



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI LECCE**

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA**

---

**TESI DI LAUREA IN**

**GESTIONE INDUSTRIALE DELL'ENERGIA**

**ENERGY AUDIT DEL COMUNE DI**

**SPECCHIA NELL'OTTICA DELLA**

**RAZIONALIZZAZIONE ENERGETICA**

**RELATORI:**

Chiar.mo Prof. Ing. Domenico LAFORGIA

Ing. Maria Grazia DE GIORGI

**TUTOR AZIENDALE:**

Ing. Fabrizio MAISTO

**LAUREANDO:**

Francesco BOELLIS

---

**Anno Accademico 2004/2005**

# INDICE

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
---------------------------	----------

## **CAPITOLO I - ANALISI CONSUMI SCUOLE**

<b>I.1- Introduzione .....</b>	<b>10</b>
<b>I.2- Consumi elettrici 2004 .....</b>	<b>10</b>
<b>I.3 - Consumi termici 2004 .....</b>	<b>13</b>
<b>I.4- Stima dell'efficienza energetica negli edifici scolastici .....</b>	<b>18</b>

## **CAPITOLO II - ANALISI CONSUMI ALTRE UTENZE COMUNALI**

<b>II.1 – Introduzione .....</b>	<b>29</b>
<b>II.2 - Analisi dei consumi elettrici .....</b>	<b>29</b>
<b>II.2.1 - Dati di consumo 2004 .....</b>	<b>30</b>
<b>II.3 - Analisi dei consumi termici .....</b>	<b>37</b>

## **CAPITOLO III - PROPOSTE DI RISPARMIO PER ENERGIA ELETTRICA E TERMICA**

<b>III.1 – Introduzione .....</b>	<b>40</b>
<b>III.2 – Possibili interventi per la razionalizzazione elettrica .....</b>	<b>40</b>
<b>III.2.1 – Lampade per l'illuminazione degli interni .....</b>	<b>40</b>
<b>III.2.2 – Regolazione del flusso luminoso .....</b>	<b>45</b>
<b>III.2.3 – Impiego di monitor LCD .....</b>	<b>47</b>
<b>III.2.4 – Impiego di semafori a LED .....</b>	<b>48</b>
<b>III.2.5 – Installazione di pannelli fotovoltaici .....</b>	<b>50</b>
<b>III.2.6 – La sperimentazione: utilizzo dell'idrogeno .....</b>	<b>56</b>
<b>III.3 – Possibili interventi per la razionalizzazione termica .....</b>	<b>58</b>
<b>III.3.1 – Metanizzazione delle centrali termiche .....</b>	<b>58</b>
<b>III.3.2 – Altri interventi di miglioramento e regolazione .....</b>	<b>64</b>
<b>III.3.3 – Utilizzo del solare termico per la produzione di acqua calda .....</b>	<b>66</b>
<b>III.3.4 – Telegestione degli impianti termici .....</b>	<b>73</b>

## **CAPITOLO IV - ILLUMINAZIONE PUBBLICA**

<b>IV.1 – Introduzione .....</b>	<b>76</b>
<b>IV.2 – Struttura dell’impianto di illuminazione .....</b>	<b>77</b>
<b>IV.3 – Dati di consumo 2004 .....</b>	<b>80</b>
<b>IV.4 – Analisi del parco lampade .....</b>	<b>84</b>
<b>IV.5 – Proposte di ottimizzazione ed ipotesi di risparmio .....</b>	<b>87</b>
IV.5.1 – Rifasamento dei carichi elettrici .....	89
IV.5.2 – Esuberi di potenza impegnata .....	95
IV.5.3 – Installazione di regolatori di flusso luminoso .....	96
IV.5.4 – Impiego di lampioni stradali fotovoltaici .....	105
IV.5.5 – Impiego di apparecchi di illuminazione efficienti .....	107
IV.5.6 - Sistemi di telegestione dell’Illuminazione Pubblica .....	113

## **CAPITOLO V - CARDIGLIANO**

<b>V.1 – Introduzione .....</b>	<b>115</b>
<b>V.2 – Obiettivi del progetto Cardigliano .....</b>	<b>115</b>
<b>V.3 – Studio preliminare – Dimensionamento degli impianti .....</b>	<b>116</b>
<b>V.4 – Accorgimenti per ridurre l’impatto ambientale .....</b>	<b>119</b>
<b>V.5 – Risultati ottenuti .....</b>	<b>121</b>
<b>V.6 – Conclusioni e scenari futuri .....</b>	<b>124</b>

<b>CONCLUSIONE .....</b>	<b>126</b>
<b>APPENDICE .....</b>	<b>129</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>152</b>
<b>RINGRAZIAMENTI .....</b>	<b>153</b>

## INTRODUZIONE

### *Importanza dell'uso razionale dell'energia ed aspetti normativi in materia*

L'uso razionale dell'energia può essere definito come quell'operazione tecnologica con la quale si intende conseguire l'obiettivo di realizzare gli stessi prodotti o servizi (in quantità e qualità) con un minor consumo di energia primaria ed eventualmente con un maggior impegno di risorse d'altro tipo, quali capitale, lavoro, materiali, ecc. Questa definizione distingue l'uso razionale dell'energia dal sacrificio energetico, che è invece un'operazione economico-sociale con la quale si intende incentivare gli utenti a modificare le loro abitudini di consumo, nel senso di soddisfare i propri bisogni finali con modalità che comportino minori consumi di energia primaria. In questo caso quindi si tende a non conservare la stessa qualità del servizio offerto.

Da un punto di vista legislativo la voce *uso razionale dell'energia* si può considerare come una vera e propria fonte energetica. Le norme in materia fanno riferimento principalmente alla legge n° 10 del 9 gennaio 1991.

La legge N. 10 è così intitolata: “ Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia “ .

L'art. 1 definisce finalità e ambito di applicazione della legge, favorendo e incentivando:

1. l'uso razionale dell'energia;
2. il contenimento dei consumi di energia nella produzione e nell'utilizzo di manufatti;
3. l'utilizzazione delle fonti rinnovabili di energia;
4. la riduzione dei consumi specifici di energia nei processi produttivi;
5. la sostituzione degli impianti nei settori a più elevata intensità energetica.

Ai fini della citata legge sono considerate fonti rinnovabili di energia o assimilate le seguenti:

- sole;
- vento;
- energia idraulica;

- risorse geotermiche;
- maree e moto ondoso;
- trasformazione di rifiuti organici, inorganici e vegetali.

Le fonti di energia rinnovabile, dunque, sono quelle che presentano il carattere dell'inesauribilità; di tali fonti si tornerà a parlare quando si introdurranno gli aspetti ambientali legati all'uso razionale dell'energia.

Sono considerate, inoltre, fonti di energia assimilate alle rinnovabili:

- la cogenerazione, intesa come produzione combinata di energia elettrica o meccanica e calore;
- il calore recuperabile dai fumi di scarico, impianti termici, elettrici e da processi industriali;
- i risparmi di energia conseguibili nella climatizzazione e nell'illuminazione degli edifici con interventi sull'involucro edilizio e sugli impianti.

In un certo senso, dunque, l'uso razionale dell'energia può essere considerato come una vera e propria fonte energetica rinnovabile.

L'energia deve essere gestita in modo consapevole e con criteri tecnico-scientifici rigorosi, affinché possa portare a miglioramenti significativi dal punto di vista economico ed ambientale. La legge 10/91, attuativa del *Piano Energetico Nazionale*, per la prima volta ha istituito la figura del *Tecnico responsabile per la conservazione e la gestione dell'energia* (o *Energy Manager*), di fondamentale importanza per la corretta gestione del settore energetico di complessi industriali o terziari, pubblici o privati, che hanno consumi annui di entità rilevante. Le funzioni che l'Energy Manager deve ricoprire vengono definite nell'art. 19 della legge 10/91 e sono qui di seguito riportate sinteticamente:

- individuazione delle azioni, degli interventi, delle procedure e di quanto altro necessario per promuovere l'uso razionale dell'energia;
- predisposizione dei bilanci energetici in funzione anche dei parametri economici e degli usi finali;
- predisposizione dei dati energetici eventualmente richiesti dal Ministero dell'Industria ai soggetti beneficiari dei contributi previsti dalla legge stessa.

***Aspetti ambientali relativi all'uso razionale dell'energia***

I principi guida su cui si fondano le moderne tecniche di uso razionale dell'energia senza dubbio si possono collocare storicamente come reazione dei mercati energetici alla crisi economica che si trovarono ad affrontare all'indomani della crisi energetica che all'inizio degli anni '70 segnò profondamente il mondo industrializzato occidentale. Oggi si sono aggiunte nuove e più pressanti esigenze di razionalizzazione dei consumi e di sfruttamento delle risorse energetiche, dettate dalla sempre più delicata situazione ambientale che sta ormai assumendo proporzioni globali.

Senza soffermarsi sulle ovvie ripercussioni positive che l'uso razionale dell'energia permette di conseguire sull'ambiente, occorre considerare che esso rappresenta uno dei pochi strumenti per evitare le disastrose conseguenze prospettate dal vertiginoso aumento dei consumi energetici mondiali, determinati soprattutto dagli elevati tassi di sviluppo industriale che negli ultimi anni hanno interessato alcuni paesi.

Oggi, non esiste attività organizzata dall'uomo per la quale non ci sia necessità di produrre energia, e gran parte di questo fabbisogno è soddisfatto dall'energia prodotta dalla combustione delle fonti fossili: carbone, petrolio, gas naturale (metano). Tutte fonti non rinnovabili, derivate da materiale organico accumulatosi nel terreno attraverso millenni e destinate prima o poi ad esaurirsi.

La consapevolezza che il petrolio e le fonti fossili, ed in generale l'energia, fossero beni illimitati, da utilizzare con parsimonia, è una consapevolezza recente dell'umanità. Ma sebbene negli ultimi anni, soprattutto per il timore dei Paesi industrializzati di dipendere eccessivamente dagli approvvigionamenti petroliferi provenienti dal mondo arabo, si sia compiuto qualche timido passo sulla via del risparmio energetico, molto rimane ancora da fare, soprattutto perché ancora enorme è lo squilibrio tra i consumi di energia del Nord e del Sud del mondo: un quarto della popolazione mondiale (i Paesi industrializzati) consuma circa i tre quarti dell'energia prodotta sul pianeta, e l'Italia, da sola, consuma più di tutta l'Africa. Il fabbisogno di energia dei Paesi poveri è inevitabilmente destinato a crescere e ai popoli ricchi non rimane che una scelta: quella di diminuire al massimo gli sprechi di energia.

Il risparmio energetico, dunque, o meglio l'uso razionale dell'energia è la sola scelta sensata, anche e soprattutto per i molti rischi che la produzione di energia, specie quella ottenuta dalla combustione delle fonti fossili, comporta per l'ambiente e la salute. La

combustione del carbone, del petrolio, del gas naturale, ha l'effetto di liberare calore e di far crescere nell'aria la concentrazione di anidride carbonica. Questo meccanismo contribuisce ad alimentare il fenomeno dell'effetto serra, che continua a provocare sconvolgimenti climatici e ad alterare gli equilibri ambientali su cui si regge la vita sul pianeta. Un'altra grave conseguenza di processi di combustione delle fonti fossili è la dispersione non controllata di polveri varie e soprattutto di ossidi di carbonio, di azoto e di zolfo, responsabili dell'inquinamento atmosferico e delle piogge acide. Per alcuni anni si è creduto che l'energia nucleare potesse rappresentare un'alternativa valida alle fonti fossili, ma tanti ed insoliti problemi legati al funzionamento delle centrali (presenza di scorie radioattive, rischi di incidenti gravi e dalle conseguenze potenzialmente catastrofiche, possibilità che la tecnologia nucleare venga utilizzata per costruire armi atomiche) e poi il disastro di Chernobyl hanno spinto alcuni Paesi, e l'Italia per prima, ad abbandonare il nucleare. Del resto, scorciatoie per arrivare ad un uso razionale dell'energia non ne esistono. C'è un'unica via, che è quella del risparmio energetico e insieme dello sviluppo delle fonti rinnovabili.

### ***Gli accordi di Kyoto sulla riduzione delle emissioni***

Negli ultimi anni molto è stato fatto, anche a livello politico, per fronteggiare i diversi problemi ambientali: dall'impegno a perseguire un modello di sviluppo sostenibile alla ricerca degli strumenti più adeguati per conciliare la crescente domanda di energia e, quindi, il crescente consumo di combustibili fossili con la salvaguardia dell'ambiente.

Già nel 1990 il primo rapporto dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) segnalava l'urgenza di ridurre le emissioni dei gas serra, in particolare di anidride carbonica. All'impegno di riduzione erano richiamati soprattutto i Paesi industrializzati. Nella Conferenza delle Nazioni Unite di Kyoto tenuta nel Dicembre 1997, la comunità internazionale ha assunto l'impegno di ridurre, nel periodo 2008-2012, le emissioni di gas serra del 5% circa rispetto alle emissioni del 1990: il trattato è entrato recentemente in vigore, grazie alla ratifica dei paesi più rappresentativi, Stati Uniti esclusi. Tra i Paesi industrializzati, il Giappone dovrà ridurre le emissioni del 6%, gli USA del 7%, l'Unione Europea dell'8%. L'Italia, in seguito alla revisione degli accordi tra gli Stati membri dell'Unione, dovrà ridurre le emissioni del 6,5 %.

Gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra assunti a Kyoto possono essere raggiunti solo modificando sensibilmente gli attuali modelli energetici: tutti possono

dare un contributo importante ad un uso più razionale dell'energia per favorire il raggiungimento di questi obiettivi. Infatti si può dire che complessivamente il settore degli usi civili assorba la stessa quantità di energia del settore industriale.

### ***Gli aspetti fondamentali di un Energy Audit***

Da quanto appena esposto, si intuisce che rivalutare l'uso delle risorse necessarie ad ottenere una data finalità, fino a confrontare varie soluzioni offerte dalla tecnologia in termini di rese, di rendimenti e di costi specifici è un lavoro piuttosto complesso: esso prende il nome di **Audit Energetico**.

In sintesi, un'attività di Audit è composta da due momenti principali:

1. acquisizione ed archiviazione dei numerosi dati circa le modalità di utilizzo delle fonti energetiche a disposizione delle strutture;
2. ipotesi di interventi e valutazione degli effetti da essi prodotti.

Nella prima fase, quindi, si raccolgono tutti i dati relativi alle potenzialità dei vari impianti, alle strutture degli edifici e ai dati di consumo energetico. Una volta rilevate le zone in cui si hanno degli sprechi, una cattiva gestione delle risorse o comunque dei potenziali margini di miglioramento, si propongono degli interventi volti all'ottimizzazione del sistema. E' importante sottolineare che gli effetti apportati da un intervento devono necessariamente essere valutati dapprima dal punto di vista tecnico, e successivamente, ma non per ordine di importanza, dal punto di vista economico, cercando di stimare la convenienza dell'investimento: si parla di *analisi costi-benefici*. È proprio l'aspetto economico, infatti, a costituire il più delle volte un freno alla libera espansione sul mercato di sistemi energetici ad alto rendimento e del tutto innovativi rispetto a quelli convenzionali.

Il parametro che sarà utilizzato per definire l'opportunità di un investimento è il *Pay-Back-Period (PBP)*, cioè il *tempo di ritorno dell'investimento semplice*: esso esprime in quanto tempo la somma investita per l'intervento viene eguagliata dai risparmi derivanti dall'intervento stesso. L'attributo "semplice" si riferisce al fatto che non viene considerata l'influenza dei tassi di interesse, i quali quantificano la perdita di valore che il denaro subisce con il passare degli anni. Il tempo di ritorno semplice dell'investimento è dato da:  $\text{VALORE DELL'INVESTIMENTO} / \text{BENEFICIO NETTO ANNUO}$ .



Avere un basso PBP significa recuperare in breve tempo la somma stanziata per sostenere l'investimento, ma tale condizione non dà informazioni sulla redditività dell'investimento, cioè sull'ammontare del guadagno all'ultimo anno di vita utile dell'investimento stesso. Tale informazione è fornita dal calcolo del *Valore Attuale Netto (VAN)*, ma questo parametro non verrà utilizzato all'interno del lavoro. Il mezzo più efficace per favorire l'attuazione di interventi di razionalizzazione energetica è diminuire i costi, spesso elevatissimi, necessari a compiere gli investimenti necessari: assumono importanza crescente gli interventi pubblici di finanziamento ed incentivazione.

L'attuazione del Piano Energetico Nazionale, che ha avuto luogo in Italia con l'emanazione della legge 10/91, ha dato origine ad una politica di incentivi per l'Uso Razionale dell'Energia. Tali incentivi, negli anni successivi, sono poi stati rinnovati con le Leggi Finanziarie. I finanziamenti previsti sono soprattutto di competenza regionale; in particolare l'art. 12 della legge 537/93, ascrive alla gestione regionale i finanziamenti previsti dall'art. 11 della citata legge 10/91: tale articolo prevede, ad esempio, finanziamenti per impianti con potenze superiori a 10 MW termici o a 3 MW elettrici, riguardo studi di fattibilità e progetti esecutivi di impianti civili e industriali o misti. Anche la concessione e l'erogazione dei contributi previsti dagli articoli 8, 10 e 13 è delegata alle Regioni, che operano secondo direttive impartite dal Ministero dell'Industria (uniformità di criteri, procedure e modalità).

### ***Presentazione del lavoro***

Nel presente lavoro di tesi è stato svolto un Audit energetico sulle utenze del Comune di Specchia, località in provincia di Lecce, al fine di valutare l'applicabilità di una gestione energetica razionale delle stesse.

Lo studio è articolato in diverse fasi, poiché gli aspetti da analizzare e le tipologie di edifici da descrivere sono molteplici.

In particolare, nel Capitolo I si descriverà l'analisi effettuata sui consumi energetici negli edifici scolastici; nel Capitolo II si illustrerà l'analisi dei consumi nelle altre utenze comunali; il Capitolo III è incentrato sulla descrizione e l'analisi delle proposte di risparmio per i consumi di energia elettrica e termica; nel Capitolo IV si illustrerà la situazione energetica nel settore dell'Illuminazione Pubblica, con le relative proposte di risparmio; infine, nel Capitolo V si parlerà di una particolare utenza, l'Agriturismo

Cardigliano, di proprietà del Comune di Specchia, in cui l'uso razionale dell'energia trova numerose applicazioni, in particolare grazie al ricorso alle fonti rinnovabili.

## **Capitolo I – ANALISI CONSUMI SCUOLE**

### **I.1 - Introduzione**

La prima tipologia di utenze ad essere analizzata comprende gli edifici scolastici appartenenti al Comune di Specchia: in particolare, sono presenti due Scuole Materne, una Scuola Elementare e una Scuola Media.

Le due Scuole Materne sono abbastanza piccole e si sviluppano su un unico piano; la Scuola Elementare è suddivisa in due padiglioni, strutturati in maniera identica, entrambi a due piani, ed è dotata di palestra; la Scuola Media si sviluppa su due piani ed è dotata di Palazzetto dello Sport.

Nel dettaglio, sono elencati gli edifici che saranno analizzati, con la relativa ubicazione:

- 1) Scuola Materna Via Montessori
- 2) Scuola Materna Via Don Milani
- 3) Scuola Elementare (2 Padiglioni) Via Pisanelli
- 4) Scuola Media Via Don Luigi Sturzo

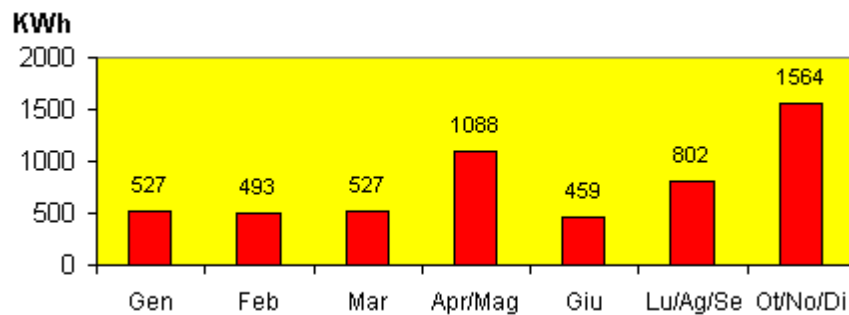
Di tali edifici saranno analizzati sia i consumi elettrici sia i consumi termici nell'arco del 2004: tali dati saranno esposti sia in forma tabellare, sia in forma grafica.

### **I.2 - Consumi elettrici 2004**

I dati sui consumi elettrici per l'anno 2004 sono stati dedotti dalle fatture di pagamento all'azienda fornitrice del servizio Enel Distribuzione S.p.A.

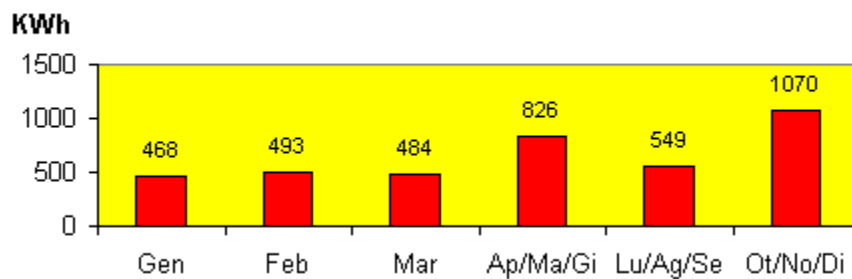
I pagamenti sono avvenuti in maniera non regolare nel corso dell'anno, nel senso che alcune fatture di pagamento sono state mensili, altre bimestrali, altre trimestrali. Le figure dalla I.1 alla I.4, quindi sono solo indicative; infatti, ciò che alla fine interessa sapere sono i consumi complessivi.

	<i>Spesa (Euro)</i>
<b>Gen</b>	108,38
<b>Feb</b>	104,27
<b>Mar</b>	107,89
<b>Apr/Mag</b>	220,43
<b>Giu</b>	94,43
<b>Lu/Ag/Se</b>	142,76
<b>Ot/No/Di</b>	307,97
<b>Tot.</b>	<b>1086,13</b>



**Fig. I.1 – Consumi elettrici Scuola Materna Via Montessori**

	<i>Spesa (Euro)</i>
<b>Gen</b>	107,55
<b>Feb</b>	111,42
<b>Mar</b>	109,48
<b>Ap/Ma/Gi</b>	289,18
<b>Lu/Ag/Se</b>	97,72
<b>Ot/No/Di</b>	234,86
<b>Tot.</b>	<b>950,21</b>



**Fig. I.2 – Consumi elettrici Scuola Materna Via Don Milani**

	<i>Spesa (Euro)</i>
<b>Gen</b>	210,87
<b>Feb</b>	200,14
<b>Mar</b>	208,34
<b>Ap/Ma/Gi</b>	519,91
<b>Lu/Ag/Se</b>	275,9
<b>Ot/No/Di</b>	508,33
<b>Tot.</b>	<b>1923,49</b>

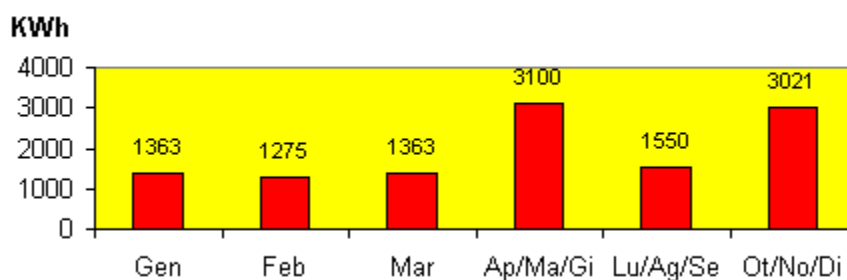


Fig. I.3 – Consumi elettrici Scuola Elementare Via Pisanelli

	<i>Spesa (Euro)</i>
<b>Gen</b>	344,59
<b>Feb</b>	339,85
<b>Mar</b>	330,94
<b>Ap/Ma/Gi</b>	718,6
<b>Lu/Ag/Se</b>	545,01
<b>Ot/No/Di</b>	700,34
<b>Tot.</b>	<b>2979,33</b>

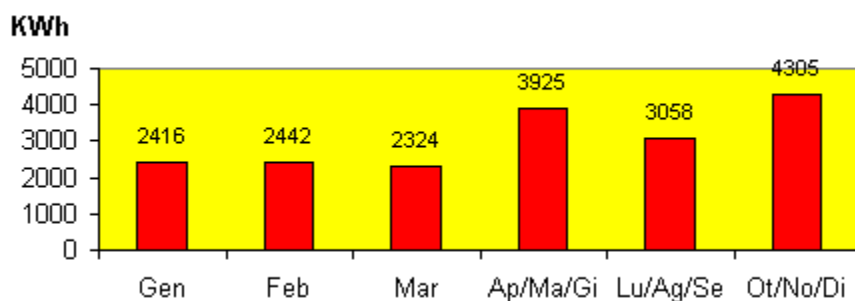
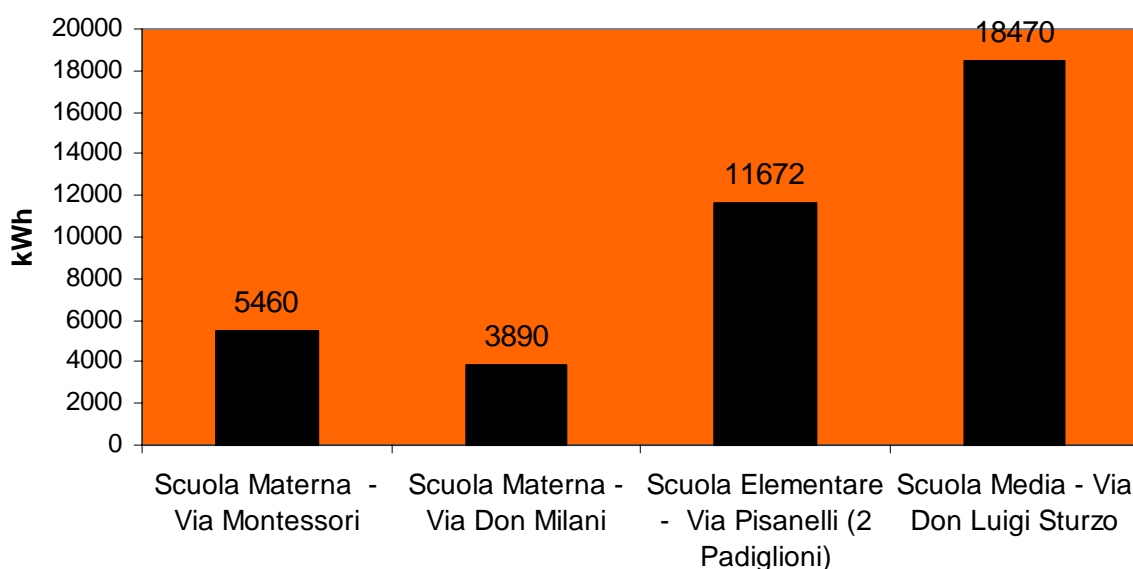


Fig. I.4 – Consumi elettrici Scuola Media Via Don Luigi Sturzo

In definitiva, la spesa sostenuta dal Comune di Specchia per soddisfare i fabbisogni elettrici nelle scuole è stata pari a 6939.16 €.

I dati appena visti sono ora riassunti nella seguente figura I.5, in cui è possibile notare che la Scuola Elementare e la Scuola Media rappresentano le utenze scolastiche più energivore dal punto di vista elettrico.



**Fig. I.5 – Consumi elettrici scuole 2004**

L'analisi che segue permetterà di comprendere se quest'andamento dei consumi è proporzionale alle dimensioni degli edifici, oppure sono presenti degli squilibri, e quindi degli sprechi.

### **I.3 - Consumi termici 2004**

Si passa ora ad esporre i consumi termici per l'anno 2004 relativi agli edifici scolastici. Nella tabella I.1 sono riassunti i dati tecnici relativi alle centrali termiche analizzate: i dati sono relativi all'ultima manutenzione, effettuata il 29-01-04 e sono stati ricavati dalla consultazione dei rispettivi libretti di centrale.

Tab. I.1 – Caratteristiche degli impianti termici delle Scuole

	Scuola Materna Via Don Milani	Scuola Materna Via Montessori	Scuola Elementare Via Pisanelli (1° Pad.)	Scuola Elementare Via Pisanelli (2° Pad.)	Scuola Media Via Don Luigi Sturzo
<b>Potenza nominale (kW)</b>	191.3	115.8	127.9	85	172
<b>Caldiaia</b>	GHISA	GHISA	GHISA	GHISA	GHISA
<b>Costruttore</b>	/	CMT	FERRULI	FERRULI	BLOWTERM
<b>Modello</b>	/	BP90	/	NFR60	TALA
<b>Matricola</b>	/	2229	/	103239	85A1029
<b>Bruciatore</b>	/	ELCO	BALTUR β 3-9.84	TADDIA 3138	RL2
<b>Fluido termovettore</b>	ACQUA CALDA	ACQUA CALDA	ACQUA CALDA	ACQUA CALDA	ACQUA CALDA
<b>Anno di installazione</b>	1988	1985	1987	1987	1988
<b>Tipo</b>	B <sup>1</sup>	B	B	B	B
<b>Tiraggio</b>	NATURALE	NATURALE	NATURALE	NATURALE	NATURALE
<b>Combustibile</b>	GASOLIO	GASOLIO	GASOLIO	GASOLIO	GASOLIO
<b>Controllo del rendimento</b>	SI'	SI'	SI'	SI'	SI'
<b>Temperatura fumi (°C)</b>	130.4	162.8	167.5	122.3	116.7
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	16.6	16.8	14	17.7	16.4
<b>% O<sub>2</sub></b>	6.7	3.3	4.7	13.5	6.8
<b>% CO<sub>2</sub></b>	10.3	12.7	11.7	6.4	10.2
<b>% CO</b>	14	19	11	12	14
<b>% Perdita per calore sensibile</b>	6.1	6.6	7.4	11.4	5.5
<b>Stato delle coibentazioni</b>	B <sup>1</sup>	B	B	B	B
<b>Stato canna fumaria</b>	B <sup>2</sup>	B	B	B	B
<b>Stato dispositivi di regolazione e controllo</b>	C <sup>3</sup>	C	C	C	C

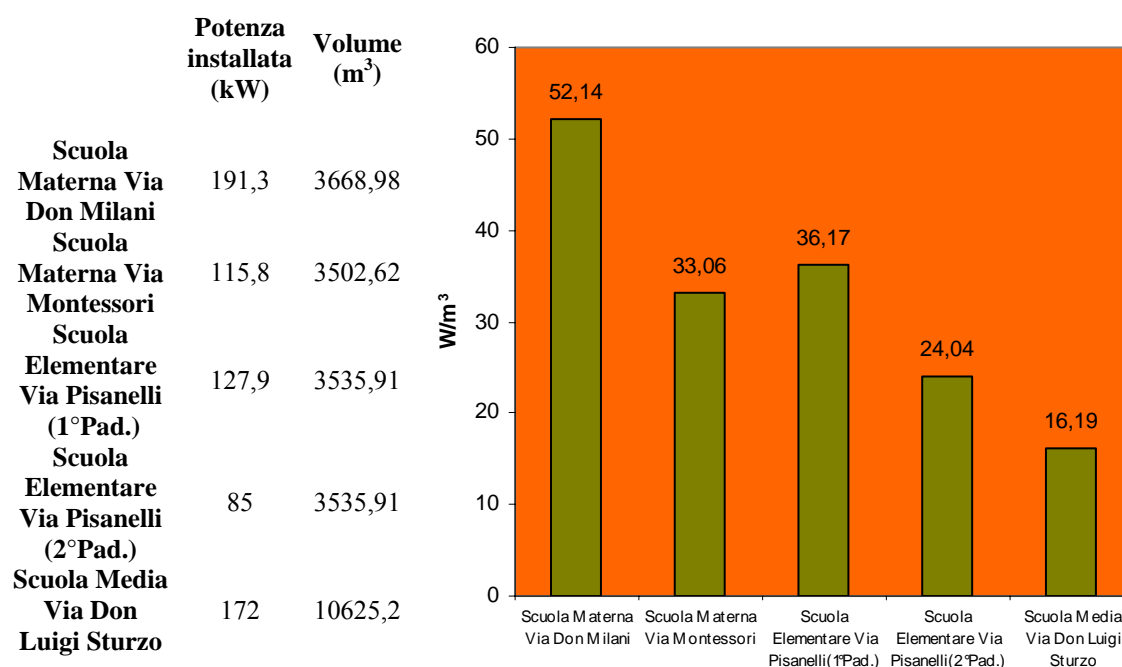
<sup>1</sup> Le indicazioni che è possibile trovare sono caldaia di tipo B (generatore con focolare aperto) o C (generatore con focolare chiuso), indipendentemente dal tipo di combustibile usato.

<sup>2</sup> Sono possibili le seguenti indicazioni: B = Buona, M = Mediocre, S = Scadente.

<sup>3</sup> Sono possibili le indicazioni: C = Collegato, S = Scollegato in funzionamento manuale (richiedere intervento).

