggere gli arredi o gli impianti in locali ad occupazione saltuaria tramite una apposita funzione antigelo.

6.2.2 Gestione dell'illuminazione

Per migliorare il consumo legato all'illuminazione artificiale, può essere adottata tutta una serie di accorgimenti in cui possiamo sfruttare il più possibile la luce naturale proveniente dall'esterno, magari controllando sistemi di ombreggiamento, oppure regolando la luminosità dei punti luce adottando sistemi di regolazione del flusso luminoso.

Le principali funzioni realizzabili per ottenere un risparmio energetico possono essere le seguenti:

- ✓ accensione e spegnimento automatico dei corpi illuminanti utilizzando dei sensori di presenza: possono essere gli stessi impiegati nell'impianto antintrusione, sensori di luminosità o crepuscolari, nonché temporizzare lo spegnimento;
- ✓ accensione delle lampade segna passo o di segnalazione dei pulsanti con un crepuscolare o con un sensore di presenza;
- ✓ comando e controllo centralizzato degli apparecchi suddivisi per aree, per piani e/o locali, nonché la possibilità di visualizzarne su di uno touch-screen lo stato;
- ✓ controllo automatico di accensione e spegnimento delle insegne luminose, luci esterne, illuminazione vetrine, sfruttando un crepuscolare;
- ✓ spegnimento temporaneo di parte dei corpi illuminanti non prioritari;
- ✓ regolazione continua della luminosità in funzione della quantità di luce presente nell'ambiente, sia in modo manuale che automatico; in modo automatico utilizzando un sensore di luminosità impostato per mantenere una certa quantità di lux sul piano di lavoro, quindi, cercando di sfruttare il più possibile la luce naturale proveniente dall'esterno;
- ✓ accensione alternata di gruppi di corpi in modo da aumentarne la vita utile;
- ✓ possibilità di controllare con un report le ore di funzionamento degli apparecchi per ottimizzare gli interventi di manutenzione;
- ✓ possibilità di replicare i comandi in qualsiasi punto in cui vi sia la presenza del bus.

6.2.3 Gestione degli azionamenti e motorizzazioni

Questi sistemi consentono di azionare automaticamente degli organi motorizzati, migliorando efficacemente il risparmio energetico ed effettuando operazioni che normalmente potrebbero essere svolte dalle persone, ma che molte volte o per pigrizia o per la scarsa sensibilità dei nostri sensi non vengono eseguite.

Le funzioni che possono essere svolte dai sistemi di gestione degli azionamenti e motorizzazioni sono le seguenti:

- ✓ gestire e controllare motorizzazioni come tapparelle, dispositivi di ombreggiamento in modo manuale oppure in automatico con l'abbinamento di sensori di luminosità o stazioni meteorologiche, in modo da creare scenari o gestire automaticamente la luminosità all'interno del locale che si sta controllando;
- ✓ integrare i sistemi proprietari di azionamenti elettrici tipo cancelli e portoni;
- ✓ controllare i sistemi di irrigazione attraverso fasce orarie prestabilite, irraggiamento solare e, non di minor importanza, attraverso stazioni meteo in modo tale, per esempio, da non attivare il sistema se piove;
- ✓ prestabilire degli scenari per sale riunioni ed ambienti multifunzione;

6.3 Gestione degli allarmi tecnici e della supervisione

L'analisi da parte di un sistema di automazione degli allarmi tecnici può portare a un tempestivo intervento per ripristinare le condizioni di guasto, oppure limitare i consumi ingiustificati che potrebbero verificarsi.

Le funzioni realizzabili possono essere le seguenti:

- ✓ analisi delle concentrazioni di gas metano negli ambienti cucina o zona caldaia, per intervenire sulla elettrovalvola predisposta sulla linea di adduzione gas;

- ✓ analisi dei fumi rilasciati durante un principio d'incendio con l'attivazione di una segnalazione acustica;
- ✓ sfruttamento di un sensore allagamento nella zona dove è ubicata la lavabiancheria, per poter intervenire sulla chiusura generale dell'acqua in caso di bisogno;
- ✓ predisposizione di uno scenario che in automatico chiuda le elettrovalvole del gas e dell'acqua, tipo quando si rimane fuori casa per diversi giorni;
- ✓ controllo dei carichi, predisponendo delle funzioni che abilitino alcuni elettrodomestici, per esempio in fasce orarie oppure in funzione degli assorbimenti elettrici istantanei;
- ✓ supervisione da remoto dello stato dell'impianto, attraverso internet oppure più semplicemente via GSM;
- ✓ supervisione dei consumi elettrici, gas ed acqua con corrispondente registrazione in uno storico da richiamare in qualsiasi momento, sia in locale che in remoto.

6.4 Analisi caso reale

Ora analizzeremo un caso reale di un impianto domotico di un'abitazione ristrutturata, di circa 125 m², in cui verificheremo i consumi energetici e le possibili soluzioni per una riduzione dei consumi.

L'impianto domotico Konnex è costituito dai seguenti dispositivi (Tab.6.2):

Quantità	Descrizione
1	Alimentatore di linea 640 mA (320+320 mA)
1	Dispositivo di protezione
1	Interfaccia USB da quadro
1	Unità logica da quadro
1	Attuatore tapparelle 8 canali da quadro
1	Terminale di uscita 12 canali 6 A da quadro
3	Terminale di uscita 12 canali 10 A da quadro
1	Terminale di uscita 12 canali 16 A da quadro
9	Interfaccia universale 4 canali
6	Interfaccia universale 12 canali
100 m	Cavo EIB/KNX 1 coppia

Tab.6.2 – Elenco dispositivi caso reale.

Il sistema di supervisione è affidato a un microPC con sistema operativo Linux ed interfaccia LAN, della Domoticalabs, gestibile via PC o palmare attraverso un browser, consigliato Firefox.

I sistemi di gestione dell'impianto KNX sono collegati alla rete elettrica attraverso un gruppo di continuità da 700 VA. Questo è stato previsto per limitare i possibili sbalzi di tensione, che negli ultimi anni sono molto frequenti, nonché dare continuità di servizio in caso di microinterruzioni, che potrebbero danneggiare le apparecchiature elettroniche.

Inoltre, per gestire il sistema da remoto, è presente uno dei più classici Router Wi-Fi messi in commercio dalla principale azienda di servizi telefonici. È stato configurato in modo da poter essere raggiunto da qualsiasi postazione connessa a internet, poiché ai giorni nostri i servizi in connessione Flat (cioè con contratto forfettario per una connessione 24h/24h) con IP dinamico sono la stragrande maggioranza a livello residenziale.

I dispositivi di comando dell'impianto elettrico sono stati collegati alle interfacce universali, in modo che ogni pulsante possa essere identificato e programmato con determinate funzioni logiche per il controllo di qualsivoglia utilizzatore. Tutti i corpi illuminanti sono stati collegati ai terminali di uscita da 10 A in modo da controllarli singolarmente. Le linee con i carichi più importanti sono state

collegate al terminale di uscita da 16 A. Queste sono: la lavastoviglie, il forno, il frigo, la lavabiancheria e linea studio.

Il sistema di riscaldamento è costituito da una caldaia a condensazione e un impianto a pannelli radianti. Ogni ambiente è gestito da un servomotore a comando elettrotermico con tempi d'intervento di 120". Inoltre il sistema è suddiviso in due collettori termici con ognuno a bordo una pompa di circolazione forzata. Ogni dispositivo è stato collegato al terminale da 6 A, compreso il comando caldaia.

L'analisi si riferisce ai consumi elettrici dei vari utilizzatori. Sono state eseguite delle misure direttamente sul contatore elettronico dell'ente fornitore di energia elettrica, che in questo caso è l'ENEL.

La misura della potenza istantanea e dell'energia elettrica media consumata dagli utilizzatori è stata fatta leggendo e registrando gli impulsi emessi dal contatore elettronico, il quale sul frontale ha a fianco del display un paio di led (Fig.6.5).



Fig.6.5 – Contatore elettronico ENEL.

I due led sono identificati da due simboli: R_A che indica a ogni impulso il consumo di energia attiva corrispondente a 1 Wh; R_B indica invece il consumo di energia reattiva di 1 VARh. Sfruttando il lampeggio del led R_A , sono stati realizzati dei grafici che rappresentano la potenza attiva assorbita dagli apparecchi in funzione dell'ora.

Le misure della potenza dei vari dispositivi hanno portato ai seguenti dati.

Impianto Konnex costituito dai dispositivi riportati poc' anzi (Fig.6.6):

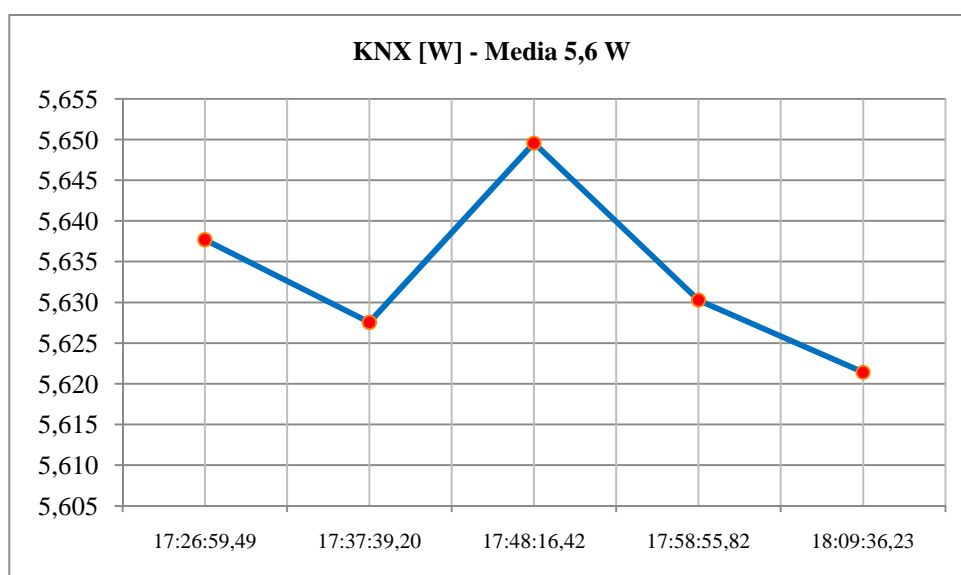


Fig.6.6 – Potenza attiva dell'impianto KNX.

Il consumo medio indica che l'impianto domotico in stand-by, assorbe una potenza istantanea media di 5,6 W. Il consumo è molto basso rispetto allo standard perché in generale un impianto Home & Building Automation assorbe una potenza istantanea media, dichiarata dai progettisti, di circa 20W. In questo caso il valore letto si riferisce a un piccolo impianto per applicazione residenziale.

Misura del consumo sistema di supervisione Konnexion (Fig.6.7):

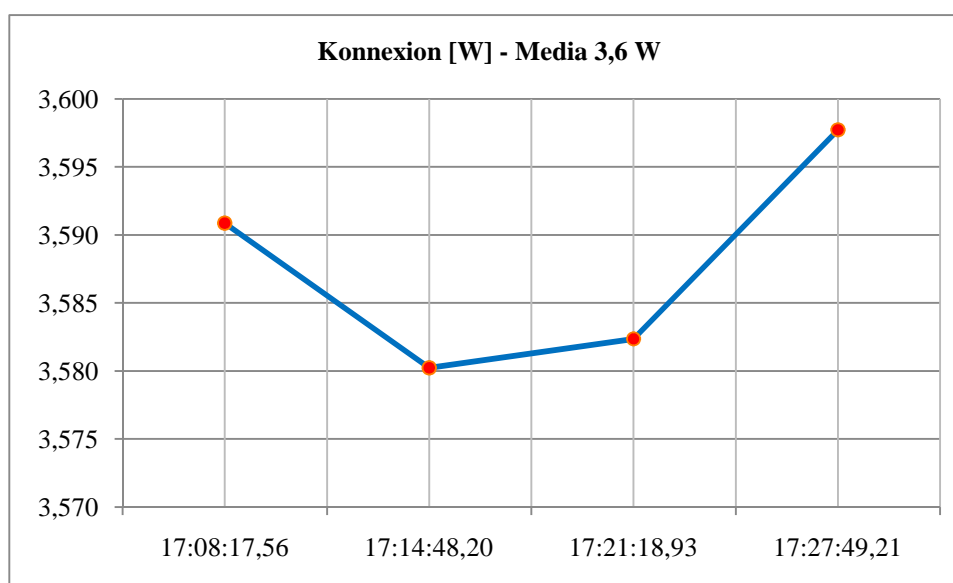


Fig.6.7 – Potenza attiva sistema di supervisione Konnexion.

Anche in questo caso, il sistema di supervisione incide pochissimo nei consumi elettrici dell'impianto. Come indicato in precedenza, questo dispositivo è a tutti gli effetti un miniPC con memoria statica di 1Gb dai consumi ridottissimi.

Queste due prime misure, consentono già di porre una prima analisi dei consumi di un impianto domotico avanzato a livello residenziale. Le misure lette solo dell'impianto KNX e del sistema di supervisione Konnexion hanno portato al seguente grafico (Fig.6.8):

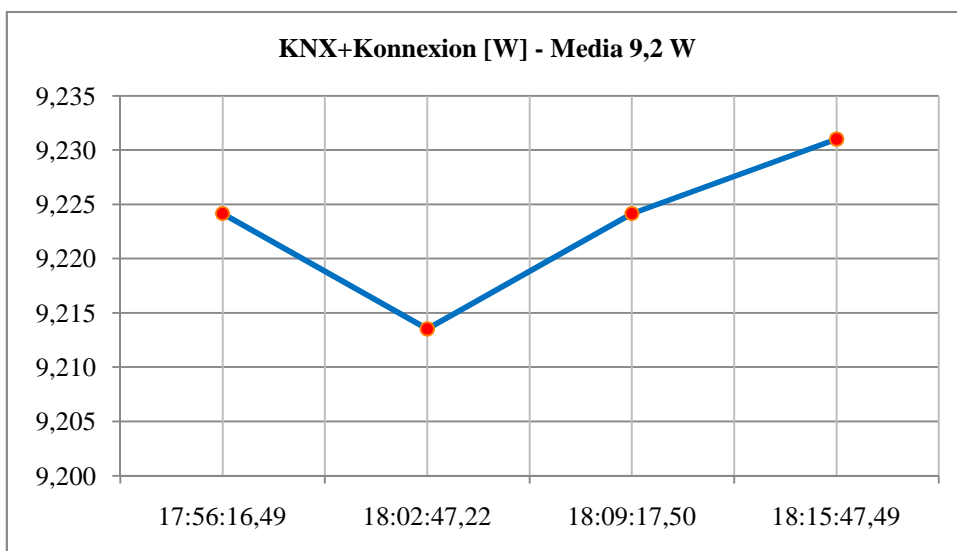


Fig.6.8 – Potenza attiva impianto KNX e sistema di supervisione Konnexion.