<b>Taratura dispositivi di regolazione e controllo</b>	E <sup>4</sup>	E	E	E	E
<b>Rendimento combustione a potenza nominale(%)</b>	93.9	93.4	92.6	88.6	94.5

In figura I.6 sono plottate le potenze installate, riferite all'unità di volume: il parametro *potenza specifica* è importante perché permette di intuire quali potrebbero essere gli impianti sovradimensionati.



**Fig. I.6 – Potenza specifica per riscaldamento negli edifici scolastici**

Dalla figura è evidente come la potenza specifica sia elevatissima nel caso della Scuola Materna in Via Don Milani; inoltre sono piuttosto elevati anche i valori riferiti alla Scuola Materna in Via Montessori e al 1° Padiglione della Scuola Elementare in Via Pisanelli.

Indicazioni più precise saranno fornite dall'analisi dei consumi, e si vedrà che le “perplexità” derivanti dal calcolo di questo parametro saranno confermate, ed addirittura amplificate.

<sup>4</sup> Le indicazioni possibili sono: E = Effettuata, NE = Non Effettuata.



Dopo quest'esposizione, è necessario compiere subito un'altra precisazione importante: poiché le centrali termiche, come si è visto, sono alimentate a gasolio, non si può parlare di consumi termici veri e propri; infatti, gli unici dati cui si fa riferimento sono le forniture annuali di gasolio in Litri.

Da questi valori è comunque possibile approssimare il consumo di energia termica in kWh, assumendo come ipotesi che tutto il gasolio fornito sia consumato: sarà sufficiente moltiplicare tali valori per il potere calorifico del combustibile e per la sua densità.

I dati sono stati dedotti dalle fatture di pagamento alla ditta fornitrice Agip Fuel S.p.A. e sono riassunti in tabella I.2.

A differenza di quanto fatto per i consumi elettrici, i consumi termici dei due padiglioni che compongono la Scuola Elementare sono stati analizzati in modo indipendente: sono infatti presenti due centrali termiche, una per ogni edificio.

**Tab. I.2 – Forniture di gasolio per le Scuole nell'anno 2004**

	Scuola Materna Via Don Milani		Scuola Materna Via Montessori		Scuola Elementare Via Pisanelli 1° Padiglione		Scuola Elementare Via Pisanelli 2° Padiglione		Scuola Media Via Don Luigi Sturzo	
	Litri	Spesa (€)	Litri	Spesa (€)	Litri	Spesa (€)	Litri	Spesa (€)	Litri	Spesa (€)
<i>Fornitura 1</i>	1200	958,52	1150	918,59	1000	798,77	500	399,38	1500	1198,15
<i>Fornitura 2</i>	1200	969,50	1300	1050,3	1000	807,92	550	444,36	1500	1211,89
<i>Fornitura 3</i>	500	395,39	750	593,09	500	395,39	300	237,23	1300	1028
<i>Fornitura 4</i>	500	864	1000	864	500	432	0	0	1000	864
<b>Totale</b>	<b>3900</b>	<b>3187,41</b>	<b>4200</b>	<b>3425,98</b>	<b>3000</b>	<b>2434,08</b>	<b>1350</b>	<b>1080,97</b>	<b>5300</b>	<b>4302,04</b>

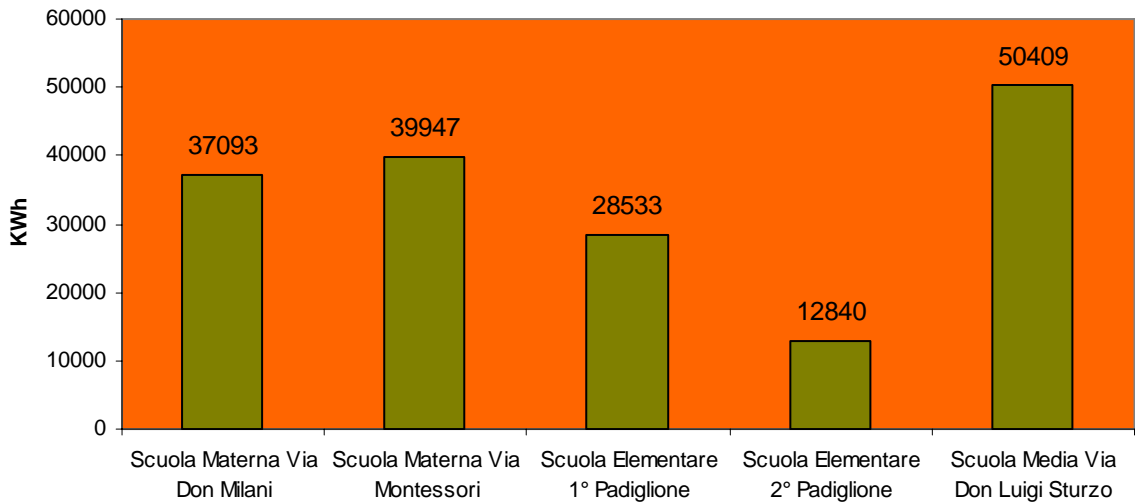
In definitiva, per soddisfare le necessità termiche di queste utenze, il Comune ha sostenuto una spesa di 14430.48 €.

Nell'ipotesi che tutto il combustibile fornito sia stato consumato, è possibile stimare il consumo di energia termica espresso in kWh, attraverso l'introduzione della densità del combustibile e del suo potere calorifico.

I dati assunti sono i seguenti:

- Densità del gasolio: 800 kg/m<sup>3</sup>;
- Potere calorifico inferiore del gasolio: 42800 KJ/kg = 11,889 kWh/kg

I risultati sono esposti in figura I.7.

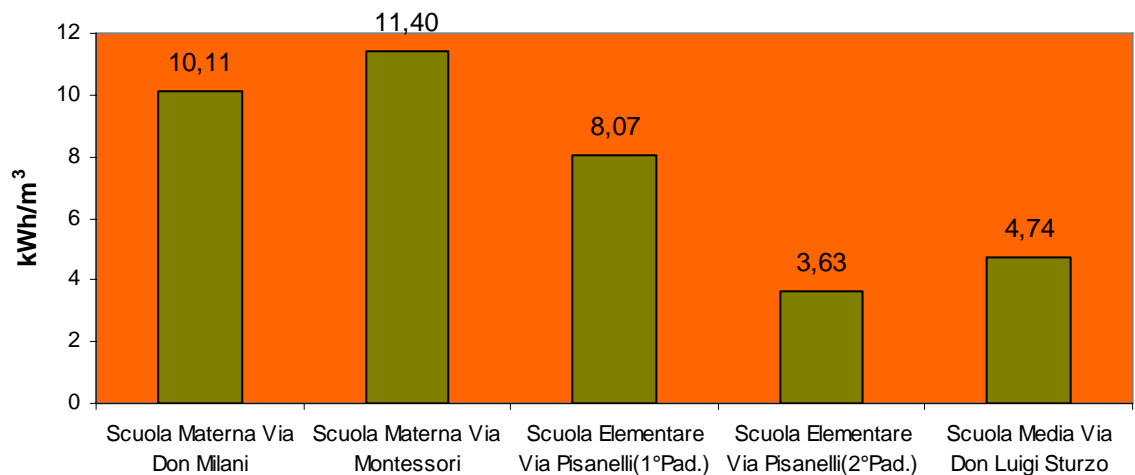


**Fig. I.7 – Consumi per riscaldamento Scuole**

I consumi totali per i bisogni termici negli edifici scolastici sono stati pari a 168823 kWh.

Considerando che i dati riguardanti i due padiglioni della Scuola Elementare andrebbero sommati, si può affermare che, anche per i consumi termici, le utenze più energivore risultano essere la Scuola Elementare e la Scuola Media.

Per completare l'analisi, si espongono in figura I.8, come già accennato in precedenza, i consumi specifici per gli edifici considerati: le indicazioni fornite quando si è parlato della potenza specifica installata vengono più o meno confermate, anche se la Scuola Materna in Via Montessori a presentare i consumi specifici più elevati.



**Fig. I.8 – Consumi specifici per riscaldamento Scuole**

#### I.4 - Stima dell'efficienza energetica negli edifici scolastici

Nel presente paragrafo è stimata l'efficienza energetica delle scuole facenti parte del Comune di Specchia.

Al fine di eseguire un'analisi rigorosa ed accurata, è stato preso come riferimento un documento stilato dalla FIRE (Federazione Italiana Razionalizzazione Energetica) in collaborazione con l'ENEA: sono stati calcolati degli Indicatori Energetici, i quali sono stati normalizzati per tenere conto dei diversi aspetti riguardanti ogni edificio scolastico, cioè la sua forma, la sua ubicazione geografica, le sue ore di funzionamento giornaliero. Il valore assunto da tali indicatori è stato confrontato con valori di riferimento, che limitano dei range all'interno dei quali il "comportamento energetico" di una scuola può definirsi buono, sufficiente o insufficiente. In tal modo, sono stati individuati gli edifici scolastici per i quali risulta maggiormente necessaria una quantificazione degli sprechi e una pianificazione di eventuali interventi per l'ottimizzazione energetica. Occorre precisare che un edificio scolastico che rientri nelle classi di merito buono o sufficiente non è assolutamente da considerarsi perfettamente efficiente, nel senso che anche su di esso potrebbero essere compiuti interventi di miglioramento.

Nell'analisi energetica sono stati considerati sia i consumi elettrici sia quelli termici; gli indicatori utilizzati sono stati così calcolati:

- Nell'analisi dei consumi elettrici, come rapporto tra il *consumo annuo* e la *superficie ai piani  $A_p$*  normalizzato rispetto all'orario di funzionamento della scuola in esame ottenendo gli **Indicatori Energetici Normalizzati IEN<sub>E</sub>**;
- Nell'analisi dei consumi termici, come rapporto tra il consumo annuo e la volumetria lorda riscaldata, normalizzata rispetto all'orario di funzionamento della scuola, alla localizzazione geografica dell'edificio e alla forma dell'edificio, ottenendo gli **Indicatori Energetici Normalizzati IEN<sub>R</sub>**.

Nelle tabelle I.3 e I.4 sono riportati i range di variazione dei due indicatori energetici ora definiti, utili per la definizione delle classi di merito.

**Tab. I.3 Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica  
( kWh<sub>e</sub> / m<sup>2</sup> x anno)**

	<b>Buono</b>	<b>Sufficiente</b>	<b>Insufficiente</b>
<b>Materne</b>	$IEN_E < 11,0$	$11,0 < IEN_E < 16,5$	$IEN_E > 16,5$
<b>Elementari, Medie,</b>	$IEN_E < 9,0$	$9,0 < IEN_E < 12,0$	$IEN_E > 12,0$

**Tab. I.4 Classe di merito dei consumi specifici di energia termica di riferimento  
(Wh<sub>t</sub> / m<sup>3</sup> x GG x anno)**

	<b>Buono</b>	<b>Sufficiente</b>	<b>Insufficiente</b>
<b>Materna</b>	$IEN_R < 18.5$	$18.5 < IEN_R < 23.5$	$IEN_R > 23.5$
<b>Elementare</b>	$IEN_R < 11$	$11 < IEN_R < 17.5$	$IEN_R > 17.5$
<b>Media</b>	$IEN_R < 11.5$	$11.5 < IEN_R < 15.5$	$IEN_R > 15.5$

Le fasi in cui si è articolata l'analisi energetica di ogni singola scuola sono state le seguenti:

1. **RILEVAZIONE DEI CONSUMI DI COMBUSTIBILE E DEI CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA SU BASE ANNUALE**, dalle fatture relative alla scuola in esame (per quanto riguarda i consumi termici si parte dalle forniture di gasolio, nell'ipotesi che questo sia completamente utilizzato).

2. **RILEVAZIONE DELLA VOLUMETRIA LORDA RISCALDATA (V), DELLA SUPERFICIE LORDA AI PIANI (A<sub>p</sub>) E DELLA SUPERFICIE DISPERDENTE (S) DEGLI EDIFICI:**

la *Volumetria lorda riscaldata (V)* è stata ricavata dai disegni tecnici, considerando anche i muri esterni ed escludendo le parti dell'edificio non riscaldate; nel caso di scuole composte di più edifici V è pari alla somma delle volumetrie dei singoli edifici; la *Superficie lorda ai piani (A<sub>p</sub>)*, analogamente alla volumetria, è stata ricavata dalle planimetrie degli edifici comprendendo anche i muri divisorii esclusi quelli perimetrali; nel caso di scuole composte più edifici A<sub>p</sub> è pari alla somma delle superfici ai piani dei singoli edifici;

la *Superficie disperdente* (S) è data dalla somma delle singole superfici che avvolgono il volume lordo riscaldato V (pareti perimetrali, tetti, solai di piano terra); nel caso di scuole composte di più edifici S sarà la somma delle superfici disperdenti dei singoli edifici.

I parametri Volumetria lorda riscaldata e Superficie disperdente sono stati utilizzati nell'analisi termica, mentre il parametro Superficie Lorda ai piani è stato utilizzato nell'analisi dei consumi elettrici.

3. **INDIVIDUAZIONE DEI GRADI-GIORNO DELLA LOCALITÀ IN CUI È SITUATA LA SCUOLA (CONSUMI TERMICI):** per i confronti tra i consumi di combustibile per riscaldamento, occorre tener conto delle differenze climatiche delle località in cui sono situate le scuole. A tale scopo i consumi specifici sono “destagionalizzati” attraverso i Gradi-Giorno (GG) che sono ottenuti come sommatoria delle differenze tra la temperatura interna di progetto (20°C) e la temperatura media giornaliera esterna, per tutti i giorni di riscaldamento della stagione invernale di una determinata località. Poiché per la maggior parte dei comuni non sono disponibili i GG anno per anno, si adottano quelli di legge (All. A del DPR 412/93) calcolati su base triennale.

4. **INDIVIDUAZIONE DEL FATTORE DI NORMALIZZAZIONE DEL CONSUMO DI COMBUSTIBILE PER TENER CONTO DELLA FORMA DEGLI EDIFICI (CONSUMI TERMICI):** A parità di volume riscaldato di due edifici quello che ha una maggior superficie disperdente consuma necessariamente più energia per il riscaldamento. L'incidenza di quest'elemento è notevole quindi il consumo specifico delle scuole in esame, perché sia comparabile con i consumi di riferimento delle scuole campione, deve essere normalizzato rispetto alla forma media di queste ultime, con un fattore che tenga conto della sua forma.  $F_h$  è il coefficiente di normalizzazione che tiene conto di quest'aspetto.

5. **INDIVIDUAZIONE DEL FATTORE DI NORMALIZZAZIONE DEI CONSUMI DI ENERGIA PER TENER CONTO DELL'ORARIO DI FUNZIONAMENTO DELLA SCUOLA:** la normalizzazione dei consumi deve essere effettuata dati i diversi orari di presenza e quindi di consumi per riscaldamento.  $F_e$  è il coefficiente di normalizzazione che tiene conto di quest'aspetto.

In tabella I.5 sono riportati i valori assunti da  $F_e$ , al variare delle ore giornaliere di funzionamento dell'edificio; si può notare che  $F_e$  ha valore costante per tutte le Scuole Materne, poiché le ore di funzionamento di questi istituti sono piuttosto standard e variabili tra 6 e 8 al giorno.

**Tab. I.5 Fattori di normalizzazione ( $F_h$ ) per l'orario di funzionamento**

Elementari - Medie	
h/g	$F_h$
Sino a 6	1.2
7	1.1
8-9	1.0
10-11	0.9
Oltre 11	0.8

Nella tabella I.6, invece, vengono riportati i valori assunti dal fattore di normalizzazione  $F_e$ ; essi sono riportati in dipendenza dal rapporto S/V, tra la superficie disperdente e la volumetria lorda riscaldata dell'edificio, e sono differenziati in dipendenza dal fatto che si stia analizzando una Scuola Materna, Elementare o Media.

**Tab. I.6 Fattori di normalizzazione  $F_e$**

Scuola Materna		Scuola Elementare		Scuola Media	
S/V [ $m^2/m^3$ ]	$F_e$	S/V [ $m^2/m^3$ ]	$F_e$	S/V ( $m^2/m^3$ )	$F_e$
Sino a 0.40	1.2	Sino a 0.30	1.2	Sino a 0.25	1.1
Da 0.41 a 0.50	1.1	Da 0.31 a 0.35	1.1	Da 0.26 a 0.30	1.0
Da 0.51 a 0.60	1.0	Da 0.36 a 0.40	1.0	Da 0.31 a 0.40	0.9
Oltre 0.60	0.9	Da 0.41 a 0.45	0.9		
		Oltre 0.45	0.8		

Nella tabella I.7 vengono esposti i parametri geometrici relativi alle scuole appartenenti al Comune di Specchia.

**Tab. I.7 – Parametri geometrici degli edifici scolastici**

	Sup. ai piani ( $m^2$ )	Sup. disperdente ( $m^2$ )	Volume ( $m^3$ )
Scuola Materna Via Don Milani	<b>958,28</b>	<b>2659,36</b>	<b>3668,98</b>
Scuola Materna Via Montessori	<b>763,11</b>	<b>2497,15</b>	<b>3502,621</b>
Scuola Elementare Via Pisanelli(1°Pad.)	<b>941,56</b>	<b>1708,86</b>	<b>3535,91</b>
Scuola Elementare Via Pisanelli(2°Pad.)	<b>941,56</b>	<b>1708,86</b>	<b>3535,91</b>
Scuola Media Via Don Luigi Sturzo	<b>2545,7</b>	<b>4981,48</b>	<b>10625,18</b>

Si passa ora ad esporre i risultati relativi al comportamento energetico delle scuole: dapprima sono stati calcolati gli Indicatori Energetici, e dai valori da essi assunti sono state dedotte le opportune conclusioni.

### Scuola Materna Via Don Milani

#### *Calcolo dello $IEN_E$ per consumo di Energia Elettrica*

- 1) Totale consumo annuo scuola = **3890 kWh<sub>e</sub>** [A]
- 2) Superficie lorda ai piani dell'edificio  **$A_p = 958.28 \text{ m}^2$**  [B]
- 3) Fattore di normalizzazione  $F_h$  rispetto all'orario di funzionamento della scuola  **$F_h = 1.2$**  [C]
- 4) Calcolo dell'indicatore energetico normalizzato  $IEN_E$  per il consumo di energia elettrica

$$IEN_E = [A] \times [C] / [B] = \mathbf{4.87 \text{ kWh}_e / \text{m}^2 \times \text{anno}}$$

#### *Calcolo dello $IEN_R$ per consumo di Energia Termica*

- 1) Consumo annuo di energia termica = **37093 kWh<sub>t</sub>** [A]
- 2) Volumetria lorda riscaldata  **$V = 3668.98 \text{ m}^3$**  [B]
- 3) Gradi-Giorno convenzionali della località in cui è situata la scuola  
 **$GG = 1367$**  [C]
- 4) Fattore di normalizzazione del consumo  $F_e$  dovuto alla forma dell'edificio  
 **$F_e = 0.9$**  [D]
- 5) Fattore di normalizzazione  $F_h$  dovuto all'orario di funzionamento del riscaldamento  
 **$F_h = 1.2$**  [E]
- 6) Calcolo dell'indicatore energetico normalizzato  $INER$  per riscaldamento  
 **$INER = [A] \times [D] \times [E] \times 1000 / [B] \times [C] = 7.99 \text{ (Wh}_t / \text{m}^3 \times \text{GG} \times \text{anno)}$**

**Scuola Materna Via Montessori**

*Calcolo dello  $IEN_E$  per consumo di Energia Elettrica*

- 1) Totale consumo annuo scuola = **6222 kWh<sub>e</sub>** [A]
- 2) Superficie lorda ai piani dell'edificio  **$A_p = 763.11 \text{ m}^2$**  [B]
- 3) Fattore di normalizzazione  $F_h$  rispetto all'orario di funzionamento della scuola  **$F_h = 1.2$**  [C]
- 4) Calcolo dell'indicatore energetico normalizzato  $IEN_E$  per il consumo di energia elettrica

$$IEN_E = [A] \times [C] / [B] = \mathbf{9.78 \text{ kWh}_e / \text{m}^2 \times \text{anno}}$$

*Calcolo dello  $IEN_R$  per consumo di Energia Termica*

- 1) Consumo annuo di energia termica = **39947 kWh<sub>t</sub>** [A]
  - 2) Volumetria lorda riscaldata  **$V = 3502.62 \text{ m}^3$**  [B]
  - 3) Gradi-Giorno convenzionali della località in cui è situata la scuola  
 **$GG = 1367$**  [C]
  - 4) Fattore di normalizzazione del consumo  $F_e$  dovuto alla forma dell'edificio  
 **$F_e = 0.9$**  [D]
  - 5) Fattore di normalizzazione  $F_h$  dovuto all'orario di funzionamento del riscaldamento  
 **$F_h = 1.2$**  [E]
  - 6) Calcolo dell'indicatore energetico normalizzato  $INER$  per riscaldamento
- $$INER = [A] \times [D] \times [E] \times 1000 / [B] \times [C] = \mathbf{9.01 \text{ (Wh}_t / \text{m}^3 \times \text{GG} \times \text{anno})}$$



**Scuola Elementare Via Pisanelli**

Per quanto riguarda l'analisi dei consumi elettrici, i 2 padiglioni che compongono questa scuola verranno considerati insieme; nell'analisi termica, invece, visto che le forniture di gasolio per i due padiglioni sono indipendenti, si procederà in modo diversificato.

*Calcolo dello  $IEN_E$  per consumo di Energia Elettrica*

- 1) Totale consumo annuo scuola = **13143 kWh<sub>e</sub>** [A]
- 2) Superficie lorda ai piani dell'edificio  **$A_p = 1883.12 \text{ m}^2$**  [B]
- 3) Fattore di normalizzazione  $F_h$  rispetto all'orario di funzionamento della scuola  **$F_h = 1.2$**  [C]
- 4) Calcolo dell'indicatore energetico normalizzato  $IEN_E$  per il consumo di energia elettrica

$$IEN_E = [A] \times [C] / [B] = \mathbf{8.38 \text{ kWh}_e / \text{m}^2 \times \text{anno}}$$

*Calcolo dello  $IEN_R$  per consumo di Energia Termica*

**1° Padiglione**

- 1) Consumo annuo di energia termica = **28533 kWh<sub>t</sub>** [A]
- 2) Volumetria lorda riscaldata  **$V = 3535.91 \text{ m}^3$**  [B]
- 3) Gradi-Giorno convenzionali della località in cui è situata la scuola  
 **$GG = 1367$**  [C]
- 4) Fattore di normalizzazione del consumo  $F_e$  dovuto alla forma dell'edificio  
 **$F_e = 0.8$**  [D]
- 5) Fattore di normalizzazione  $F_h$  dovuto all'orario di funzionamento del riscaldamento  
 **$F_h = 1.2$**  [E]

- 6) Calcolo dell'indicatore energetico normalizzato  $INE_R$  per riscaldamento

$$INE_R = [A] \times [D] \times [E] \times 1000 / [B] \times [C] = \mathbf{5.67 \text{ (Wh}_t / \text{m}^3 \times \text{GG} \times \text{anno)}}$$

**2° Padiglione**

1) Consumo annuo di energia termica = **12840** kWh<sub>t</sub> [ A ]

2) Volumetria lorda riscaldata **V = 3535.91** m<sup>3</sup> [ B ]

3) Gradi-Giorno convenzionali della località in cui è situata la scuola

$$\mathbf{GG} = \mathbf{1367} \quad [ C ]$$

4) Fattore di normalizzazione del consumo  $F_e$  dovuto alla forma dell'edificio

$$\mathbf{F_e} = \mathbf{0.8} \quad [ D ]$$

5) Fattore di normalizzazione  $F_h$  dovuto all'orario di funzionamento del riscaldamento

$$\mathbf{F_h} = \mathbf{1.2} \quad [ E ]$$

6) Calcolo dell'indicatore energetico normalizzato **INER** per riscaldamento

$$\mathbf{INER} = [ A ] \times [ D ] \times [ E ] \times 1000 / [ B ] \times [ C ] = \mathbf{2.55} \text{ (Wh}_t / \text{m}^3 \times \text{GG} \times \text{anno)}$$

**Scuola Media Via Don Luigi Sturzo**

*.Calcolo dello IEN<sub>E</sub> per consumo di Energia Elettrica*

1) Totale consumo annuo scuola = **18470** kWh<sub>e</sub> [A]

2) Superficie lorda ai piani dell'edificio **A<sub>p</sub> = 2545.7** m<sup>2</sup> [B]

3) Fattore di normalizzazione  $F_h$  rispetto all'orario di funzionamento della scuola **F<sub>h</sub> = 1.2** [C]

4) Calcolo dell'indicatore energetico normalizzato IEN<sub>E</sub> per il consumo di energia elettrica

$$\mathbf{IEN_E} = [A] \times [C] / [B] = \mathbf{8.71} \text{ kWh}_e / \text{m}^2 \times \text{anno}$$

*Calcolo dello  $INER$  per consumo di Energia Termica*

1) Consumo annuo di energia termica = **50409** kWh<sub>t</sub> [ A ]

2) Volumetria lorda riscaldata **V = 10625.18** m<sup>3</sup> [ B ]

3) Gradi-Giorno convenzionali della località in cui è situata la scuola

$$\mathbf{GG = 1367} \quad \mathbf{[ C ]}$$

4) Fattore di normalizzazione del consumo  $F_e$  dovuto alla forma dell'edificio

$$\mathbf{F_e = 0.8} \quad \mathbf{[ D ]}$$

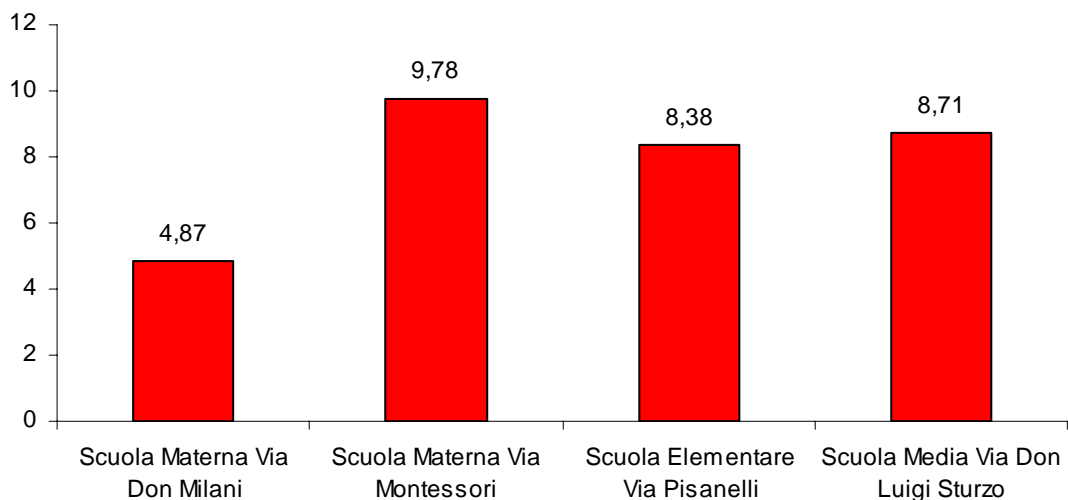
5) Fattore di normalizzazione  $F_h$  dovuto all'orario di funzionamento del riscaldamento

$$\mathbf{F_h = 1.2} \quad \mathbf{[ E ]}$$

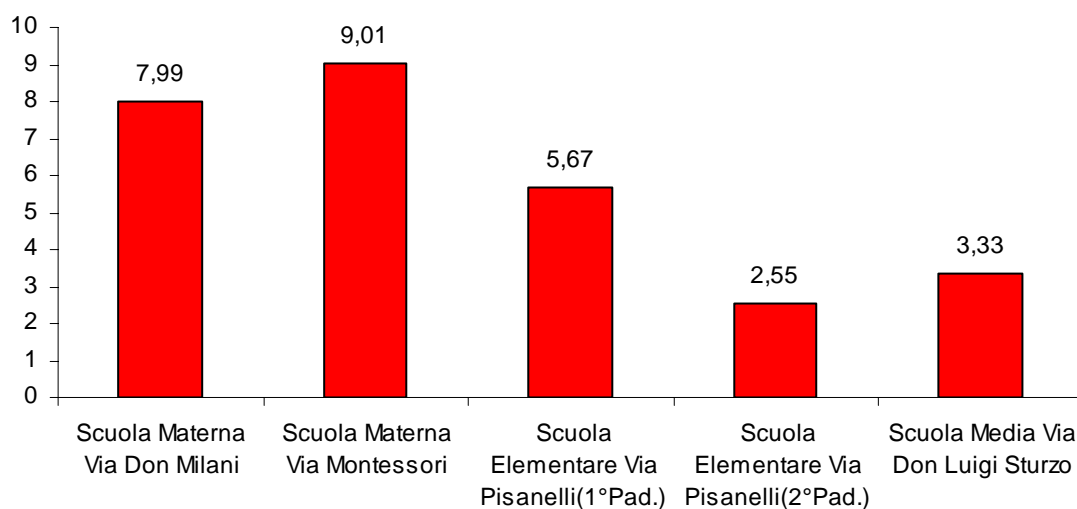
6) Calcolo dell'indicatore energetico normalizzato  $INER$  per riscaldamento

$$\mathbf{INER = [ A ] \times [ D ] \times [ E ] \times 1000 / [ B ] \times [ C ] = 3.33 \text{ (Wh}_t / \text{m}^3 \times \text{GG} \times \text{anno)}}$$

Dall'osservazione dei valori degli Indicatori Energetici Normalizzati, che sono comunque riportati di seguito nelle figure I.9 e I.10, si capisce come negli edifici scolastici del Comune di Specchia la situazione sia buona. Naturalmente, come già accennato nell'introduzione, questo tipo di analisi, comunque rigorosa, non esclude che vi sia la possibilità di intervenire per migliorare l'efficienza energetica: gli interventi descritti nel seguito per la razionalizzazione elettrica e termica, cioè, saranno presi in considerazione anche per queste utenze.



**Fig. I.9 – INE<sub>E</sub> Scuole**



**Fig. I.10 – INE<sub>R</sub> Scuole**

Nell'analisi elettrica, spicca in particolare l'elevato valore, pur se nella norma, dell'INE<sub>E</sub> relativo alla Scuola Materna in Via Montessori, ma anche la situazione che si ha nella Scuola Elementare e Media è da tenere sotto controllo.

Nell'analisi termica, invece, oltre a sottolineare il comunque elevato valore di INE<sub>R</sub> che si registra nelle Scuole Materne e nel primo padiglione della Scuola Elementare vi sono da sottolineare altri aspetti:

- un'apparentemente inspiegabile diversità delle potenze delle centrali termiche, e quindi dei consumi energetici per riscaldamento, tra i due padiglioni della Scuola Elementare: esse presentano, come visto in precedenza, le stesse caratteristiche geometriche, quindi perché gestirle in questo modo?
- è necessario verificare perché in nessuno degli edifici scolastici analizzati si raggiunga una temperatura negli ambienti prossima ai 20°C; non è obiettivo di questo lavoro risparmiare energia senza garantire i servizi, in questo caso il comfort climatico negli ambienti nei mesi invernali.
- la potenza dell'impianto di riscaldamento relativo alla Scuola Elementare ubicata in Via Don Milani è eccessiva: infatti, i consumi termici del 2004 sono stati molto inferiori rispetto a quelli della Scuola Materna in Via Montessori o della Scuola Media; inoltre, la temperatura all'interno degli ambienti è largamente inferiore ai classici 20°C, nonostante il fatto che il rendimento della

centrale sia uno fra i più alti: è evidentemente presente qualche anomalia di funzionamento.

Un'analisi dei possibili interventi da compiere per il miglioramento dell'efficienza energetica sarà effettuata nel capitolo III, intitolato "Proposte di risparmio per energia elettrica e termica": il compito di questo capitolo è stato solo quello di illustrare la situazione esistente nelle utenze comunali.

Nel successivo capitolo saranno analizzate le altre utenze appartenenti al Comune di Specchia.

## **Capitolo II – ANALISI CONSUMI ALTRE UTENZE COMUNALI**

### **II.1 - Introduzione**

Nel presente capitolo è stata descritta l'analisi dei consumi elettrici e termici delle altre utenze di proprietà del Comune di Specchia; lo schema seguito è simile a quello utilizzato nell'analisi delle Scuole riportata nel capitolo precedente: dopo aver stilato un elenco delle utenze da analizzare, sono esposti i dati relativi ai consumi dell'anno 2004.

### **II.2 - Analisi dei consumi elettrici**

Le utenze da analizzare, relativamente ai consumi elettrici, sono:

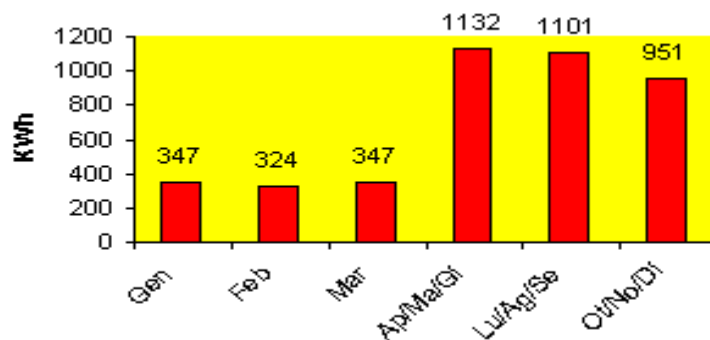
- 1) Impianto semaforico - Via Colonnello De Giovanni: in realtà costituito da due impianti semaforici;
- 2) Cimitero - Via Madonna del Passo:
- 3) Frantoio Ipogeo - Via Matteotti: il locale che compone quest'utenza è completamente interrato
- 4) Castello Risolo - Piazza Del Popolo: tale utenza si sviluppa su tre piani
- 5) Protezione civile - Strada Provinciale Stazione
- 6) Esercenti ambulanti - Via Coluccia
- 7) Sede Vigili Urbani - Piazza Libertà
- 8) Sede Municipale Via San Giovanni Bosco: in questa sede si svolgono le attività dell'Amministrazione Comunale; l'edificio si sviluppa su due piani.