Il sistema analizzato comprende, inoltre, altri due dispositivi indispensabili per un impianto domotico completo. Il primo è un gruppo di continuità che ha dato le seguenti letture (Fig.6.9):

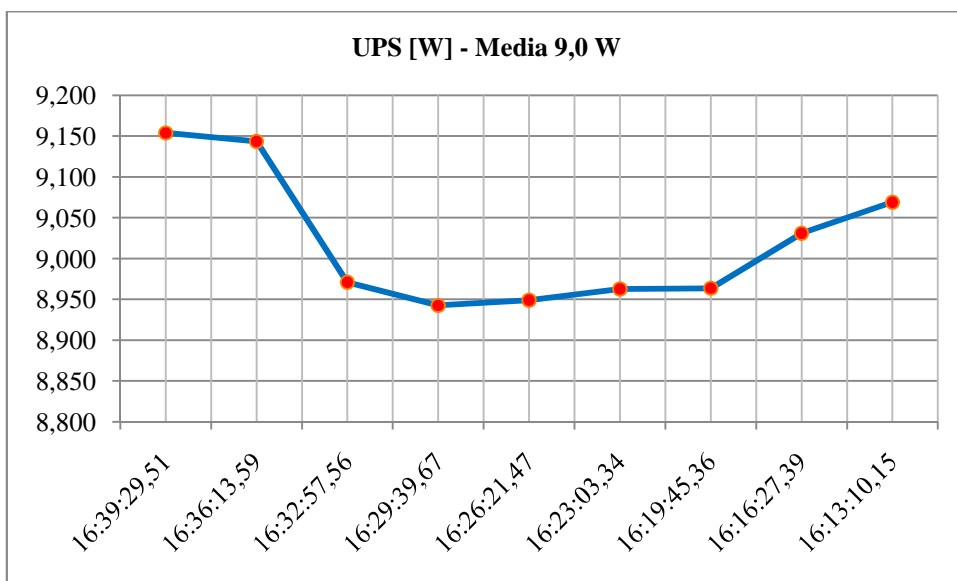


Fig.6.9 – Potenza attiva del gruppo statico di continuità da 700 VA.

Non trascurabile, anzi relativamente alto, dato che un apparecchio di questo genere sempre attivo, consuma come l'impianto domotico. La risposta a questo consumo relativamente elevato è legata a due fattori fondamentali. Il primo fattore riguarda l'età ormai obsoleta dell'apparato, infatti, ha ormai 7/8 anni di vita e l'efficienza energetica di tale UPS non è delle migliori. Si può affermare che le perdite introdotte dai gruppi statici di continuità di vecchia generazione raggiungevano anche il 18% (Fig.6.10). Oggi, con la responsabilizzazione di molte aziende del settore elettrico ed elettronico per il miglioramento dell'efficienza energetica dei dispositivi, si possono raggiungere efficienze del 98-99%.

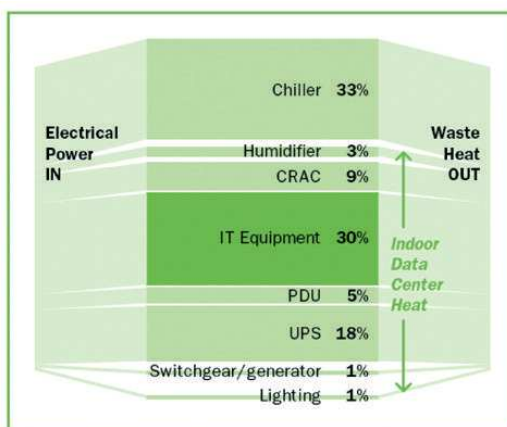


Fig.6.10 – Perdite percentuali relative a un data center. Fonte: The Green Grid.

L'altro fattore è legato alla diminuzione dell'efficienza dei gruppi statici alla riduzione della percentuale di carico. Infatti, la nostra situazione rispecchia perfettamente il grafico successivo (Fig.6.11), arrivando anche al 50-60% di efficienza.

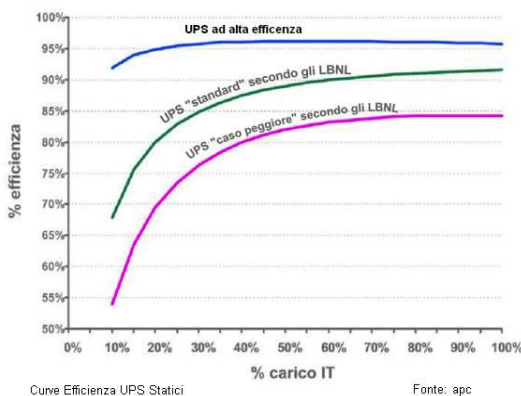


Fig.6.11 – Relazione efficienza energetica e carico collegato. Fonte: Gruppo di lavoro tecnico UPS di ANIE/AssoAutomazione.

La soluzione a tale inconveniente è l'installazione di un gruppo UPS, di piccola taglia, per l'alimentazione dei sistemi di base dell'impianto domotico.

Il secondo dispositivo utilizzato per la gestione dell'impianto è un classico Router Wi-Fi con 4 porte ethernet. Le letture delle misure effettuate su tale dispositivo sono le seguenti (Fig.6.12).

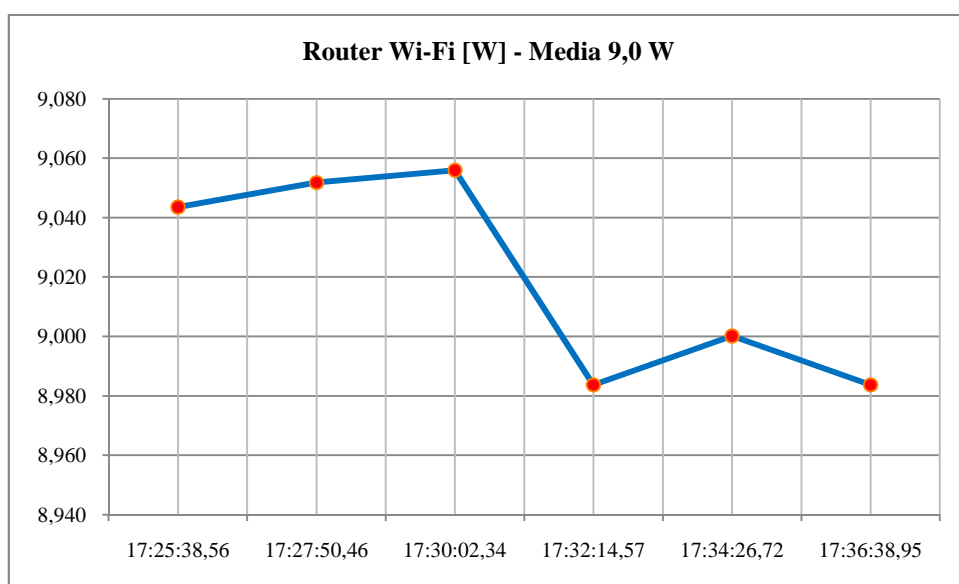


Fig.6.12 – Potenza attiva del Router Wi-Fi.

Anche questo dispositivo consuma molta energia. La soluzione attuale che può essere adottata è quella di gestire il dispositivo attraverso un contatto On/Off dell'impianto domotico. Così facendo si toglierebbe tensione all'alimentatore del dispositivo nei periodi di non utilizzo, per esempio quando non c'è nessuno a casa, consentendo una riduzione dei consumi dell'edificio. Il problema potrebbe nascere se l'utente desidera gestire l'impianto, per qualsiasi motivo come il controllo di qualche utilizzatore oppure come supervisione, perché così facendo non si avrebbe più l'accesso da internet per entrare nel sistema. Comunque, la relazione presentata da S. Gallo di Telecom Italia nel convegno di Energy@home a Verona nell'ottobre 2010 afferma che sono in fase di sviluppo router a basso consumo perché in questi anni si stanno diffondendo sempre più sistemi connessi 24h/24h e quindi, per rispettare le direttive europee, si stanno intraprendendo soluzioni che consentano la riduzione dei consumi. [12] (Gallo, 2010)

I consumi in stand-by di un impianto domotico si aggirano, in quest'analisi, sui 27,3 W di base, che nell'arco di un anno, comportano un costo di € 37,14 (ipotesi 1 tabella 6.3). Una possibile riduzione dei consumi di base del sistema domotico in questione è la sostituzione del gruppo di continuità con uno ad alta efficienza e potenza adeguata (il minimo in commercio di buona qualità ha una potenza apparente di 325 VA con una potenza attiva in uscita massima di 185 W). Un altro passo riguarda l'accensione comandata del Router Wi-Fi con un sistema di telecontrollo attraverso apparato GSM, con il quale possiamo accendere e spegnere il dispositivo, ogni volta lo si desidera, da remoto, per esempio inviando dei semplici SMS dal proprio telefono cellulare. I consumi possono essere ridotti di circa il 30% (ipotesi 2 tabella 6.3) ipotizzando un rendimento del 92% del gruppo UPS e un utilizzo medio di 10 ore giornaliere del Router Wi-Fi.

	[W]	Ipotesi 1	Ipotesi 2	Ipotesi 3
Sistema KNX ABB	5,6	€ 7,62	€ 7,62	€ 7,62
Supervisione Konnexion	3,6	€ 4,90	€ 4,90	
UPS	9,0	€ 12,24	€ 7,32	
Router	9,0	€ 12,24	€ 5,10	
Totali costi annui		€ 37,00	€ 24,94	€ 7,62
% di risparmio annuo			32,61%	79,41%

Tab.6.3 – Costi annui, di base, del sistema domotico considerato secondo le due ipotesi.

Generalizzando, per un'abitazione residenziale si può affermare che un sistema domotico senza supervisione ha dei consumi che si attestano su circa 6 W, che in un anno comportano un costo di base

fisso di circa 8 € come da ipotesi 3 tabella 6.3, con un risparmio fino al 80% del caso reale in questione.

6.5 Interventi per una riduzione dei consumi nel settore residenziale

È uso comune classificare gli apparecchi elettrici, di uso quotidiano, secondo categorie di grandezza e di funzione, oppure secondo il loro colore prevalente.

- TV-Audio/Video o *elettrodomestici neri*: sono televisori, decoder digitali terrestri o satellitari, lettori DVD o BluRay, videoregistratori, impianti Hi-Fi e Home Theater;
- Elettronica portatile: come telefoni cellulari, videocamere, fotocamere, radio, console per videogiochi, ecc.;
- Apparecchiature per l'ufficio o *elettrodomestici grigi*: questi sono computer, monitor, stampanti, scanner, telefoni, fax, fotocopiatrici, affrancatrici;
- Grandi elettrodomestici o *elettrodomestici bianchi*: frigoriferi e congelatori, lavastoviglie, lavatrici e asciugatrici, forni e cucine a gas o elettrici;
- Piccoli elettrodomestici: aspirapolvere, macchina da caffè, tostapane, ferri da stiro, frullatori, asciugacapelli, rasoi elettrici, ecc. [13] (NextVille, 2010)

Ora analizzeremo due possibili scenari per la riduzione dei consumi energetici nell'ambito residenziale, utilizzando le funzionalità che può fornire un sistema di Home Automation. Le soluzioni sono:

- ✓ togliere tensione a tutti gli apparecchi che vengono messi in stand-by quando si è certi che non vengono utilizzati, per esempio quando si esce di casa;
- ✓ consentire l'utilizzo di alcuni apparecchi in fasce orarie prestabilite.

6.5.1 Distacco apparecchi elettrici

Il problema che ci troviamo di fronte è legato a vari studi condotti, a livello europeo ed italiano, sui consumi elettrici di un'abitazione residenziale. Tra i più importanti segnaliamo:

- Progetto "EURECO" (*Energy Saving by Using Efficient Appliances in the Residential Sector*), in cui dal gennaio 1999 al giugno del 2003, vennero monitorate 400 abitazioni a livello europeo. Lo scopo era quello di effettuare le misure sui consumi e di valutare il loro potenziale di risparmio.
- Progetto "MICENE" (*Misure dei Consumi di Energia Elettrica nel settore domestico*), progetto italiano condotto su un campione di 110 abitazioni sparse nel territorio tra il giugno del 2002 e marzo 2003. Per la precisione in questo studio, sono state portate a termine anche altre 3 campagne con l'intento di monitorare i consumi di energia elettrica di 10 condizionatori d'aria e dei principali elettrodomestici ed apparecchi di illuminazione, nonché monitorare il confort termico in 2 abitazioni con differente esposizione.
- Progetto "REMODECE" (*Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe*), sempre a livello europeo, iniziato nel 2006 e terminato nel 2008, con il principale obiettivo di contribuire ad aumentare le conoscenze in materia di consumi del settore residenziale nei Paesi europei e di identificare dei trend di domanda.
- Progetto "SELINA" (*Stand-by and Off-Mode Energy Losses in New Appliances Measured in Shops*), sviluppato tra ottobre 2008 e settembre 2010, è basato su precedenti progetti, in particolare sullo studio per la progettazione ecocompatibile sui consumi in

stand-by. Ha lo scopo di incrementare l'efficienza energetica nel mercato delle apparecchiature e nelle abitazioni e incrementare la consapevolezza dell'importanza delle specifiche dei prodotti per i rivenditori e influenzare il comportamento dei consumatori durante la selezione e l'utilizzo delle apparecchiature.

I monitoraggi eseguiti hanno rispecchiato una situazione interessante per gli interventi di riduzione dei consumi. Escludendo la sostituzione degli elettrodomestici bianchi con apparecchi appartenenti alla classe di efficienza più alta (tipo A++), gli studi che ci interessano di più sono quelli riguardanti i monitoraggi del progetto SELINA, riguardante i consumi in stand-by di vari utilizzatori.

La cosa più preoccupante che è emersa riguarda la crescita, negli ultimi anni, di numerosi dispositivi che consentono lo spegnimento in vari modi. Queste possono essere raccolte nelle tre seguenti:

- **Stand-by attivo (Active stand-by mode):** l'apparecchio è acceso ma non svolge la funzione principale (es.: lettore CD acceso ma che non riproduce);
- **Stand-by passivo (Passive stand-by mode):** l'apparecchio non svolge la sua funzione principale ma è pronto per essere acceso (es.: prodotto spento, con display acceso con orario e riattivabile con telecomando);
- **Spento (Off mode):** l'apparecchio è spento con un interruttore, non ha display accesi e non è riattivabile con un telecomando.

La modalità di *Stand-by passivo* comporta dei consumi che sono relativamente bassi ma che, nell'arco di un anno solare e considerando vari utilizzatori, possono rilevare delle sorprese non indifferenti. Dal rapporto abbiamo redatto alcuni grafici riguardanti le potenze degli apparecchi elettrici, riguardo alla modalità sopraindicata, distinguendo il valore massimo ed il medio.

I grafici sono riferiti alla classe di appartenenze come in precedenza indicato.