#### **II.2.1 - Dati di consumo 2004**

I dati di consumo per l'anno 2004 sono stati dedotti dalle fatture di pagamento all'azienda fornitrice del servizio Enel Distribuzione S.p.A. e sono riportati nelle tabelle dalla II.1 alla II.8, con i rispettivi grafici.

**Spesa (Euro)**

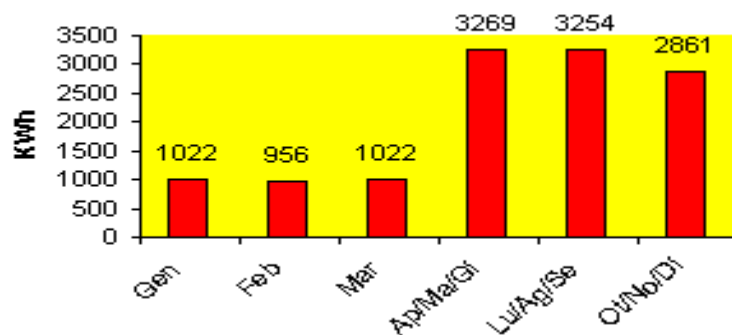
<b>Gen</b>	41,28
<b>Feb</b>	38,88
<b>Mar</b>	37,90
<b>Ap/Ma/Gi</b>	165,39
<b>Lu/Ag/Se</b>	107,63
<b>Ot/No/Di</b>	97,78
<b>Tot.</b>	<b>488,86</b>



**Fig. II.1 - Consumi elettrici per Impianto Semaforico – Via Colonnello De Giovanni**

**Spesa (Euro)**

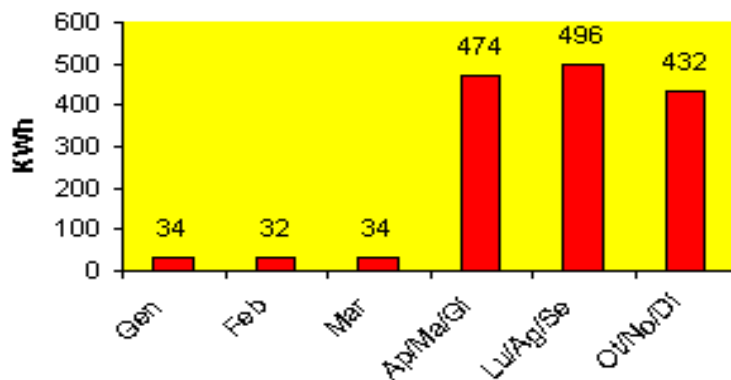
<b>Gen</b>	169,12
<b>Feb</b>	159,27
<b>Mar</b>	162,20
<b>Ap/Ma/Gi</b>	477,64
<b>Lu/Ag/Se</b>	490,28
<b>Ot/No/Di</b>	450,57
<b>Tot.</b>	<b>1909,09</b>



**Fig. II.2 - Consumi elettrici per Cimitero – Via Madonna del Passo**

**Spesa (Euro)**

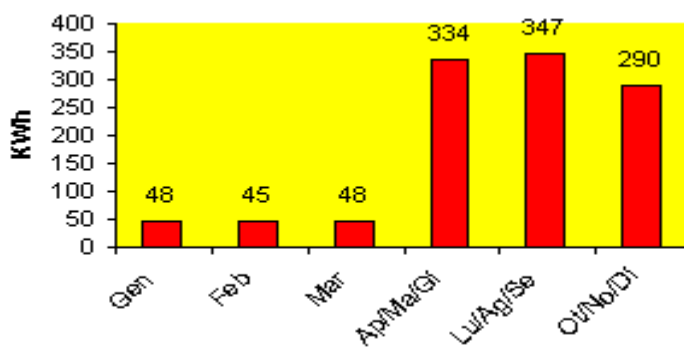
<b>Gen</b>	119,31
<b>Feb</b>	112,36
<b>Mar</b>	21,92
<b>Ap/Ma/Gi</b>	167,77
<b>Lu/Ag/Se</b>	119,13
<b>Ot/No/Di</b>	112,07
<b>Tot.</b>	<b>652,57</b>



**Fig. II.3 - Consumi elettrici per Frantoio Ipogeo–  
Via Matteotti**

**Spesa (Euro)**

<b>Gen</b>	25,57
<b>Feb</b>	24,08
<b>Mar</b>	24,06
<b>Ap/Ma/Gi</b>	125,87
<b>Lu/Ag/Se</b>	135,33
<b>Ot/No/Di</b>	98,60
<b>Tot.</b>	<b>433,51</b>



**Fig. II.4 - Consumi elettrici per Castello Risolo –  
Piazza Del Popolo**



Spesa (Euro)	
<b>Gen</b>	18,74
<b>Feb</b>	17,65
<b>Mar</b>	23,80
<b>Ap/Ma/Gi</b>	60,99
<b>Lu/Ag/Se</b>	58,50
<b>Ot/No/Di</b>	56,98
<b>Tot.</b>	<b>236,66</b>

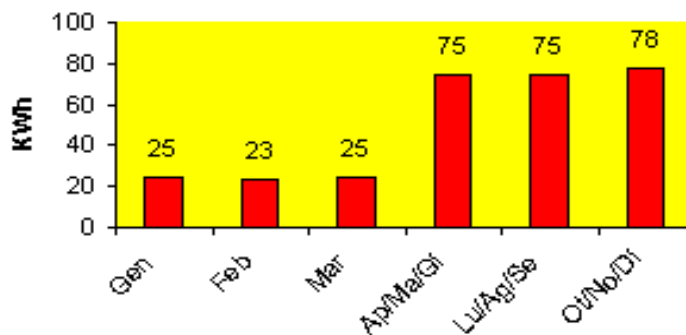


Fig. II.5 - Consumi elettrici per Protezione civile – Strada provinciale stazione

Spesa (Euro)	
<b>Gen</b>	17,93
<b>Feb</b>	16,88
<b>Mar</b>	16,73
<b>Ap/Ma/Gi</b>	52,16
<b>Lu/Ag/Se</b>	55,90
<b>Ot/No/Di</b>	58,05
<b>Tot.</b>	<b>217,65</b>

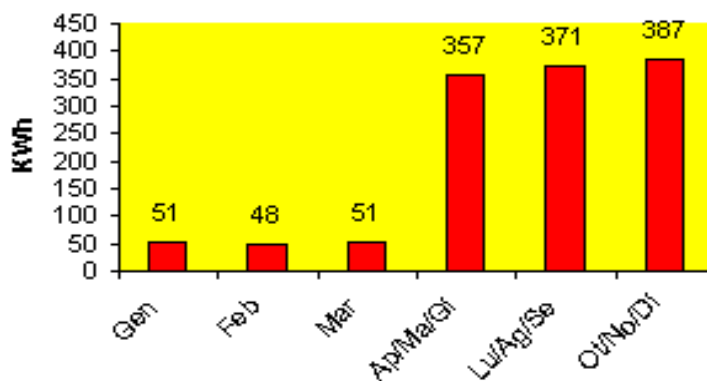
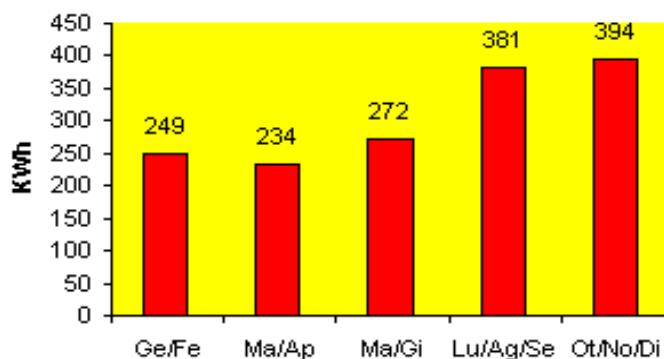


Fig. II.6 - Consumi elettrici per Esercenti ambulanti – Via Coluccia

**Spesa (Euro)**

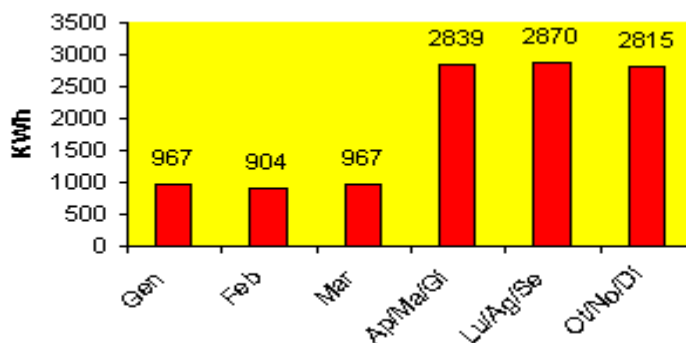
<b>Ge/Fe</b>	73,84
<b>Ma/Ap</b>	60,92
<b>Ma/Gi</b>	70,66
<b>Lu/Ag/Se</b>	102,6
<b>Ot/No/Di</b>	97,15
<b>Tot.</b>	<b>405,17</b>



**Fig. II.7 - Consumi elettrici per Sede Vigili Urbani – Piazza Libertà**

**Spesa (Euro)**

<b>Gen</b>	168,79
<b>Feb</b>	158,96
<b>Mar</b>	171,74
<b>Ap/Ma/Gi</b>	434,98
<b>Lu/Ag/Se</b>	483,48
<b>Ot/No/Di</b>	447,45
<b>Tot.</b>	<b>1865,40</b>



**Fig. II.8 - Consumi elettrici per Sede Comunale – Via San Giovanni Bosco**

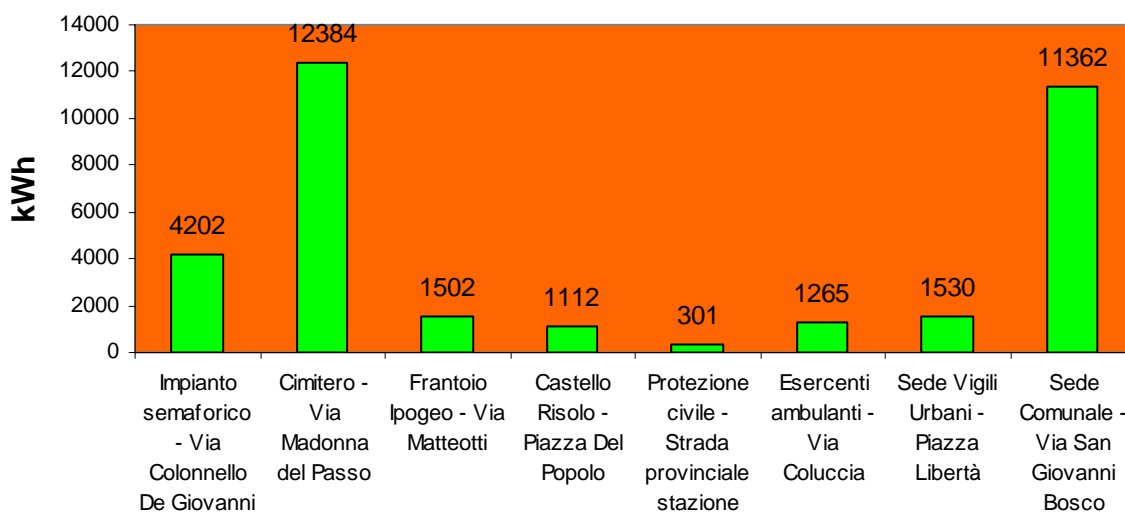
Anche per queste utenze, così com'è avvenuto per le scuole, i pagamenti sono avvenuti in maniera non regolare nel corso dell'anno, nel senso che alcune fatture di pagamento sono state mensili, altre bimestrali, altre trimestrali.

Nelle utenze Castello Risolo e Frantoio Ipogeo si hanno consumi più elevati nei mesi estivi rispetto a quelli invernali: ciò perchè tali utenze sono a carattere turistico.

Nella tabella II.1 e nella figura II.9 si riassumono i dati appena esposti, indicando anche l'incidenza di ogni utenza in base ai consumi registrati: tale parametro è calcolato come rapporto tra il consumo di energia dell'utenza considerata e il consumo totale di energia elettrica.

**Tab. II.1 – Spesa per energia elettrica ed incidenza dei consumi per le Utenze Comunali**

UTENZA	SPESA (€)	INCIDENZA (%)
Impianto semaforico - Via Colonnello De Giovanni	488,86	<b>12,48</b>
Cimitero - Via Madonna del Passo	1909,09	<b>36,79</b>
Frantoio Ipogeo - Via Matteotti	652,57	4,46
Castello Risolo - Piazza Del Popolo	433,51	3,30
Protezione civile - Strada provinciale stazione	236,66	0,89
Esercenti ambulanti - Via Coluccia	217,65	3,76
Sede Vigili Urbani - Piazza Libertà	405,17	4,55
Sede Comunale - Via San Giovanni Bosco	1865,4	<b>33,76</b>
<b>Totale</b>	<b>6208,91</b>	<b>100,00</b>



**Fig. II.9 – Consumi elettrici altre utenze comunali**

In definitiva, quindi, è possibile affermare che la spesa complessiva per energia elettrica nelle utenze sopra citate è stata pari a 6208.91 €, per un consumo complessivo di 33658 kWh.

Le utenze che hanno presentato i maggiori consumi elettrici sono stati la Sede Comunale, l’Impianto Semaforico e il Cimitero. I consumi delle altre utenze possono quindi essere ritenuti pressoché trascurabili.

Dopo la ricognizione dei dati storici relativi ai consumi, è stata eseguita un’ulteriore analisi, in cui sono stati calcolati dei consumi specifici, riferiti sia all’unità di superficie che all’unità di volume.

Purtroppo non si ha a disposizione uno strumento completo ed esaustivo come quello utilizzato nell’analisi dell’efficienza degli edifici scolastici: ciò che è possibile fare è una valutazione riguardante il contesto locale, senza confrontare i valori trovati con dei dati relativi ad un campione più ampio, valutato su base nazionale. Le utenze che, all’interno dell’analisi qui compiuta, presentano i valori di consumo più elevati, potrebbero tranquillamente rientrare nella norma in un contesto più ampio.

Avere degli andamenti di questi parametri che si discostano da quello appena evidenziato sui consumi elettrici globali significa comunque avere delle anomalie nell’utilizzo del servizio di energia elettrica; si ricorda comunque che la prima cosa da verificare è che tali parametri non assumano valori elevati in corrispondenza delle utenze ad elevata incidenza, visto che sono quelle a dare maggior spesa energetica e quindi economica.

Dalla trattazione è stato escluso l’impianto semaforico, perchè per esso non avrebbe senso calcolare questi indici.

Nella tabella II.2 si riportano i dati geometrici relativi alle utenze da analizzare e gli indicatori “*consumo per unità di superficie*” e “*consumo per unità di volume*”.

Tab. II.2 – Dati geometrici e consumi specifici altre utenze comunali

UTENZA	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Consumi annui(kWh)	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>3</sup>
<b>Cimitero</b>	2026,249	6151,396	12384	6,112	2,013
<b>Frantoio Ipogeo</b>	219,34	706,289	1502	6,848	2,127
<b>Castello Risolo</b>	231,567	926,268	1112	4,802	1,201
<b>Protezione Civile</b>	96,35	337,225	301	3,124	0,893
<b>Esercenti Ambulanti</b>	158,82	476,460	1265	7,965	2,655
<b>Sede Vigili Urbani</b>	82,588	289,058	1530	18,526	5,293
<b>Sede Comunale</b>	1130,3	3956,050	11362	10,052	2,872

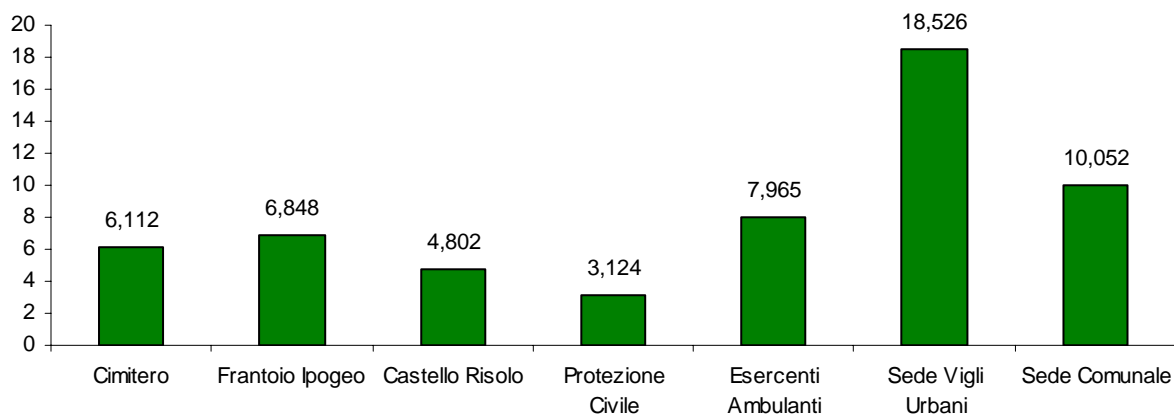


Fig. II.10 – Consumi per unità di superficie (kWh/m<sup>2</sup>)

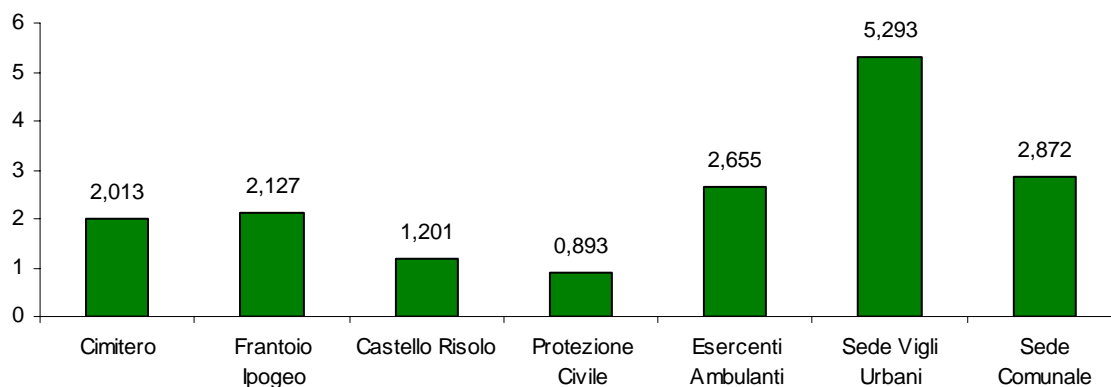


Fig. II.11 – Consumi per unità di volume (kWh/m<sup>3</sup>)

Osservando il grafico di figura II.10 si nota che le utenze che presentano i valori più alti del parametro “consumo all’unità di superficie “ sono la Sede dei Vigili Urbani e la Sede Comunale: soprattutto quest’ultimo aspetto è da tenere in considerazione, poiché tale utenza presenta un elevato consumo di energia.

L’andamento dei “consumi all’unità di volume”, plottati in figura II.11 rispecchia quello del precedente grafico: ancora una volta, la Sede Comunale e la Sede dei Vigili Urbani presentano i più alti valori del parametro in questione.

Come già si è sottolineato, le conclusioni che si possono trarre da questi parametri sono approssimative, poiché questi non sono riferiti a dei campioni di base nazionale o comunque ampia. Si potrebbe però ipotizzare che le utenze da ottimizzare in termini energetici sono quelle in cui i valori degli indicatori sono più alti, e che manifestano contemporaneamente alti valori di incidenza, come la Sede Comunale in primis, e la sede dei Vigili Urbani.

### **II.3 - Analisi dei consumi termici**

Quest’analisi in realtà sarà piuttosto breve, dal momento che l’unica utenza termica da considerare oltre alle scuole, già analizzate nel precedente capitolo, è la Sede Comunale ubicata in Via San Giovanni Bosco; non sono presenti altre utenze termiche, a parte la Sede dei Vigili Urbani il cui impianto termico non è però gestito dal Comune e quindi non verrà preso in considerazione nel lavoro.

Per tale utenza, in analogia con quanto fatto per le scuole, la prima fase dell’analisi ha interessato la descrizione delle caratteristiche della centrale termica, attraverso la consultazione del relativo libretto di centrale: i dati relativi al generatore di calore sono esposti in tabella II.3; successivamente sono stati raccolti i dati relativi ai consumi di energia termica per l’anno 2004, ed infine tali valori sono stati elaborati in termini di consumi specifici.

**Tab. II.3 – Caratteristiche centrale termica Sede Comunale**

<b>Potenza nominale (kW)</b>	161.5
<b>Caldaia</b>	GHISA
<b>Costruttore</b>	FERRULI
<b>Modello</b>	PREXE 125
<b>Matricola</b>	ITNNA 52°/00175
<b>Bruciatore</b>	BALTUR BT23D5G
<b>Fluido termovettore</b>	ACQUA CALDA
<b>Anno di installazione</b>	1990
<b>Tipo</b>	B
<b>Tiraggio</b>	NATURALE
<b>Combustibile</b>	GASOLIO
<b>Controllo del rendimento</b>	SI'
<b>Temperatura fumi (°C)</b>	162.8
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	16.8
<b>% O<sub>2</sub></b>	3.3
<b>% CO<sub>2</sub></b>	12.7
<b>% CO</b>	19
<b>% Perdita per calore sensibile</b>	6.6
<b>Stato delle coibentazioni</b>	B
<b>Stato canna fumaria</b>	B
<b>Stato dispositivi di regolazione e controllo</b>	C
<b>Taratura dispositivi di regolazione e controllo</b>	E
<b>Rendimento combustione a potenza nominale(%)</b>	93.4

Poiché non si hanno altre utenze termiche rientranti in questa categoria, è difficile esprimere confronti sul comportamento energetico dell'utenza appena descritta. L'unica operazione fattibile è quella di confrontare i parametri di consumo riguardanti la Sede Comunale con i valori calcolati nel capitolo precedente per le Scuole. La potenza specifica installata è pari a  $40.82 \text{ W/m}^3$ , un valore piuttosto alto, visto che si collocherebbe al secondo posto nella precedente graduatoria; per un'analisi più esaustiva, si passa a vedere l'andamento dei consumi.

Nella tabella II.4 sono state elencate le forniture di gasolio relative all'anno 2004 per questa utenza termica; subito dopo si passerà alla stima dei consumi di energia termica, nell'ipotesi che tutto il quantitativo di gasolio venga consumato.

**Tab. II.4 – Forniture di gasolio Sede Comunale**

	<b>Litri</b>	<b>Spesa (€)</b>
<b>Fornitura 1</b>	1700	1357,91
<b>Fornitura 2</b>	1500	1211,89
<b>Fornitura 3</b>	850	672,16
<b>Fornitura 4</b>	1300	1123,2
<b>Tot.</b>	<b>5350</b>	<b>4365,16</b>

Il consumo stimato di energia termica, espresso in kWh, è invece pari a 50884 kWh.

Una prima indicazione da dare è la seguente: i consumi che si sono avuti per la presente utenza sono superiori a tutti i valori registrati per le necessità termiche delle Scuole.

Il consumo specifico (riferito all'unità di volume) è pari a 12.86 kWh/m<sup>3</sup>, un valore piuttosto alto, superiore a tutti quelli riguardanti le scuole. E' doveroso rilevare la non ottimale potenzialità delle centrali termiche: infatti, la potenza installata nell'impianto di produzione del calore relativo alla Sede Comunale è inferiore di oltre 30 kW rispetto a quella di utenze, come la Scuola Materna in Via Don Milani, che invece hanno fatto registrare consumi notevolmente inferiori; inoltre, anche negli ambienti della Sede Municipale si è ben lontani dalla temperatura ideale di 20 °C.



## **Capitolo III – PROPOSTE DI RISPARMIO PER ENERGIA ELETTRICA E TERMICA**

### **III.1 - Introduzione**

Dopo la prima fase di rilievo ed analisi dei consumi elettrici e termici delle varie utenze del Comune di Specchia, si è passati alla fase di analisi degli interventi più adatti al fine di realizzare una razionalizzazione energetica, sia nel campo dei consumi elettrici, che nel campo dei consumi termici.

### **III.2 - Possibili interventi per la razionalizzazione elettrica**

Come anticipato nell'introduzione, si analizzano nel presente paragrafo gli interventi che è possibile compiere per operare una razionalizzazione dei consumi di energia elettrica.

#### **III.2.1 - Lampade per l'illuminazione degli interni**

E' opportuno esporre un quadro sintetico in cui siano esposti i principi di funzionamento e le caratteristiche energetiche delle diverse tipologie di lampade utilizzate per l'illuminazione degli ambienti. Così come si vedrà nell'analisi dell'Illuminazione Pubblica, avere un parco lampade ben ottimizzato equivale a risparmiare notevoli quantitativi di energia e di denaro.

Nelle lampade ad incandescenza, il principio di funzionamento è il seguente: un metallo ridotto a sottilissimo filamento di tungsteno (materiale ad altissima temperatura di fusione), inserito in un bulbo di vetro in cui è praticato il vuoto spinto e di cui si è provveduto al riempimento con una determinata quantità di gas inerti, è attraversato da corrente elettrica, continua o alternata che ne provoca il surriscaldamento fino all'incandescenza, a temperatura molto elevata (dai 2100 °C ai 3100 °C secondo il tipo di lampada), con emissione di radiazioni luminose, insieme ad una quota cospicua di radiazioni infrarosse e ad una piccolissima quantità di radiazioni ultraviolette. Quindi una lampada ad incandescenza comune è costituita da un'ampolla di vetro, da un

filamento che si porta ad incandescenza, e da un supporto in vetro che sostiene il filamento nella posizione voluta. Comunemente l'attacco è a vite (attacco Edison).

L'efficienza luminosa di queste lampade è tuttavia da considerarsi bassa, avendo dei valori compresi tra 12 e 18 lm/W secondo il tipo e della potenza della sorgente; inoltre la loro vita è molto limitata, aggirandosi intorno alle 1000 ore. L'indice di resa cromatica ha il valore massimo: 100. Con l'invecchiamento, le lampade emettono sempre meno luce (pur consumando sempre la stessa quantità di energia) e quindi è bene che, superata la vita media, vengano sostituite.

Queste lampade forniscono in maniera istantanea il flusso luminoso e, se spente, si riaccendono immediatamente. Il flusso luminoso da loro emesso può essere graduato con appositi "variatori". Le lampade ad incandescenza, grazie alle loro dimensioni molto contenute e alla forma raccolta si adattano ad essere montate in apparecchi d'illuminazione molto variati e di linea estetica particolarmente curata.

Da quanto è stato detto deriva che è assolutamente ingiustificato un utilizzo di queste lampade in impianti di illuminazione di nuova concezione.

Le lampade ad alogeni rappresentano un'evoluzione delle lampade a filamento di tungsteno: in esse vengono realizzate delle reazioni chimiche, che si svolgono a varie temperature all'interno della lampada. La lampada è composta da una piccola ampolla di quarzo (che permette di raggiungere temperature della parete sufficientemente elevate) nella quale si introducono piccole quantità di alogeni (J, Br<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>). Nelle zone meno calde il vapore di tungsteno reagisce con l'alogeno, formando un alogenuro di tungsteno gassoso che è stabile alle temperature delle zone meno calde della lampada. L'alogenuro di tungsteno che si forma è trasportato dalle correnti convettive verso la parete dell'ampolla: se la temperatura è compresa tra i 500 K e 1500 K, l'alogenuro di tungsteno non vi aderisce e ritorna verso il filamento. Giunto nelle immediate vicinanze, dove la temperatura supera i 2800 K, si riduce in tungsteno e vapore di metallo alogeno: il tungsteno si deposita sul filamento e il vapore di metallo è pronto per ricombinarsi con altri atomi di tungsteno che lasciano il filamento. In una lampada normale esso invece si depositerebbe sul vetro del bulbo, annerendolo. Questo è in pratica un artificio per ricostruire il filamento che consente comunque di incrementare la vita della lampada fino a circa 2000 ore. Il filamento in ogni modo non si rigenera mai integralmente ed è sempre soggetto a logoramenti localizzati.

L'efficienza luminosa è superiore a quella delle lampade ad incandescenza normale ed è intorno a 22-24 lm/W.

Le loro piccole dimensioni permettono la costruzione di apparecchi ad elevato controllo del fascio luminoso, che si prestano ad illuminazioni di carattere particolare. La temperatura di colore è di circa 3000 K, quindi superiore a quella delle lampade ad incandescenza tradizionali: ciò si traduce in una luce prodotta brillante, chiara, vivace, più vicina, come tonalità, a quella del sole, in grado di esaltare tutte le gamme e le sfumature cromatiche. Inoltre, l'adozione di semplici ed economici regolatori rende possibile la variazione del flusso luminoso emesso.

Le lampade fluorescenti sono costituite da un contenitore di vetro, con elettrodi sigillati all'estremità, all'interno del quale si trovano vapore di mercurio e un gas con particolari sostanze fluorescenti che trasformano le radiazioni ultraviolette invisibili, prodotte all'interno del tubo stesso quando si innesca la scarica nel vapore di mercurio, in radiazioni luminose visibili.

Nelle *lampade tubolari* tradizionali, la "qualità" della luce emessa varia in base al tipo di sostanza fluorescente utilizzata. Negli ultimi anni, per gli usi domestici e commerciali sono state messe a punto speciali miscele di polveri di alta qualità che consentono di ottenere tonalità di luce simile a quella delle lampade ad incandescenza mantenendo tutti i vantaggi e le caratteristiche del comfort visivo di quest'ultime.

Le varie tonalità, le diverse forme delle "nuove" lampade, possono quindi soddisfare le esigenze più disparate. Dal punto di vista dell'efficienza (il rendimento è di circa 90 lumen/watt) e dei consumi, le lampade fluorescenti tubolari sono molto vantaggiose: a parità di luce emessa consumano la quinta parte di una lampada ad incandescenza. La durata di vita media è di circa 10.000 ore, molto superiore a quella delle lampade ad incandescenza; una descrizione più dettagliata delle tipologie di lampade fluorescenti tubolari viene effettuata nel seguito, mentre i valori qui espressi sono medi.

In queste lampade, come suggerisce il nome stesso, il contenitore di vetro ha la forma di un tubo. Per l'alimentazione di queste lampade è necessario utilizzare un reattore per limitare il valore della corrente ed uno starter per facilitare l'innesco della scarica.

Sono ora disponibili sul mercato lampade tubolari espressamente realizzate per funzionare con alimentazione per mezzo di *reattori elettronici ad alta frequenza*: esse sono denominate appunto lampade ad alta frequenza. Sono caratterizzate da una durata

di vita di circa 12.000 ore, notevolmente superiore rispetto a quella delle lampade di tipo tradizionale. Anche la loro efficienza luminosa, circa 100 lumen/watt, è notevolmente superiore. Il sistema costituito da lampade ad alta frequenza e reattori elettronici consente un risparmio complessivo di energia di circa il 25% rispetto a lampade e reattori convenzionali.

E' poi opportuno accennare al fatto che le lampade fluorescenti tubolari sono standardizzate in base al diametro del contenitore; è possibile quindi trovare:

- Lampade con diametro di 38 mm (anche dette t12): sono le prime lampade fluorescenti ad essere state progettate; presentano bassi valori di efficienza luminosa (intorno ai 70 lm/W) e durate attorno alle 8000 ore, e dovrebbero essere sostituite dai modelli descritti di seguito;
- Lampade con diametro di 26 mm (anche dette t8): hanno efficienza superiore (tra 77 e 100 lm/W) e costi inferiori rispetto alle lampade t12; le sostanze utilizzate possono essere monofosfati, trifosforo o polifosfati: le lampade al trifosforo hanno la migliore efficienza luminosa e una durata più lunga (oltre 8000 ore), e garantiscono dei consumi dell'8% inferiori rispetto ad una lampada t12 di pari potenza;
- Lampade con diametro di 16 mm (anche dette t5): rappresentano l'ultima generazione della classe delle lampade fluorescenti tubolari, e date le loro caratteristiche tecniche rappresentano la migliore soluzione per le nuove installazioni. L'efficienza luminosa di queste lampade è superiore a 100 lm/W, mentre la vita utile raggiunge le 10000 ore prima dichiarate. A parità di flusso luminoso, si raggiungono vantaggi fino al 23% rispetto a quanto si avrebbe con l'utilizzo di lampade t12.

*Le lampade fluorescenti compatte* sono sorgenti luminose che, pur avendo dimensioni e tonalità di luce simili a quelle delle lampade ad incandescenza, sono caratterizzate da un'efficienza luminosa e da una durata di vita notevolmente superiori. Esse costituiscono la miniaturizzazione delle lampade tubolari fluorescenti.