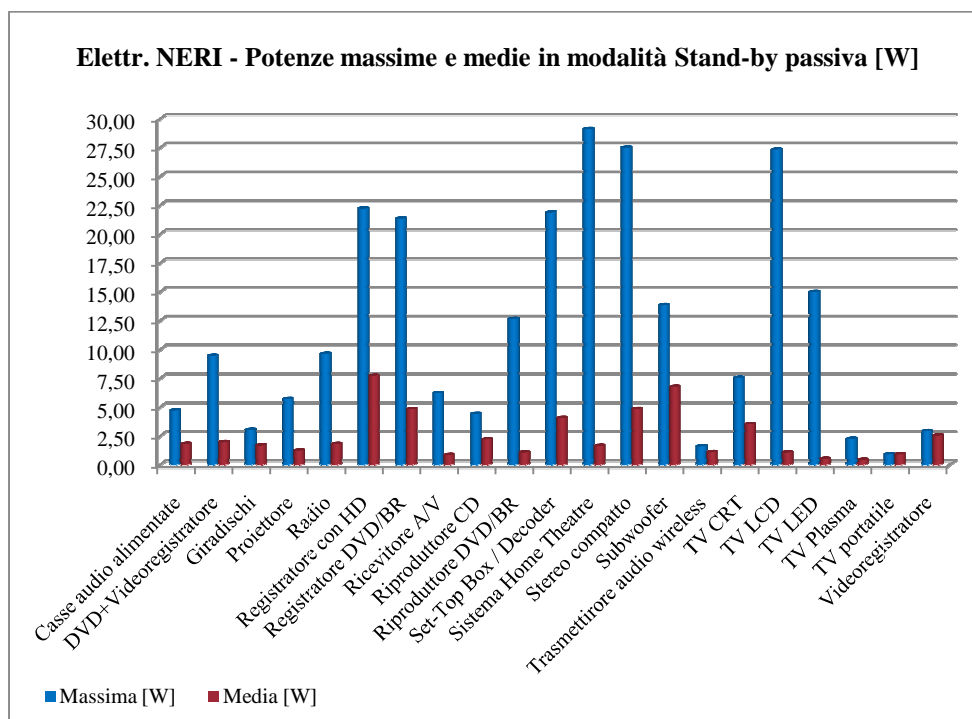


Fig.6.13 – Potenze massime e medie degli elettrodomestici neri. Fonte: Progetto SELINA.

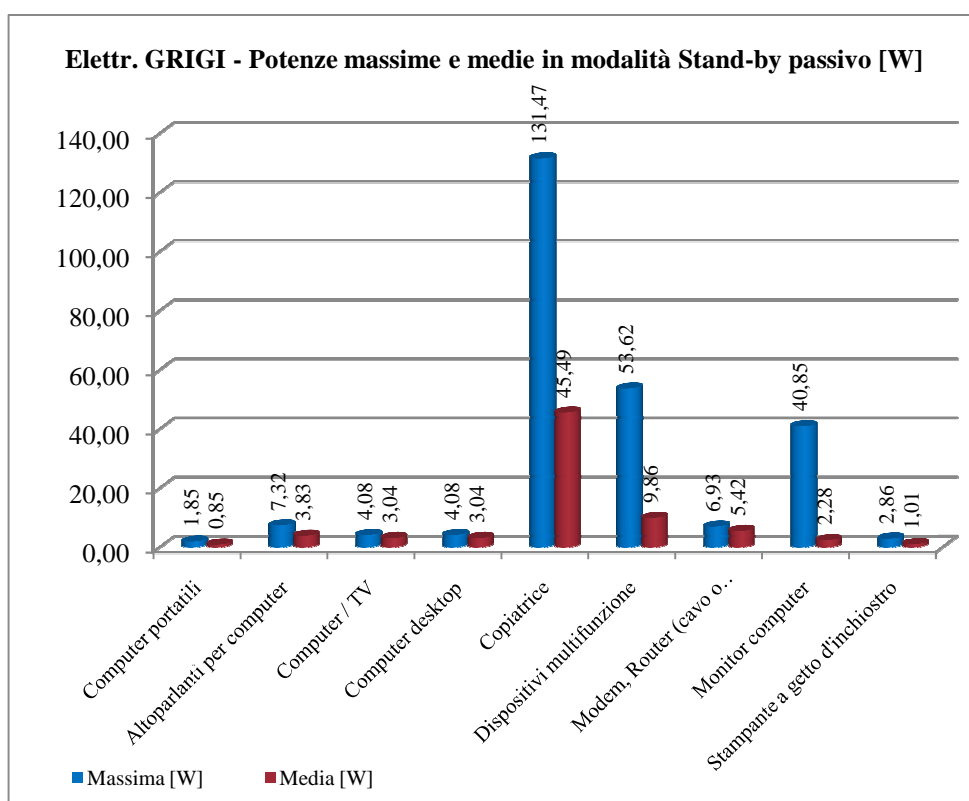


Fig.6.14 – Potenze massime e medie degli elettrodomestici grigi. Fonte: Progetto SELINA.

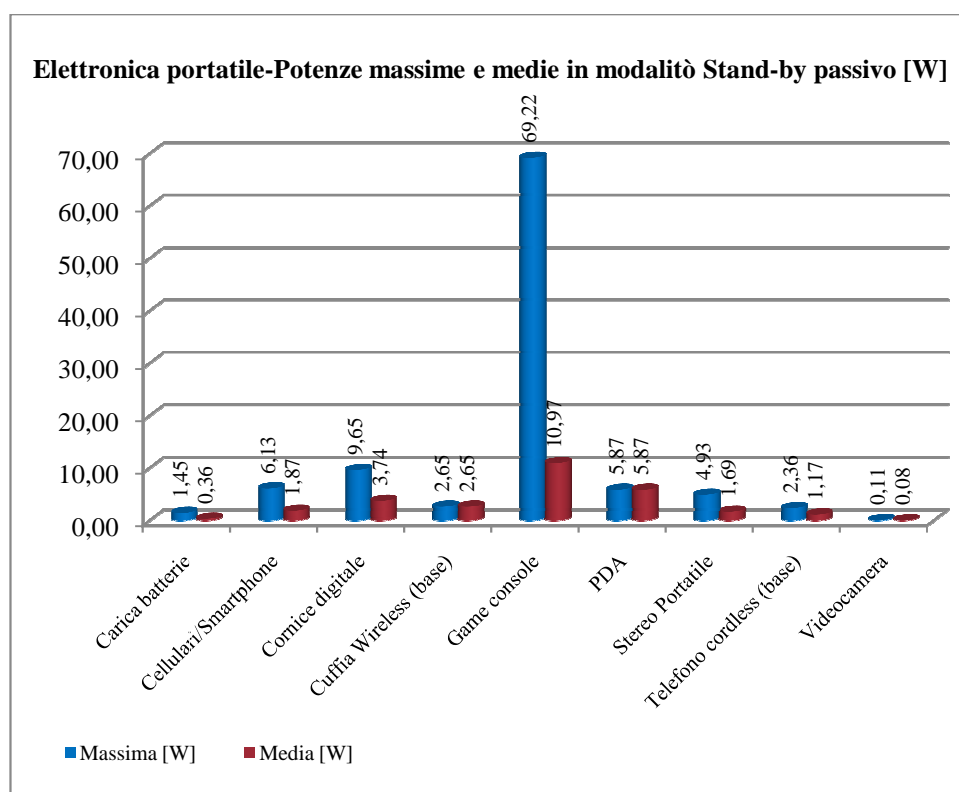


Fig.6.15 – Potenze massime e medie degli dispositivi elettronici portatili. Fonte: Progetto SELINA.

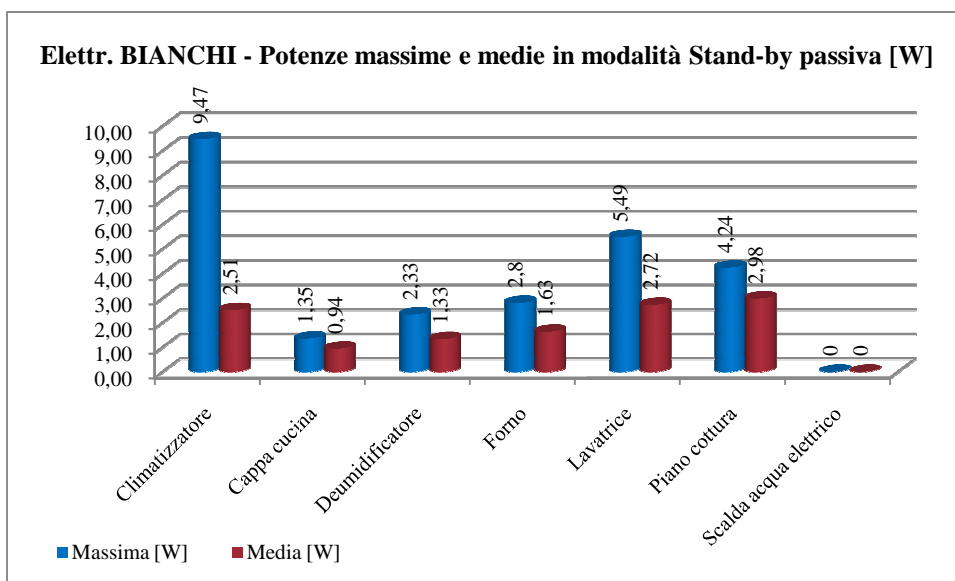


Fig.6.16 – Potenze massime e medie degli elettrodomestici bianchi. Fonte: Progetto SELINA.

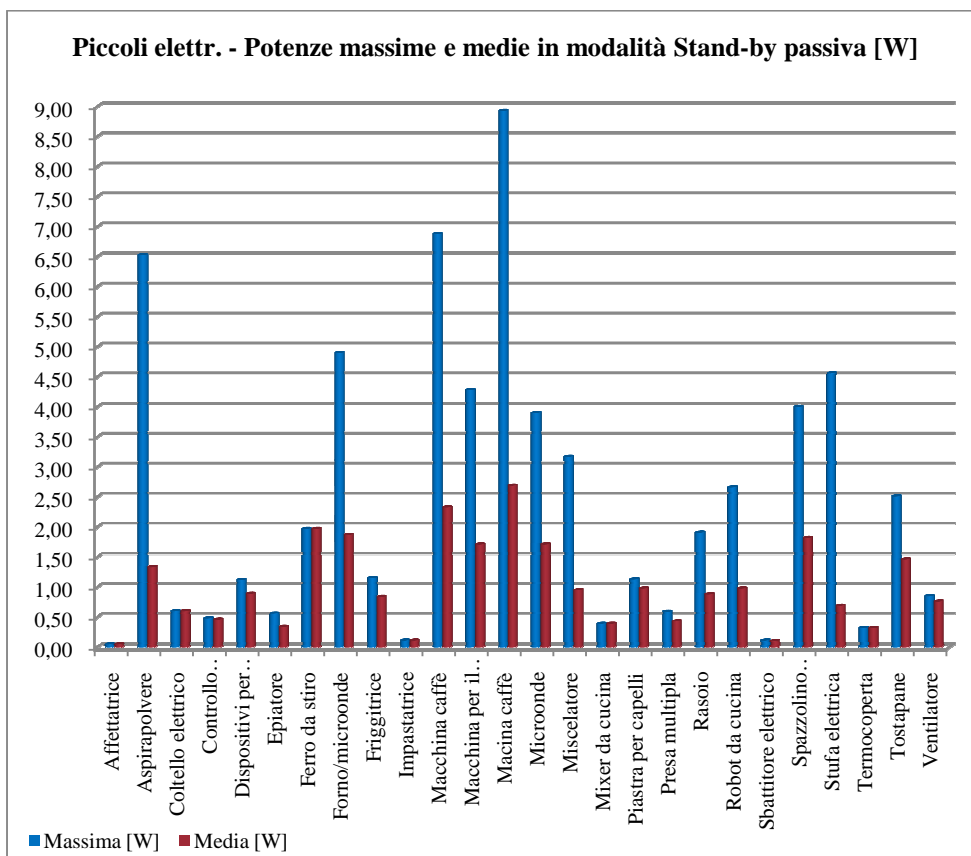


Fig.6.17 – Potenze massime e medie dei piccoli elettrodomestici. Fonte: Progetto SELINA.

Si osserva che in modalità stand-by passivo molti apparecchi elettrici di uso quotidiano hanno dei consumi anche in quei momenti della giornata in cui non vengono utilizzati.

Ora ipotizziamo una situazione standard, di una famiglia italiana, considerando quegli utilizzatori che normalmente sono lasciati nella modalità stand-by passiva (Tab.6.4):

Descrizione utilizzatore	Massima [W]	Media [W]
DVD+Videoregistratore	9,43	1,94
Riproduttore CD	4,40	2,19
Set-Top Box/Decoder	21,87	4,04
Stereo compatto	27,48	4,83
TV LCD	27,32	1,06
Computer desktop	4,08	3,04
Carica batterie	1,45	0,36
Altoparlanti per computer	7,32	3,83
Monitor computer	40,85	2,28
Modem, Router	6,93	2,28
Stampante	2,86	1,01
Game console	69,22	10,97
Telefono cordless	2,36	1,17
Climatizzatore	9,47	2,51
Cappa cucina	1,35	0,94
Forno	2,80	1,63
Lavabiancheria	5,49	2,72
Piano cottura	4,24	2,98
Forno/Microonde	4,90	1,87
Macchina caffè	6,88	2,33
Rasoio	1,91	0,88
Robot da cucina	2,66	0,98
Spazzolino elettrico	4,00	1,82
Totale potenza [W]	269,27	57,66
Consumi annui [kWh/anno]	2358,81	505,10
Costi totali dovuti ai consumi in Stand-by passivo	€ 366,30	€ 78,44

Tab.6.4 – Ipotesi apparecchi elettrici presenti in una famiglia media italiana nella modalità stand-by passivo.

In media una famiglia italiana, attraverso una stima indicata poc'anzi, ha un potenziale di risparmio di ben 57 W, con un costo totale annuo di circa 78 €. Se quest'ultimo dato lo confrontiamo con la spesa media in un anno, riferita ai 2700 kWh/anno di consumi totali, ricaviamo che, in percentuale, la riduzione dei consumi potrebbe essere circa il 18%.