Le lampade fluorescenti compatte hanno un'efficienza luminosa che varia da 40 a 60 lm/W secondo il tipo e quindi consentono di ridurre fortemente i consumi di energia elettrica (circa il 70%) che si avrebbero impiegando comuni lampade ad incandescenza di equivalente flusso luminoso. Inoltre le lampade fluorescenti compatte hanno una

durata di 10.000 ore, 10 volte superiori a quella delle lampade ad incandescenza, anche se per la durata delle lampade compatte è importante il numero di accensioni. Tali lampade, avendo incorporato il reattore elettronico, possono essere sostituite direttamente alle lampade ad incandescenza.

Si riassumono i parametri caratteristici delle lampade appena descritte nella tabella III.1:

**Tab. III.1 – Caratteristiche lampade per illuminazione interni**

<b>TIPO DI LAMPADE</b>	<b>EFFICIENZA LUMINOSA<sup>1</sup> (lm/W)</b>	<b>DURATA MEDIA (ORE)</b>	<b>INDICE DI RESA CROMATICA<sup>2</sup> (%)</b>	<b>TEMPERATURA DI COLORE<sup>3</sup> (°K)</b>
<i>AD INCANDESCENZA</i>	12-18	1000	100	2000-3000
<i>AD ALOGENI</i>	22-24	2000	100	3000
<i>FLUORESCENTI TUBOLARI</i>	90-100	10000-12000	85-95	3000-4000
<i>FLUORESCENTI COMPATTE</i>	40-60	10000	85	2700-5000

In tabella III.2 si riportano esempi di risparmio per l'illuminazione di un ambiente di 20 m<sup>2</sup> conseguibili, supponendo un utilizzo di 2000 ore/anno per 5 anni, con l'utilizzo delle tecnologie di lampade ora viste, ordinate per valori di efficienza via via più elevati; i costi ipotizzati per le lampade sono: 1,00 € per le lampade ad incandescenza,

<sup>1</sup> *Efficienza Luminosa*: è il rapporto tra il flusso luminoso emesso da una sorgente e la potenza elettrica assorbita; si esprime in lumen/watt (lm/W).

<sup>2</sup> *Indice di resa Cromatica*: varia tra 0 e 100, indica come i colori percepiti sotto un'illuminazione artificiale, si accostino ai colori reali. Più è alto l'IRC e più è elevata la resa cromatica.

<sup>3</sup> *Temperatura di colore*: indica la relativa apparenza di colore. Più è alta la temperatura di colore e più si hanno tonalità fredde. Per temperature di colore maggiori ai 4.000°K si hanno luci bianche e fredde, simili alla luce del giorno; per temperature inferiori ai 3.000°K, tipiche delle lampade ad incandescenza, si ha una tonalità calda.

5,00 € per le lampade alogene, 10,00 € per le lampade fluorescenti compatte tradizionali e 18,00 € per le lampada fluorescenti compatte elettroniche.

**Tab. III.2 – Esempi di risparmio con l’utilizzo di lampade per illuminazione interni ad alta efficienza**

<b>TIPO E NUMERO DI LAMPADE</b>	<b>COSTO LAMPADE (€)</b>	<b>COSTO ENERGIA ELETTRICA (€)</b>	<b>COSTO TOTALE (€)</b>	<b>RISPARMIO (€)</b>
<i>INCANDESCENZA 3x100 W</i>	30,00	540,00	570,00	-
<i>ALOGENE 2x100 W</i>	50,00	360,00	410,00	160,00
<i>FLUORESCENTI COMPATTE TRADIZIONALI 3x25 W</i>	30,00	135,00	165,00	405,00
<i>FLUORESCENTI COMPATTE ELETTRONICHE 3x20 W</i>	54,00	108,00	162,00	408,00

Quest’ultima analisi ha sottolineato che la sostituzione delle tradizionali lampade ad incandescenza con lampade fluorescenti compatte (tradizionali o soprattutto elettroniche) costituisce un importante passo verso la riduzione dei consumi elettrici, e quindi delle spese, per le Scuole e le altre utenze di proprietà del Comune citate nel Capitolo II.

### **III.2.2 - Regolazione del flusso luminoso**

Al fine di ridurre i consumi elettrici negli uffici e nelle scuole, si possono adottare dei regolatori di flusso, chiamati *dimmer*. La regolazione del flusso luminoso per lampade ad incandescenza e ad alogeni può essere generalmente attuata riducendo la tensione ai capi della lampada: nelle lampade funzionanti sul principio dell’incandescenza, ciò non provoca alcun rischio di spegnimento. Occorre però considerare che la riduzione della tensione provoca anche, nel caso delle lampade ad alogeni, la riduzione della loro vita

utile: il processo alogeno richiede, infatti, un funzionamento prossimo alla tensione nominale per evitare corrosione nei catodi e annerimento di bulbi. E' perciò buona regola, nel caso di lampade ad alogeni, intervallare il funzionamento a flusso ridotto con brevi periodi, dell'ordine dei 15 minuti, di funzionamento a flusso normale.

I principali sistemi di regolazione sono costituiti da:

- Regolatori a resistenza variabile: possono essere applicati direttamente sui circuiti di lampada o a monte di eventuali trasformatori o autotrasformatori. Sono dispositivi assai poco idonei sotto il profilo energetico, ed ormai pressoché scomparsi dal mercato vista la loro inefficienza e la gran quantità di calore che producono.

- Regolatori elettronici, costituiti da componenti elettronici adatti sia all'alimentazione diretta, sia all'alimentazione tramite trasformatori (autotrasformatori) ferromagnetici o elettronici. Il principio di funzionamento dei regolatori elettronici si basa sulla variazione della tensione ai capi della lampada o della durata della conduzione di ogni semiperiodo (regolazione di fase). La struttura di dettaglio dei regolatori di flusso è dominio dei singoli costruttori. Per evitare inconvenienti nell'adozione degli stessi è necessario attenersi alle seguenti indicazioni:

- 1) Per i regolatori da applicare a trasformatori elettromagnetici utilizzare solo dispositivi adatti a carichi fortemente induttivi, dichiarati adatti dal costruttore del trasformatore, tali da effettuare una regolazione rigorosamente simmetrica nelle due semionde positiva e negativa (per evitare l'introduzione di pericolose componenti continue nel trasformatore);

- 2) Per i regolatori da applicare a trasformatori elettronici, attenersi scrupolosamente alle indicazioni del costruttore del trasformatore.

Le lampade ad incandescenza e ad alogeni e quelle fluorescenti possono essere regolate in modo da ridurre il flusso luminoso da 0 al 100%, mentre le altre lampade possono essere regolate fino ad un valore del flusso luminoso emesso pari 50% di quello nominale (valore detto *top dimming*): tali lampade sono quelle utilizzate nell'Illuminazione Pubblica, quali lampade al sodio ad alta pressione e ad alogenuri metallici, che verranno descritte in dettaglio nel seguito. A livelli di flusso inferiori del *top dimming*, esse presentano una variazione forte del colore della luce emessa.

Inevitabilmente la regolazione comporta una variazione dei parametri colorimetrici spesso inaccettabile; infatti, la temperatura di colore della lampada varia con la riduzione del flusso luminoso. Nel caso delle lampade a scarica, sussiste il problema della riaccensione dell'arco ad ogni passaggio per lo zero della corrente, quindi una regolazione basata soltanto sull'ampiezza della tensione applicata non sarebbe adatta allo scopo (infatti, nelle lampade a scarica, sotto ad un certo valore di tensione, la scarica diviene instabile e s'interrompe la corrente tra i due elettrodi principali. Vengono perciò impiegati sistemi basati sulla "riduzione della corrente".

### **III.2.3 - Impiego di monitor LCD**

Vista la presenza del computer praticamente in qualsiasi stanza o ufficio, è opportuno parlare degli interventi che è possibile compiere nell'ambito dei consumi dovuti all'uso di PC. Nel campo dei display per computer da tavolo c'è oggi una forte competizione tra due differenti tecnologie: i *display tradizionali a tubo catodico CRT* e i *display a cristalli liquidi LCD*. Gli schermi CRT sono stati i primi ad essere utilizzati per i computer, dopo che tale tecnologia era stata ben collaudata con gli schermi televisivi; la diffusione degli LCD iniziò solo successivamente, con i primi computer portatili, ma la diffusione su larga scala dei computer, la veloce diminuzione dei prezzi dei prodotti elettronici, e la produzione su larga scala degli LCD, hanno reso le due tecnologie concorrenti per i PC da scrivania in termini di volumi di vendita per le due categorie.

*Rispetto agli schermi CRT, i monitor LCD presentano i seguenti vantaggi energetici ed economici:*

- Diminuzione delle emissioni di calore;
- Diminuzione dei consumi energetici, a parità d'area visualizzata, nell'ordine del 70%;
- Spessori molto minori;
- Bassissime emissioni elettromagnetiche.

Non è soltanto il minor consumo energetico a fornire importanti vantaggi economici; infatti, una minore emissione di calore consente di abbassare i costi di condizionamento dei locali o di non dover cambiare il sistema di condizionamento se sono aumentate le emissioni di calore (problema molto diffuso giacché i computer delle ultime



generazioni accompagnano un sempre crescente incremento delle prestazioni con l'aumento dei consumi energetici).

Il minor ingombro può portare a non dover sostituire le scrivanie o le postazioni di lavoro per migliorare l'ergonomia, mentre la quasi totale assenza di emissioni elettromagnetiche migliora la sicurezza di chi utilizza il computer.

Attualmente, gli svantaggi di questa tecnologia riguardano le prestazioni, le basse risoluzioni (visualizzazione di aree di lavoro piccole), a volte non all'altezza di quelle attualmente fornibili dalla tecnologia CRT, o la presenza di pixel difettosi, ma questi sono aspetti sicuramente migliorabili a breve. Inoltre, il costo iniziale è più elevato rispetto a quello di un monitor CRT, ma i tempi di ritorno dell'investimento sono comunque abbastanza bassi, nell'ordine dei 2-3 anni.

La prossima tecnologia che troverà diffusione in questo settore è quella dei LED organici (OLED), già abbastanza diffusa tra le apparecchiature tascabili quali telefoni cellulari, riproduttori musicali, macchine fotografiche digitali. Rispetto alla tecnologia LCD, questi monitor garantiscono:

- Una maggior luminosità, ed in generale un miglioramento delle prestazioni;
- Consumi ancora più bassi;
- Spessori e peso ridotti.

#### **III.2.4 - Impiego di semafori a LED**

Nel Comune di Specchia sono presenti soltanto due impianti semaforici (le fatture Enel sono uniche per i due impianti, essendo questi molto ravvicinati) e pur essendo elevata l'incidenza di questa voce nel totale dei consumi elettrici (in media, in Italia, il consumo dei semafori incide per circa il 10% sul totale), le spese sostenute per garantire questo servizio non sono state elevate. Nonostante questo, si ritiene opportuno parlare delle evoluzioni delle tecnologie di questo settore, e dei possibili miglioramenti che si possono conseguire nelle spese energetiche.

L'innovazione tecnologica ha messo a disposizione nuove lampade semaforiche formate da gruppi di *LED*. La diffusione di queste lampade con attacco standard, che possono essere montate in pochi minuti sugli impianti esistenti è sempre più elevata negli impianti semaforici italiani.

Rispetto alle tradizionali lampade a filamento, i led presentano i seguenti vantaggi:

- ✓ Riduzione dei consumi fino all'80%;
- ✓ Durate 15-20 volte superiori;
- ✓ Riduzione notevole delle operazioni di manutenzione;
- ✓ Garanzia di maggiore sicurezza per gli utenti stradali, grazie alle migliori prestazioni

Il led ha una vita di circa 100.000 ore contro le circa 5000 di una lampada ad incandescenza, ed inoltre presenta dei valori di efficienza luminosa (lm/W) notevolmente più elevati. La particolarità di queste lampade è quella di emettere luce monocromatica: grazie a questa caratteristica, si evita l'utilizzo degli schermi colorati (rosso, verde, arancione) che fanno passare solo il 20% della luce emessa. In tal modo si evita il surriscaldamento delle lampade, fattore che accorcia la vita delle sorgenti luminose. Le lampade a led possono poi essere sagomate per costruire dei disegni particolari utilizzati nelle indicazioni stradali (es. attraversamenti pedonali), evitando anche qui l'utilizzo dei filtri.

Le lampade a led sono composte da decine di led fissati a un supporto circolare piano, non c'è quindi più bisogno di parabola. Si eliminano così le problematiche dovute alla pulizia della parabola stessa (operazione che richiede l'interruzione del funzionamento del semaforo). Inoltre, l'elevato numero di led di ogni lampada è garanzia di affidabilità, perché in caso di fuori servizio di una o più led la lampada continua a funzionare.

Esistono due soluzioni per installare un nuovo semaforo a led o convertire un impianto tradizionale:

- ✓ Sostituzione diretta delle lampade a filamento grazie a lampade a led con attacco standard E27;
- ✓ Installazione di lanterne speciali progettate per le lampade a led.

Esistono ancora ulteriori sviluppi tecnologici nell'impiantistica semaforica: in futuro infatti non ci sarà più una centralina che distribuisce l'elettricità con due fili per ogni lampada, ma una vera e propria rete locale (LAN) a cui saranno collegati i circuiti di controllo posizionati sulle lampade. Dalla centralina uscirà un solo cavo di rete che permetterà di dialogare con i circuiti di controllo di ogni lampada. Un secondo cavo

distribuirà la corrente elettrica a tutte le lampade, realizzando così una forte semplificazione dei sistemi di cablaggio.

### **III.2.5 - Installazione di pannelli fotovoltaici**

Come meglio si evincerà in seguito, andando ad analizzare la struttura energetica dell'Ecovillaggio Cardigliano, il Comune di Specchia ha ritenuto di affrontare l'argomento "*uso razionale dell'energia*" nel modo più radicale, ma allo stesso tempo più intelligente, vale a dire attraverso il ricorso alle fonti rinnovabili.

L'Amministrazione sta attuando, infatti, un progressivo piano d'introduzione di queste fonti di approvvigionamento per il soddisfacimento dei bisogni energetici di alcune utenze: ad esempio, una piscina di nuova realizzazione verrà realizzata con il ricorso alla trigenerazione, che non è propriamente una fonte rinnovabile, ma è comunque un procedimento che garantisce un grande risparmio energetico e di emissioni inquinanti. In questo paragrafo, invece, si descriverà l'installazione, grazie ad un finanziamento al 50% da parte del Ministero dell'Ambiente, di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 20 KW presso la Scuola Media Statale ubicata in Via Don Luigi Sturzo.

Come si vedrà più avanti, l'analisi ha riguardato non solo la progettazione dell'impianto al fine di soddisfare i bisogni energetici della scuola ma anche eventuali soluzioni per la gestione efficiente di questa risorsa energetica.

#### **III.2.5.1 - Breve introduzione alla tecnologia fotovoltaica**

Un sistema fotovoltaico è in grado di trasformare, direttamente ed istantaneamente, l'energia solare in energia elettrica senza quindi l'uso di alcun combustibile.

Il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici si basa sulla capacità di alcuni materiali semiconduttori, opportunamente trattati, di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica in corrente continua senza bisogno di parti meccaniche in movimento. Il materiale semiconduttore quasi universalmente impiegato oggi a tale scopo è il silicio. Il componente base di un impianto FV è la cella fotovoltaica, che è in grado di produrre circa 1,5 W di potenza in condizioni standard, vale a dire quando essa si trova ad una temperatura di 25 °C ed è sottoposta ad una potenza della radiazione pari a 1000 W/m<sup>2</sup>. La potenza in uscita da un dispositivo FV quando esso

lavora in condizioni standard prende il nome di potenza di picco ( $W_p$ ) ed è un valore che è usato come riferimento. L'output elettrico reale in esercizio è in realtà minore del valore di picco a causa delle temperature più elevate e dei valori più bassi della radiazione. Più celle assemblate e collegate tra loro in un'unica struttura formano il modulo fotovoltaico. Il modulo FV tradizionale è costituito dal collegamento in serie di 36 celle, per ottenere una potenza in uscita pari a circa 50 W, ma oggi, soprattutto per esigenze architettoniche, i produttori mettono sul mercato moduli costituiti da un numero di celle molto più alto e di conseguenza di più elevata potenza, anche fino a 200 W per ogni singolo modulo. Secondo la tensione necessaria all'alimentazione delle utenze elettriche, più moduli possono poi essere collegati in serie in una "stringa". La potenza elettrica richiesta determina poi il numero di stringhe da collegare in parallelo per realizzare finalmente un generatore fotovoltaico. Il trasferimento dell'energia dal sistema fotovoltaico all'utenza avviene attraverso ulteriori dispositivi, necessari per trasformare ed adattare la corrente continua prodotta dai moduli alle esigenze dell'utenza finale. Il complesso di tali dispositivi prende il nome di BOS (Balance of System). Un elemento essenziale del BOS, se le utenze devono essere alimentate in corrente alternata, è l'inverter, dispositivo che converte la corrente continua in uscita dal generatore FV in corrente alternata.

### **III.2.5.2 - Potenzialità e vantaggi del fotovoltaico**

La quantità di energia elettrica prodotta da un sistema fotovoltaico dipende da numerosi fattori:

- Superficie dell'impianto;
- Posizione dei moduli FV nello spazio (angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale ed angolo di orientamento rispetto al Sud);
- Valori della radiazione solare incidente nel sito di installazione;
- Efficienza dei moduli FV;
- Efficienza del BOS;
- Altri parametri (es. temperatura di funzionamento);

I vantaggi dei sistemi fotovoltaici sono la modularità, le esigenze di manutenzione ridotte (dovute all'assenza di parti in movimento), la semplicità d'utilizzo e, soprattutto, un impatto ambientale molto basso. In particolare, durante la fase d'esercizio, l'unico vero impatto ambientale è rappresentato dall'occupazione di superficie. Tali

caratteristiche rendono la tecnologia fotovoltaica particolarmente adatta all'integrazione negli edifici in ambiente urbano. In questo caso, infatti, sfruttando superfici già utilizzate, si elimina anche l'unico impatto ambientale in fase di esercizio di questa tecnologia. I benefici ambientali ottenibili dall'adozione di sistemi FV sono proporzionali alla quantità di energia prodotta, supponendo che questa vada a sostituire dell'energia altrimenti fornita da fonti convenzionali.

La tecnologia utilizzata per la realizzazione dell'impianto è quella dei pannelli in silicio monocristallino, che hanno dei rendimenti complessivi intorno al 13-17%. Quindi, a parità di spazio, rispetto al modulo solare in silicio amorfo, si hanno dei rendimenti doppi, o quasi tripli, ma il costo per ogni kWh producibile dal silicio monocristallino rimane comunque superiore.

Oltre al fatto che, per produrre questi tipi di moduli fotovoltaici mono-multicristallini, viene spesa molta energia, e quindi ogni modulo impiega anche 3-6 anni (contro i circa 2-3 anni del prodotto in silicio amorfo) per restituire la sola energia che è stata impiegata per essere prodotto, mentre nell'arco della sua vita ne produrrà 4-8 volte di più: questo problema è il difetto maggiore del modulo monocristallino.

Un altro difetto abbastanza fastidioso di quest'ultima tecnologia fotovoltaica è una sostanziale diminuzione, od anche abbattimento del rendimento, in caso di ombre particolari che coprono anche una piccola porzione del modulo, o nel caso di nuvole, o ancora durante le ore serale o della mattina presto.

Fatto è che in ogni caso questi due tipi di pannelli fotovoltaici rimangono ottimi prodotti di qualità e stabilità del rendimento, che appunto rimane costante e garantito nel tempo, anche fino a 30 anni e, producendo più energia a parità di m<sup>2</sup> occupato ottimizzano gli spazi, magari non eccessivi, della parte di tetto sfruttabile che è posta a Sud.

Da un punto di vista ambientale, gli impianti fotovoltaici riducono la domanda di energia da altre fonti tradizionali, contribuendo quindi alla riduzione dell'inquinamento.

Per produrre un kWh elettrico vengono bruciati mediamente l'equivalente di 2,56 kWh sotto forma di combustibili fossili e di conseguenza emessi nell'aria circa 0,53 kg di anidride carbonica (fattore di emissione del mix elettrico italiano alla distribuzione). Si può dire quindi che ogni kWh prodotto dal sistema fotovoltaico evita l'emissione di

0,53 kg di anidride carbonica. Questo ragionamento può essere ripetuto per tutte le tipologie di inquinanti.

### **III.2.5.3 - Dati tecnici sull'impianto**

Nel seguente prospetto sono riassunti i dati tecnici riguardanti l'impianto fotovoltaico prossimo all'installazione sulla Scuola Media ubicata in Via Don Luigi Sturzo.

Angolo d'inclinazione dei pannelli rispetto all'orizzontale: 30°

Irradiazione solare media annua: 1863 kWh/m<sup>2</sup>\*anno

Energia elettrica prodotta in un anno da 1 m<sup>2</sup> di moduli: 198 kWh/m<sup>2</sup>\*anno

Superficie necessaria a garantire una potenza di 1 kW: 8 m<sup>2</sup>

Energia elettrica prodotta in un anno da 1 kW di moduli: 1583 kWh/kW\*anno

Estensione del campo fotovoltaico: circa 174 m<sup>2</sup>

Energia prodotta annualmente: 31660 kWh

N° moduli fotovoltaici usati: 200, ognuno composto da 72 celle di silicio monocristallino

N° di stringhe: 8

N° di moduli per stringa: 25

### **III.2.5.4 - Aspetti economici dell'intervento**

Osservando le cifre riguardanti la produzione attesa dall'impianto, si può indubbiamente affermare che quest'impianto ha una potenzialità assai maggiore rispetto al fabbisogno della scuola in esame.

Allo stato attuale, e probabilmente ancora per poco tempo, la situazione riguardante la produzione di energia da impianti fotovoltaici è la seguente: l'ente fornitore di energia elettrica (l'Enel in questo caso) non paga nulla ai produttori da tali impianti, nel senso che se l'impianto è stato sovradimensionato rispetto al fabbisogno medio di energia elettrica dell'utenza negli ultimi tre anni, l'energia che viene prodotta in più viene acquisita dall'Enel, ma senza che da questa operazione discenda un immediato beneficio economico per chi produce. Infatti, l'Enel utilizza quest'energia per i propri scopi, e l'unico vantaggio che dà al produttore è di non conteggiare questo surplus di energia per gli anni successivi. In pratica, si paga in anticipo la bolletta dell'energia elettrica per molti anni, ma con questo sistema l'unica fonte di guadagno è data soltanto

dal risparmio di energia elettrica: se l'impianto fosse ad esempio sottodimensionato, l'utente sarebbe costretto a pagare soltanto la differenza tra quello che ha consumato e quello che ha prodotto. Naturalmente se l'impianto è molto potente, come nel caso della Scuola Media in analisi, questo problema si potrebbe porre solo nei mesi invernali, con carenza di illuminazione solare. Ma, come si vedrà nel paragrafo che segue, un'ulteriore innovazione dovrebbe risolvere anche questo problema.

Questo modello di ricompensare chi produce energia da impianti fotovoltaici non ha certamente condotto allo sviluppo che ci si attendeva: spesso non si ha la possibilità di far fronte agli onerosi investimenti necessari all'installazione di un impianto di questo tipo. Il poter usufruire di incentivazioni statali o regionali (ad esempio il programma nazionale "Tetti Fotovoltaici") è stato sicuramente un passo importante (è stata una possibilità utilizzata anche a Specchia ) ma non decisivo.

Il definitivo impulso al boom degli impianti fotovoltaici, che già si è avuto all'estero in Paesi come Germania o Danimarca che di certo non possono beneficiare di apporti solari superiori a quelli dell'Italia, si dovrebbe avere con l'entrata in vigore del *Conto Energia*: si tratta di una nuova forma di incentivazione, profondamente diversa da quella in conto capitale praticata fino ad oggi.

Sarà, infatti, possibile cedere all'ente distributore di energia elettrica, per esempio l'Enel, tutta l'energia prodotta dal proprio impianto fotovoltaico, a dei prezzi unitari elevatissimi (intorno a 0,60 €/kWh), all'incirca tripli rispetto a quelli di acquisto da parte dell'utente. L'utente riacquista poi dall'ente fornitore, ad un prezzo notevolmente più basso, l'energia elettrica necessaria per i propri fabbisogni.

Grazie a questo nuovo sistema, i tempi di ritorno dell'investimento per l'installazione di un impianto fotovoltaico si abbasseranno notevolmente, poiché l'ente distributore dovrà acquistare energia dall'utente per 20 anni, dopodiché sarà pagata dall'utente solo l'eventuale differenza tra la produzione e la richiesta.

Nel quantificare le cifre dell'investimento saranno messi a confronto questi due sistemi di remunerazione dell'energia prodotta.

Con l'attuale sistema di remunerazione, la situazione è la seguente:

*Costo totale dell'investimento:* 159120,10 € di cui 72120,10 € costituiscono il finanziamento in conto capitale fornito dalla Regione Puglia.

*Risparmio annuo di energia elettrica:* 18470 kWh

*Risparmio annuo di spesa per energia elettrica: 2979.33 €*

**Pay back period dell'investimento: 29.2 anni.**

Il tempo di ritorno dell'investimento è molto alto, e si potrebbe discuterne la convenienza, poiché la durata di un impianto fotovoltaico si aggira anch'essa intorno ai 30 anni.

Una soluzione potrebbe essere quella di alimentare con lo stesso impianto un'altra utenza, in modo tale da non "sprecare" tutta l'energia prodotta in più, che l'Enel utilizza senza fornire alcun tipo di remunerazione: tale utenza potrebbe essere la Scuola Materna ubicata in Via Montessori. Alimentando questa seconda utenza, la situazione diventerebbe la seguente:

*Risparmio annuo di energia elettrica: 23930 kWh*

*Risparmio annuo di spesa per energia elettrica: 4065.46 €*

**Pay back period dell'investimento: 21.4 anni**

Tra l'altro, non tutti i kWh prodotti in esubero vengono ceduti all'Enel, visto che una parte di energia serve ad attuare il processo di accumulo dell'energia elettrica di cui si parlerà nel successivo paragrafo.

Se fosse attivo il Conto Energia si avrebbe, all'incirca, la seguente situazione:

*Produzione annua di energia: 31660 kWh*

*Fabbisogno annuo di energia: 18470 kWh*

*Ricavi derivanti dalla cessione di energia all'Enel: 18996 €*

*Spese per l'acquisto di energia elettrica: 2770.50 € (ipotizzando un costo unitario di 0.15 €/kWh)*

*Spese per la manutenzione: (supposte pari all'1% dell'investimento totale) 1591.20 €*

*Guadagno netto annuo: 14634 €*

Dovendo considerare come investimento iniziale l'intera cifra, giacché il Conto Energia non prevede investimenti in conto capitale, si ha:

**Pay back period dell'investimento: 10.87 anni!**



### III.2.6 - La sperimentazione: utilizzo dell'idrogeno

Lo svantaggio che alcune fonti rinnovabili, e tra queste l'energia proveniente dal Sole, presentano è certamente il fatto di essere delle fonti di approvvigionamento aleatorie, nel senso che il quantitativo di energia che sono in grado di fornire è variabile nel tempo (nel caso dell'energia solare basta pensare ad un cielo nuvoloso). L'energia solare in particolare presenta lo svantaggio di non essere utilizzabile di notte e pertanto delle utenze che hanno bisogno di energia elettrica anche nelle ore notturne, si vedrebbero costrette ad avere comunque l'allaccio alla rete di trasmissione nazionale, da cui prelevare energia in questi frangenti.

Allo scopo di trovare una soluzione ottimale a questo problema, l'Amministrazione del Comune di Specchia ha deciso di sperimentare sulla Scuola Media ubicata in Via Don Luigi Sturzo la via dell'idrogeno, attraverso l'utilizzo di *celle a combustibile*: di seguito ne è esposto brevemente il funzionamento.

#### Principio di funzionamento di una cella a combustibile

La cella a combustibile è un generatore elettrochimico in cui, in linea di principio, entrano un combustibile (tipicamente idrogeno) e un ossidante (ossigeno o aria) e da cui si ricavano corrente elettrica continua, acqua e calore.

Il combustibile (idrogeno) e i gas ossidanti (ossigeno dato semplicemente dall'aria) lambiscono rispettivamente l'anodo e il catodo (sulle facce opposte a quelle in contatto con l'elettrolita). Data la porosità degli elettrodi, vengono in questo modo continuamente alimentate le reazioni di ossidazione del combustibile e di riduzione dei gas ossidanti. Un aspetto d'importanza fondamentale per le applicazioni delle pile a combustibile è rappresentato dal fatto che gli effluenti (acqua e gas esausti), che vanno continuamente rimossi dalla cella, non contengono sostanze inquinanti (fig. III.1).

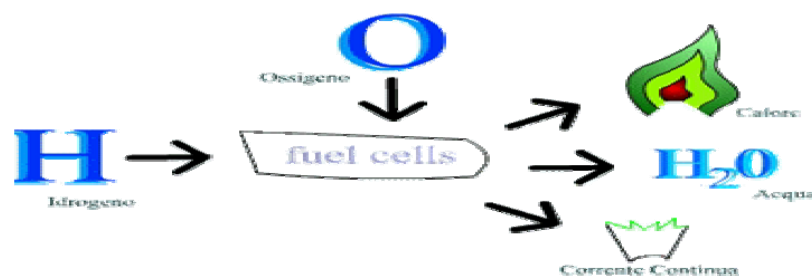


Fig. III.1 – Principio di funzionamento delle fuel cell

Sono simili alle batterie e quindi, come gli altri elementi voltaici, una pila a combustibile è formata essenzialmente da due elettrodi, catodo ed anodo, e da un elettrolita che permette la migrazione degli ioni. Diversamente che dalle batterie comuni, nella pila a combustibile la materia attiva è continuamente rinnovata e quindi la corrente elettrica continua può essere erogata indefinitamente se si mantiene l'alimentazione di combustibile e di gas ossidanti. Le singole celle (caratterizzate da tensioni comprese da 0,5 V a 1 V, secondo la tecnologia adottata e il carico elettrico ad essa collegato) vengono sovrapposte una all'altra, collegandole in serie in modo da ricavare una tensione complessiva del valore desiderato. L'impilamento di celle che così si ottiene forma il cosiddetto stack (o "pila"), che rappresenta la base della sezione elettrochimica. Generalmente un impianto a celle a combustibile è composto, oltre che dal modulo di potenza (contenente la sezione elettrochimica) anche da un convertitore di corrente (inverter) e da un trasformatore che convertono la corrente continua generata dalla pila in corrente alternata alla tensione e alla frequenza desiderate. Come produrre l'idrogeno necessario al funzionamento di queste fuel cell? Possiamo semplicisticamente affermare che esso deriva dal processo inverso rispetto a quello di funzionamento delle celle a combustibile stesse, e cioè grazie all'elettrolisi dell'acqua. L'energia elettrica necessaria allo svolgimento di questo processo è fornita da ciò che l'impianto fotovoltaico produce in più durante le ore giornaliere: grazie a tale energia l'acqua viene scissa negli elementi che ne compongono la molecola, cioè idrogeno e ossigeno, che possono così svolgere i ruoli di anodo e catodo all'interno delle celle. Una scuola non è propriamente il posto in cui si ha necessità di utilizzare energia elettrica nelle ore notturne, ma è doveroso tener presente che molte scuole svolgono attività pomeridiane, soprattutto in inverno, periodo nel quale le ore di insolazione sono piuttosto limitate. Quello che comunque il Comune di Specchia ha in mente di realizzare è soprattutto una sperimentazione: quando ne sarà stata verificata la convenienza, indubbiamente l'idea verrà estesa ad altre utenze, più bisognose di una risorsa di questo tipo rispetto a quanto non possa essere una Scuola.

Uno degli obiettivi che l'Amministrazione si è posta è quello di aumentare, in un futuro molto prossimo, l'utilizzo di questa fonte, gratuita ed eterna, su un buon numero di utenze che essa gestisce.

### **III.3 - Possibili interventi per la razionalizzazione termica**

Nonostante l'analisi dei consumi termici, portata a termine nei precedenti capitoli, non abbia evidenziato elevati consumi, molti sono gli interventi che potrebbero essere realizzati per il miglioramento dell'efficienza termica.

Il primo intervento proposto al fine di abbassare i consumi è la metanizzazione delle centrali termiche; per ogni centrale termica è stato calcolato il possibile risparmio conseguibile con l'adozione di un impianto a metano, con particolare attenzione all'utilizzo di caldaie a condensazione.

Sono inoltre ipotizzati interventi a basso costo, come ad esempio l'installazione di valvole termostatiche, in modo tale da non superare la soglia dei 20 °C all'interno degli ambienti da riscaldare e regolare al meglio i consumi. Infine, è stata analizzata la possibilità di introdurre dei pannelli solari per integrare la produzione d'acqua calda.

#### **III.3.1 - Metanizzazione delle centrali termiche**

La legge 10/91 non ha esplicitamente incluso, fra gli obiettivi indicati nell'art. 1, la trasformazione degli impianti di produzione del calore da combustibile liquido o fossile, quale il gasolio, a combustibile gassoso; ciò nonostante, alcuni articoli (art. 8 comma g e art. 24) favoriscono l'uso del metano.

In effetti, di per sé, la semplice sostituzione del sistema di alimentazione di un generatore di calore da combustibile liquido o fossile a metano non comporta risparmio di energia primaria; ciò nonostante, l'uso del metano comporta alcune benefiche ricadute di tipo ambientale, fra le quali:

- eliminazione delle anidridi da zolfo;
- eliminazione dei rischi d'inquinamento ambientale derivanti da fuoriuscite di gasolio dalle cisterne o dalle tubazioni di adduzioni ai bruciatori;
- eliminazione dei rischi ambientali connessi allo smaltimento delle fanghiglie che si depositano sul fondo dei serbatoi e che, secondo le vigenti normative, vanno regolarmente rimosse.

Va inoltre aggiunto, ed è questo l'aspetto analizzato più in dettaglio, che il costo unitario del kWh derivato da metano ha un costo inferiore di quello derivato dal gasolio.

Si è quindi effettuata un'analisi volta a quantificare i risparmi conseguibili con l'adozione del metano, ed in particolare con l'utilizzo di caldaie a condensazione, le quali permettono di raggiungere rendimenti nettamente superiori rispetto ai generatori tradizionali.

Lo studio ha avuto inizio con la rilevazione delle potenzialità e dei rendimenti di combustione delle centrali termiche: tali dati sono stati utilizzati per quantificare la spesa necessaria per soddisfare i fabbisogni energetici annuali.

I dati esposti in tabella III.3 evidenziano come solo il 2° padiglione della Scuola Elementare presenti un rendimento di combustione piuttosto basso (si ricorda che ogni innalzamento dell'1% del rendimento di combustione abbassa dello stesso valore percentuale i consumi di combustibile).

**Tab. III.3 – Potenza nominale e rendimento di combustione centrali termiche**

Ubicazione impianto	Potenza nominale (kW)	Rendimento di combustione (%)
Sede comunale Via San Giovanni Bosco	161,5	93,4
Scuola Materna Via Don Milani	191,3	93,9
Scuola Materna Via Montessori	115,8	93,4
Scuola Elementare 1° Padiglione	127,9	92,6
Scuola Elementare 2° Padiglione	85	88,6
Scuola Media Via Don Luigi Sturzo	172	94,5

Per confrontare la spesa annuale per energia termica nella situazione attuale, con centrale alimentata a gasolio, e nell'ipotesi di centrale alimentata a metano, si ha bisogno, oltre che dei dati relativi all'impianto, anche del potere calorifico dei due combustibili, del loro prezzo unitario e delle ore annuali di funzionamento. In tal modo si calcolano la spesa teorica per energia termica nella situazione con caldaia a gasolio e in quella con caldaia a metano. Da questi due valori si calcola la percentuale di risparmio ottenibile: tale valore viene moltiplicato per l'attuale spesa reale per energia termica, ottenendo così il reale risparmio conseguibile. Poiché il Comune di Specchia

ricade nella zona climatica C, si suppongono 8 ore di funzionamento giornaliero, per cinque giorni la settimana, per 18 settimane l'anno, per un totale di 720 ore annue di funzionamento (cifra naturalmente soggetta a lievi variazioni).

Pertanto, sapendo che:

- potere calorifico gasolio = 11.86 kWh / Kg
- potere calorifico metano = 9.59 kWh / m<sup>3</sup>
- costo gasolio = 0,996 €/ Kg
- costo metano = 0.588 €/ m<sup>3</sup>

ed indicando con:

[A] = potenza utile della centrale termica;

[B] = ore annue di funzionamento, pari a 720;

[C] = costo unitario del combustibile;

[D] = rendimento della centrale termica (assunto pari al 105% per le caldaie a condensazione, la cui descrizione sarà effettuata in seguito);

[E] = potere calorifico del combustibile,

si ha:  $Costo\ teorico\ annuo\ energia = ([A] * [B] * [C]) / ([D] * [E])$

In tabella III.4, sono riportati i risparmi, teorici e reali, conseguibili per ognuna delle centrali termiche:

**Tab. III.4 – Risparmi conseguibili con la metanizzazione**

<b>Impianto</b>	<i>Spesa teorica con caldaia a gasolio (€)</i>	<i>Spesa teorica con caldaia a metano (€)</i>	<i>Risparmio (%)</i>	<i>Spesa reale con caldaia a metano(€)</i>	<i>Risparmio reale conseguibile(€)</i>
<b>Sede Comunale Via San Giovanni Bosco</b>	10444.71	6790.07	34.99	2837.78	1527.38
<b>Scuola Materna Via Don Milani</b>	12306.10	8042.98	34.64	2083.22	1104.19
<b>Scuola Materna Via Montessori</b>	7489.15	4868.67	34.99	2227.22	1198.76
<b>Scuola Elementare Via Pisanelli (1°Padiglione)</b>	8292.77	5377.40	35.15	1578.50	855.58
<b>Scuola Elementare Via Pisanelli 2°Padiglione</b>	5795.04	3573.72	38.33	666.62	414.25
<b>Scuola Media Via Don Luigi Sturzo</b>	11005.34	7231.53	34.3	2826.44	1475.6

### III.3.1.a - Le centrali termiche da installare: caldaie a condensazione

Per la sostituzione delle centrali termiche, la via più conveniente da scegliere è senz'altro quella della *caldaie a condensazione*.

Il principio di funzionamento di questo tipo di caldaie è il seguente: mentre in una caldaia tradizionale una buona parte del calore generato nella combustione va perso sotto forma di vapore acqueo (è proprio per questo motivo che nell'analisi dei consumi delle caldaie tradizionali è utilizzato il potere calorifico inferiore e non quello superiore), in una caldaia a condensazione il calore del processo d'evaporazione è riutilizzato, raffreddando i fumi sino a circa 45-55 °C e consentendo al vapore acqueo di condensare e di cedere l'energia latente all'acqua di ritorno dell'impianto di riscaldamento.

In figura III.2 sono poste a confronto, in un diagramma di Sankey, le prestazioni di una caldaia tradizionale con quelle di una caldaia a condensazione.



Fig. III.2 – Diagramma di Sankey per una caldaia tradizionale e per una a condensazione

Un'ulteriore caratteristica di questa tipologia di caldaie è quella di poter regolare la temperatura dell'acqua di alimentazione dell'impianto, in funzione del carico richiesto e degli apporti di calore esterni: tale caratteristica, già presente su precedenti modelli di generatori di calore, permette di evitare in modo considerevole le dispersioni termiche dovute al fatto di produrre acqua con temperatura troppo alta.

La possibilità di sfruttare il calore di condensazione per il riscaldamento è influenzata dalla temperatura dell'acqua di ritorno: quanto più questa è bassa, tanto più calore

latente di vaporizzazione può essere prelevato dai gas di scarico. E' necessario che la temperatura dell'acqua di ritorno sia ad un valore più basso della temperatura di rugiada dei fumi: solo al di sotto di questo valore, infatti, si può attuare la condensazione di tale di tali gas e quindi lo sfruttamento del calore latente di vaporizzazione in essi contenuto.

Il secondo parametro che influenza lo sfruttamento di questo calore è il valore dell'eccesso d'aria: al diminuire di esso, infatti, sale la temperatura di rugiada dei fumi, con possibilità di estrarne il calore latente di vaporizzazione anche a temperature più elevate.

Per quantificare il risparmio energetico conseguibile con un impianto di questo tipo è necessario conoscere per quanto tempo nel corso dell'anno si può sfruttare il processo di condensazione, e ciò dipende, oltre che dai parametri visti prima, anche dalla temperatura esterna, all'aumentare della quale diminuisce la possibilità di sfruttare la tecnica della condensazione.

Ipotizzando il massimo sfruttamento del processo di condensazione quando l'acqua di ritorno ha una temperatura minore di 40 °C, per un sistema che adotti come terminali dei radiatori, si verifica che il calore di condensazione può essere sfruttato per una frazione variabile dal 31 al 58 % circa. Ciò perché solitamente la temperatura dell'acqua di ritorno in questo tipo di impianti si aggira attorno ai 60-70 °C.

Per aumentare lo sfruttamento del processo è possibile ridurre la portata della pompa, in modo da diminuire la temperatura dell'acqua di ritorno.

Con gli ultimi modelli è stato risolto il problema riguardante le grandi superfici di scambio per raffreddare dei fumi e condensare così il vapore acqueo, grazie all'utilizzo dell'alluminio, materiale dotato di migliori proprietà nella trasmissione del calore.

Riferendosi al potere calorifico inferiore, si può affermare che i rendimenti raggiungibili con le caldaie a condensazione possono arrivare fino al 108%. Inoltre, una voce di risparmio ulteriore è data dalla notevole diminuzione dei costi di esercizio e dalla sicura conformità di tali centrali termiche alle norme antinquinamento: infatti, valori di rendimento così alti danno notevoli benefici per quanto riguarda la riduzione delle emissioni di NO<sub>x</sub> e CO.

**Stima dell'investimento riguardante l'installazione di caldaie a condensazione**

Si propone ora la stima dell'investimento relativo all'installazione di un impianto funzionante con caldaia a condensazione. I costi riguardanti la caldaia e l'installazione della stessa sono stati tratti da un'indagine di mercato.

Sede Comunale Via San Giovanni Bosco

*Costo dell'investimento:* 11711 €

*Risparmio annuo conseguibile:* 1527.38 €

*Pay back period dell'investimento:* **7.66 anni**

Scuola Materna Via Don Milani

*Costo dell'investimento:* 17279 €

*Risparmio annuo conseguibile:* 1104.19 €

*Pay back period dell'investimento:* **15.65 anni**

Scuola Materna Via Montessori

*Costo dell'investimento:* 11048 €

*Risparmio annuo conseguibile:* 1198.76 €

*Pay back period dell'investimento:* **9.21 anni**

Scuola Elementare Via Pisanelli – 1° Padiglione

*Costo dell'investimento:* 12082 €

*Risparmio annuo conseguibile:* 855.58 €

*Pay back period dell'investimento:* **14.12 anni**

Scuola Elementare Via Pisanelli – 2° Padiglione

*Costo dell'investimento:* 9200 €

*Risparmio annuo conseguibile:* 414.25 €

*Pay back period dell'investimento:* **22.20 anni**

Scuola Media Via Don Luigi Sturzo

*Costo dell'investimento:* 16346 €

*Risparmio annuo conseguibile:* 1475.60 €



*Pay back period dell'investimento: 11.08 anni*

S'intuisce che la convenienza ad installare un impianto con caldaia a condensazione aumenta al crescere della potenzialità dell'impianto stesso, a patto che l'impianto sia ben dimensionato; gli altissimi valori di PBP per la Scuola Materna in Via Don Milani e per il 1° Padiglione della Scuola Elementare derivano, infatti, dal già sottolineato sovradimensionamento degli impianti.

Pertanto si può affermare che è in ogni caso conveniente intervenire per l'installazione di questi impianti, ma a patto che la potenza installata negli edifici sopra citati sia ridotta; si ricorda che i problemi concernenti tali impianti erano già stati intuiti nel Capitolo I, dalla semplice consultazione dei dati relativi ai consumi: ora è giunta un'ulteriore conferma che, oltre all'intervento qui proposto, qualcosa va fatto alla base del problema.

### **III.3.2 - Altri interventi di miglioramento e regolazione**

Oltre che sulla centrale termica, per migliorare l'andamento dei consumi termici è possibile intervenire anche sull'impianto di distribuzione del calore e sull'edificio; inoltre è opportuna una migliore gestione di questa risorsa, attraverso l'utilizzo di dispositivi che sono stati descritti nel seguito, per evitare di avere ambienti con temperature troppo alte o impianti di riscaldamento funzionanti in orari in cui gli ambienti non sono frequentati.

Intervenire sull'impianto di distribuzione del calore e sull'edificio significa:

- *Ridurre le dispersioni di calore*, coibentando i tubi dell'acqua e quelli che trasportano calore ai terminali; si possono raggiungere risparmi fino al 5%, in dipendenza dalla superficie da coibentare e dei coefficienti di trasmissione del calore prima e dopo l'intervento;
- *Migliorare l'isolamento termico delle superfici vetrate*, sostituendo le finestre degradate con altre a doppio vetro, o sostituendo le guarnizioni se sono presenti delle infiltrazioni; i risparmi variano dal 10 al 20%, in dipendenza dai coefficienti di trasmissione del calore delle finestre prima e dopo l'intervento;
- *Migliorare l'isolamento termico delle superfici disperdenti dell'edificio*, attraverso l'applicazione di spessori di materiale isolante o il riempimento delle

intercapedini presenti; i risparmi sono variabili, fino al 15%, in dipendenza dalle superfici dell'edificio e dai coefficienti di trasmissione del calore prima e dopo l'intervento.

Per quanto riguarda la razionalizzazione della gestione del calore, lo strumento di regolazione più semplice e a basso costo è rappresentato dalle *valvole termostatiche*.

Nella realtà, infatti, capita frequentemente che la temperatura in alcuni ambienti salga considerevolmente, e il modo più adatto per regolare la temperatura e diminuire i consumi non è sicuramente aprire le finestre, ma installare le valvole termostatiche: si ricorda per ogni °C garantito dal sistema di riscaldamento, i consumi energetici aumentano del 5-6% circa.

Con le valvole termostatiche si può regolare la temperatura di ogni singolo ambiente sfruttando a proprio favore gli apporti gratuiti di energia, quelli dovuti, ad esempio, alla presenza di molte persone, ai raggi del sole attraverso le finestre, ai computer.

Ad ogni radiatore, al posto della valvola manuale, si può applicare una valvola termostatica per regolare automaticamente l'afflusso d'acqua calda, in base alla temperatura scelta ed impostata su un'apposita manopola graduata. La valvola si chiude a mano a mano che la temperatura nell'ambiente, misurata da un sensore incorporato (sonda termica), si avvicina a quella desiderata, consentendo di dirottare ulteriore acqua calda verso gli altri radiatori, ancora aperti. Quindi la loro funzione non è quella di favorire il raffreddamento dell'acqua, ma quella di ottimizzare le distribuzioni d'acqua calda ai diversi radiatori. L'apertura e la chiusura avvengono grazie alla contrazione o alla dilatazione di un fluido termosensibile all'interno di un contenitore.

Grazie all'utilizzo delle valvole termostatiche si può consumare meno energia quando le stanze sono affollate più del normale, o nelle giornate più serene, quando il sole è sufficiente per riscaldare alcune stanze, oppure è possibile impostare una temperatura più bassa in alcune stanze e una più alta in altre, in dipendenza dalle esigenze degli ambienti stessi.

E' possibile installare valvole termostatiche motorizzate ed un interruttore orario (timer): collegando elettricamente le valvole al timer si potranno aprire o chiudere i radiatori in base agli orari scelti. Il risparmio d'energia indotto dall'uso delle valvole termostatiche può arrivare fino al 20%.

I più recenti modelli di radiatori sono dotati di valvola già predisposta per ricevere una valvola termostatica. In questo caso l'installazione è semplice e il costo dell'operazione va dai 35 ai 40 € a radiatore. Se invece è necessario sostituire l'intera valvola, il costo si aggira sui 75 €, manodopera ed IVA comprese.

### **III.3.3 - Utilizzo del solare termico per la produzione d'acqua calda**

Un intervento molto efficace da compiere sulle utenze termiche al fine di diminuire gli sprechi energetici riguarda senz'altro l'installazione di pannelli solari per la produzione d'acqua calda sanitaria.

La radiazione solare, nonostante la sua scarsa densità (che raggiunge 1 kW/m<sup>2</sup> solo nelle giornate di cielo sereno), resta la fonte energetica più abbondante e pulita sulla superficie terrestre. Il rendimento dei pannelli solari è aumentato di un buon 30% nell'ultimo decennio; un m<sup>2</sup> di collettore solare può scaldare a 45÷60 °C tra i 40 ed i 300 litri d'acqua in un giorno a secondo dell'efficienza che varia con le condizioni climatiche e con la tipologia di collettore tra 30% e 80%: si ottiene così una produzione complessiva annua compresa fra i 450 e gli 800 kWh/m<sup>2</sup>.

I collettori piani sono la tecnologia più diffusa e più adattabile. Da un punto di vista costruttivo sono disponibili varie soluzioni che si distinguono per la selettività della piastra assorbente, per i materiali (rame, acciaio inox e alluminio anodizzato) e per l'essere idonee all'uso in impianti a circolazione forzata o naturale (meno costose, più affidabili, ma meno integrabili con le strutture architettoniche da un punto di vista estetico, perché il serbatoio di accumulo deve essere posizionato più in alto del pannello e nelle immediate vicinanze). Le dimensioni, pur essendo presenti sul mercato soluzioni particolari, prevedono di solito un ingombro vicino a 100x200 cm<sup>2</sup>.

Le tipologie di collettori solari termici variano molto in termini di costo e di prestazioni. Per di più, essendo l'energia solare una fonte aleatoria sulla superficie terrestre, i collettori solari termici vanno realisticamente considerati integrativi rispetto alle tecnologie tradizionali, vale a dire capaci di fornire direttamente solo parte dell'energia necessaria all'utenza, energia che altrimenti dovrebbe essere prodotta dalla caldaia tradizionale. La percentuale d'energia termica prodotta annualmente da un collettore solare termico prende il nome di *fattore di copertura del fabbisogno termico annuo*. Generalmente, per un sistema che ottimizzi il rapporto costi/energia prodotta,

questo fattore non supera il 65%. A causa di ciò, con il crescere delle dimensioni dell'impianto, cresce il fattore di copertura del carico termico, ma la relazione tra il costo dell'energia e l'energia prodotta resta lineare fino al 55%÷60%. Superato questo valore, il costo continua ad aumentare linearmente con le dimensioni dell'impianto, mentre l'energia prodotta aumenta meno rapidamente, il che si traduce in un maggiore costo dell'unità di superficie di collettore. E' per questo motivo che un collettore solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria dimensionato correttamente viene progettato per soddisfare il 60÷65% del fabbisogno termico.

### ***Confronto tra diverse tipologie di impianti per la produzione di acqua calda***

In ambito urbano l'acqua calda sanitaria è per la maggior parte dei casi prodotta con scaldabagni elettrici o caldaie a gas. La produzione d'acqua calda sanitaria, con l'uso di energia elettrica dissipata dalla resistenza presente nello scaldabagno, risulta un processo costoso dal punto di vista energetico, ambientale ed economico, se confrontato con la produzione di acqua calda con caldaie a gas. L'introduzione aggiuntiva di un collettore solare termico, che sostituisca parte della produzione di calore, comporta benefici ancora maggiori. Di seguito sono analizzati brevemente gli effetti energetici, economici ed ambientali che l'introduzione di tre diverse tipologie di impianti per il riscaldamento per acqua sanitaria possono conseguire con l'introduzione di un sistema solare termico; in particolare si analizzeranno le seguenti possibili soluzioni:

1. sostituzione dello scaldabagno elettrico con un sistema integrato solare/gas;
2. integrazione del sistema gas preesistente con impianto solare;
3. integrazione del sistema elettrico con impianto solare (per impossibilità di sostituzione con sistema gas).

Il primo caso interessa molte utenze domestiche e pubbliche, di piccola taglia, che non hanno ancora affrontato la questione e, di conseguenza, potrebbero essere incentivate ad una sostituzione dello scaldabagno elettrico. Nel secondo caso l'integrazione del sistema gas preesistente con impianto solare prevede un costo d'integrazione ridotto al minimo; si tratta, di fatto, di utenze che hanno già scelto il gas e potrebbero, con sistemi solari termici, risparmiare il 60% annuo di gas combusto. Il terzo caso riguarda realtà in cui il sistema di riscaldamento non può che essere elettrico, per ragioni

urbanistiche o per la particolarità dell'utente; per esempio campi nomadi o altre strutture di accoglienza.

***Analisi energetica: calcolo dell'energia pro capite necessaria***

In media, in Italia si consumano circa 50 litri al giorno di acqua calda sanitaria pro capite, alla temperatura di 45 °C. Ipotizzando una temperatura dell'acqua proveniente dall'acquedotto pari a 15 °C si può calcolare il quantitativo pro capite Q di energia termica necessaria:

$$Q = G * c_s * (T_u - T_a) = 50L * 1 \text{ kcal/L } ^\circ\text{C} * 30 ^\circ\text{C} = 1500 \text{ kcal,}$$

avendo indicato con:

G, massa d'acqua da scaldare (L)

$c_s$ , calore specifico dell'acqua (kcal/L °C)

$T_u$ , temperatura di utilizzo, pari a 45 °C

$T_a$ , temperatura acqua dell'acquedotto (°C).

***Caso di produzione d'acqua calda con scaldabagno elettrico***

In questo caso, l'utilizzo di energia termica per produrre acqua sanitaria comprende una doppia trasformazione. In una prima fase occorre produrre energia elettrica (tipicamente, in centrali termoelettriche, più raramente in idroelettriche). L'energia elettrica prodotta, poi, trasportata all'utenza, dovrà a sua volta trasformarsi in energia termica per effetto Joule per essere conferita all'acqua. Per produrre con uno scaldabagno elettrico 1500 kcal (1,7 kWh termici) sono necessari circa 1,94 kWh elettrici, avendo stimato l'efficienza di conversione dello scaldabagno elettrico pari al 90%. Ma è da considerare che, per la produzione di ogni kWh elettrico, vengono consumati dal parco di centrali elettriche italiane circa 2,54 kWh sotto forma di energia primaria.

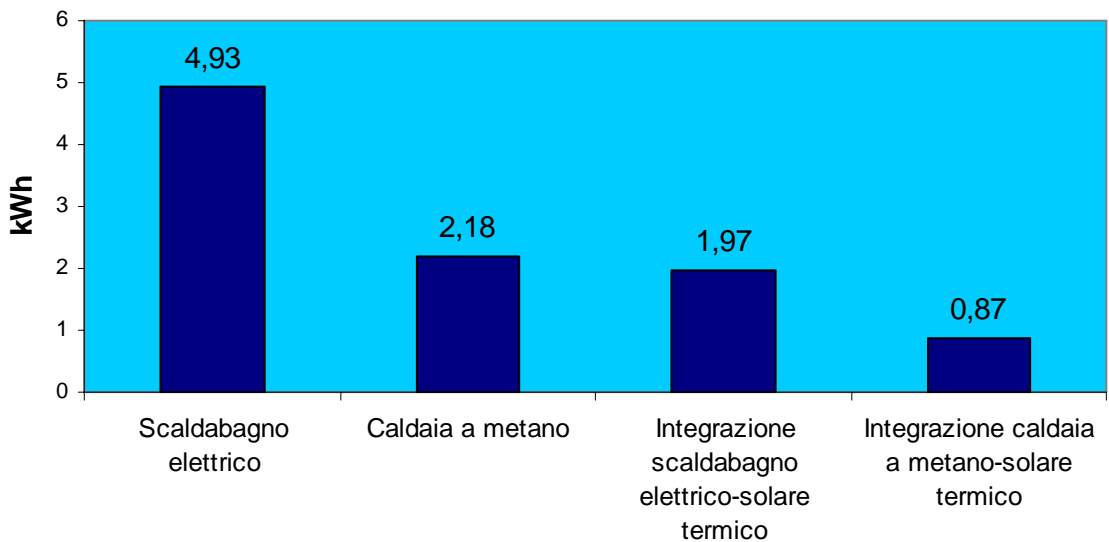
Considerando questa doppia trasformazione da energia primaria in energia elettrica e da elettrica a termica, emerge che, per produrre l'acqua calda necessaria giornalmente per soddisfare il fabbisogno pro capite sono necessarie  $2,54 * 1,94 = 4,93$  kWh primari equivalenti a 4.240 kcal. In tal modo *solo il 35% dell'energia primaria consumata è effettivamente utilizzata dall'utente.*

**Caso di produzione d'acqua calda con caldaia a gas**

Una caldaia a gas ha ovviamente una resa energetica diretta più alta, perché evita la conversione più energivora (e più exergivora), che consiste nel passaggio da energia termica ad energia elettrica. Per questo la resa totale si aggira sull'80÷85%. La produzione di calore e il conseguente riscaldamento dell'acqua sanitaria avviene per combustione diretta del metano. *Nel caso peggiore di rendimento del 80%, per produrre 1500 kcal sono quindi necessarie in un giorno 1875 kcal (ossia 2,18 kWh).*

**Confronto di consumi energetici tra i casi esaminati**

La figura III.3 mostra il risultato del confronto tra il fabbisogno energetico necessario per la produzione d'acqua calda sanitaria con uno scaldabagno elettrico, con una caldaia a gas, un sistema caldaia gas/collettore solare termico ed un sistema scaldabagno elettrico/collettore solare termico, ferme restando le ipotesi sopra enunciate ed il quantitativo pro capite di acqua necessaria.



**Fig. III.3 – Consumi procapite di energia primaria**

Si osserva allora che, nel passaggio dalla soluzione con scaldabagno elettrico a quella con caldaia a gas integrata da collettori solari, il consumo energetico pro capite passa da 4,93 a 0,87 kWh. E' il caso più interessante, dunque, che porta ad una riduzione dell'82% del consumo energetico, a parità di servizio reso. Nel confronto tra il sistema basato sull'integrazione di collettore solare con una caldaia a gas e la caldaia stessa, si

nota come il consumo passi da 2,18 kWh, per il caso della sola caldaia, a 0,87 kWh, per il sistema integrato: la riduzione è pertanto del 60% circa. Nel passaggio dal solo scaldabagno elettrico ad uno scaldabagno integrato da collettori solari, il consumo energetico scende da 4,93 a 1,97 kWh, riducendosi così del 60% anche in questo caso. Un ulteriore indicatore di confronto tra le diverse tecnologie a disposizione può essere ritenuta la quantità di anidride carbonica mediamente immessa nell'ambiente per produrre, nelle stesse condizioni, acqua calda sanitaria. In Italia, per produrre un kWh elettrico, le centrali termoelettriche emettono nell'atmosfera in media 0,58 kg di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), uno dei principali gas responsabili dell'effetto serra.

Pertanto, lo scaldabagno in esame è indirettamente responsabile dell'immissione nell'atmosfera di:

$$0,58 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh(elettrico)} * 1,94 \text{ kWh(elettrici)/giorno} = 1,13 \text{ kg CO}_2/\text{giorno},$$

Nel caso di una caldaia a metano, nella combustione si formano 0,25 kg CO<sub>2</sub> per ogni kWh termico; una persona dà quindi origine alla seguente produzione giornaliera di anidride carbonica:

$$0,25 \text{ kg CO}_2 * 1,7 \text{ kWh (termici)} = 0,43 \text{ kg CO}_2/\text{giorno}$$

Nel caso di impianti integrati solare/gas, è possibile risparmiare il 60% del consumo di gas: la stessa persona produrrà, allora, giornalmente 0,174 kgCO<sub>2</sub>/ giorno.

E' stata quindi investigata la possibilità di utilizzare impianti solari integrati nelle utenze comunali. Infatti, in tutte le utenze che hanno bisogno d'acqua calda, quali Scuole ed altre strutture ad esse afferenti, e la Sede Comunale, vengono attualmente utilizzati degli scaldabagni elettrici: da ciò si capisce, grazie alla breve trattazione fatta in precedenza, che molto potrebbe essere fatto per migliorare la situazione.

In base alle osservazioni finora effettuate, è risultata particolarmente interessante la possibilità di installare dei pannelli solari per soddisfare il fabbisogno di acqua calda del *Palazzetto dello Sport*, struttura annessa alla Scuola Media ubicata in Via Don Luigi Sturzo. A tal fine è stata effettuata la stima dell'investimento relativa all'installazione di tale impianto. Prima di parlare della migliore soluzione attuabile per l'utenza "Palazzetto dello Sport", si citano delle brevi informazioni sulle possibili strutture impiantistiche che possono essere utilizzate installando dei pannelli solari.

Esistono due tipologie di impianti solari: impianti a circolazione naturale ed impianti a circolazione forzata.

In un *impianto solare a circolazione naturale*, si sfrutta il principio naturale, detto anche termosifonico, secondo il quale l'acqua calda tende ad andare verso l'alto e quindi, senza bisogno di pompe elettriche, si riesce a fare circolare il liquido all'interno dei pannelli solari, facendolo confluire nel serbatoio che serve per conservare l'acqua calda.

In sintesi il funzionamento di un circuito solare a circolazione naturale è il seguente: i pannelli solari sono collegati ad una serpentina contenuta nel serbatoio e questo fa sì che il calore catturato dal liquido circolante nei pannelli solari vada a scaldare l'acqua all'interno del serbatoio stesso. Esistono quindi due circuiti separati all'interno dell'impianto solare: uno tra i pannelli solari ed il serbatoio ed uno tra il serbatoio ed i terminali per l'utilizzo dell'acqua. Il circuito tra i pannelli solari ed il serbatoio è un circuito chiuso: il fluido entra nei pannelli solari, si scalda ed è quindi spinto dal suo stesso calore verso l'alto, entrando nel serbatoio posto sopra i pannelli solari, dove cede il suo calore all'acqua e, raffreddandosi torna nei pannelli solari per un nuovo ciclo.

I vantaggi di questo tipo d'impianto sono legati principalmente al fatto che la circolazione, avvenendo naturalmente, non ha bisogno né di pompe, né di centraline di controllo, consentendo così dei risparmi sulle spese e sulle manutenzioni. Gli svantaggi invece sono legati al fatto che il serbatoio deve essere sistemato più in alto rispetto ai pannelli solari, andando ad influire negativamente sull'estetica dell'abitazione; in alternativa, si potrebbe sistemare il serbatoio nel sottotetto, eliminando questi problemi. La circolazione naturale diminuisce anche leggermente il rendimento dell'impianto solare stesso, in quanto comunque la circolazione del fluido, e quindi la cessione del suo calore all'acqua non avviene in maniera ottimale, anche se va comunque tenuto in considerazione che la perdita di rendimento può andare a compensare le spese energetiche ed economiche legate ai componenti prima descritti, che in un impianto di questo tipo sono assenti.

In un *impianto solare a circolazione forzata* si utilizza, a differenza della tipologia prima descritta, per fare circolare il fluido riscaldato dai raggi solari, una pompa elettrica, governata da una centralina solare e da alcune sonde.

In sintesi il funzionamento di un impianto solare a circolazione forzata è questo: i pannelli solari sono collegati ad una serpentina contenuta in un serbatoio; il fluido contenuto nei pannelli solari si riscalda e fa scattare una sonda installata in prossimità



dei pannelli stessi, la sonda comunica con una centralina elettronica solare che a sua volta governa una pompa elettrica. L'innesto di questa pompa spinge il fluido caldo all'interno della serpentina contenuta nel serbatoio, dove lo stesso va a scaldare l'acqua da utilizzare per le esigenze dell'utenza. Esistono pertanto due circuiti distinti all'interno dell'impianto solare: un primo circuito è di tipo chiuso e collega i pannelli solari alla serpentina nel serbatoio; in questo circuito la circolazione del fluido riscaldato dal sole avviene tramite una pompa elettrica che interviene solo quando scattano determinate differenze di temperatura tra la temperatura del fluido contenuto nei pannelli solari e quello contenuto nel serbatoio. Questo è fatto per evitare danneggiamenti alla pompa, ma soprattutto per impedire che durante la notte i pannelli solari dissipino il calore accumulato durante la giornata.

Il secondo circuito è di tipo aperto e collega il serbatoio con l'impianto idrico, e quindi sfrutta la normale pressione dello stesso, per fare circolare l'acqua calda ottenuta dal Sole così da poter essere utilizzata.

Il serbatoio utilizzato solitamente contiene anche una resistenza elettrica per scaldare l'acqua nel caso la stessa non sia sufficientemente calda per l'uso, oppure, sempre per questo scopo, può contenere una seconda serpentina collegata alla propria caldaia o scaldabagno, in modo da tenere sempre ad una buona temperatura l'acqua calda. Il serbatoio può essere installato in qualsiasi luogo all'interno dell'edificio.

I lati positivi di questo tipo di impianto sono principalmente estetici. La circolazione forzata offre poi un rendimento leggermente superiore di quello di un impianto a circolazione naturale, poiché il fluido termovettore circola in maniera più rapida e fluida all'interno del circuito solare. Gli svantaggi sono legati ad un aumento dei costi d'acquisto, e di eventuale assistenza in caso di guasto, della pompa, della centralina solare o delle sonde, oltre al fatto che comunque, pur consumando poca energia elettrica, l'impianto solare diminuisce la sua resa energetica in quanto è necessario prevedere un minimo di spreco energetico per garantire la circolazione del fluido caldo proveniente dai pannelli solari. I due aspetti economici appena visti si possono comunque ritenere uguali e quindi compensati fra loro.

Fatte queste premesse, si descrive ora la stima effettuata relativamente all'investimento riguardante l'installazione dei pannelli solari sull'utenza sopra citata.

Andando ad integrare con un sistema a pannelli solari a circolazione forzata l'attuale impianto con scaldabagno elettrico, in modo da avere la possibilità di far fronte ad

eventuali richieste supplementari, si conseguirebbe un risparmio pari a circa il 60% dell'attuale spesa, come visto in precedenza.

Il fabbisogno d'acqua calda per il Palazzetto dello Sport è stimato in circa 1200 litri/g, equivalenti ad un contenuto energetico pari a 36000 kcal, cioè 41.86 kWh, circa; per avere a disposizione tale quantitativo di energia termica, sono necessari circa 118.3 kWh elettrici.