Per realizzare questo risparmio energetico, utilizzando i sistemi Home Automation, sarebbe sufficiente controllare attraverso i terminali di uscita le linee di alimentazioni dei vari utilizzatori e/o locali. Un esempio è quello di suddividere le linee di forza motrice (Tab.6.5):

Terminali di uscita	Linea forza motrice	Descrizione apparecchiature controllate
1° canale terminale di uscita da 16 A	Linea soggiorno	DVD+Videoregistratore Riproduttore CD Set-Top Box/Decoder Stereo compatto TV LCD Game console
2° canale terminale di uscita da 16 A	Linea studio	Computer desktop Altoparlanti per computer Monitor computer Modem, Router Stampante
3° canale terminale di uscita da 16 A	Linea cucina piccoli elettrodomestici	Cappa cucina Piano cottura Forno/Microonde Macchina caffè Robot da cucina Tutte le prese zona cucina ad esclusione del frigorifero
4° canale terminale di uscita da 16 A	Linea Forno	Forno
5° canale terminale di uscita da 16 A	Linea lavastoviglie	Lavastoviglie
6° canale terminale di uscita da 16 A	Linea lavabiancheria	Lavabiancheria
7° canale terminale di uscita da 16 A	Linea bagno	Rasoio Spazzolino elettrico
8° canale terminale di uscita da 16 A	Linea climatizzatore	Climatizzatore

Tab.6.5 – Ipotesi sistema di controllo linee abitazione residenziale per risparmiare circa il 18% sui consumi.

La suddivisione presentata nella tabella 6.5 comporta una ulteriore considerazione sulle scelte svolte. In primo luogo i dispositivi come il caricabatterie di cellulari oppure di smartphone e i telefoni cordless, sono carichi che difficilmente è possibile controllare. Infatti, i caricabatterie sono dispositivi elettronici portatili che possono essere utilizzati in qualsiasi punto vi sia una presa. L'abitudine della maggior parte degli utenti è quella, non solo di collegare tale dispositivo nel periodo di ricarica dei telefoni, ma di lasciarli inseriti per tutte le 24h. D'altro canto, non è pensabile scollegare dalla rete il telefono cordless, perché questo apparecchio ha la doppia funzione: quella di stazione ricevente base e di caricabatterie per il telefono; quindi una continua accensione e spegnimento dell'apparato porterebbe ad un'usura ingiustificata dello stato di carica delle batterie.

L'unica soluzione, dal nostro punto di vista, è quella di puntare su apparecchi, e questo ha validità generale, che abbiano il marchio EnergyStar. Infatti questi, appartenendo ad un sistema di certificazione per garantire dei consumi ridotti, hanno un consumo in stand-by inferiore rispetto ad altri. Su questo punto l'Unione Europea all'interno della direttiva EuP (*Energy using Products*), ha imposto dei limiti massimi di consumo allo stand-by passivo. I limiti imposti per gli apparecchi in vendita sono i seguenti (Tab.6.6):

	Limiti al 2010	Limiti al 2013
Modalità Off-Mode	1 W	0,5 W
Modalità standby senza display	1 W	0,5 W
Modalità stand-by con display informativo	2 W	1 W

Tab.6.6 – Consumi massimi imposti dalla direttiva EuP.

La funzione del terminale di uscita sarà gestita in modo tale che quando non vi è nessuno a casa, per esempio attraverso il comando "uscita" dell'impianto domotico, oppure utilizzando un'uscita programmabile di un impianto di allarme, siano staccate tutte le linee desiderate. Un intervento di questo tipo porta a una riduzione dello stato di stand-by passivo degli apparecchi indicati, ma non comporta un risparmio del 18%. Si pensi a quelle ore in cui siamo a casa e non utilizziamo gli apparecchi. È possibile migliorare il sistema di controllo della presenza persone magari abbinando delle funzioni aggiuntive come controllo scenari. Un esempio potrebbe essere comandare lo scenario

visione TV o ascolto radio, in cui abilitiamo determinate linee di alimentazione. Comunque il 18% sarebbe una stima massima del risparmio raggiungibile utilizzando questo sistema di controllo, ma riuscire a toccare anche il 12-14%, crediamo sia un buon passo in avanti per poter risparmiare energia e spendere meno in bolletta.

6.5.2 Programmazione oraria

La seconda soluzione d'intervento è la programmazione oraria nell'impiego di alcuni utilizzatori. Il problema che ci troviamo di fronte fa riferimento al progetto MICENE in cui di seguito sono riportate le curve di carico di alcuni elettrodomestici bianchi.

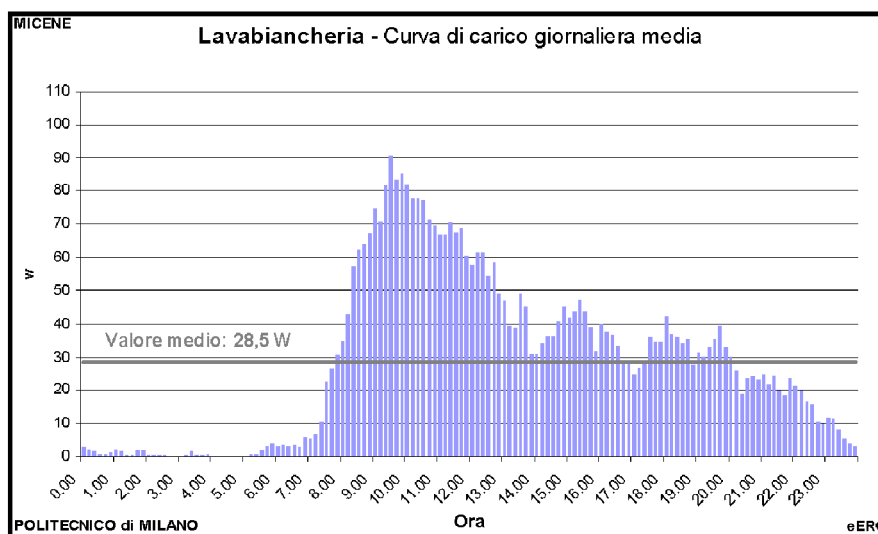


Fig.6.18 – Curva di carico giornaliera media relativa a tutti i giorni dell'anno della lavabiancheria. Fonte: Progetto MICENE.

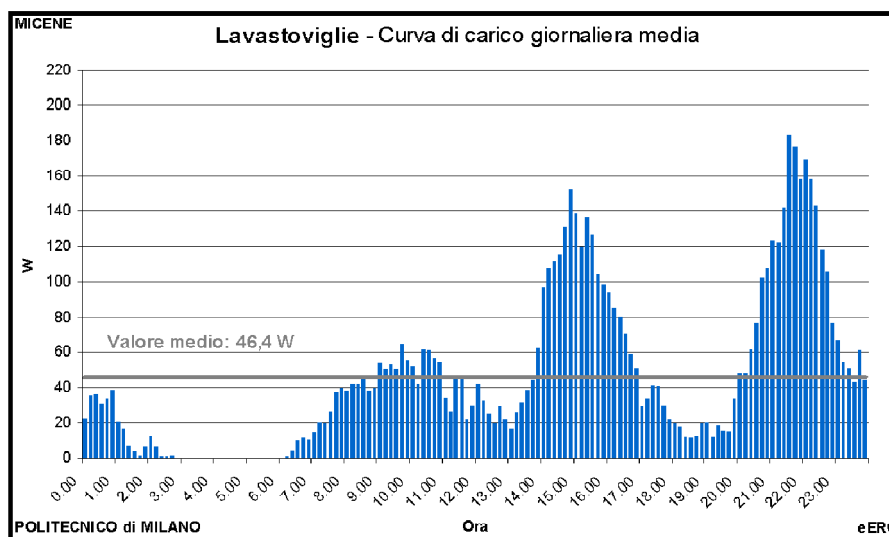


Fig.6.19 – Curva di carico giornaliera media relativa a tutti i giorni dell'anno della lavastoviglie. Fonte: Progetto MICENE.

Per quanto riguarda il forno elettrico, non avendo a disposizione un grafico indicativo delle potenze assorbite, queste possono essere stimate sui 29,7 W media giornaliera (dato ottenuto da un utilizzo medio di 2 volte alla settimana per un consumo annuo di 260 kWh).

La soluzione del problema a oggi, quindi nel 2010, dovrebbe essere rivolta a una razionalizzazione nell'utilizzo degli elettrodomestici nelle ore più economiche della giornata. Dato che i consumi di punta di ognuno di questi elettrodomestici si aggirano tranquillamente tra i 1800-2500 W di picco, bisognerebbe evitare la contemporaneità d'uso tra di loro.

La programmazione in fasce orarie e il controllo dei consumi istantanei attraverso una scaletta di priorità possono portare a una riduzione dei consumi elettrici. La programmazione in fascia oraria consiste nel dare la possibilità di utilizzo degli elettrodomestici solo al di fuori delle ore di punta, cioè dalle 19.00 alle 8.00 nei giorni feriali e lasciare libero arbitrio durante i prefestivi ed i festivi (Appendice B). L'obiettivo è quello, per quanto possibile, di spostare i carichi nelle fasce orarie di maggior convenienza e cercare di appiattire la curva di carico della domanda di energia nazionale.

In abbinamento alla programmazione oraria è possibile, sempre con un sistema domotico, poter controllare i carichi degli utilizzatori poc'anzi indicati. Il controllo dei carichi può essere realizzato sfruttando la funzione di alcuni terminali di uscita in cui in ogni canale è integrato un circuito per il rilevamento della corrente assorbita. In questa maniera possiamo programmare l'impianto in modo tale da dare delle priorità nel funzionamento di alcuni elettrodomestici rispetto ad altri. Per esempio, consentire di finire la cottura di un piatto piuttosto che accendere la lavabiancheria oppure consentire l'accensione della lavastoviglie dopo che ha terminato la lavabiancheria.

Nella tabella 6.7 è calcolato il margine di risparmio ottenibile ipotizzando lo spostamento dei consumi giornalieri nelle fasce orarie a costi inferiori. Dai grafici precedenti è stata ipotizzata una percentuale dei consumi che possono essere spostati. Per il forno elettrico non è prevedibile spostare molto le fasce orarie di consumo, perché se si deve preparare un determinato tipo di piatto, i momenti di cottura sono normalmente sempre qualche ora prima dei pranzi o delle cene. L'idea è di considerare lo spostamento di utilizzo di questo elettrodomestico prevalentemente nei fine settimana e impiegare maggiormente forni a microonde che hanno tempi e consumi inferiori rispetto a un forno elettrico.

Descrizione elettrodomestici.	Potenza media giornaliera [W]	% dei consumi applicazione risparmio	kWh/anno	% kWh/anno applicazione risparmio	Costi comunque in fascia F1	Costo nella fascia F1	Costo nella fascia F2-F3
Lavabiancheria	28,5	80	249,7	199,7	€ 8,06	€ 32,24	€ 0,41
Lavastoviglie	46,4	60	406,5	243,9	€ 26,25	€ 39,37	€ 7,13
Forno	29,7	20	260,2	52,0	€ 33,60	€ 8,40	€ 7,92
Totali			916,3	495,6	€ 67,91	€ 80,01	€ 75,47
% di risparmio							5,68%

Tab.6.7 – Stima risparmio energetico nello spostamento di utilizzo di alcuni elettrodomestici bianchi nelle fasce orarie a minor costo.

Come indicato in precedenza, alla programmazione oraria è consigliabile coordinare anche un controllo carichi in modo tale da consentire la continuità di fornitura dell'energia elettrica, evitando di sforare la potenza impegnata. Infatti, i nuovi contatori elettronici forniti dall'ENEL, consentono il prelievo di energia elettrica anche oltre la potenza impegnata, per un periodo prefissato, prima che vi sia il distacco automatico.

6.6 Analisi sistemi di riscaldamento/raffrescamento

Per la gestione ottimizzata dei sistemi di riscaldamento/raffrescamento è possibile integrare con il sistema domotico il controllo delle zone con cronotermostati. Ogni ambiente può essere programmato nello stesso modo previsto per il controllo degli stand-by passivi. Quindi, in funzione della presenza delle persone, impostando la temperatura 1 o 2 gradi in meno rispetto alla temperatura confortevole. Numerosi sostenitori del risparmio energetico affermano che semplicemente diminuendo di 1°C la

temperatura dell'impianto di riscaldamento è possibile ridurre i consumi di gas anche del 6-7%. [13] (Gewiss, 2008)

Nel caso degli impianti di condizionamento è possibile programmare il sistema in modo da mantenere una temperatura confortevole quando vi sono persone a casa e aumentare di 1 o 2 gradi quando non c'è nessuno.

Una simulazione condotta da Bticino in collaborazione con Climaveneta [14] (Bticino, 2007), comparava i costi sostenuti in un'abitazione di 150 m² in cui sono state confrontate due tecnologie di termoregolazione: una prima in cui l'impianto veniva impiegato solo per riscaldamento (Tab.6.8) e una seconda che utilizzava l'impianto sia per riscaldamento che per raffrescamento (Tab.6.9).

Confronto costi per il riscaldamento	Percentuale dei risparmi
Caldaia a condensazione e cronotermostato	100%
Caldaia a condensazione e termoregolazione a zone	-22%
Pompa di calore Idrorelax e termoregolazione a zone	-42%

Tab.6.8 – Stima risparmio energetico ottenibile con varie soluzioni per il riscaldamento. Fonte: BtMagazine 200711.

Confronto costi per il riscaldamento e raffrescamento	Percentuale dei risparmi
Caldaia a condensazione abbinata ad un condizionatore Split e cronotermostato	100%
Pompa di calore Idrorelax e cronotermostato	-19%
Pompa di calore Idrorelax e termoregolazione a zone	-31%

Tab.6.9 – Stima risparmio energetico ottenibile con varie soluzioni per il riscaldamento e raffrescamento. Fonte: BtMagazine 200711.

Si sottolinea che, comunque, utilizzando un sistema di controllo a zone si possono ridurre i costi di esercizio di circa il 20%. Con questa percentuale, il maggiore costo iniziale per un impianto a zone è ripagato velocemente, anche in meno di un anno, grazie all'effettivo contenimento dei consumi.

6.7 Classificazione impianti tecnici secondo la norma EN15232

In linea con la direttiva europea EPBD del 2002, il CEN (*European Committee for Standardization*) ha redatto la norma EN 15232, dell'ottobre 2007, che definisce gli effetti dei sistemi di controllo ed automazione (BACS – *Building Automation and Control System*) sull'efficienza energetica degli edifici. Tale norma è attualmente in inchiesta pubblica per le ultime revisioni prima di essere recepita definitivamente in Italia.

Ora analizzeremo gli strumenti che sono stati resi disponibili da tale norma per evidenziare come l'inserimento negli edifici, residenziali e terziari, di sistemi di controllo ed automazione comporta una riduzione dei consumi energetici in generale e principalmente dei più importanti:

- riscaldamento;
- raffrescamento;
- ventilazione;
- illuminazione;
- produzione di acqua calda.

La norma EN 15232 fa riferimento e completa tutta una serie di norme che appartengono alle serie EN 15000 ed EN 12000, che per ogni settore di applicazione definiscono dei metodi di calcolo per la determinazione del risparmio energetico ottenibile.

Riportiamo di seguito le quattro classi di efficienza energetica definite dalla norma, valide sia nel settore residenziale che terziario.

- **Classe A “Alta Efficienza”:** comprende gli impianti controllati con un sistema di automazione (BACS/HBES), con gestione centralizzata e coordinata delle funzioni e dei singoli impianti (TBM – *Technical Building Management*) e con livelli di precisione e completezza del controllo tali da garantire prestazioni energetiche elevate all'impianto.
- **Classe B “Efficienza Avanzata”:** comprende, come la classe A, un sistema di automazione (BACS/HBES) con gestione centralizzata e coordinata degli impianti, senza grosse precisioni o completezze di controllo.
- **Classe C “Efficienza Standard”:** comprende un sistema di automazione di base (BACS/HBES) senza centralizzazione e coordinazione degli impianti. È la classe di riferimento perché corrisponde ai requisiti minimi richiesti dalla direttiva EPBD.
- **Classe D “Non Efficiente”:** comprende gli impianti tecnici tradizionali senza nessun tipo di automazione e quindi non energeticamente efficienti.

Anche in questa norma si riprende lo stile delle etichette energetiche degli elettrodomestici e delle abitazioni per identificare in modo semplice e veloce la classe raggiunta dagli impianti tecnici (Fig.6.20).

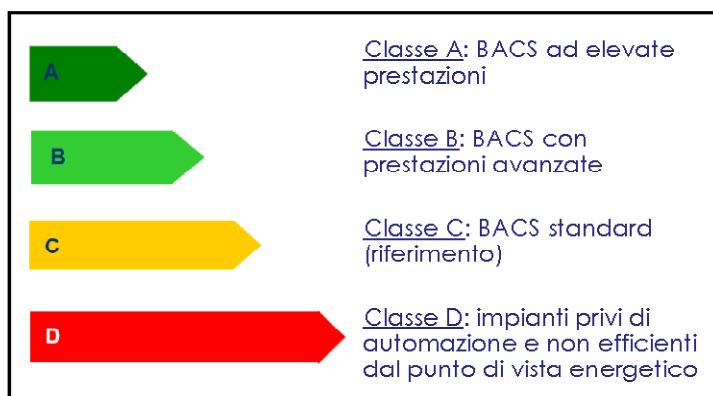


Fig.6.20 – Rappresentazione grafica delle classi di automazione, controlli e supervisioni come da norma EN 15232.

All'interno della norma sono proposte delle liste di funzioni ed i requisiti minimi per ogni classe di efficienza. Per esempio nella tabella 6.10 è proposta una serie di funzioni legate alle varie classi di efficienza suddivise per settore, residenziale e non residenziale per il controllo dell'illuminazione.

		Definizione delle classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
Controllo illuminazione									
Controllo presenza									
0	Interruttore manuale								
1	Interruttore manuale + segnale estinzione graduale automatica								
2	Rilevamento presenza Auto-On / Dimmer								
3	Rilevamento presenza Auto On / Auto Off								
4	Rilevamento presenza Manuale On / Dimmer								
5	Rilevamento presenza Manuale On / Auto Off								
Controllo luce diurna									
0	Manuale								
1	Automatico								

Tab.6.10 – Esempio di tabella delle funzioni di automazione nel controllo dell'illuminazione. Fonte: Norma EN15232.

La norma indica due metodi di calcolo dell'efficienza energetica di un sistema di automazione negli edifici:

1. calcolo dettagliato: è una procedura di calcolo analitica utilizzabile quando il sistema è completamente noto;
2. calcolo basato su fattori di efficienza "BAC factors": è una procedura di calcolo su base statistica che consente di effettuare una valutazione di massima.

I fattori *BAC* consentono di valutare in modo semplice e veloce l'impatto dell'applicazione dei sistemi di automazione BACS/HBES sull'ammontare di energia utilizzata dagli edifici nell'arco di un anno, con particolare riferimento alle applicazioni di maggior consumo, cioè riscaldamento, raffrescamento, ventilazione ed illuminazione. Questi fattori sono stati ricavati dal confronto tra i consumi annuali di energia di un locale standardizzato di riferimento (EPBD 2006) e quelli sostenuti nello stesso locale e nelle stesse condizioni (tempi di occupazione, profilo utente, tempo atmosferico, esposizione solare, conduttanza termica, dimensioni, superfici radianti) dopo l'applicazione di un sistema di automazione BACS/HBES secondo le diverse classi di efficienza energetica. Questi fattori poi sono stati riportati in tabelle, in relazione alle classi (A, B, C, D), e sono stati rapportati ai consumi della classe "C", presa come classe standard di riferimento.

Utilizzeremo le tabelle energetiche dei BAC factors per stimare il risparmio energetico del caso reale, preso in considerazione nei paragrafi precedenti e successivamente faremo riferimento al caso di un appartamento studiato dalla Gewiss.

Le tabelle di riferimento sono le seguenti:

- tabella 6.11 applicabile alla sola energia termica impiegata per il riscaldamento/raffrescamento;
- tabella 6.12 applicabile all'energia elettrica consumata per gli impianti di illuminazione e per gli impianti elettrici ausiliari. Quest'ultimi fattori non sono applicabili all'energia consumata dalle apparecchiature elettrodomestiche.

Edifici residenziali	Fattori di efficienza per il riscaldamento/raffrescamento			
	D	C	B	A
	Non energeticamente efficiente	Riferimento Standard	Avanzato	Alte prestazioni
-Appartamenti -Abitazioni singole -altri residenziali	1,10	1	0,88	0,81

Tab.6.11 – Fattori di efficienza per il riscaldamento ed il raffrescamento negli edifici residenziali. Fonte: Norma EN15232.

Edifici residenziali	Fattori di efficienza per l'energia elettrica			
	D	C	B	A
	Non energeticamente efficiente	Riferimento Standard	Avanzato	Alte prestazioni
-Appartamenti -Abitazioni singole -altri residenziali	1,08	1	0,93	0,92

Tab.6.12 – Fattori di efficienza per il consumo di energia elettrica negli edifici residenziali. Fonte: Norma EN15232.

Le tabelle si riferiscono allo standard minimo richiesto dalla EPBD, in cui la classe minima corrisponde alla "C" per la quale è stato preso il valore di partenza "1" (100% dei consumi di riferimento). Tali tabelle consentono di determinare il risparmio energetico passando da una classe all'altra, ma non danno di questo un'indicazione apprezzabile in modo immediato e diretto. Invece, se vogliamo prendere in considerazione la classe "D" come di riferimento della maggior parte delle abitazioni presenti nel territorio, associamo a questa il valore del 100% dei consumi nei rispettivi settori di applicazione, consumi nel riscaldamento/raffrescamento e dell'energia elettrica, e su questa valutiamo i risparmi ottenibili aumentando la classe di efficienza (Tab.6.13-6.14).

Edifici residenziali	Fattori di efficienza per il riscaldamento/raffrescamento			
	D riferimento	C	B	A
	Senza automazione	Automazione Standard	Automazione Avanzato	Alte prestazioni
-Appartamenti -Abitazioni singole -altri residenziali	100%	-9%	-20%	-26%

Tab.6.13 – Risparmio dei consumi per il riscaldamento ed il raffrescamento negli edifici residenziali con riferimento alla classe di efficienza "D". Fonte: Norma EN15232.

Edifici residenziali	Fattori di efficienza per l'energia elettrica			
	D riferimento	C	B	A
	Senza automazione	Automazione Standard	Automazione Avanzato	Alte prestazioni
-Appartamenti -Abitazioni singole -altri residenziali	100%	-7%	-14%	-15%

Tab.6.14 – Risparmio per il consumo di energia elettrica negli edifici residenziali con riferimento alla classe di efficienza "D". Fonte: Norma EN15232.

Una nota importante è che per definire un edificio appartenente ad una determinata classe è obbligatorio realizzare tutte le funzioni elencate nella colonna corrispondente alla classe. Ciononostante anche implementazioni parziali possono realizzare risparmi energetici.

6.8 Calcolo classe appartenenza caso reale

Le funzioni poc' anzi richieste sono state raccolte in una tabella, presente nella norma EN 15232, correlata a delle schede descrittive. Ora analizzeremo le funzioni realizzate, in riferimento al sistema Home Automation del caso reale.

Nella situazione reale vi è solo la presenza del sistema di riscaldamento quindi faremo riferimento alle funzioni per:

- il controllo del riscaldamento (Tab.6.15);
- il controllo dell'illuminazione (Tab.6.16);
- il controllo delle schermature solari (Tab.6.17);
- il controllo con sistemi domotici e di automazione dell'edificio (HBA) (Tab.6.18);
- la gestione degli impianti tecnici di edificio (TBM) (Tab.6.19).

CONTROLLO AUTOMATICO			Residenziale		
			C	B	A
Codice funzione	Rif.				
	EN15232				
Controllo riscaldamento					
Controllo di emissione					
F3A	4	Controllo integrato di ogni locale con gestione di richiesta: la funzione prevede un controllo della temperatura di ogni locale con possibilità di interrompere il riscaldamento o metterlo in stato di basso consumo in caso di assenza persone o apertura serramenti esterni. Il controllore deve essere dotato di CS (Comunicazione Seriale su linea Bus) per comunicare con altri controllori e verso il sistema-Bus.			
Infatti, il sistema realizzato si interfaccia con un impianto antintrusione, il quale consente di comunicare con l'impianto domotico per condividere le zone controllate corrispondenti ai contatti magnetici posizionati sulle finestre.					
Controllo temperatura acqua nella rete di distribuzione (mandata o ritorno)					
F4C	1	Compensazione con temperatura esterna: Si effettua la regolazione della temperatura della rete del fluido termovettore con compensazione in funzione della temperatura esterna. Ciò permette di ridurre le perdite di distribuzione ed a carico parziale. Da calcoli termotecnici si desume la temperatura di mandata verso l'impianto per poter ottenere (mediamente) una temperatura interna degli appartamenti al valore di progetto (e di legge) a 20°C.			
F5A	2	Controllo temperatura interna: La temperatura di mandata impianto (ad es. ingresso al collettore) è funzione della temperatura esterna (regolazione climatica). Ogni ambiente regola la propria temperatura con il proprio regolatore che agisce sulla rispettiva valvola e pompa. La temperatura del fluido termovettore in ogni ambiente viene continuamente modificata ("controllo slittante") in funzione della temperatura esterna e del set-point dell'ambiente controllato. La regolazione di temperatura del termovettore in rete è effettuata con una miscelazione della mandata con il ritorno oppure agendo direttamente sulla potenza del bruciatore. La regolazione della temperatura ambiente, corrispondente al set-point, può essere quindi ottenuta con una temperatura del termovettore ottimizzata in funzione della temperatura esterna.			
Le funzioni qui indicate non sono ancora state realizzate ma in una ipotesi di realizzazione di un sistema integrato con una stazione meteo ed un controllo della temperatura di mandata del bruciatore è possibile ottenere la funzione F5A.					
Controllo delle pompe di distribuzione					
F6C	1	Controllo On-Off: Nelle caldaie compatte la pompa di circolazione è normalmente incorporata. Il controllo on/off avviene in base alla temperatura impostata su un termostato d'ambiente o zona riscaldata, che attiva o interrompe la mandata del fluido termovettore. Il consumo di energia elettrica ausiliaria è direttamente proporzionale al tempo di inserzione della pompa.			
L'impianto, come indicato in precedenza, è costituito da pannelli radianti a pavimento. Per mantenere in circolo questa grande quantità di fluido termovettore, ogni collettore è provvisto di una pompa di circolazione forzata, la quale è gestita con tempi di ritardo sia in On sia in Off, controllata direttamente dai termostati ambiente, come quella presente nella caldaia.					
Controllo intermittente della generazione e/o distribuzione					
F9C	1	Controllo automatico con programma prefissato: Il controllo avviene in base al profilo di temperatura e all'orario impostato su un crono-termostato d'ambiente o zona riscaldata in			

		previsione di presenza persone. Non tiene conto dell'effettiva occupazione dei locali / zone e delle variazioni del carico termico.			
La caldaia e le pompe di distribuzione sono gestite con cronotermostati in funzione delle fasce orarie e della temperatura richiesta, ma senza il controllo della presenza.					
Controllo del generatore					
F11A	1	Temperatura variabile in dipendenza da quella esterna: Si effettua la regolazione della temperatura del fluido termovettore con compensazione in funzione della temperatura esterna. Ciò permette di ridurre le perdite di distribuzione.			
Anche in questo caso, il sistema non è ancora stato integrato con una stazione meteo per controllare la temperatura esterna e di conseguenza regolare la temperatura del fluido. Ma nell'ipotesi di integrazione è possibile raggiungere la classe A della funzione F11A.					

Tab.6.15 – Funzioni per il controllo del riscaldamento in relazione alla classe raggiungibile.

Dall'analisi delle funzioni presenti, ed integrabili, nel caso reale possiamo affermare che l'abitazione raggiunge i requisiti di classe "C" e quindi un risparmio sui consumi di gas del 9%.

CONTROLLO AUTOMATICO			Residenziale		
			C	B	A
Codice funzione	Rif.				
	EN15232				
Controllo illuminazione					
Controllo presenza					
F47C	1	Accensione manuale + spegnimento automatico: l'illuminazione viene accesa e spenta manualmente da uno o più interruttori/pulsanti con chiusura istantanea e ritardo all'apertura del circuito elettrico: un segnale generato automaticamente emette l'impulso di spegnimento automatico almeno una volta al giorno, tipicamente durante la sera per inibire inutili funzionamenti durante la notte.			
F49A	3	Rilevamento Auto On / Auto Off: il sistema di controllo accende automaticamente l'illuminazione ogni volta che rileva presenza nella zona controllata, e spegne automaticamente entro i 5 minuti successivi all'ultima rilevazione di presenza nell'area controllata.			
L'impianto è programmato in modo tale che le luci di maggior passaggio come il corridoio, siano accese quando necessario e spente oltre un certo tempo se non vengono spente manualmente. Inoltre è stata integrata la funzione "casa da solo" che automaticamente spegne le luci accese all'accensione di una in un'altra stanza.					
Nell'ipotesi di ampliamento dell'impianto antintrusione con rilevatori posti nelle stanze, è possibile raggiungere senza problemi la classe di efficienza "A", perché, sempre condividendo i sensori di movimento, è possibile realizzare tale funzione.					

Tab.6.16 – Funzioni per il controllo dell'illuminazione in relazione alla classe raggiungibile.

Nel controllo dell'illuminazione si è già alla classe "C", ma come anticipato, integrando il sistema di sicurezza con sensori di movimento nelle stanze è possibile raggiungere la classe "A", quindi passare da un risparmio attuale del 7% al 15%.

CONTROLLO AUTOMATICO			Residenziale		
			C	B	A
Codice funzione	Rif.				
	EN15232				
Controllo schermature solari (es. tapparelle, tende, facciate attive, ecc.)					
-	1	Motorizzato con azionamento automatico			
Il sistema controlla le motorizzazioni delle tapparelle senza un controllo della luminosità né interna né esterna, ma consente semplicemente di abbassare oppure di alzare tutte le tapparelle in funzione delle scelte programmate come per esempio quando si esce di casa oppure si rientra, nonché in caso di mal tempo.					