Considerando una spesa d'acquisto dell'energia elettrica di 0.15 € il risparmio annuo nell'acquisto dell'energia sarebbe pari a circa 3887 €

Nel calcolo dell'ammontare dell'investimento, i costi sono stati tratti da un indagine di mercato; i componenti sono stati dimensionati nel modo seguente:

- 1) Ipotizzando un rendimento dell'impianto intorno al 40%, ed un quantitativo di energia irradiata, per le regioni del Sud Italia, pari a 5 kWh/m<sup>2</sup>\*giorno, si ha una produzione annua pari a circa 750 kWh/m<sup>2</sup>: si deduce che, per soddisfare il fabbisogno annuo di energia termica di circa 15,279 MWh, occorre una superficie di pannelli solari di area 20.4 m<sup>2</sup>, per un costo di 11920 €
- 2) Il serbatoio è stato dimensionato in modo che abbia una capacità pari al fabbisogno giornaliero di acqua calda, che si è visto essere pari a 1200 litri: la spesa da sostenere per il suo acquisto è di 2650 €
- 3) Sono necessari 806 € per l'acquisto dei vari componenti dell'impianto, quali la centralina elettronica e le pompe di circolazione, visto che si è scelto un impianto a circolazione forzata, e di altri elementi quali le valvole di regolazione ed il vaso di espansione.

Stimando in 500 € la spesa per l'installazione, la somma totale da investire è perciò pari a circa 15876 €

In definitiva si ha:

**Pay back period** dell'investimento = **4.08 anni.**

E' molto conveniente intervenire, poichè tali impianti durano fino a 30 anni, consentendo, una volta ripagato l'investimento, di ottenere guadagni notevoli.

### **3.3.4 - Telegestione degli impianti termici**

Tra le varie proposte di risparmio d'energia termica è stato anche analizzato il possibile utilizzo della telegestione degli impianti.

Con l'avvento delle tecnologie informatiche si è sviluppato il concetto di edificio intelligente grazie alla presenza fondamentale dei computer e delle reti di trasmissione dati che consentono di acquisire, in tempo reale, le informazioni da vari punti terminali e confrontare in continuo i dati con i riferimenti per prendere delle decisioni. In sintesi, la telegestione funziona nel seguente modo: nell'impianto è installato un regolatore climatico collegato in remoto con un computer, che consente di effettuare le programmazioni ed i controlli in qualsiasi momento e a qualsiasi distanza. L'introduzione del concetto di "telegestione" ha permesso di fornire in modo chiaro e comprensivo tutte le informazioni riguardanti l'andamento degli impianti, le eventuali anomalie di funzionamento al responsabile della conduzione per operare rapidamente e correttamente dalla Unità Centrale. I sistemi di telegestione computerizzata sono basati sull'utilizzo di microprocessori installati nelle centrali di climatizzazione. Il microprocessore opera in collegamento diretto attraverso un modem con il centro operativo.

Il motivo predominante della gestione degli impianti tecnologici consiste in una buona redditività degli stessi e nel funzionamento affidabile. Tale redditività è subordinata ad un'oculata gestione che deve essere supportata da una minuziosa e tempestiva informazione, al fine di pianificare e programmare interventi di gestione, insieme con un'attenta valutazione dei bilanci energetici.

L'impianto di telegestione è costituito da:

1. centrale di controllo;
2. stazioni periferiche;
3. sistema di trasmissione.

Le prestazioni funzionali del sistema di supervisione degli impianti sono specificatamente:

- il governo e il controllo centralizzato degli impianti;
- l'inizializzazione del sistema e la sua configurazione;
- la raccolta dei dati provenienti dal campo, l'identificazione degli stessi, il controllo di coerenza e la memorizzazione in apposita banca dati: accessi al

sistema, comandi, configurazioni, misure, allarmi, malfunzionamenti e variazioni di stato; simulazioni, variazioni statistiche, ecc. I dati registrati possono essere consultati nel tempo o trasferiti verso altri data - base;

- l'elaborazione dei dati per l'esecuzione di calcoli, bilanci o statistiche, la rappresentazione sotto forma numerica o grafica;
- l'attivazione di test di controllo dell'hardware sia del sistema centrale che periferico;
- la gestione, visualizzazione e riconoscimento degli allarmi;
- la registrazione - in appositi protocolli di servizio - di tutti i comandi, predisposizioni, segnalazioni di allarmi avarie e fuori servizio;
- la visualizzazione su monitor di tutte le funzioni;
- la stampa dei dati - sotto forma di tabulati periodici od a richiesta - relativi a determinate grandezze o riassuntivi di stazione;
- l'ottimizzazione della gestione degli impianti;
- la gestione della manutenzione delle apparecchiature di campo, che permette razionali programmi d'intervento.

Con il monitoraggio continuo degli impianti si ha la possibilità di diagnosticare la natura di eventuali guasti, per poter organizzare gli interventi di riparazione in modo da eliminare prontamente qualsiasi pericolo o disservizio. E' possibile, inoltre, la verifica sulla redditività o meno di ogni singola installazione operando il controllo sulla qualità del servizio e la successiva ottimizzazione di tutti i processi di gestione. Il sistema compie il trasferimento verso il sistema di supervisione remoto di tutti i dati acquisibili dalla macchina e le eventuali segnalazioni, consentendo inoltre di intervenire sulla programmazione e di agire rapidamente sui parametri di funzionamento, mantenendo in memoria i dati statistici, anche in assenza di alimentazione. I dati acquisiti localmente, sono trasferiti all'Unità di Supervisione mediante l'utilizzo di un collegamento su rete radiomobile cellulare GSM, GSM Dual Band: l'aggiornamento dei dati può avvenire in tempo reale o mediante eventi programmabili. Questi dati sono in seguito elaborati dall'unità remota in modo completamente automatico ed intelligente al fine di intervenire, con rilevanti risparmi economici e alta qualità nel servizio. Sono inoltre gestiti gli interventi periodici di manutenzione e di controllo delle apparecchiature da monitorare da parte degli incaricati a tale servizio.

## Capitolo IV - ILLUMINAZIONE PUBBLICA

### IV.1 - Introduzione

Nel quarto capitolo di questo lavoro sono stati analizzati gli aspetti che caratterizzano il Comune di Specchia per quanto riguarda la fornitura del servizio di illuminazione pubblica: in particolare, lo studio è stato così articolato:

- ✓ elenco dei quadri elettrici presenti, con la relativa potenza installata;
- ✓ analisi dei consumi per l'anno 2004;
- ✓ visione del parco lampade presente;
- ✓ proposte di ottimizzazione.

Innanzitutto, è bene chiarire un concetto: cos'è un impianto d'illuminazione pubblica, e quali sono le sue finalità.

Per impianto d'illuminazione pubblica s'intende l'insieme delle apparecchiature (linee di alimentazione, lampade, corpi illuminanti) che hanno come scopo quello di garantire la sicurezza nelle città nelle ore notturne, nonché di permettere la fruizione del contesto urbano per tutti i cittadini. In particolare, l'illuminazione stradale ha lo scopo di garantire la sicurezza nelle ore notturne per tutti gli utenti della strada con un sufficiente comfort visivo e nel rispetto delle esigenze energetiche ed ambientali. Così deve rendere visibili, per i conducenti degli autoveicoli, gli eventuali ostacoli sulla strada e quanto presente anche oltre i limiti della stessa (marciapiedi, edifici, ecc.), limitando l'abbagliamento a valori che non compromettano la sicurezza ed ottimizzando i consumi energetici. Inoltre, l'illuminazione deve consentire il flusso regolare dei pedoni ai lati della strada, consentendo il riconoscimento dei tratti personali di chi s'incontra, sia per scoraggiare azioni criminose, sia come ausilio psicologico alla sicurezza.

L'illuminazione pubblica costituisce un'esigenza sociale, non solo perché assicura la sicurezza sulla strada a tutti i cittadini, ma anche perché i costi d'installazione, di gestione e di manutenzione sono sostenuti da finanziamenti pubblici.

E' quindi molto importante ottimizzare gli impianti d'illuminazione riducendo al minimo i costi d'installazione ed i consumi energetici. Infatti, come già esposto nell'introduzione, l'obiettivo di questo lavoro è quello di ottenere lo stesso servizio, limitando però i consumi di energia e quindi le emissioni ambientali.

## IV.2 - Struttura dell'impianto d'illuminazione

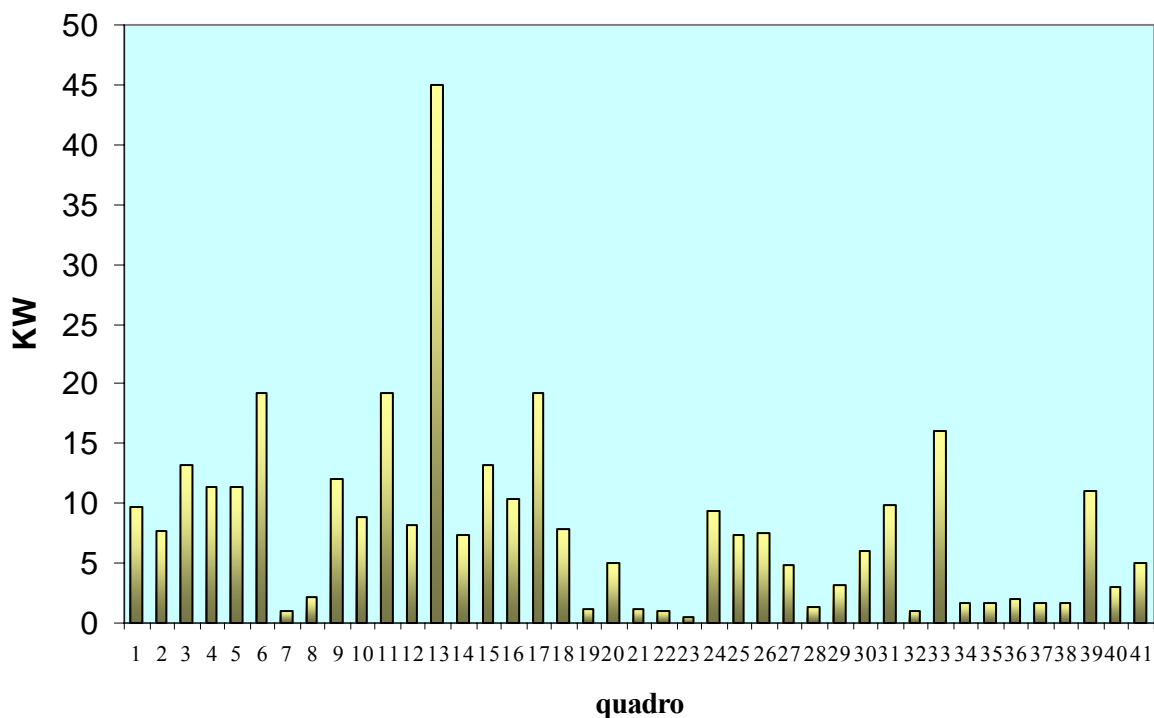
Nella tabella IV.1 sono elencati i quadri elettrici con le rispettive denominazioni, insieme alle potenze installate su ognuno di essi e alle superfici illuminate.

**Tab. IV.1 – Potenza installata e superficie stradale illuminata**

N° Quadro	Ubicazione	Potenza Installata (kW)	Superficie illuminata (m <sup>2</sup> )	Potenza specific (W/m <sup>2</sup> )
1	Via Amendolara	9,7	9043	1,073
2	Via C. Battisti	7,7	6723	1,145
3	Via Col. De Giovanni	13,2	6377	2,070
4	Via A. De Gasperi	11,4	9272	1,230
5	Via Di Vittorio	11,4	7337	1,554
6	Via Don Minzoni	19,2	10092	1,902
7	Via Ferrare	1	2104	0,475
8	Contrada Magnoni	2,1	1090	1,927
9	Via Fiore	12,1	2189,6	5,526
10	Via Galli	8,9	5088	1,749
11	Corso Garibaldi	19,2	3915	4,904
12	Corso Garibaldi	8,2	2995,4	2,738
13	Corso Italia	45	19154	2,349
14	Via Kennedy	7,3	19482	0,375
15	Via Madonna Del Passo	13,2	4328	3,050
16	Via G. Marconi	10,4	4372	2,379
17	Via Masaniello	19,2	7590	2,530
18	Via Amendolara	7,9	3152	2,506
19	Via Zaccagnini	1,1	1840	0,598
20	Via Alessano	5	4740	1,055
21	Via Matine	1,1	3635	0,303
22	Via Matine	1	1590	0,629
23	Via Padula	0,5	896	0,558
24	Via Pasubio	9,3	6410	1,451
25	Via Redenzione	7,3	7800	0,936
26	Via Roma	7,6	2325,36	3,268
27	Via S. Eufemia	4,8	4920	0,976
28	Via S. Nicola	1,4	1048	1,336
29	Via Ten. Carbone	3,1	1627	1,905
30	Via Zaccagnini	6	5120	1,172
31	Via XXV Aprile	9,8	2880	3,403
32	Contrada Vignali	1	768	1,302
33	Via A. Volta	16	10780	1,484
34	Contrada Patri	1,7	964	1,763
35	Contrada Patri	1,7	864	1,968
36	Via Verardo	2	1316	1,520
37	Via Paduligne	1,7	2037	0,835
38	Via Palombaro	1,7	982	1,731
39	Via Provinciale	11	6725	1,636
40	Contrada Fontanelle	3	1421	2,111
41	Piazza Aldo Moro	5	4768	1,049

Tutti i quadri elettrici sono collegati alla rete di distribuzione d'energia elettrica Enel Distribuzione S.p.A.

Nel grafico riportato in figura IV.1 è mostrato più chiaramente l'andamento delle potenze installate per ognuno dei quadri elettrici presenti.



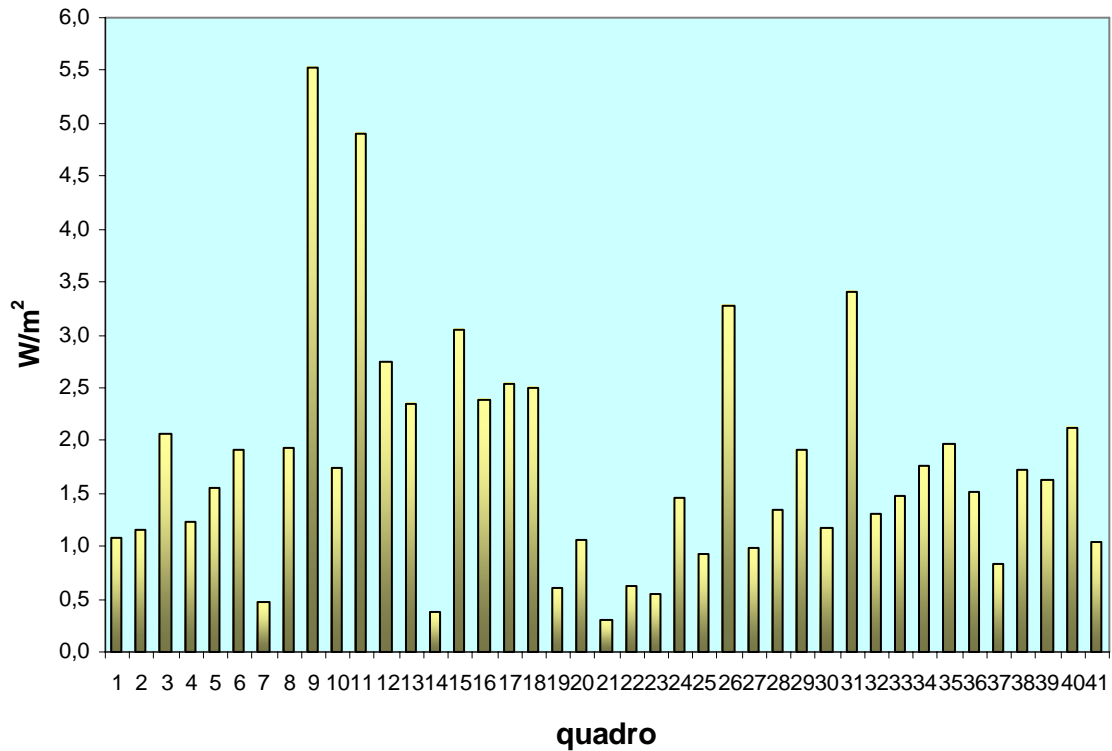
**Fig. IV.1 – Potenza installata su ogni quadro elettrico**

L'andamento delle potenze installate deve rispecchiare, in un impianto che funzioni correttamente, l'andamento dei consumi: se ciò non si verificasse, sicuramente vi sarebbero dei problemi di basso rendimento che è opportuno risolvere.

E' immediato constatare l'elevata potenza installata sul quadro n° 13 ubicato in Corso Italia, e la presenza di un buon numero di quadri che hanno bassissime potenze installate e quindi, presumibilmente, bassi consumi. Evidentemente, tali quadri potranno essere trascurati quando si andranno a pensare degli interventi migliorativi: infatti, andare ad operare lo stesso investimento su un quadro elettrico che presenti un basso valore d'incidenza vuol dire soltanto avere un basso risparmio conseguibile e quindi aumentare il Pay Back Period dell'investimento.

In figura IV.2 si riporta l'andamento della potenza specifica installata, data dal rapporto tra la potenza installata e la superficie stradale illuminata dal quadro elettrico considerato: questo parametro è molto indicativo, visto che un suo valore alto indica

che l'impianto è sovradimensionato, mentre un suo basso valore vuol dire sicuramente bassi consumi, ma anche la probabile scarsa visibilità, con tutti i rischi ad essa associati.



**Fig. IV.2 – Potenza specifica installata su ogni quadro elettrico**

Innanzitutto è notevole la differenza rispetto al grafico precedente: ciò testimonia la sicura presenza di quadri dimensionati in modo anomalo. Dal grafico si vede che i quadri n° 9, 11, 26, 31 sono quelli che presentano i valori di potenza specifica installata più alti, e quindi sono quadri sovradimensionati. Facendo riferimento al valor medio di potenza specifica installata, che è pari a  $1.768 \text{ W/m}^2$ , si può affermare che anche i quadri 3, 6, 8, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 40 risultano essere sovradimensionati. A questo punto si rende necessario analizzare i consumi relativi all'anno 2004, ricordando comunque che sono i quadri maggiormente incidenti quelli su cui andare ad intervenire in modo immediato.



### IV.3 - Dati di consumo 2004

Per la stima dei consumi dell'impianto d'Illuminazione Pubblica relativi all'anno 2004, sono state consultate le bollette Enel. Occorre sottolineare che alcune bollette avevano carattere bimestrale, altre mensili; inoltre per alcuni quadri elettrici non si è avuto prelievo di energia per diversi mesi, quindi l'andamento dei consumi è stato stimato in base a quello degli altri quadri elettrici.

In Appendice è riportato l'andamento dei consumi nei 41 quadri elettrici, nelle tabelle da A.1 a A.41, mentre nel presente paragrafo si riportano soltanto i dati di consumo complessivi.

Per ogni quadro elettrico sono state ricavate le seguenti informazioni:

- Potenza utilizzata (kW);
- Consumo di Energia attiva (kWh);
- Consumo di Energia reattiva (kVarh);
- Valore dello sfasamento tra tensione e corrente ( $\cos \varphi$ );
- Spesa sostenuta.

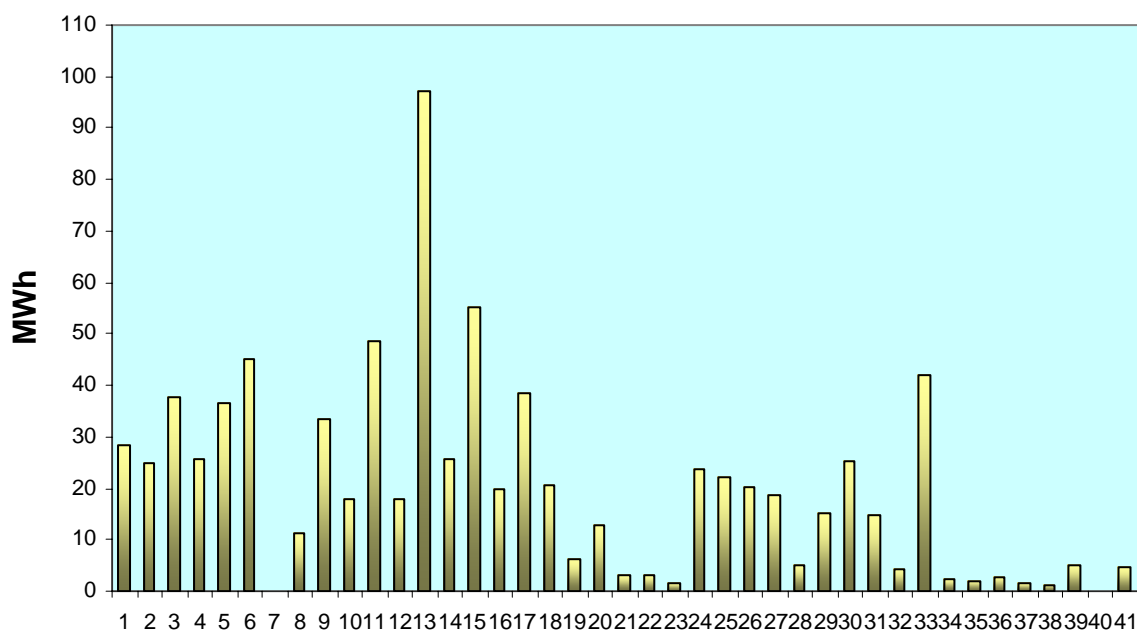
Per 7 quadri elettrici (dal n° 35 al n° 41) non è stato possibile ricavare i valori del consumo di energia reattiva e dello sfasamento tra tensione e corrente, poiché le fatture di pagamento relative a tali quadri vengono liquidate dal Comune di Specchia non come fatture relative a Pubblica Illuminazione, ma come fatture riferite alla categoria "Altre Utenze".

Inoltre occorre rilevare che il quadro n°15 ubicato in Via Madonna Del Passo ha subito un potenziamento nel mese di novembre 2004: la potenza installata è passata da 13.2 KW a 37 KW.

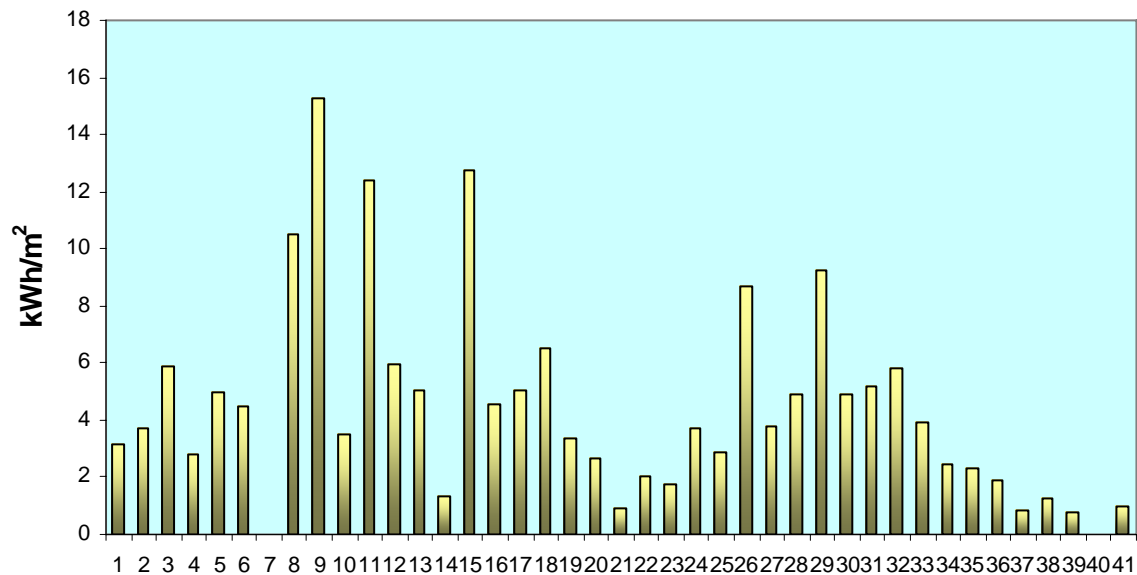
Infine, sono stati evidenziati in grassetto i valori di  $\cos \varphi$  molto bassi, e i valori di potenza utilizzata che superano la potenza installata sul quadro elettrico; l'importanza di questi due fattori sarà evidenziata in seguito, visto che la loro presenza si traduce automaticamente in un aumento delle spese sostenute dal Comune.

Per la fornitura del servizio d'Illuminazione Pubblica nell'anno 2004, il Comune di Specchia ha avuto un consumo di energia attiva di 822.39 MWh, ed ha sostenuto una spesa di 83313.27 €.

Nelle figure IV.3 e IV.4 è stato riportato l'andamento dei consumi, sia complessivi che specifici (all'unità di superficie), per l'anno 2004.



**Fig. IV.3 – Consumi annuali di energia attiva**



**Fig. IV.4 – Consumi specifici annuali di energia attiva**

I grafici permettono di fare le seguenti osservazioni:

- 1) il grafico relativo alle potenze specifiche fa capire su quali quadri si potrebbe abbassare la potenza installata, perché sovradimensionati, ed induce a verificare

- i livelli di illuminamento minimi sui quadri che presentano bassi valori di tale parametro;
- 2) l'andamento dei consumi di energia, qualora sia diverso da quello delle potenze, indica quali quadri abbiano funzionamento non ottimale, perché vengono sfruttati troppo poco in relazione alla potenza installata (ulteriore indicazione di sovradimensionamento), o perché vengono richiesti loro dei sovraccarichi che portano a funzionamenti a basso rendimento;
  - 3) l'andamento dei consumi specifici di energia dà ancora indicazione sui quadri sovradimensionati: un elevato valore di consumo specifico può significare sia che il quadro illumina una superficie stradale troppo bassa (punto 1), oppure che si hanno richieste che superano le potenzialità del quadro stesso (punto 2).

Innanzitutto occorre sottolineare la presenza di quadri, il n°7 in via Ferrare e il n°40 in Contrada Fontanelle, che non hanno avuto consumo di energia elettrica.

Dall'analisi congiunta delle figure IV.1, IV.2, IV.3, IV.4, si possono trarre pertanto le conclusioni seguenti:

- i quadri elettrici 11 e 15 presentano elevati valori di potenza specifica installata, consumo e consumo specifico, mentre la potenza installata rientra nella media: sono questi due quadri a presentare la situazione più critica;
- anche il quadro elettrico n°13 ha un elevato valore di potenza specifica e di consumo (il valore massimo in assoluto), ma non ha un elevato consumo specifico; inoltre, si tratta del quadro con la massima potenza installata, quindi l'unico dato su cui è necessario porre attenzione è quello sulla potenza specifica;
- il comportamento degli altri quadri elettrici può essere ritenuto accettabile, anche se non ottimale.

E' importante notare come i quadri menzionati siano tra quelli con i valori d'incidenza più elevati, ed è su di loro che occorre concentrare le attenzioni in primis, senza però dimenticare che interventi di ottimizzazione possono essere compiuti ovunque: non si è infatti in presenza di uno strumento di valutazione assoluto, visto che il campione di riferimento che è stato assunto è costituito dagli stessi quadri elettrici del Comune di Specchia.

In tabella IV.2 si riporta il valore di energia reattiva assorbita, ed il valore medio di  $\cos \varphi$  nel 2004 per i quadri elettrici costituenti l'impianto di illuminazione pubblica.

**Tab. IV.2 – Energia reattiva assorbita e valor medio di  $\cos \varphi$**

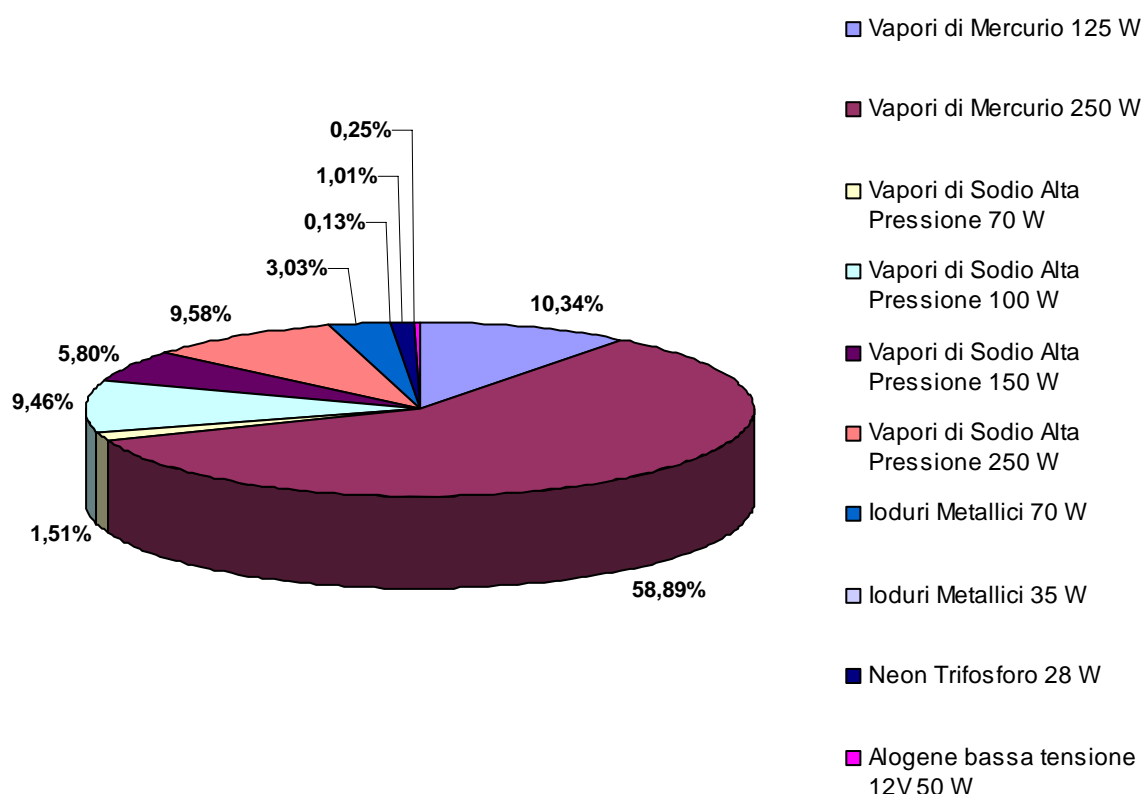
<b>Quadro elettrico</b>	<b>Energia reattiva (kvarh)</b>	<b><math>\cos \varphi</math></b>
1	22408	<b>0,818</b>
2	19721	0,778
3	23326	<b>0,851</b>
4	10688	0,924
5	34874	0,724
6	33924	<b>0,802</b>
7	0	N.D.
8	9311	<b>0,803</b>
9	25241	0,787
10	14133	0,787
11	36814	<b>0,802</b>
12	14539	0,733
13	58122	<b>0,858</b>
14	14699	<b>0,826</b>
15	35537	<b>0,836</b>
16	6275	0,954
17	23113	<b>0,845</b>
18	10883	<b>0,884</b>
19	286	0,998
20	6222	<b>0,897</b>
21	1148	0,938
22	246	0,997
23	N.D.	N.D.
24	150269	<b>0,821</b>
25	10110	0,91
26	7765	<b>0,899</b>
27	8716	0,905
28	6949	0,622
29	3677	0,972
30	10734	0,921
31	1915	0,987
32	6674	0,555
33	32191	0,796

Tali dati sono stati utilizzati nel paragrafo IV.5.1 per quantificare gli aspetti economici derivanti da un basso  $\cos \varphi$ .

#### IV.4 - Analisi del parco lampade

E' molto importante una corretta analisi del parco lampade utilizzato all'interno del Comune perché l'adozione di lampade a basso consumo è, come verrà più dettagliatamente spiegato in seguito, il primo passo da compiere verso una cospicua riduzione dei consumi energetici; tra l'altro, il tempo di ritorno dell'investimento da compiere per questo tipo d'operazione è davvero esiguo.

In figura IV.5 è illustrato il parco lampade presente nel comune di Specchia:



**Fig. IV.5 – Parco lampade per illuminazione pubblica del Comune di Specchia**

Si dà ora una breve descrizione delle tipologie principali di lampade per illuminazione pubblica esistenti.

Le lampade ai vapori di mercurio sono lampade ad alta intensità, in cui la luce è prodotta tramite una scarica elettrica, che eccita i vapori di mercurio, che si trovano ad alta pressione. La parte interna del vetro delle lampade è ricoperta da Mercurio, che

eccitato emette luce ultravioletta; il gas, l'Argon, contenuto nella lampada trasforma la luce UV in luce visibile. Quando la lampada si accende, poiché il Mercurio si trova a bassa pressione, è prodotta poca luce, man mano che la lampada si riscalda, aumenta la pressione del Mercurio aumenta la quantità di luce emessa. Per poter emettere il massimo rendimento della lampada devono passare circa cinque minuti dall'accensione. La loro irradiazione interessa tutto lo spettro elettromagnetico. Le lampade al mercurio sono presenti soprattutto nelle strade cittadine. Emettono luce bianca ed il loro spettro copre tutta la luce visibile con punte dal violetto all'arancione. La tendenza attuale prevede la loro sostituzione con le lampade al sodio ad alta pressione. Tra l'altro, la legislazione le considera rifiuto speciale poiché contenenti mercurio. In definitiva sono da evitare per 3 motivi: scarsa efficienza luminosa, emissione su tutto lo spettro, rifiuti speciali.