Tab.6.17 – Funzioni per il controllo delle schermature solari in relazione alla classe raggiungibile.

In questa situazione anche con un controllo manuale si raggiungerebbe una classe di efficienza “C”, ma i benefici della gestione schermature solari si hanno solo con un controllo della luminosità interna della stanza, in modo tale da far interagire più dispositivi come la regolazione della luminosità dei corpi illuminanti. Pertanto anche con questo sistema di controllo è possibile raggiungere risparmi del 7%.

CONTROLLO AUTOMATICO			Residenziale		
			C	B	A
Codice funzione	Rif.				
	EN15232				
Controllo con sistemi domotici e di automazione dell'edificio (HBA)					
F56A	2	Controllo centralizzato ottimizzato: consente la centralizzazione del sistema HBA attraverso un touch-screen dotato di CS o personal computer dotato di interfaccia HBA.			
Il sistema è supervisionato da un miniPC, come indicato in precedenza, che consente all'utente di eseguire delle funzioni di settaggio, attivazione o altro, nonché in automatico il sistema può attuare degli scenari a seconda della presenza o meno di persone oppure può verificare ad intervalli regolari i set-point dei locali che possono essere stati modificati momentaneamente.					

Tab.6.18 – Funzioni per il controllo con sistemi di supervisione in relazione alla classe raggiungibile.

In questo caso con l'integrazione del sistema di supervisione le possibilità di risparmio aumentano notevolmente consentendo quindi risparmi fino al 15%.

CONTROLLO AUTOMATICO			Residenziale		
			C	B	A
Codice funzione	Rif.				
	EN15232				
Gestione impianti tecnici di edificio (TBM)					
F57A	1	Rilevamento di guasti, diagnostica e fornitura del supporto tecnico: con apparecchio con display e unità di input dotato di CS o di interfacciamento con HBA.			
F58A	2	Rapporto riguardante consumi energetici, condizioni interne e possibilità di miglioramento: anche in questo caso vi è la presenza di un PC o display di supervisione integrato con strumenti di misura.			
Anche con questo controllo il sistema reale verrà integrato con uno strumento di misura per leggere e registrare i consumi dell'edificio. Inoltre, con l'integrazione di tutta una serie di sensori che rileveranno possibili fughe gas o allagamenti, consentirà rapidi interventi per ripristinare le anomalie.					

Tab.6.19 – Funzioni per la gestione degli impianti tecnici in relazione alla classe raggiungibile.

Anche in questo caso la classe raggiunta è la “A” grazie alla quale è possibile ottenere risparmi fino al 15%.

Concludendo, possiamo raccogliere i risultati nella tabella 6.20.

Riepilogo classi per settore			Residenziale		
			C	B	A
Codice funzione	Rif.				
	EN15232				
Classe energia termica impiegata					
Classe per il controllo dell'illuminazione					
Classe per il controllo delle schermature solari					
Classe per il controllo dei sistemi domotici					
Classe per la gestione degli impianti tecnici					
Classe energia elettrica impiegata					

Tab.6.20– Riepilogo classi per settore di impiego dell'energia.

Da questo riepilogo è possibile stimare in potenza, sia termica sia energetica, il risparmio ottenibile conoscendo i consumi derivanti da una tabulazione storica. Nel nostro caso ciò non è possibile, mancando i dati storici dei consumi prima della ristrutturazione. Comunque è possibile stimare i consumi di questo caso reale, rispetto ad un'abitazione media senza automazione, poiché il risparmio ottenibile per il riscaldamento è del 9%, mentre per i consumi di energia elettrica si potrebbe stimare un risparmio tra il 7 ed il 14%, sempre riferiti ad un anno.

6.9 Analisi dati relativi a un appartamento

Il seguente caso si riferisce ad una unità abitativa di circa 100 m² che ha richiesto una parziale ristrutturazione, situata nella provincia di Pavia. Gli obiettivi da raggiungere erano:

- soluzione tecnologica che apporti un risparmio economico annuo;
- incremento del livello di confort degli abitanti dell'appartamento.

Gli impianti tecnici sottoposti ad intervento si riferiscono a:

- impianto di climatizzazione e ventilazione: realizzato con una caldaia murale ed un impianto fan-coil i cui consumi sono stati rispettivamente stimati in 10.776 kWh/anno e 656 kWh/anno (comprensivi gli ultimi del consumo degli ausiliari necessari alla climatizzazione in tutto l'anno);
- impianto di illuminazione: comprensivo di 14 punti luce e 19 punti comando, senza riportare le specchiere dei bagni ed il piano cottura, stimati in 328 kWh/anno.
- Azionamenti e motorizzazioni: sono state previste le motorizzazioni di 5 tapparelle su 7 presenti, con funzione manuale ed automatica per sfruttare il contributo energetico fornito dall'irraggiamento solare.

Prima di iniziare i lavori sono state effettuate le analisi per poter confrontare tre soluzioni legate a tre classi di efficienza dalla A alla B alla C.

Prendendo come riferimento i valori dei consumi precedentemente indicati, quindi classe "D", è stata realizzata la seguente tabella 6.21.

Soluzione	Consumo termico [kWh/anno]	Consumo elettrico [kWh/anno]	Consumo totale [kWh/anno]	Risparmio energetico [kWh/anno]	% Risparmio
Classe D (rif.)	10776	984	11760		
Classe C	9795	911	10706	1054	9,0%
Classe B	8621	847	9468	2292	19,5%
Classe A	7931	838	8769	2991	25,4%

Tab.6.20– Consumi di energia dipendenti dalle soluzioni progettuali.

Come si può notare i risparmi ottenibili in relazione alla classe di efficienza partono da un 9% fino ad un 25%. La differenza sostanziale è legata principalmente alle apparecchiature utilizzate per la realizzazione del sistema, quindi al livello di integrazione dell'automazione negli impianti tecnici.

Le soluzioni proposte vengono di seguito riportate.

✓ Soluzione 1 Classe A

Gli impianti tecnologici nella prima soluzione sono stati resi completamente automatici. Tra i dispositivi installati, oltre a quelli di base per il funzionamento, sono stati previsti:

- rilevatori di movimento per l'accensione e lo spegnimento automatico di alcuni punti luce;
- un pannello di supervisione che permette il controllo del generatore di caldo e di freddo per l'ottimizzazione della regolazione climatica dell'ambiente e per eliminare gli sprechi. Consente inoltre di impostare altre funzioni tra cui programmare degli scenari;
- termostati per la regolazione della temperatura in determinate fasce orarie;
- sensore crepuscolare di luminosità per il controllo automatico delle tapparelle che le aprono d'inverno per massimizzare il contributo energetico gratuito dell'irraggiamento solare, mentre le chiudono in estate per evitare l'apporto termico del sole nell'abitazione, che aumenterebbe i consumi dell'impianto di raffrescamento;
- sensori magnetici sulle finestre che inibiscono la valvola di zona nel caso ci sia la finestra aperta;
- sistema di ventilazione programmabile dall'utente per il ricambio d'aria nelle stanze;
- terminali d'uscita dedicati alla lavabiancheria ed alla lavastoviglie per ottimizzare i consumi nelle fasce notturne e nel fine settimana, quando l'energia costa meno dato che il contratto di fornitura di energia elettrica è bioraria.

✓ Soluzione 2 Classe B

Il sistema di gestione rimane lo stesso che nella soluzione A però non sono stati inseriti i contatti magnetici sulle finestre per la disattivazione locale della termoregolazione.

✓ Soluzione 3 Classe C

In questa soluzione sono stati eliminati diversi dispositivi per l'automazione. Sono stati eliminati i crepuscolari ed i rilevatori di movimento, mentre il sistema di termoregolazione viene gestito attraverso un cronotermostato e tre termostati, consentendo la regolazione della temperatura, nelle varie zone, nei periodi di tempo in cui la casa è disabitata. Inoltre non vi è più il pannello di supervisione.

Le soluzioni proposte hanno consentito comunque di automatizzare in tutto oppure in parte gli impianti tecnici dell'appartamento, consentendo dei risparmi economici durante l'uso, dopo un esborso iniziale maggiore rispetto ad un impianto tradizionale.

6.10 Valutazioni economiche

L'analisi economica dell'impianto del caso reale ha portato i seguenti risultati. È stato stimato il consumo di energia termica in 9400 kWh/anno per il riscaldamento e il consumo di energia elettrica

per l'illuminazione ed degli ausiliari termici in 500 kWh/anno. La stima del risparmio ipotizzato fa riferimento al periodo di acquisto ed installazione dell'impianto che risale a settembre del 2009. Inoltre per il calcolo sono stati utilizzati i costi al kWh sia del gas sia dell'energia elettrica di quel periodo. Nella tabella 6.22 sono riportati i dati calcolati e sono state fatte due ipotesi sulla classe di efficienza "C" ed una in classe "B". Questa distinzione ci consente di valutare il risparmio energetico introdotto con dei piccoli accorgimenti realizzati nella fase di configurazione del sistema, che, come accennato in precedenza, possono anch'essi condurre ad un risparmio energetico. Infatti, nella prima ipotesi si considerano i coefficienti dei BAC factors corrispondenti alla classe "C", riferiti sia ai consumi termici sia elettrici, mentre nella seconda ipotesi si considera la media tra i fattori della classe "C" e "B".

Consumi energetici	Consumo termico [kWh/anno]	% Suddivisione consumi	Consumo elettrico [kWh/anno]	Consumo totale [kWh/anno]	Risparmio energetico [kWh/anno]	% Risparmio
Classe D riferimento	9400,00	67%	335,00			
		33%	165,00			
			500,00	9900,00		
Classe C Prima Ipotesi	8544,60	67%	310,21			
		33%	152,79			
			463,00	9007,60	892,40	9,01%
Classe C-B Seconda Ipotesi	8032,30	67%	299,32			
		33%	147,43			
			446,75	8479,05	1420,95	14,35%
Classe B	7520,00	67%	288,44			
		33%	142,07			
			430,50	7950,50	1949,50	19,69%

Tab.6.22– Consumi di energia in relazione alle classi di efficienza del caso reale

Da questi dati sono poi stati ricavati i costi energetici (Tab.6.23) ed il loro risparmio annuo con riferimento ai prezzi in vigore nel periodo settembre 2009 sia del gas che dell'energia elettrica (Tab.6.24).

Costi energetici	Costo energia termica €/anno	Costo energia elettrica €/anno	Costo totale €/anno	Risparmio economico €/anno	% Risparmio
Classe D riferimento	552,72	121,27	673,98		
Classe C Prima Ipotesi	502,42	112,30	614,71	59,27	8,79%
Classe C-B Seconda Ipotesi	472,30	108,35	580,65	93,34	13,85%
Classe B	442,17	104,41	546,59	127,40	18,90%

Tab.6.23– Costi energetici riferiti ai casi in esame con riferimento ai prezzi dell'energia del terzo trimestre 2009.

	F1	F2-F3
Costo energia elettrica periodo III/2009 comprensivo di iva	€/kWh 0,270832019	€/kWh 0,228603019
Percentuale utilizzo energia	33%	67%
Costo energia termica comprensivo di iva		€/kWh 0,5585954

Tab.6.24– Costo energia termica e energia elettrica nel periodo nel terzo trimestre 2009.

Pertanto al momento della realizzazione dell'impianto nel settembre del 2009, in funzione delle dimensioni dell'abitazione e degli impianti elettrici esistenti si era stimato un risparmio che potremmo aggirare sul 13-14%, data la complessità degli impianti tecnici realizzati e il confort aggiuntivo che questi potevano dare.

Dopo circa un anno di utilizzo non siamo in grado di valutare effettivamente i risparmi energetici ottenuti, ma comunque, grazie alle indicazioni redatte dalla norma EN 15232, abbiamo uno strumento che consente una stima di massima dei risparmi ottenibili nella realizzazione di un impianto domotico piuttosto che di uno tradizionale.

Un'altra considerazione sui consumi e costi energetici può essere fatta riferendosi all'appartamento indicato in precedenza. Di seguito è riportata l'analisi svolta per la valutazione dei possibili risparmi sia nei consumi energetici sia nei costi totali (Tab.6.25), che gli utenti dell'abitazione potevano incontrare dopo le scelte tecniche effettuate, con riferimento al costo dell'energia e del gas indicati nella tabella 6.26.

Costi energetici	Costo energia termica €/anno	Costo energia elettrica €/anno	Costo totale €/anno	Risparmio economico €/anno	% Risparmio
Classe D riferimento	660,55	203,85	864,40		
Classe C	600,44	188,76	789,20	75,20	8,70%
Classe B	528,44	175,51	703,95	160,45	18,56%
Classe A	486,16	173,68	659,84	204,56	23,66%

Tab.6.25- Costi energetici riferiti la caso dell'appartamento con riferimento ai prezzi presenti nella tabella 6.26.

Fonte energetica	Costo [€/kWh]
Gas	0,0613
Elettricità fascia A	0,1584
Elettricità fascia B	0,3078

Tab.6.26- Costi delle fonti di energia nel caso dell'appartamento stimati sulla base delle bollette energetiche dei 12 mesi precedente alla realizzazione degli interventi di ristrutturazione.

Si può notare che, anche in questo caso, le stime raggiungibili partono da un 8,7% fino ad un massimo del 23,66%. La scelta che è stata fatta riguarda la soluzione progettuale legata alla classe "A", quindi del maggiore risparmio, anche se con un investimento iniziale maggiore rispetto alle altre soluzioni (Tab.6.27).

Soluzione progettuale	Costo impianto € oltre IVA	% maggiorazione rispetto alla classe "C"
Classe C	1636,50	
Classe B	3205,02	195,85%
Classe A	3433,37	209,80%

Tab.6.27- Costi delle varie soluzioni e loro percentuali di maggiorazione prendendo come base la classe "C".

Infatti, i maggiori costi sostenuti per la realizzazione di un impianto domotico devono essere considerati dal punto di vista dei benefici che si possono raggiungere, nonché ai possibili ampliamenti realizzabili su un impianto di questo genere.

Con questo caso siamo in grado di valutare anche il tempo di ritorno dell'investimento che, per la soluzione progettuale alla classe "A", è stimato in 11 anni di utilizzo dell'appartamento. Tutto sommato non sono tanti anni, perché per le abitazioni la stima di vita degli impianti normalmente si attesta sui 20 anni, prima di effettuare dei nuovi lavori di ristrutturazione.

7. Capitolo Conclusioni

In generale consideriamo i seguenti grafici riferiti rispettivamente ai costi di investimento (Fig.7.1) ed ai costi operativi (Fig.7.2) di un impianto Home & Building Automation.

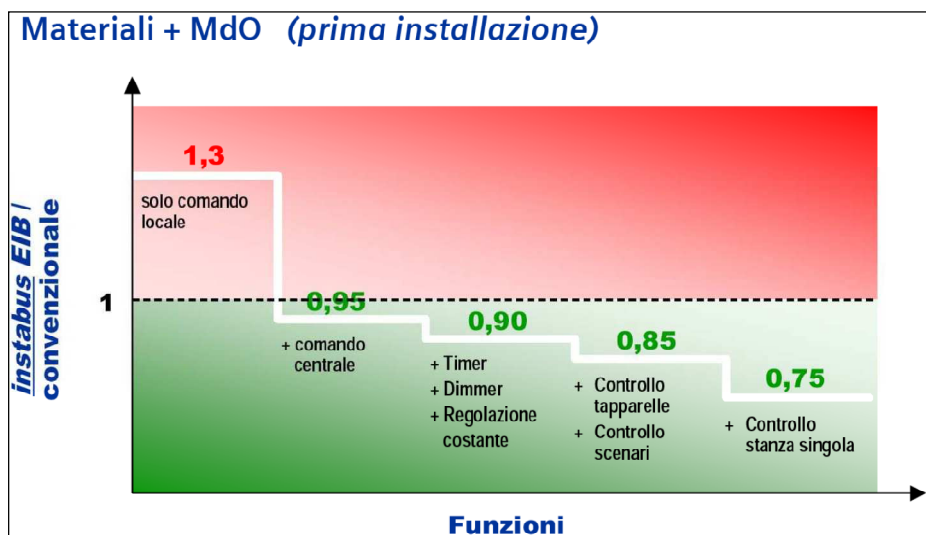


Fig.7.1– Costi di investimento di un impianto di Home & Building Automation. Fonte: ABB.

La tabella 7.1 mostra che se viene realizzato un impianto domotico solamente come interfaccia per i punti di comando e per gli utilizzatori, i costi sono il 30% in più rispetto ad un impianto tradizionale. Man mano che si sfruttano le funzionalità di un impianto domotico, i costi di investimento diminuiscono fino a raggiungere una stima che si aggira sul 25%. Questa rappresentazione rispecchia perfettamente i risultati ottenibili dalle classi di efficienza energetica indicate nella norma EN 15232. Infatti, aumentando le funzioni e l'automazione, si sfiorano obiettivi irraggiungibili con un impianto tradizionale.

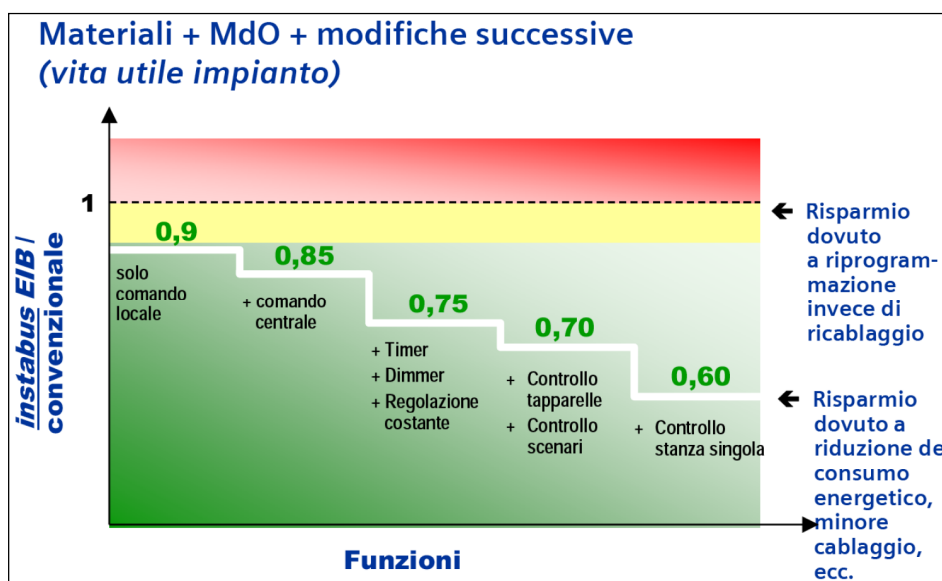


Fig.7.2– Costi operativi di un impianto Home & Building Automation. Fonte: ABB.

Nella figura 7.2, sono riportati i risparmi ottenibili in un ciclo di vita utile di un impianto tecnico. È interessante notare che le modifiche successive alla realizzazione di un impianto aumentano con l'aumentare del livello prestazionale dello stesso. Si pensi alla necessità di comandare un punto luce, non solo da quel punto di comando previsto nella prima installazione, ma anche da altri punti, nonché realizzare scenari. Questa modifica in un impianto tradizionale non è del tutto semplice né economicamente conveniente all'atto della realizzazione, mentre con un impianto domotico è possibile semplicemente riprogrammare il sistema per ottenere quanto richiesto.

In definitiva i vantaggi sono molteplici nella realizzazione di un impianto Home Automation, dal maggior confort ottenibile ai risparmi energetici raggiungibili. Per quest'ultimo punto, il sistema domotico non realizza nessuna magia, ma semplicemente cerca di correggere gli errati usi dell'energia sia termica sia elettrica. L'analisi svolta in questa tesi vuole sottolineare il fatto che anche a livello civile i margini per un miglioramento dei consumi e del confort ci sono e sono reali. È evidente che non ci sono grandi margini come per il settore non residenziale (Tab.7.1); infatti ognuno di noi quando è a casa è molto più attento a come utilizza gli impianti sia termici che elettrici perché, a conti fatti, siamo noi che alla fine dobbiamo pagare le bollette. Nel settore non residenziale invece gli usi errati si moltiplicano a dismisura perché, al contrario di prima, non siamo noi i diretti interessati al momento del pagamento delle bollette.

Edifici NON residenziali	Fattori di efficienza per il riscaldamento/raffrescamento			
	D riferimento	C	B	A
	Senza automazione	Automazione Standard	Automazione Avanzato	Alte prestazioni
Uffici	100%	-34%	-47%	-54%
Sale di lettura	100%	-19%	-40%	-60%
Scuole	100%	-17%	-27%	-33%
Ospedali	100%	-24%	-31%	-34%
Hotel	100%	-24%	-43%	-48%
Ristoranti	100%	-19%	-37%	-45%
Centri commerciali e negozi	100%	-36%	-53%	-62%
Edifici NON residenziali	Fattori di efficienza per il consumo di energia elettrica			
	D riferimento	C	B	A
	Senza automazione	Automazione Standard	Automazione Avanzato	Alte prestazioni
Uffici	100%	-9%	-16%	-21%
Sale di lettura	100%	-6%	-11%	-16%
Scuole	100%	-7%	-13%	-20%
Ospedali	100%	-5%	-7%	-9%
Hotel	100%	-7%	-11%	-16%
Ristoranti	100%	-4%	-8%	-12%
Centri commerciali e negozi	100%	-7%	-12%	-16%

Tab.7.1– Percentuali di efficienza nei settori non residenziali.




Quindi l'impianto domotico consente notevoli vantaggi, come illustrato negli esempi delle lampade a risparmio energetico, nonostante richieda un investimento iniziale che molte persone non sono in grado di comprendere. Un esempio banale sono le automobili, che negli ultimi anni sono state integrate con numerose funzioni elettroniche (la centralina elettronica, il climatizzatore bi-zona, riscaldamento dei sedili, la regolazione dell'altezza dei fari in automatico o manuale, ecc.) che consentono di migliorare il confort di guida. Questi miglioramenti si possono ottenere anche nelle abitazioni, come indicato nella tesi, e li possiamo comparare con gli optional di un'automobile, che per averli dobbiamo sborsare un'ulteriore quantità di denaro.

D'altro canto, come per le agevolazioni per la sostituzione degli infissi o l'installazione di un isolamento termico alle pareti opache dell'edificio, il settore della Home & Building Automation sta

cercando di trovare una sorta di finanziamento o agevolazioni statali per incentivare l'installazione di questi impianti. Infatti, fino a qualche anno fa non c'erano indicazioni o parametri sull'effettivo risparmio raggiungibile, ma grazie alla EN 15232 questi dati possono essere sfruttati, da chi di competenza, per trovare un sistema finanziario utile ed incentivante per l'utente finale.

Dall'analisi generale della tesi, è possibile affermare che i consumi dell'impianto domotico, rapportati con i risparmi raggiungibili, sono notevolmente bassi. Infatti, prendendo in esame l'impianto domotico del caso reale con i suoi consumi, il costo annuale è di circa 8 € che corrispondono a circa il 10% dei consumi risparmiati nella classe "C" e circa il 4% nella classe "A" di efficienza dell'appartamento. Quindi, generalizzando, i costi di funzionamento dell'impianto domotico KNX non sono rilevanti e quindi trascurabili nel calcolo totale di consumi che un'abitazione sostiene.

Un altro progetto, a nostro avviso molto importante che può essere integrato in un impianto domotico, riguarda "l'ENEL Smart Info Project". Tale progetto, ancora in via sperimentale, sta testando dei sistemi innovativi che sono in grado di fornire informazioni e supporto agli utenti del servizio elettrico per consapevolizzare il cliente finale sui suoi consumi. La *Smart Info* renderà disponibile i dati raccolti dai contatori intelligenti ENEL che, attraverso una interfaccia utente, potranno essere letti nella rete locale (ad esempio PC, TV, visualizzazione personalizzata, elettrodomestici). Oltre a questo progetto, ne sono stati attivati altri, sempre basati su *Smart Info* (Tab.7.2).

	Progetto italiano con l'accordo tra Telecom Italia, ENEL, Electrolux ed Indesit
	Progetto internazionale in cui attraverso l'acquisto di un kit è possibile leggere e registrare i consumi dell'abitazione
	<i>Active Distribution network with full integration of Demand and distributed energy RESourceS</i> , progetto europeo, co-fondato dalla Comunità Europea con 25 partner (tra cui anche l'ENEL), nel settore energetico per lo sviluppo di distribuzione di reti interattive (<i>Smart Grid</i>).

Tab.7.2– Progetti inerenti alle Smart Info.

I primi test ottenuti nel 2008 consentirono di capire che ben il 65% degli utenti coinvolti, controllavano sul display i dati settimanali e aspettavano le bollette per comparare le letture fatte. Inoltre:

- ✓ il 29,3% ha iniziato a ritardare l'uso degli elettrodomestici nelle fasce più convenienti, come la sera;
- ✓ il 11,9% ha iniziato ad evitare la contemporaneità d'uso di apparecchi diversi;
- ✓ il 7,5% ha iniziato a spegnere gli elettrodomestici invece di lasciarli in stand-by;
- ✓ il 6,6% ha iniziato, in generale, ad usare meno gli elettrodomestici.

Per concludere, si è scoperto, anche se non è una novità, che il fatto stesso di fornire informazioni sugli impianti tecnici, sia termici sia elettrici, consapevolizza maggiormente l'utente finale. Pertanto, sfruttando le interfacce della Home & Building Automation, si può incentivare l'uso responsabile dell'energia.

APPENDICE A

CALCOLO COSTO ENERGIA PER UN UTENTE DOMESTICO PERIODO OTTOBRE / DICEMBRE 2010

Per il calcolo del costo dell'energia si sono fatte le seguenti ipotesi con riferimento ad un anno (Tab.A.1):

Potenza impegnata	3 kW
Consumo medio annuo residenziale	2700 kWh

Tab.A.1 – Condizioni standard medi di un'abitazione residenziale.

Per quanto riguarda i costi del kWh medio sono stati considerati tutti i fattori che incidono sul costo di vendita reperiti e calcolati da una bolletta ENEL, in provincia di Rovigo, nel mese di novembre 2010 facendo riferimento ad un contratto di fornitura "Usò Domestico residente con Tariffa D2 bioraria transitoria". La *quota energia ed approvvigionamento* sono indicate nella tabella A.2.

Scaglioni di consumo annuo [kWh/anno]	Calcolo riferito alla fascia F1	Calcolo riferito alla fascia F2 - F3
da 0 a 1800	€ 165,94200	€ 150,94800
da 1801 a 2640	€ 82,81560	€ 75,81840
da 2641 a 4440	€ 6,32640	€ 5,82660
Totali relativi	€ 255,08400	€ 232,59300

Tab.A.2 – Costo quota energia ed approvvigionamento nelle ore di punta e non di punta.

Le fasce di riferimento sono suddivise nella tabella A.3:

	0.00÷8.00	8.00÷19.00	19.00÷24.00
Giorni feriali	F2-F3	F1	F2-F3
Giorni festivi	F2-F3	F2-F3	F2-F3

Tab.A.3 – Fasce orarie indicate dall'ENEL.

Ora viene calcolata la percentuale dei costi sostenuti nelle due fasce principali ipotizzando un consumo medio del 33% nella fascia F1 (a maggior costo) e del 67% nella fascia F2-F3 (a minor costo) come statistica indicata dall'ENEL (Tab.A.4).

33% della fascia F1	€ 84,17772
67% della fascia F2-F3	€ 155,83731
Totale costi quota energia	€ 240,01503

Tab.A.4 – Fasce orarie indicate dall'ENEL.

Oltre ai costi sostenuti per la quota energia ed approvvigionamento devo essere sommate anche le quote riferite ai *costi di rete* ed *oneri generali di sistema* sostenuti dal gestore della rete elettrica. Anche questi dati devono essere riferiti agli scaglioni di consumo annuo (Tab.A.5).

Scaglioni di consumo annuo [kWh/anno]	Costo servizio di rete	Costo oneri generali di sistema
da 0 a 1800	€ 6,48000	€ 150,94800
da 1801 a 2640	€ 32,76000	€ 75,81840
da 2641 a 4440	€ 4,61400	€ 5,82660
Totali	€ 43,85400	€ 44,80980

Tab.A.5 – Quota servizio di rete ed oneri generali di sistema.

Successivamente devono essere aggiunti i costi riferiti alla *quota fissa* data dal gestore e della *quota potenza* riferita alla potenza impiegata (Tab.A.6).

Quota fissa	€ 16,12720
Quota potenza	€ 15,40200

Tab.A.6 – Quota dovuta al gestore.

Come ultimi dati consideriamo anche le imposte date dalle *accise sull'energia* e dalle *addizionali locali*, che normalmente troviamo sempre in bolletta, riferita ai kWh eccedenti i 150 kWh/mese (Tab.A.7).

Accise sull'energia	€ 4,23000
Addizionali locali	€ 16,73100

Tab.A.7 – Quota imposte.

Ora calcoliamo il totale ed aggiungiamo l'IVA del 10% (Tab.A.8).

Quota energia	€ 240,01503
Servizio di rete	€ 43,85400
Oneri generali di sistema	€ 44,80980
Quota fissa	€ 16,12720
Quota potenza	€ 15,40200
Accisa sull'energia	€ 4,23000
Addizionali locali	€ 16,73100
TOTALE	€ 381,16903
TOTALE + IVA	€ 419,28593

Tab.A.8 – Costo totale annuo riferito a 3kW di potenza impegnata e 2700 kWh/anno medi di consumo.