Le lampade ai vapori di sodio ad alta pressione funzionano con lo stesso principio impiegato in quelle ai vapori di mercurio ma questa volta il gas ionizzato è il sodio in alta pressione e rispetto alle lampade al mercurio si ottiene un rendimento due volte superiore. Il sodio in alta pressione irradia prevalentemente intorno al verde e al giallo e molto meno negli altri colori. Questa caratteristica è il segreto del suo rendimento nei confronti dell'occhio umano. Presentano una tonalità calda (rosa/arancione). Confrontandole con le lampade al sodio a bassa pressione, presentano un'efficienza minore, ma la resa cromatica è migliore. Rispetto invece alle lampade a vapori di mercurio, alle quali si pongono come alternativa, hanno efficienza molto maggiore, una resa cromatica un po' peggiore e una tonalità di luce più calda (2100 K anziché 3800 - 4300 K). Sono adatte per tutte le applicazioni industriali dove la resa dei colori non è di grande importanza. La loro accensione richiede, in luogo dello starter, uno speciale accenditore. Alcuni dei tipi a bulbo ellissoidale diffondente sono costruiti con l'accenditore incorporato così da consentire l'immediata sostituzione delle lampade a vapori di mercurio, avendo le stesse dimensioni e potendo usare lo stesso alimentatore. L'accensione richiede un tempo pari a quello delle lampade al mercurio, ma può avvenire a temperature anche molto più basse e cioè sino a - 40 °C; la riaccensione a caldo è invece molto più rapida, richiedendo da 1 a 2 minuti, dalle piccole potenze alle grandi. I tipi con bulbo tubolare a 2 attacchi possono essere riaccesi a caldo istantaneamente. Sono usate soprattutto nell'illuminazione delle vie cittadine. Esistono

diversi tipi commerciali di lampade al sodio ad alta pressione (identificate in genere con le sigle SON o NAV) che differiscono per la pressione. Essa determina la quantità di autoassorbimento e quindi la tonalità della luce che parte dal giallo-oro dei modelli standard, con pressioni del sodio di 10 kPa (kilopascal) ed elevata efficienza (anche 130 lm/W), e diventa sempre più bianca al crescere della pressione attraverso i modelli plus, super, confort e de luxe. Questi ultimi hanno pressioni dell'ordine di 40 kPa ma efficienze inferiori (fino a 95 lm/W). I modelli white (SDW) hanno, infine, una luce bianco-dorata, ottenuta con una pressione di 95 kPa, ma un'efficienza assai scarsa (circa 50 lm/W). L'aggiunta di impurezze nel sodio permette di ottenere una luce più bianca, in quanto appaiono altre righe, ma aumenta notevolmente il loro potere inquinante (vedi HPI).

Le lampade al sodio a bassa pressione (non presenti) sono costruite nella forma di bulbi tubolari di vetro contenenti al loro interno il tubo a scarica ripiegato ad U. Presentano la più alta efficienza luminosa ed emettono luce monocromatica sulla lunghezza d'onda del sodio. Sono le lampade migliori per efficienza luminosa ma data la loro emissione monocromatica sono utilizzate per le zone industriali, depositi, alcuni svincoli autostradali, distributori di benzina fuori città. L'accensione di queste lampade è lenta: si richiedono 10 minuti per raggiungere l'80% del flusso luminoso ed altri 5 per arrivare al 100%; essa non è molto influenzata dalla temperatura. La riaccensione dopo uno spegnimento momentaneo è rapida. Queste lampade, spesso indicate con le sigle NA, SOX ed SOX-E, arrivano ad efficienze dell'ordine di 200 lm/W (v. ad es. le SOX-E-131). Difficilmente le altre lampade potranno superare l'efficienza delle lampade al sodio a bassa pressione.

Le lampade alogene a bassa tensione sono lampade incandescenti alogene al tungsteno che funzionano a tensioni molto basse per mezzo di un trasformatore di tensione. Essendo lampade incandescenti, hanno un'efficacia molto più bassa delle altre famiglie delle lampade (come ad esempio lampade fluorescenti). Tuttavia, grazie alla presenza di alogeni, la loro efficacia è superiore del 20% rispetto alle lampade standard al tungsteno e le loro proprietà luminose sono più costanti con il passare del tempo. Inoltre, le più nuove lampade alogene sono disponibili con un rivestimento ad infrarosso che ne aumenta l'efficienza luminosa del 25-30%, rispetto alle lampade alogene convenzionali. Proiettano efficientemente anche a lunga distanza il fascio

luminoso e non danno problemi per la qualità ed il tipo di alimentazione. In più, presentano un'ottima resa cromatica.

Le lampade fluorescenti trifosforo sono le lampade fluorescenti più diffuse in Europa. Presentano un tubo con la sezione con diametro di 26 mm. Esse presentano un Indice di resa cromatica variabile tra l'80 e l'85 %. La loro efficienza luminosa può inoltre arrivare fino a 100 lm/watt. La durata si aggira attorno alle 8000 ore.

Nella tabella IV.3 sono riportati i parametri caratteristici delle lampade presenti in percentuali maggiori:

**Tab. IV.3 – Parametri caratteristici di vari tipi di lampade**

	<b>Alogene a bassa tensione</b>	<b>Sodio alta pressione</b>	<b>Vapori di mercurio</b>	<b>Sodio bassa pressione</b>
<b>TEMPERATURA DI COLORE (K)</b>	3000	1700 - 2200	3900 - 4300	N/A
<b>INDICE DI RESA CROMATICA %</b>	100	20-65	33 - 50	N/A
<b>EFFICIENZA LUMINOSA (lm/W)</b>	12 - 22	80	36 - 60	200
<b>DURATA(ORE)</b>	2000 - 4000	10000 - 24000	10000-24000	12000 - 24000
<b>COLORE</b>	bianchissimo	Rosa - arancione	Bianco - azzurro	giallo

#### **IV.5 - Proposte di ottimizzazione ed ipotesi di risparmio**

Le moderne tecnologie permettono di prendere in esame diverse possibilità di miglioramento nella fornitura del servizio d'illuminazione pubblica, sia perché ciò



garantisce un importante risparmio economico al soggetto che gestisce il servizio, in questo caso il Comune di Specchia, sia perché ogni operazione si tradurrebbe in risparmio energetico notevole, contribuendo, nel suo piccolo, al miglioramento della situazione energetica globale.

Gli interventi che saranno presi in considerazione sono i seguenti:

- 1) rifasamento dei carichi elettrici;
- 2) verifica della presenza di quadri elettrici che hanno avuto esuberi di potenza utilizzata, e miglioramento del loro funzionamento;
- 3) sostituzione di componenti e sistemi con altri più efficienti (lampade, alimentatori, corpi illuminanti, regolatori);
- 4) adozione di sistemi automatici di regolazione, accensione e spegnimento dei punti luce (interruttori crepuscolari, sistemi di regolazione del flusso e stabilizzatori di tensione);
- 5) utilizzo di lampioni fotovoltaici;
- 6) installazione di sistemi di telecontrollo e di gestione energetica della rete di illuminazione.

I primi aspetti analizzati sono stati il rifasamento e l'analisi delle potenze utilizzate, come dedotto nel paragrafo precedente. Riguardo alle lampade è stato già accennato alla convenienza di sostituire le lampade a vapori di mercurio con lampade al sodio ad alta o bassa pressione.

Per quanto riguarda gli alimentatori è bene optare per quelli elettronici, che consentono di ridurre i consumi di energia elettrica (fra il 5 ed il 10%), di migliorare il funzionamento della lampada grazie alla frequenza di alimentazione più elevata e di conseguire maggiori durate rispetto a quelli magnetici.

La corretta scelta dei corpi illuminanti permette di ottimizzare la distribuzione del flusso luminoso ed il rendimento di riflessione e la manutenzione.

All'interno della seconda categoria d'interventi è stata analizzata la possibilità di installare riduttori di flusso. Tali dispositivi consentirebbero risparmi energetici ragguardevoli, nell'ordine del 30%, ma bisogna tener presente l'aspetto normativo, in particolare le prescrizioni della norma UNI 10439: in assenza di un piano urbano d'illuminazione o di un'azione concordata con il settore viabilità e traffico dell'Ente Locale, le riduzioni di consumi conseguibili tenendo conto delle citate limitazioni è

pari al 15-20%: ciò dipende anche dal parco lampade installato. Molto interessante e semplice è anche la possibilità di utilizzare gli interruttori crepuscolari, grazie ai quali il flusso emesso dalla lampada è regolato in base all'illuminazione naturale presente.

I sistemi di telecontrollo e gestione energetica della rete d'illuminazione pubblica costituiscono poi l'ultima frontiera per quanto riguarda il risparmio e l'ottimizzazione in questo campo. L'accensione e lo spegnimento delle lampade possono essere controllati al fine di evitare che sensori di luminosità sporcati da inquinamento ed altro allunghino l'intervallo di funzionamento. La manutenzione può essere condotta in modo più razionale e meno costoso, anche in considerazione della riduzione di efficienza delle lampade nel periodo precedente il fuori servizio definitivo. Il monitoraggio continuo della rete consente inoltre di individuare facilmente le aree con consumi anomali ed anche di pianificare al meglio la strategia di sviluppo e manutenzione della rete.

Incrementare l'efficienza nell'illuminazione, oltre a produrre effetti economici diretti grazie al risparmio energetico, può consentire miglioramenti indiretti grazie alla riduzione degli incidenti stradali ed alla riqualificazione di zone urbane, poiché la presenza di luce è sintomo di sicurezza.

#### **IV.5.1 - Rifasamento dei carichi elettrici**

La potenza attiva assorbita da un'utenza elettrica monofase è espressa mediante la nota relazione:  $P = V I \cos \varphi$ , dove  $\varphi$  rappresenta l'angolo di sfasamento tra i vettori tensione e corrente. Uno sfasamento via via crescente tra tensione e corrente comporta un valore sempre più basso del parametro  $\cos \varphi$  a partire dal massimo valore possibile (che è 1). Un impianto a basso  $\cos \varphi$  converte quindi in potenza attiva un valore di potenza minore di quella teorica (" $V \times I$ "). Nelle utenze industriali, la maggior parte dei carichi è costituita da motori e trasformatori che sono carichi induttivi. Queste macchine generano un campo magnetico, che "sfasa" tensione e corrente ( $\cos \varphi < 1$ ) causando la produzione di energia reattiva (espressa in kVarh).

La sola potenza "utile" (in grado, cioè, di trasformare l'energia elettrica in lavoro meccanico) è quella attiva. La presenza di un alto valore di potenza reattiva, e quindi di un basso  $\cos \varphi$ , comporta i seguenti inconvenienti che si riflettono, oltre che sul rendimento, anche sui costi d'esercizio:

- diminuzione della potenza disponibile sugli impianti di alimentazione o sovradimensionamento degli impianti a parità di potenza attiva;
- aumento delle cadute di tensione, con conseguenze negative sul funzionamento degli apparecchi utilizzatori;
- aumento delle perdite di energia nei conduttori a causa della maggiore intensità di corrente in circolazione a parità di potenza;
- maggior costo dell'energia a causa delle maggiorazioni tariffarie previste in relazione all'energia reattiva fornita.

La risoluzione di questo problema consiste nell'inserimento di batterie di condensatori (carichi capacitivi) che contrastano l'effetto dei carichi induttivi, tendendo a riportare in "fase" tensione e corrente.

#### 4.5.1.1 - Aspetti economici

A seguito di specifiche delibere dell'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas, dal 01/01/02 gli utenti elettrici a mercato libero ed a mercato vincolato sono stati completamente equiparati dal punto di vista del costo del servizio di trasporto: ciò comporta che anche l'utente a mercato libero - che negli anni precedenti non veniva imputato di oneri per mancato rifasamento - dall'inizio del 2002 ritrova una voce di costo che può essere significativa, in rapporto al costo complessivo dell'utenza elettrica.

Le penali previste da queste delibere, che hanno adeguato il provvedimento CIP 11/78 alle nuove regole, prevedono le penali per bassi fattori di potenza<sup>1</sup> elencate in tabella IV.4, avendo indicato con  $\lambda$  il rapporto fra energia reattiva ed energia attiva:

**Tab. IV.4 – Penali da pagare per basso fattore di potenza**

	<i>B.T.</i>	<i>M.T.</i>	<i>A.T.</i>
	[€/Kvarh]	[€/Kvarh]	[€/Kvarh]
<b>0.5 &lt; <math>\lambda</math> &lt; 0.75</b>	0.0324	0.0152	0.0087
<b><math>\lambda &gt; 0.75</math></b>	0.0421	0.0190	0.0110

<sup>1</sup> Fattore di potenza: è pari al rapporto tra potenza attiva e potenza apparente assorbite da un'utenza elettrica.

dove le sigle B.T.(Bassa Tensione), M.T.(Media Tensione) e A.T.(Alta Tensione) indicano il valore di tensione a cui avviene la fornitura di energia elettrica. In particolare:

- forniture in B.T.: fino a 1 kV
- forniture in M.T.: da 1 kV fino a 35 kV
- forniture in A.T.: oltre 35 kV

Sono schematizzati qui di seguito i valori limite del fattore di potenza, da cui vengono dedotti i valori limite di  $\cos \varphi$  al di sotto dei quali si incorre nelle penali sopra elencate:

- 1) potenza reattiva = 50% della potenza attiva:  $\text{tg } \varphi = Q/P = 0,5$  quindi  **$\cos \varphi = 0,9$** : per  $0,9 \leq \cos \varphi < 1$  non si paga penale, in quanto la potenza reattiva risulta minore del 50% della potenza attiva;
- 2) potenza reattiva = 75% della potenza attiva:  $\text{tg } \varphi = Q/P = 0,75$  quindi  **$\cos \varphi = 0,8$** : per  $0,8 \leq \cos \varphi < 0,9$  (tutta l'energia reattiva è compresa tra il 50% ed il 75% dell'energia attiva) l'Ente fornitore fa pagare una penale per ogni kVARh tra il 50% ed il 75% rilevato dal contatore;
- 3) potenza reattiva = 100% della potenza attiva:  $\text{tg } \varphi = Q/P = 1$  quindi  **$\cos \varphi = 0,707$** : per  $\cos \varphi < 0,8$  (l'energia reattiva è superiore al 75 % dell'energia attiva) l'Ente fornitore fa pagare una penale per ogni kVARh oltre il 75% superiore a quella del punto precedente.

A questo punto è necessario vedere la situazione specifica nel Comune di Specchia: dopo aver calcolato un valore medio di  $\cos \varphi$  per ognuno dei quadri elettrici per cui questo dato è disponibile (34 quadri elettrici), è stato stimato l'ammontare della penale che il Comune ha dovuto sostenere nell'anno 2004: infine, dopo una breve descrizione dei metodi attuabili per il rifasamento di una rete elettrica, è stato valutato l'ammontare dell'investimento e il pay back period per un intervento di questo tipo.

#### **IV.5.1.2 - Situazione attuale**

Nella tabella IV.5, sono stati riportati, rifacendosi ai dati visti in tabella IV.2, i valori delle penali da pagare per basso fattore di potenza: ben 21 quadri su 33 hanno bisogno d'interventi di rifasamento.

**Tab. IV.5 – Penali da pagare per basso fattore di potenza nei quadri elettrici del Comune di Specchia**

Quadro elettrico	Penale (€)
1	726,02
2	830,25
3	755,76
5	1468,20
6	1099,14
8	301,68
9	1062,65
10	595,00
11	1192,77
12	612,09
13	1883,15
14	476,25
15	1151,40
17	748,86
18	352,61
20	201,59
24	4868,72
26	251,59
28	292,55
32	280,98
33	1355,24

Il *valore complessivo della penale* da pagare, dato dal prodotto tra Energia reattiva consumata nell'arco 2004 e costo unitario del kVarh quando  $\cos \varphi$  scende al di sotto di un certo valore, è pari a 20506.49 €, un valore pari al 24.61% della spesa totale per Illuminazione Pubblica del Comune di Specchia. Occorre notare comunque che si è avuto un comportamento assai negativo del quadro elettrico n° 24 nel mese di settembre ( $\cos \varphi = 0.014$ ), che ha contribuito in maniera decisiva sul totale delle penali da pagare per basso fattore di potenza. La penale da pagare su questo quadro elettrico dovrebbe essere notevolmente più elevata, ma dovendo far riferimento al valore medio annuale di  $\cos \varphi$ , si rientra nella fascia in cui tale penale è pari a 0.0324 €/kVarh. Con un intervento di rifasamento dei carichi si potrebbero conseguire dei risparmi pari al 24.61% del totale delle spese sostenute per il servizio di illuminazione pubblica.

#### **IV.5.1.3 - Tipologie d'intervento**

L'operazione di rifasamento del carico consiste nel riportare il basso valore di  $\cos \varphi$  posseduto dall'impianto al valore di  $\cos \varphi = 0,9$ . Ciò si ottiene con l'immissione di

potenza reattiva di tipo capacitivo, allo scopo di compensare la potenza reattiva induttiva richiesta, con l'inserimento di condensatori in parallelo al carico stesso.

I condensatori possono essere installati in ogni punto dell'impianto in cui il fattore di potenza risulti basso, per fornire in quel punto l'energia reattiva richiesta. Secondo il tipo dei carichi, della loro ubicazione e della contemporaneità della loro alimentazione, si possono riconoscere tre diversi metodi di rifasamento: il rifasamento distribuito, il rifasamento per gruppi, il rifasamento centralizzato.

Rifasamento distribuito: Consiste nel rifasare localmente ciascun carico installando una batteria di condensatori dedicata. Questa è la soluzione migliore in quanto permette non solo di ridurre la potenza reattiva richiesta alla rete di alimentazione ma anche di migliorare lo sfruttamento dell'impianto, riducendone le correnti e conseguentemente anche le perdite e le cadute di tensione.

E' una soluzione piuttosto costosa ed è solitamente conveniente solo per grossi carichi concentrati. Si preferisce quindi effettuare un rifasamento distribuito per gruppi o per settori dell'impianto.

Rifasamento per gruppi di utenze: Quando è possibile suddividere l'impianto in gruppi di utilizzatori con caratteristiche di funzionamento omogenee può risultare conveniente rifasare un gruppo di utilizzatori con un'unica batteria di condensatori. In questo caso è bene ricordare che non c'è miglior sfruttamento dei cavi per tutta la rete a valle del punto di collegamento del condensatore.

Rifasamento centralizzato: E' il metodo in assoluto più economico e consiste nell'installare un'unica batteria di condensatori a monte di tutto l'impianto. Può essere considerato l'opposto del rifasamento distribuito poiché non determina uno sfruttamento ottimo dell'impianto. E' senz'altro il sistema migliore se installato in impianti in cui si ha un assorbimento pressoché costante di potenza reattiva. Negli impianti in cui invece le condizioni di carico sono piuttosto variabili, sono impiegati sistemi di rifasamento automatici che permettono l'inserzione o la disinserzione automatica di diverse batterie di condensatori, seguendo in tal modo le variazioni della potenza reattiva assorbita e mantenendo costante il fattore di potenza dell'impianto. Un opportuno dispositivo (centralina elettronica) confronta il valore desiderato del fattore di potenza a quelli effettivamente assunti dall'impianto durante l'esercizio. In base allo scostamento rilevato comanda l'inserimento o il disinserimento, attraverso

opportuni contattori, dei gruppi di condensatori (corrispondenti ai prefissati gradini di regolazione) necessari per mantenere il fattore di potenza al valore prefissato.

#### IV.5.1.4 – Stima dell'investimento

Per rifasare dal valore attuale ( $\cos \varphi_2$ ) a 0,9 ( $\cos \varphi_1$ ) è necessaria una potenza reattiva del tipo capacitivo di valore (in kVar):

$$Q_{cI} = P \times (tg \varphi_2 - tg \varphi_1), \text{ dove } P \text{ è la potenza installata in kW.}$$

Nella tabella IV.6 sono riportate le potenzialità degli impianti di rifasamento da installare, accompagnate dalla spesa relativa al loro acquisto (si ipotizza che il costo di una centralina sia pari a 50 Euro/kVar).

**Tab. IV.6 – Potenzialità e costo centraline di rifasamento**

Quadro elettrico	Potenza installata (kW)	Cos $\varphi$ iniziale	Potenzialità della centralina (kVar)	Costo della centralina (€)
1	9,7	0,818	2,15	107,5
2	7,7	0,778	2,5	125
3	13,2	0,851	1,75	87,5
5	11,4	0,724	4,33	216,5
6	19,2	0,802	5,13	256,5
8	2,1	0,803	0,55	27,5
9	12,1	0,787	3,66	183
10	8,9	0,787	2,69	134,5
11	19,2	0,802	5,08	254
12	8,2	0,733	3,62	181
13	45	0,858	5,1	255
14	7,3	0,826	1,46	73
15	13,2	0,836	2,28	114
17	19,2	0,845	2,85	142,5
18	7,9	0,884	0,34	17
20	5	0,897	0,04	2
24	9,3	0,821	1,98	99
26	7,6	0,899	0,02	1
28	1,4	0,622	1,08	54
32	1	0,555	1,035	51,75
33	16	0,796	4,48	224

Il totale dell'investimento ammonta a **2606.35 €**, con un pay back period irrisorio, pari a **0.13 anni**, il che pone l'accento sulla grandissima convenienza di quest'operazione, legata appunto sia alla rapidità del ritorno dell'investimento, sia agli ingenti risparmi

che saranno realizzati. Tali risparmi saranno dovuti, oltre al mancato pagamento delle penali, anche agli altri fattori già visti nell'introduzione.

#### IV.5.2 - Esuberi di potenza impegnata

Per esubero s'intende un valore superiore del 20% rispetto alla potenza installata sull'utenza. Con l'avvento del Mercato Libero, Enel ha eliminato le penali da pagare nel momento in cui un'utenza ha regolarmente degli esuberi di potenza impegnata. Tuttavia, occorre sottolineare che avere regolarmente degli esuberi di potenza significa avere un impianto che non funziona in maniera ottimale, che è sottoposto a condizioni di carico gravose che portano a un decadimento delle prestazioni della linea elettrica : è fondamentale pertanto avere dei contratti di fornitura di energia elettrica ottimizzati anche alla voce *potenza impegnata*. Inoltre, se si hanno esuberi di potenza, si hanno dei costi aggiuntivi per quanto riguarda il corrispettivo di potenza, che sono addebitati anche ai mesi precedenti: ad esempio, se un impianto ha una potenza disponibile di 30 kW e la potenza impegnata nel mese di dicembre è stata pari a 60 kW, si aggiornano le fatture degli undici mesi precedenti, come se anche in questi periodi si fossero avuti prelievi di potenza pari a 60 kW.

Sono ora riportati in tabella IV.7 i quadri elettrici per i quali si sono avuti esuberi di potenza per l'anno 2004, calcolando anche i corrispettivi di potenza pagati in eccesso e dovuti proprio agli esuberi, ricordando che, per la tariffa B4 valida per tutti i quadri elettrici facenti parte del servizio d'Illuminazione Pubblica del Comune di Specchia, il corrispettivo di potenza mensile è pari a 2.35 €/kW impegnato.

**Tab.IV.7 – Somme pagate per esubero di potenza**

<b>Quadro elettrico</b>	<b>Max potenza prelevata nel 2004 (kW)</b>	<b>Corrispettivi di potenza pagati per gli esuberi (€)</b>
14 (Via Kennedy)	9.2	53.58
15 (Via Madonna Del Passo)	37.2	677.8
25 (Via Redenzione)	12.4	143.82



Come già detto, da un migliore dimensionamento della potenza degli impianti elettrici deriverebbe anche un più efficiente funzionamento degli impianti di distribuzione dell'energia: tali miglioramenti sono difficili da quantificare economicamente, ma comunque garantirebbero un aumento dell'efficienza nella distribuzione del servizio.

### **IV.5.3 - Installazione di regolatori di flusso luminoso**

Gli impianti d'illuminazione sono allacciati a reti di distribuzione le quali sono soggette a variazioni di tensione, dovute sia all'ente erogatore, sia alle variazioni di carico stagionali e giornalieri.

Le lampade, per funzionare correttamente, devono essere alimentate con una tensione non superiore al 5% del valore nominale. Spesso nei periodi di funzionamento degli impianti si verificano dei valori molto più elevati. Le sovratensioni sono estremamente critiche per tutte le sorgenti luminose, limitandone la resa sia a livello di durata, sia a livello di flusso luminoso emesso nel tempo. Per ottenere le massime prestazioni è pertanto necessaria la funzione di stabilizzazione, la quale deve essere realizzata con tecnologie molto affidabili e caratterizzate da elevata velocità di recupero delle variazioni di rete.

I regolatori di flusso luminoso attualmente in circolazione permettono di stabilizzare la tensione di linea ed effettuare la regolazione entro il valore nominale ed un valore minimo compatibile con il tipo di lampade utilizzato. Si realizza cioè un migliore comportamento dell'apparecchio di illuminazione, limitando il valore di tensione, ed inoltre al diminuire di questo si riduce il flusso luminoso, con conseguente diretto risparmio energetico ed economico: è da notare che anche il primo aspetto si traduce immediatamente in risparmio, visto che un uso razionale dell'organo illuminante consente di allungarne la vita, fino al raggiungimento delle durate dichiarate dai costruttori, e quindi di diminuire i costi di manutenzione e di sostituzione delle lampade stesse. Si possono ottenere così risparmi energetici fino al 50%.

#### **IV.5.3.1 – Funzionamento**

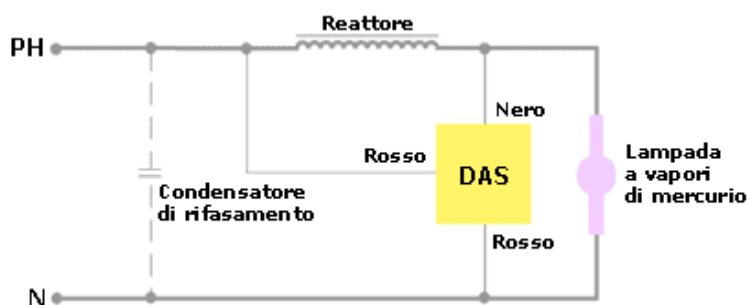
Il risparmio energetico ottenibile grazie alla funzione di stabilizzazione e regolazione dipende in gran parte dallo stato dell'impianto in esame e dalla tipologia di lampade utilizzate. Tutte le lampade a scarica generalmente impiegate in illuminazione pubblica

o privata possono essere sottoalimentate senza particolari problemi, ma è necessario rilevare, come si evince dalla tabella seguente, che a pari condizione di sottoalimentazione i diversi tipi di lampade garantiscono percentuali di risparmio sostanzialmente differenti. Queste differenze sono determinate dalle caratteristiche fisico-costruttive delle lampade e dalla tipologia di utilizzazione. Le percentuali di miglioramento ottenibili con l'adozione dei regolatori di flusso sono riportate in tabella IV.8.

**Tab. IV.8 – Percentuali di risparmio ottenibili con i regolatori di flusso luminoso**

Tipo di lampada	Valore min. di tensione ammissibile		Valore indicativo di riduzione del flusso luminoso con tensione min.	Risparmio energetico
	senza DAS	con DAS		
Sodio alta pressione	183V		60%	45÷50%
Sodio bassa pressione	190V		10%	35%
Vapori di mercurio	200V	183V	40%÷60%	26÷30% / 32÷40%
Alogenuri metallici	183V		60%	40%

Un altro aspetto da considerare riguarda le lampade a vapori di mercurio, le quali non possono essere sottoalimentate oltre certi valori: in questo caso, per massimizzare i risparmi è necessario l'utilizzo di un Dispositivo Anti-Spegnimento DAS. Il DAS è un dispositivo addizionale che è inserito nel corpo illuminante quando si vuole scendere nella fase di sottoalimentazione sotto ai 190 Volt. È costituito da un gruppo RC annegato in resina da collegare come nello schema in figura IV.5.



**Fig. IV.5 – Dispositivo anti-spegnimento**

Il regolatore di flusso luminoso si avvia eseguendo automaticamente il ciclo di accensione delle lampade ad un livello di tensione programmabile. In seguito il controllore di potenza si porta gradualmente al valore di tensione nominale. Quando per motivi diversi (ad esempio nelle ore notturne per gli impianti d'illuminazione stradale) il livello d'illuminamento massimo non è più necessario, il regolatore permette di alimentare le lampade con un valore di tensione ridotto al fine di ottenere un rilevante risparmio energetico: la differenza tra una lampada funzionante con regolatore ed una tradizionale è illustrata in figura IV.6.

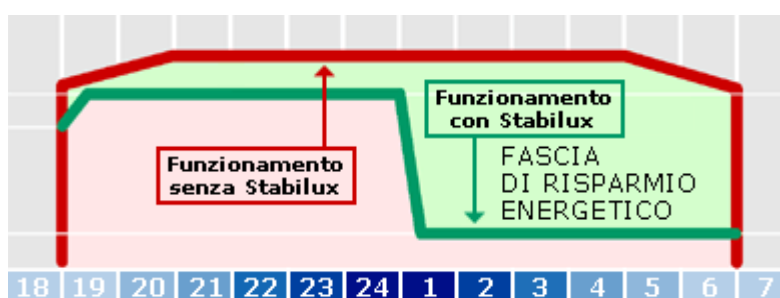


Fig. IV.6 – Funzionamento con e senza regolatore di flusso

Anche il passaggio da regime nominale a ridotto e viceversa avviene in modo graduale. La tensione di uscita dal regolatore di flusso luminoso viene mantenuta stabilizzata entro il  $\pm 1\%$ . In caso di black-out, al ritorno dell'alimentazione di rete, viene ripetuto il ciclo di accensione delle lampade prima di riportare la tensione di uscita al valore programmato precedentemente.

L'utilizzo dei regolatori di flusso luminoso, grazie alle proprie caratteristiche costruttive, consente di ottenere una serie considerevole di vantaggi, illustrati in figura IV.7, veramente importanti per gli impianti che producono un'illuminazione costante e uniforme:



Fig. IV.7 – Vantaggi garantiti dal regolatore di flusso

In alternativa ai regolatori di flusso luminoso, per tutti i quadri elettrici si può procedere alla *parzializzazione dell'illuminazione*, con spegnimento del 50% dei punti luce (alternandone il funzionamento) grazie all'uso di un timer dal costo irrisorio; un ulteriore metodo di risparmio consiste nell'impiego di impianti con *cablaggio bi-potenza*: in questo modo le lampade rimangono tutte accese ma, grazie al comando di un timer, dopo determinati orari lavorano a potenza ridotta (ad esempio da 150 a 100 W). In particolare, quest'ultima soluzione è maggiormente indicata, visto che la parzializzazione del funzionamento può avere effetti negativi sull'uniformità dell'illuminazione.

#### **IV.5.3.2 - Valutazione economica dell'investimento**

In questo paragrafo è stata valutata la convenienza economica, in termini di pay back period (tempo di ritorno), dell'investimento riguardante l'installazione dei regolatori di flusso; in particolare, saranno svolte tre analisi, che rappresentano tre successive evoluzioni:

- 1) sola installazione dei regolatori di flusso luminoso;
- 2) miglioramento del parco lampade;
- 3) installazione dei regolatori di flusso luminoso dopo aver migliorato il parco lampade.

Si è dimostrato che il tempo di ritorno dell'investimento 3 è notevolmente inferiore rispetto a quello dell'investimento 1.

#### *Installazione dei soli regolatori di flusso luminoso*

Si è supposto di installare 39 regolatori di flusso luminoso: infatti, si è visto in precedenza che 2 dei 41 quadri elettrici installati sono stati inutilizzati nell'anno 2004, quindi è logico decidere di non installare regolatori su tali quadri, giacché non si avrebbe alcun beneficio, risparmiando così sul costo dell'investimento.

Come visto, il parco lampade del Comune di Specchia è costituito in gran parte da lampade ai vapori di mercurio (68.27%) e lampade ai vapori di sodio alta pressione (26.36%); è bene quindi considerare solo queste tipologie di lampade, visto che le altre tecnologie prima descritte sono presenti in quantità trascurabili. Se si progetta di installare regolatori di flusso luminoso con dispositivi DAS, si possono ipotizzare

risparmi annui del 40% per le lampade ai vapori di mercurio e risparmi annui del 50% per le lampade ai vapori di sodio alta pressione.

Come prima illustrato, la spesa complessiva nel 2004 dovuta al servizio d'Illuminazione Pubblica è stata pari a 83313.27 €; di questi, secondo le percentuali prima esposte, 56877.97 € sono associabili all'utilizzo di lampade ai vapori di mercurio e 21961.38 € lampade ai vapori di sodio ad alta pressione; quindi, i risparmi conseguibili sono pari a 22751.19 € per le lampade ai vapori di mercurio, e di 10980.69 € per le lampade ai vapori di sodio ad alta pressione.