Ora il costo medio di energia al kWh corrisponde a (Tab.A.9):

Costo energia di riferimento	€ 0,15529
------------------------------	------------------

Tab.A.9 Costo al kWh dell'energia elettrica nel mese di novembre 2010 con riferimento all'ENEL come gestore del servizio di fornitura.

Appendici

Ora proponiamo i costi riferiti alle due fasce giornaliere.

Fascia F1:

Quota energia fascia F1	€ 255,08400
Servizio di rete	€ 43,85400
Oneri generali di sistema	€ 44,80980
Quota fissa	€ 16,12720
Quota potenza	€ 15,40200
Accisa sull'energia	€ 4,23000
Addizionali locali	€ 16,73100
TOTALE	€ 396,23800
TOTALE + IVA	€ 435,86180

Tab.A.9 – Costo totale annuo riferito a 3kW di potenza impegnata e 2700 kWh/anno medi di consumo in fascia F1.

Che comporta un costo medio di energia al kWh:

Costo energia di riferimento per la fascia F1	€ 0,16143
---	------------------

Tab.A.10 Costo al kWh dell'energia elettrica nel mese di novembre 2010 in fascia F1.

Fascia F2-F3:

Quota energia fascia F2-F3	€ 232,59300
Servizio di rete	€ 43,85400
Oneri generali di sistema	€ 44,80980
Quota fissa	€ 16,12720
Quota potenza	€ 15,40200
Accisa sull'energia	€ 4,23000
Addizionali locali	€ 16,73100
TOTALE	€ 373,74700
TOTALE + IVA	€ 411,12170

Tab.A.11 – Costo totale annuo riferito a 3kW di potenza impegnata e 2700 kWh/anno medi di consumo in fascia F2-F3.

Che comporta un costo medio di energia al kWh:

Costo energia di riferimento per la fascia F1	€ 0,15227
---	------------------

Tab.A.12 Costo al kWh dell'energia elettrica nel mese di novembre 2010 in fascia F2-F3.

APPENDICE B

CONDIZIONI ECONOMICHE UTENTI DOMESTICI FORNITO DALL' AEEG PERIODO OTTOBRE / DICEMBRE 2010

Condizioni economiche per i clienti domestici in maggior tutela, con potenza impegnata fino a 3kW, come indicato dall'AEEG (Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas) del IV trimestre 2010 ottobre/dicembre.

Scaglione consumo energia annuo [kWh/anno]	Bioraria transitoria	
	Fascia F1	Fascia F2 – F3
Da 0 a 1800	0,11013	0,10180
Da 1801 a 2640	0,15814	0,14981
Da 2641 a 4440	0,21127	0,20294
Oltre 4441	0,25897	0,25064
Quota fissa [€/anno]	16,12720	
Quota potenza [(€/kW)/anno]	5,13400	

Tab.B.1 – Condizioni economiche AEEG IV trimestre 2010.

Scaglione consumo energia annuo [kWh/anno]	Servizio di vendita Bioraria transitoria		Servizio di rete	Oneri generali di sistema
	Fascia F1	Fascia F2 – F3	Fascia unica	Fascia unica
Da 0 a 1800	0,09219	0,08386	0,00360	0,01434
Da 1801 a 2640	0,09859	0,09026	0,03900	0,02055
Da 2641 a 4440	0,10544	0,09711	0,07690	0,02893
Oltre 4441	0,11274	0,10441	0,11730	0,02893
Quota fissa [€/anno]	10,12720		6,00000	-
Quota potenza [(€/kW)/anno]	-		5,13400	-

Tab.B.2 – Dettaglio condizioni economiche AEEG IV trimestre 2010.

Accisa sull'energia [€/kWh]	0,00470
Addizionali locali [€/kWh]	0,01859

Tab.B.3 – Imposte applicate all'energia consumata oltre i primi 150 kWh/mese.

Servizio di vendita

E' il servizio che comprende tutte le attività poste in essere dal venditore per acquistare e rivendere l'energia elettrica al cliente finale (prezzo dell'energia). Il costo del servizio di vendita incide per circa il 64% della spesa totale lorda di un cliente domestico medio. I costi del servizio di vendita per i clienti domestici che non hanno scelto di aderire ad una offerta di mercato libero (servizio di maggior tutela) sono fissati e aggiornati ogni tre mesi dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas, e comprendono diverse voci (primo trimestre 2009):

- Prezzo energia (PE): copre i costi sostenuti per acquistare l'energia elettrica destinata ai clienti del servizio di maggior tutela;

- Prezzo dispacciamento (PD): copre i costi del servizio di dispacciamento, cioè il servizio che garantisce in ogni istante l'equilibrio tra l'energia immessa e quella prelevata dalle reti elettriche;
- Prezzo commercializzazione vendita (PCV): copre i costi fissi di gestione commerciale dei clienti che vengono sostenuti mediamente dagli operatori del mercato libero;
- Componente di dispacciamento (DISPbt): restituisce ai clienti che hanno diritto al servizio di maggior tutela la differenza tra il gettito della componente "Prezzo commercializzazione vendita" e i costi di gestione commerciale sostenuti dai fornitori del servizio di maggior tutela;
- Componente di perequazione (UC1): garantisce l'equilibrio tra i costi effettivi di approvvigionamento dell'energia elettrica destinata al servizio di maggior tutela e quanto pagato dai clienti per il periodo 1 luglio - 31 dicembre 2007;
- Prezzo perequazione energia (PPE): garantisce l'equilibrio tra i costi effettivi di acquisto e dispacciamento dell'energia elettrica destinata al servizio di maggior tutela e quanto pagato dai clienti a partire dal 1 gennaio 2008.

I costi del servizio di vendita (prezzo dell'energia) per i clienti domestici che hanno optato per un contratto di mercato libero sono stabiliti nel contratto di fornitura: è su questi costi che si gioca la concorrenza tra le imprese di vendita.

Il contratto di fornitura comprenderà comunque anche:

- i costi per i servizi di rete (distribuzione, trasporto e misura) che contano in media per il 15% della spesa totale lorda per un cliente domestico. Questi costi sono coperti da tariffe stabilite dall'Autorità, che le imprese di vendita pagano a loro volta al distributore locale;
- gli oneri generali di sistema che contano in media per il 7% e sono dovuti per legge;
- le imposte che contano in media per il 14%, e sono dovute per legge.

Servizi di rete (distribuzione, trasporto e misura)

Sono i servizi che consentono alle imprese di vendita (sia che operino sul mercato libero sia che forniscano il servizio di maggior tutela) di trasportare l'energia elettrica sulle reti di trasmissione nazionali e di distribuzione locali fino al contatore, per consegnarla ai clienti. Le attività di trasmissione e distribuzione restano gestite in esclusiva dagli stessi operatori che l'hanno fatto fino ad oggi, perché non sarebbe conveniente realizzare nuove reti in concorrenza con quelle esistenti. I costi dei servizi di rete incidono per circa il 15% della spesa totale lorda di un cliente domestico medio. Questi costi sono coperti da tariffe applicate uniformemente per l'intero territorio nazionale, che vengono stabilite e aggiornate annualmente dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas.

Oneri generali del sistema elettrico

Gli oneri generali di sistema sono fissati per legge e vengono pagati da tutti i clienti finali del servizio elettrico. Sono destinati alla copertura di voci diverse:

- promozione della produzione di energia da fonti rinnovabili e assimilate (componente A3, pari a circa il 62% del totale degli oneri di sistema per l'utente domestico tipo);

- finanziamento dei regimi tariffari speciali (componente A4, pari a circa l'8% del totale degli oneri di sistema per l'utente domestico tipo);
- finanziamento delle attività di ricerca e sviluppo (componente A5 pari a circa il 2,1% del totale degli oneri di sistema per l'utente domestico tipo).
- copertura dei costi già sostenuti dalle imprese e non recuperabili in seguito alla liberalizzazione del mercato elettrico (componente A6, pari a circa il 3% del totale degli oneri di sistema per l'utente domestico tipo);
- copertura delle integrazioni tariffarie alle imprese elettriche minori (componente UC4 pari al 2,8% del totale degli oneri di sistema per l'utente domestico tipo);
- smantellamento delle centrali nucleari e misure di compensazione territoriale (componenti A2 e MCT, pari a circa il 22% del totale degli oneri di sistema per l'utente domestico tipo).

Gli oneri generali del sistema elettrico incidono per circa il 7% della spesa totale lorda di un cliente domestico medio.

Imposte

Le imposte che gravano sulla fornitura di energia elettrica sono:

- Imposta erariale di consumo (accisa) e Addizionale erariale. Entrambe le imposte sono applicate alla quantità di energia consumata e prevedono un sistema di agevolazione per la fornitura nell'abitazione di residenza anagrafica del cliente, che ne riduce l'importo in caso di bassi consumi.
- Imposta sul valore aggiunto (Iva). E' applicata sul costo complessivo del servizio; attualmente l'aliquota applicata alla fornitura di energia per le abitazioni è pari al 10%.

Le imposte incidono per circa il 14% della spesa totale lorda di un cliente domestico medio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Rocco, “*Domotica con KNX*”, Milano, Editoriale Delfino, 2009;
- [2] M. Capolla, “*Progettare la domotica*”, Repubblica di San Marino, Maggioli Editore, 2004;
- [3] G. Zollino, “*Tecnica ed economia delle fonti*”, Padova, Appunti delle lezioni, 2010;
- [4] M. Pandolfi, “*KNX: La scelta di qualità per l’efficienza energetica degli edifici*”, Padova, 22 aprile 2010;
- [5] Istituto Nazionale di Statistica, “*Il sistema energetico italiano e gli obiettivi ambientali al 2020*”, Roma, Istat, 2010;
- [6] “*Scripps CO₂ Program*”, <http://scrippscsco2.ucsd.edu>, novembre 2010;
- [7] A. Baggioni A. Marra, “*Efficienza energetica negli edifici, il contributo della domotica e della building automation*”, Milano, Editoriale Delfino, 2010;
- [8] “*United Nations Framework Convention on Climate Change*”, <http://unfccc.int/2860.php>, novembre 2010;
- [9] “*Kyoto club*”, <http://www.kyotoclub.org>, novembre 2010;
- [10] “*Pianeta*”, <http://www.pianeta.it>, novembre 2010;
- [11] Approfondimento, “*Efficienza energetica ed energie rinnovabili*”, ABB, 2008;
- [12] A. Rugo, S. Brambilla, V. Catani, S. Gallo, “*Energy@home: lo standard di comunicazione aperto per rendere interoperabili differenti dispositivi, apparati e sistemi elettrici domestici*”, Verona, 12 ottobre 2010;
- [13] Gewiss, “*Domotica la grande assente*”, Genova, 7 marzo 2008;
- [14] Bticino, “*Energy saving la nuova termoregolazione*”, btMagazine, novembre 2007;
- [15] Norma EN 15232, “*Energy performance of buildings. Impact of building automation, controls and building management*”, agosto 2007;
- [16] Autori vari, “*L’impianto domotico, sistemi di automazione in tecnologia KNX*”, Milano, Editoriale Delfino, 2008;
- [17] P. Mongovì, R. Salari, “*La progettazione integrata degli impianti per la domotica*”, Verona, 12 ottobre 2010;
- [18] M. Cappellin, C. Vitti, M. Pandolfi, M. Valeri, “*Konnex: la scelta di qualità per l’efficienza energetica*”, Verona, 12 ottobre 2010;
- [19] M. Nocera, M. Piano, P. Spada, L. Ferrarini, S. Cappelletti, S. Radaelli, M. Pernice, I. Coppi, F. Marchetti, M. Giuliano, J. Dondossola, M. Perotto, “*Building automation per il risparmio energetico*”, Verona, 12 ottobre 2010;
- [20] ABB SPA – ABB SACE Division, “*L’impatto della Home & Building Automation sull’efficienza energetica*”, Verona, 12 ottobre 2010;
- [21] Bticino, “*Gestione energia e risparmio energetico*”, “*Lighting Management BTicino, aspetti tecnici e normativi*”, Verona, 12 ottobre 2010;

Bibliografia

- [22] A. Contesso, “*Corso EIB/KNX ABB SACE Division*”, Monselice, 12 maggio 2010;
- [23] ABB SACE Division, El.Mo., “*Sicurezza ed automazione non sono mai state così vicine...*”, Campodarsego, 22 ottobre 2010;
- [24] S. Zoani, Massarella, “*Energia in città ABB SACE Division; Migliorare l’efficienza energetica degli edifici: progettare con la building automation*”, Padova, 4 novembre 2010;
- [25] “*Il portale italiano dell’automazione domestica*”, <http://www.domotica.it>, novembre 2010;
- [26] “*Il futuro è di casa*”, <http://www.domotica.ch>, novembre 2010;
- [27] “*Laboratorio di domotica*”, <http://laboratoriodomotica.it>, novembre 2010;
- [28] “*Vivi domotica. Home emotion*”, <http://www.vividomotica.it>, novembre 2010;
- [29] “*Dipartimento di ingegneria elettrica ed elettronica Università di Cagliari*”, <http://www.diee.unica.it>, novembre 2010;
- [30] “*Calcolo consumi elettrici domestici*”, <http://www.energybox.ch/verteiler.aspx>, novembre 2010;
- [31] “*Sistemi per il controllo e l’automazione degli edifici (EIB/KNX)*”, <http://www.abb.it/product/it/9AAC111724.aspx?country=IT>, novembre 2010;
- [32] “*Electrical installation Konnex*”, <http://www.siemens.it/ad/et/gamma/konnex.html>, novembre 2010;
- [33] “*end-use Efficiency Research Group*”, <http://www.eerg.it>, novembre 2010;
- [34] “*Stand-by and Off-Mode Energy Losses In New Appliances Measured in Shops*”, <http://selina-project.eu>, novembre 2010;
- [35] “*Energie rinnovabili ed efficienza energetica*”, <http://www.nextville.it/home.php>, novembre 2010;
- [36] “*Energia solare, eolica... fonti rinnovabili*”, <http://www.portalsole.it>, novembre 2010;
- [37] “*Energy solution for better building*”, <http://buildup.eu>, novembre 2010;
- [38] “*Sarò buono con la terra*”, <http://www.greenme.it>, novembre 2010;
- [39] “*Energy Star: etichettatura per un’apparecchiatura per ufficio energeticamente efficiente*”, <http://www.eu-energystar.org/it/index.html>, novembre 2010;
- [40] “*Terna*”, <http://www.terna.it>, novembre 2010;
- [41] “*International Energy Agency*”, <http://iea.org>, novembre 2010;
- [42] “*ENEA: Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economic sostenibile*”, <http://www.enea.it>, novembre 2010;
- [43] “*Autorità per l’energia elettrica e il gas*”, <http://www.autorita.energia.it/it/index.htm>, novembre 2010;
- [44] “*Konnex site*”, <http://www.knx.org>, novembre 2010;
- [45] “*Konnex italia*”, <http://www.konnex.it>, novembre 2010;