Supponendo allora di acquistare 39 unità, ognuna di esse con un costo pari a 6000 €, e ritenendo i costi per l'installazione e la messa in opera del servizio pari a 15000 €, l'ammontare complessivo dell'investimento risulterebbe pari a 249000 €.

Il **pay back period** dell'investimento è perciò pari a  $249000 / (22751.19 + 10980.69) = 7.38$  **anni**.

#### *Miglioramento del parco lampade*

E' stato poi analizzato l'investimento riguardante la sostituzione delle lampade ai vapori di mercurio, poco efficienti, con lampade ai vapori di sodio ad alta pressione, con conseguente diminuzione della potenza installata e, proporzionalmente, dei consumi energetici (nonché delle spese).

Nel sostituire le lampade, bisogna garantire che il flusso luminoso non subisca variazioni rilevanti: imponendo la costanza di questo parametro, e considerando dei valori di efficienza pari a 48 lm/W per le lampade ai vapori di mercurio e di 80 lm/W per le lampade ai vapori di sodio ad alta pressione sarebbe opportuno effettuare le seguenti sostituzioni:

- 82 lampade ai vapori di mercurio da 125 W = 82 lampade ai vapori di sodio ad alta pressione da 80 W (il flusso luminoso aumenta del 6.7%)
- 467 lampade ai vapori di mercurio 250 W = 467 lampade ai vapori di sodio ad alta pressione da 150 W (non si hanno incrementi del flusso luminoso).

La potenza installata, associata alla presenza di lampade ai vapori di mercurio, scenderebbe da 127 KW a 76.61 KW, facendo così registrare una diminuzione percentuale della spesa del 39.68%, pari ad un risparmio di 22569.18 €. Il risparmio

complessivo, cioè rapportato all'intera spesa per illuminazione pubblica, è pari al 27.09%.

Supponendo un costo di 20.79 € per le lampade da 80 W e di 23.49 € per le lampade da 150 W, l'ammontare dell'investimento è pari a  $20.79 \cdot 82 + 23.49 \cdot 467 = 12674.61$  €.

Il **pay back period** dell'investimento è perciò pari a **0.561 anni**, veramente molto basso.

#### *Installazione dei regolatori di flusso luminoso dopo la sostituzione delle lampade*

E' molto interessante valutare infine la convenienza dell'installazione dei regolatori di flusso luminoso dopo la sostituzione delle lampade, convenienza legata a due fattori diversi: la maggiore efficienza delle lampade ai vapori di sodio ad alta pressione e, nello specifico, le maggiori percentuali di miglioramento che i regolatori di flusso luminoso garantiscono quando sono accoppiati con queste lampade.

Associando le informazioni riguardanti i due investimenti precedenti, si ha che:

- la sostituzione delle lampade garantisce, a fronte di una spesa di 12674.71 €, un risparmio annuo di 22569.18 €: le spese per Illuminazione pubblica diventano pari a 60744.09 €.

- installando a questo punto i regolatori di flusso, si risparmierebbe il 50% della spesa imputabile alle lampade ai vapori di sodio ad alta pressione, che a questo punto costituiscono però il 94.63% del totale. Il risparmio ottenibile è pari a 28741.07 €: la spesa diventerebbe pari a 32003.02 €.

Il beneficio totale ottenibile ammonta a 54752.2 €, mentre il costo totale dell'investimento è pari a 261674.71 €:

Il **pay back period** dell'investimento è perciò pari a **4.78 anni**.

Ecco così dimostrata la convenienza di installare i regolatori di flusso solo dopo aver ottimizzato il parco lampade.

#### **IV.5.3.3 - Cenno agli aspetti normativi**

Un ostacolo all'utilizzo dei regolatori di flusso luminoso è stato rappresentato dalla norma UNI 10439 del 1995; nel mese di luglio 2001 è stata pubblicata la seconda edizione della norma UNI 10439 "Requisiti illuminotecnici delle strade con traffico

motorizzato". L'interesse principale della nuova edizione risiede nella possibilità, finalmente, di ridurre i livelli d'illuminazione nelle ore notturne con minore flusso di traffico, al fine sia di ridurre i consumi energetici, sia di limitare il flusso luminoso emesso verso l'alto. Ma fino all'introduzione di quest'aggiornamento, per installare dei regolatori di flusso luminoso era necessario tener presente i seguenti aspetti normativi, non potendo fare riferimento alla vecchia UNI 10439.

In base alla legge 186/1968, art. 1 tutti gli impianti elettrici devono essere realizzati e costruiti a regola d'arte. Ai fini della definizione della "regola d'arte" è possibile fare riferimento alle Direttive 83/189/CEE (legge del 21 Giugno 1986 n.317) ed inoltre al DPR 447/91 (regolamento della legge 46/90) all'art. 5. Infatti, tali provvedimenti di legge specificano che devono considerarsi realizzati in conformità alla "regola d'arte" tutti gli impianti realizzati e costruiti secondo le norme UNI, DIN, NF, etc. La norma DIN 5044 tedesca (già adottata in numerosi settori della progettazione e della produzione come norma di riferimento per paesi europei e non), costituiva un valido strumento alternativo dove le norme italiane non davano indicazioni o non definivano il problema nella loro completezza, ed era opportuno adottarla come norma di riferimento, in quanto consente l'utilizzo di sistemi di riduzione del flusso sempre più comuni e richiesti dalle attuali leggi regionali italiane (e da numerosi regolamenti comunali).

La vecchia norma UNI 10439 (Aprile 2000) di fatto, prevedendo valori unici e fissi in funzione della classe della strada per la luminanza media<sup>2</sup> indipendentemente dal traffico, vietava l'utilizzo di sistemi per la riduzione del flusso luminoso (e quindi della luminanza media), precludendo quindi alle amministrazioni locali la possibilità di realizzare significativi risparmi energetici ed economici e costituendo a rigore un mancato rispetto della "regola d'arte".

La preferenza per la norma DIN 5044, oltre ad essere dettata da questa prima considerazione era motivata da alcune considerazioni che si possono trarre dall'immediato confronto delle due norme:

1. Il livello di luminanza minimo nel caso della norma DIN è differenziato per ogni classe di strada: varia infatti a seconda delle sue caratteristiche

---

<sup>2</sup> La luminanza è pari al rapporto tra l'intensità luminosa emessa (misurata in cd) e la superficie illuminata.

geometriche, dell'intensità del traffico nelle ore notturne [veicoli/ora], e della durata di superamento [ore/anno]. Questo permette di installare riduttori di flusso luminoso ma anche una più precisa illuminazione rispondente alle effettive esigenze.

2. La Norma DIN 5044 prescrive un maggiore livello di luminanza per strade urbane con intenso traffico con possibilità di sosta ai lati, rispetto ad analoghe strade senza alcuna possibilità di sosta ai lati, oppure rispetto alle strade principali o esclusivamente veicolari. Questo poiché è maggiormente fonte di rischio la presenza di auto parcheggiate a bordo carreggiata, e soprattutto è fonte di rischio il parcheggio a bordo carreggiata per il traffico, quindi è necessario una maggiore illuminazione rispetto alle altre strade.
3. Per autostrade, urbane ed extraurbane, inoltre i valori prescritti dalla norma DIN 5044/1 sono dimezzati rispetto a quelli della UNI, soprattutto in considerazione del fatto che in assenza di pedoni, ciclisti o veicoli in sosta o manovra il rischio di incidenti è notevolmente inferiore: è in questi settori che si possono attuare i massimi profitti derivanti dall'adozione dei regolatori di flusso luminoso.
4. La classificazione delle strade è più facile ed intuitiva nelle descrizioni della norma tedesca. Spesso, infatti, per l'incertezza dell'attribuzione di una strada ad una certa classe si tende ad illuminare le strade con il livello di  $2 \text{ cd/m}^2$  (che si adattava a tutte le strade, poiché, fino all'entrata in vigore della legge lombarda non esisteva alcun limite massimo alla luminanza). Con una descrizione più intuitiva e descrittiva come si ha nella DIN 5044 questa difficoltà viene a cadere, permettendo di utilizzare il livello di luminanza più adatto al tipo di strada.

In tabella IV.9 sono riassunte le differenze presenti, intermini di luminanza media mantenuta nell'illuminazione stradale, fra la vecchia edizione della UNI 10439 e la DIN 5044.



**Tab. IV.9 - Differenze fra la vecchia edizione della UNI 10439 e la DIN 5044, in termini di luminanza media da mantenere nell'illuminazione stradale**

Classificazione strada urbana		DIN				UNI 10439(non aggiornata)
		Intensità del traffico (veicoli/ora)				
		900	600	200	200	
DIN 5044	UNI 10439(non aggiornata)	Durata di superamento (ore/anno)				
		200	300	300	<300	
		2	2	1,5	1	2
		1,5	1,5	1	0,5	2
		1	1	0,5	0,5	2
		1,5	1	0,5	0,5	2
		1	0,5	0,5	0,5	2

Nella nuova edizione della UNI 10439, a ciascuna classe di suddivisione delle strade è associato un "indice della categoria illuminotecnica", caratterizzato dal "valore minimo della luminanza media mantenuta", valore che può variare da 2 a 0,5 cd/m<sup>2</sup>. Inoltre la norma è stata modificata anche per quanto riguarda l'illuminazione dei margini delle strade: è presente l'obbligo di illuminare una striscia di almeno 5 m ai lati delle strade di categoria più elevata, con una luminanza pari al 50% di quella stradale.

Il paragrafo 3.2 della norma UNI 10439 classifica nel prospetto 1a le strade secondo categorie illuminotecniche in funzione del tipo di traffico e coerentemente con il Codice della Strada. Per ogni categoria illuminotecnica il prospetto 1b prescrive le

caratteristiche fotometriche. Dopo aver ricordato che "le categorie illuminotecniche prescritte per ogni classe di strada sono valide con il flusso orario di traffico riferito al valore massimo previsto per quella classe di strada", la norma prosegue indicando che, in presenza di "flussi orari di traffico minori di detto valore in orari particolari durante la notte" e qualora "le condizioni di sicurezza generale per tutti gli utenti della strada lo permettano", è possibile ridurre il valore minimo della luminanza media mantenuta rispettivamente di una o due categorie illuminotecniche con flussi di traffico inferiori al 50% ed al 25% del valore massimo.

#### **IV.5.4 - Impiego di lampioni stradali fotovoltaici**

I lampioni fotovoltaici consentono di illuminare zone prive di collegamenti alla rete elettrica.

I moduli fotovoltaici installati sul palo sono, infatti, associati a degli accumulatori che rendono il sistema completamente autonomo e quindi ideale per evitare onerosi costi di scavo necessari per portare le linee elettriche nelle aree da illuminare.

I lampioni fotovoltaici rappresentano la soluzione migliore per l'illuminazione di parcheggi, giardini pubblici, incroci stradali, zone d'interesse naturalistico e ambientale. I lampioni fotovoltaici sono caratterizzati da tre elementi principali: i moduli fotovoltaici, le batterie e la centralina di controllo.

I moduli fotovoltaici trasformano l'energia contenuta nelle radiazioni solari in energia elettrica, la quale è immagazzinata nelle batterie per garantire l'alimentazione della lampada nelle ore notturne. La centralina di controllo gestisce tutto il sistema, accendendo e spegnendo la lampada in modo da garantire prima di tutto il servizio richiesto e razionalizzando al meglio lo sfruttamento delle batterie per preservarne lo stato e quindi aumentare la loro durata di vita.

Bisogna infatti considerare la luminosità richiesta e l'insolazione della zona in cui s'intende installare il lampione, in modo da dimensionare adeguatamente il sistema.

La centralina ha le seguenti funzioni:

- controlla la ricarica della batteria effettuata tramite i moduli fotovoltaici;
- comanda l'accensione della lampada per le ore prefissate;
- esegue l'accensione della lampada a mezzo sensore crepuscolare elettronico;

- controlla lo stato di carica della batteria;
- protegge la batteria da scariche dannose;
- controlla la corrente assorbita dall'inverter.

Tutto il funzionamento è gestito da un microprocessore potente ed affidabile, in cui risiede il software di gestione del sistema.

La centralina provvede automaticamente all'accensione della lampada, verificando continuamente lo stato di carica della batteria; essa ha inoltre la possibilità di effettuare la funzione di crepuscolare direttamente dai moduli fotovoltaici, i quali annullano progressivamente il valore della tensione con l'arrivo del tramonto, oppure tramite fotoresistenza.

Il funzionamento della lampada è controllato direttamente a livello elettronico e, qualora l'assorbimento di corrente non rientri nell'intervallo ammesso, la lampada è disattivata evitando pericolosi danneggiamenti al sistema ed alla batteria; oltre all'intervento della protezione per corrente assorbita troppo elevata, la protezione interviene anche per un valore di corrente inferiore al valore minimo prefissato.

La centralina è provvista di un programma di autodiagnostica che permette di verificare il corretto funzionamento del sistema, visualizzandolo a mezzo di led luminosi.

Un'altra notevole particolarità della centralina è quella di poter permettere un completo collaudo del sistema in pochissimi secondi, senza bisogno di particolare strumentazione.

La lampada utilizzata nei lampioni fotovoltaici è ai vapori di sodio a bassa pressione, con una durata di vita superiore alle 8.000 ore.

La lampada è orientabile in qualsiasi direzione, indipendentemente dalla posizione dei moduli fotovoltaici. La tensione di alimentazione è di 12 V o 24 V ; la potenza assorbita è di 18 W o 26 W. L'accenditore è installato direttamente nella plafoniera in modo da evitare lunghi percorsi ai cavi che portano l'alimentazione alla lampada. Le batterie e la centralina elettronica possono essere collocate o sulla parte alta del palo, dietro ai moduli (utilizzando una scatola in resina o metallica), oppure in un contenitore posto alla base del palo. Tali batterie sono specifiche per sistemi fotovoltaici, non richiedono manutenzione particolare ed hanno una durata di vita attesa di circa 8 anni.

### IV.5.5 - Impiego di apparecchi di illuminazione efficienti

E' necessario chiarire subito un concetto: non ha senso scegliere lampade efficienti per inserirle in armature che disperdono magari fino a tre quarti della luce prodotta.

#### IV.5.5.1 - Le armature: i corpi luminosi per l'illuminazione stradale

L'*armatura* è costituita da un guscio di protezione, dal supporto della lampada e dal sistema ottico, formato, in generale, da un vetro di protezione esterno (che può essere trasparente o meno), e da un riflettore interno; al sistema ottico è affidato il compito di "sagomare" il cono di luce per indirizzarlo nel modo più preciso possibile verso l'area da illuminare. S'intuisce come la presenza del riflettore interno consenta di rinviare verso terra anche la radiazione inizialmente diretta verso l'alto (fig. IV.8); ai fini di prevenzione dell'inquinamento luminoso è, in generale, preferibile il vetro piano in quanto il vetro curvo, se sporge dall'armatura, a causa fenomeni di rifrazione e riflessione, consente ad una parte di flusso luminoso di indirizzarsi al di sopra dell'orizzonte (fig. IV.9).

Per evitare inutili dispersioni di luce conviene inoltre utilizzare corpi totalmente schermati (*full cut-off*): in questa configurazione, la lampada è completamente incassata in un'armatura montata orizzontalmente (fig. IV.10); i concetti di vetro piano e corpo totalmente schermato non sono sinonimi, visto che corpi del tipo full cut-off vengono applicati tranquillamente anche a vetri curvi.

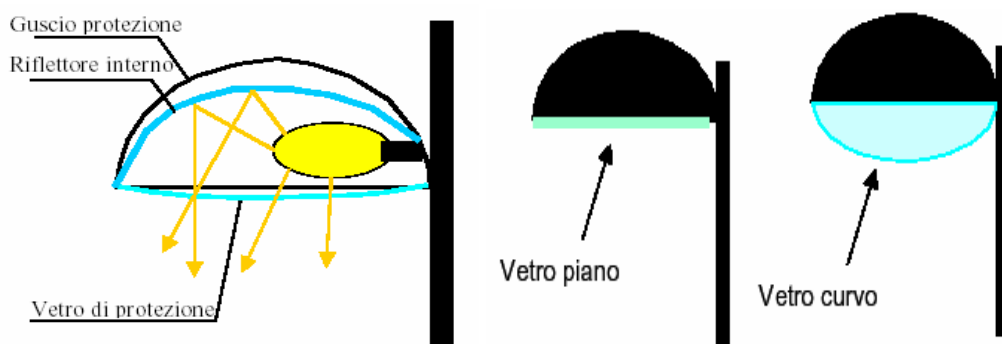
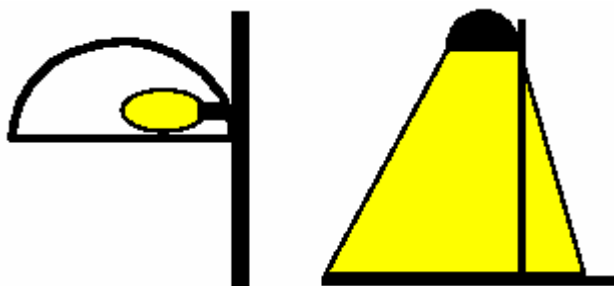


Figura IV.8 - Vantaggi del riflettore interno piano e vetro curvo

Figura IV.9 – Differenza tra vetro



**Figura IV.10 – Struttura dei corpi totalmente schermati**

Il vetro piano presenta anche alcuni handicap rispetto a quello curvo: quest'ultimo, infatti, consente, a parità di altre condizioni, di ottenere un cono di luce di maggior apertura. Ciò avviene perché nell'attraversare un vetro, la luce subisce dei fenomeni di riflessione e rifrazione; nel caso del vetro piano all'aumentare dell'angolo di incidenza diminuisce la quantità di luce che riesce ad attraversare il vetro; molta luce viene quindi rinviata indietro, verso il riflettore, ma ad ogni riflessione una parte di flusso luminoso viene assorbita dall'armatura a scapito del rendimento globale del corpo illuminante. L'adozione del vetro curvo, sempre supposto trasparente, sembrerebbe perciò, a prima vista, preferibile però, come detto, c'è il prezzo da pagare in termini di luce che va sopra l'orizzonte, e di luce che è emessa poco sotto l'orizzonte aumentando il fenomeno dell'abbagliamento e diminuendo il comfort visivo; più il vetro è curvo e maggiore sarà la luce dispersa. Viceversa il vetro piano orizzontale, pur con i limiti evidenziati, non produce inquinamento luminoso e limita fortemente l'abbagliamento. Naturalmente la soluzione migliore consiste nello schermare un'armatura con vetro curvo: si evitano così sia le dispersioni che gli svantaggi del vetro piano.

Bisogna ora evidenziare un altro aspetto: si è prima ipotizzato, parlando di vetri curvi, che questi siano trasparenti; infatti, a parità di forma del vetro curvo, quello trasparente, se sporge dall'armatura, irradia sopra l'orizzonte una quantità di luce nettamente inferiore rispetto al vetro opalino perché quest'ultimo diffonde verso l'esterno ogni raggio luminoso incidente.

Dall'adozione di un'illuminazione totalmente schermata conseguono pertanto due evidenti vantaggi:

- la luce prodotta è completamente inviata verso il terreno, assolvendo il compito di illuminare, per cui l'unica forma di inquinamento luminoso rimasto è quello determinato dalla riflessione verso la verticale della luce che colpisce le pavimentazioni;

- non vi è la visione diretta della lampada.

Quest'ultima condizione è particolarmente importante in quanto assicura un adeguato *confort* visivo.

#### IV.5.5.2 - Le curve fotometriche

Per giudicare la validità di un corpo illuminante bisogna valutare le cosiddette *curve fotometriche*, ossia la *rappresentazione grafica di come la luce è distribuita attorno all'apparecchio* (fig. IV.11). Si definisce inoltre solido fotometrico il solido formato dalla luce emessa dal corpo luminoso considerato; le curve fotometriche si ricavano sezionando il solido fotometrico con dei piani orizzontali (fig. IV.12).

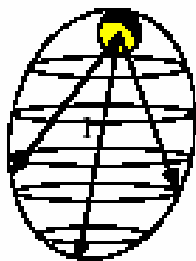


Figura IV.11 – Distribuzione della luce intorno all'apparecchio

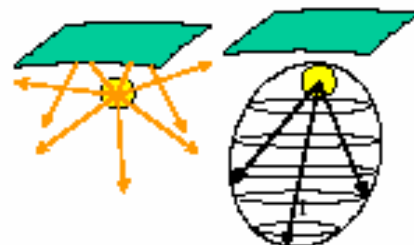


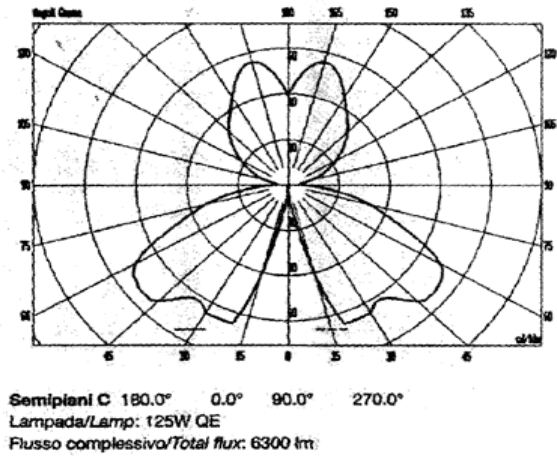
Figura IV.12 – Ottenimento delle curve fotometriche

Nella successiva descrizione si riporta il comportamento, dal punto di vista della dispersione della luce, di diversi tipi di corpi luminosi utilizzati nell'illuminazione pubblica, con il corredo d'immagini.

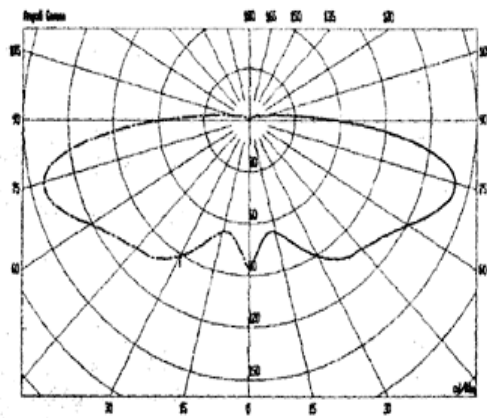
#### IV.5.5.3 - Le sfere

Le sfere non schermate sono molto utilizzate nell'arredo urbano, anche per via del limitato costo iniziale, peraltro vanificato dallo spreco energetico che questi apparecchi causano. Nella figura IV.13 sono messi a confronto il miglior tipo di sfera non schermata, con lampada rivolta verso il basso ed alette frangi-luce, e una buona sfera full cut-off. Si noti, dalla curva fotometrica, la grande dispersione dell'esempio in alto. Al contrario, è ottimo il comportamento del corpo riportato in basso. Le alette frangi-luce funzionano nel modo seguente: alcuni raggi vengono, dopo la riflessione, indirizzati correttamente verso il basso, altri raggi subiscono una seconda riflessione

con l'aletta inferiore e fuggono verso l'alto. Inoltre ad ogni riflessione una parte di luce è assorbita, a scapito del rendimento generale del corpo illuminante; all'aumentare del numero di frangi-luce diminuisce la luce dispersa sopra l'orizzonte, ma diminuisce anche il rendimento dell'apparecchio.



*Curva fotometrica del globo luminoso.*



Lampada/Lamp: 150W SE  
Flusso complessivo/Total flux: 14000 lm

*Curva fotometrica del globo schermato.*



**Figura IV.13 – Curve fotometriche di corpi sferici luminosi e schermati**

#### IV.5.5.4 - Le lanterne

Esempi di lanterne sono riportati in figura IV.14: nelle lanterne schermate la lampada è ben incassata nell'armatura a differenza di quelle non schermate, ove la lampada, rimanendo in vista, produce fastidiosi abbagliamenti. Va precisato che anche nelle lanterne schermate permane un po' di dispersione luminosa per via delle riflessioni sui vetri inclinati di protezione.



Figura IV.14 – Lanterne schermate e non schermate

#### IV.5.5.5 - Illuminazione stradale

In realtà le due tipologie di corpi luminosi appena viste non sono molto utilizzate nell'illuminazione stradale: in quest'ambito prevalgono nettamente le armature o lampioni, la cui struttura è già stata descritta in precedenza.

Esempi di lampioni per illuminazione stradale sono riportati in figura IV.15: si osservano un classico lampione, con vetro prismatico di protezione, piuttosto inquinante (in alcuni casi si disperde oltre il 30% della luce prodotta) a confronto con un lampione di moderna concezione. Si sottolinea come con dei moderni buoni apparecchi full cut-off, anche a vetro piano, non sia più necessario diminuire, rispetto ai lampioni a vetro prismatico, l'interdistanza tra palo e palo per mantenere l'uniformità di illuminazione richiesta dalle norme di sicurezza. La diminuzione del fattore d'abbagliamento rende addirittura più confortevole la visione.

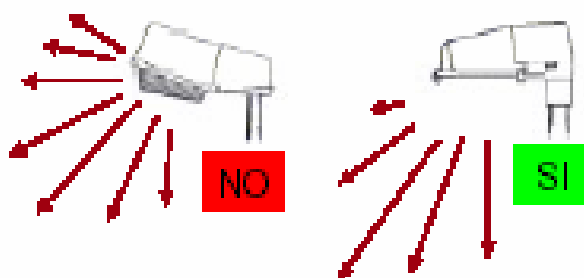
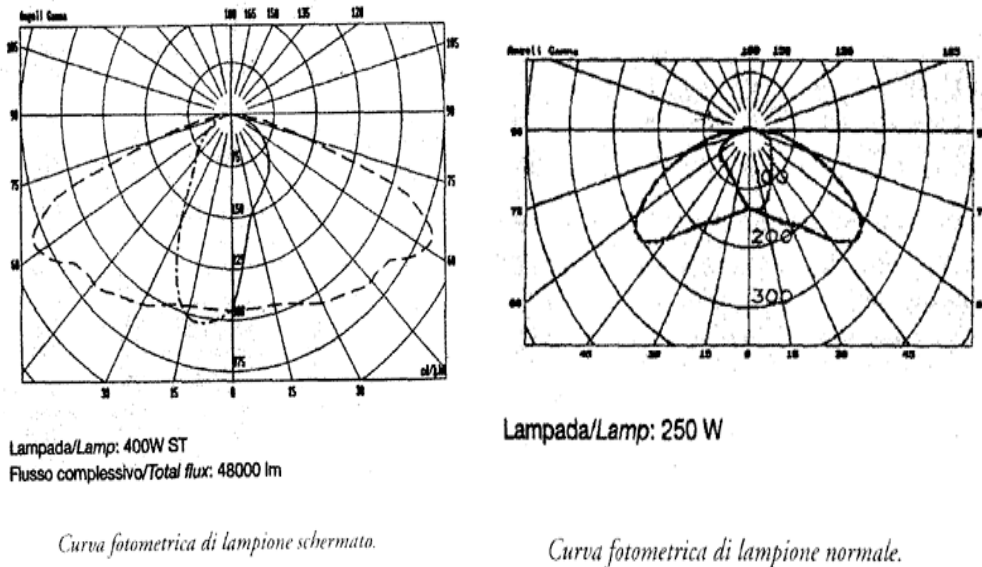


Figura IV.15



Esempi di curve fotometriche di lampioni schermati e non schermati sono riportati in figura IV.16.



**Figura IV.16 – Curve fotometriche di lampioni normali e schermati**

La forma della curva fotometrica è importante per capire in modo intuitivo il comportamento dell'apparecchio che stiamo analizzando. Nel caso di apparecchi destinati all'illuminazione stradale, è molto importante che la curva fotometrica invii la luce solo nelle direzioni interessate (lungo l'asse della strada e non al di fuori di essa) e con le giuste intensità luminose (distribuita la più uniformemente possibile). È infatti evidente che, se si vuole puntare all'installazione di un minor numero di apparecchi, questi dovranno allargare il più possibile il fascio luminoso. Per "allargare" s'intende, riferendosi al piano  $C=0^\circ$ -  $C=180^\circ$ , inviare lateralmente molta luce, quindi con elevata intensità. Sulla verticale il livello di luce necessario è inferiore. Invece sul piano  $C=90^\circ$ -  $C=270^\circ$  sarà importante rilevare che le maggiori intensità luminose si trovino verso il lato da illuminare tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ .

Il principio che deve prevalere nel progettare un impianto d'illuminazione stradale è che ottenere elevati coefficienti di uniformità conduce a risultati migliori in termini di percezione visiva: strade con minore intensità luminosa ma con migliori parametri di uniformità sono senz'altro da preferirsi a vie molto luminose con scarsa uniformità. Per riuscire ad ottenere un'elevata efficienza d'illuminazione anche con un numero più ridotto di apparecchi luminosi, si lavora sull'ottica spingendo la luce, oltre che lateralmente (destra e sinistra), anche in profondità (avanti).

Nella scelta di apparecchi più efficienti rimane prioritaria la forma della curva sul piano  $C\ 0^\circ - C\ 180^\circ$ . La curva ideale dovrebbe avere un'intensità luminosa verso il basso sufficiente, per ottenere il livello d'illuminamento richiesto, poi ad angoli sempre più elevati l'intensità dovrà aumentare sempre più, infatti, è necessaria più luce mano a mano che aumenta la distanza tra la sorgente luminosa e la superficie. Una caratteristica fondamentale della distribuzione di luce, necessaria per evitare la dispersione di luce sopra l'orizzonte e l'abbagliamento, è che esista un *angolo limite* oltre il quale l'intensità emessa dal sistema ottico scenda bruscamente a zero, per evitare abbagliamento degli automobilisti e dispersione di luce.

Un ulteriore aspetto interessante è rappresentato dal fatto che apparecchi privi di emissione luminosa al di sopra di angoli di  $90^\circ$  talvolta vengano installati in posizione inclinata rispetto alla posizione di misura, per indirizzare la luce secondo le proprie esigenze: in tal caso la curva fotometrica ruota, per così dire, sull'asse del diagramma per l'angolo di inclinazione.

#### **IV.5.6 – Sistemi di telegestione dell'Illuminazione Pubblica**

Analogamente a quanto fatto nel Capitolo III, s'illustra brevemente il principio di funzionamento dei sistemi di telegestione degli impianti d'Illuminazione Pubblica.

Essi consentono la telediagnosi, e la telegestione da uno o più computer, di tutti i componenti che costituiscono l'insieme di qualsiasi impianto di illuminazione, ottenendo notevoli economie sul fronte del risparmio energetico oltre che sul fronte della manutenzione, garantendo contemporaneamente alti livelli di affidabilità, continuità e qualità del servizio.

L'estensione geografica degli impianti d'illuminazione pubblica rende assai difficile poter garantire adeguati livelli di efficienza, qualità ed affidabilità del servizio mediante il ricorso a strumenti tradizionali; si è infatti notato in precedenza come siano molteplici le possibilità di miglioramento, dall'installazione dei regolatori di flusso luminoso al rifasamento. Gli impianti sono, infatti, caratterizzati da una grande estensione ed una diffusione capillare, un numero molto elevato di quadri elettrici di alimentazione e soprattutto di punti luminosi per i quali è necessario controllare costantemente il funzionamento ed effettuare la gestione.

Per questi impianti risulta problematico ed in ogni caso estremamente dispendioso con tecnologie tradizionali effettuare tempestivamente la diagnosi, la prognosi e l'individuazione dei mal funzionamenti dei vari componenti, la gestione fine e puntuale, il controllo della qualità delle attività di manutenzione ed il controllo del flusso luminoso per ogni singola apparecchiatura. Basti pensare che ancora oggi, nella stragrande maggioranza dei casi, l'individuazione dei punti luminosi non funzionanti è effettuata attraverso la perlustrazione degli impianti (ronda) da parte degli addetti alla manutenzione o in seguito a segnalazioni/reclami dei cittadini, tutte operazioni che avvengono in pieno giorno e sono la classica immagine di un impianto poco efficiente. Tutto ciò comporta altissimi costi in termini di tempo, uomini e mezzi necessari per garantire un livello di qualità e continuità del servizio accettabili.

I vantaggi che un sistema di telecontrollo e telegestione dell'Illuminazione Pubblica è in grado di fornire sono i seguenti:

- possibilità di applicazione senza problemi all'impianto preesistente;
- effettuazione di diagnosi, controllo e gestione del sistema da una centrale operativa remota;
- gestione dei singoli punti luce, operazione che dà come risultato una grande precisione nei risultati;
- riduzione dei consumi, con conseguenti elevati risparmi energetici; inoltre, si riducono drasticamente anche i costi relativi alla manutenzione degli impianti e alla sostituzione degli apparecchi luminosi, dal momento che una loro gestione accurata ne aumenta la vita utile;
- miglioramento nella fornitura del servizio.

L'investimento relativo all'installazione di un sistema di telecontrollo si ripaga in breve tempo; una volta recuperata la somma stanziata, le Amministrazioni hanno a disposizione una sicura fonte di guadagno, economico ed energetico.

## Capitolo V – CARDIGLIANO

### V.1 - Introduzione

L'ultimo capitolo di questo lavoro non descrive un'attività di razionalizzazione energetica, cosa che è stata fatta nei capitoli precedenti, ma descrive la struttura ed il funzionamento di una *particolarissima utenza* di proprietà del Comune di Specchia: Borgo Cardigliano.

Si tratta di un Centro Agrituristico completamente alimentato da fonti rinnovabili: in particolare, le fonti di energia rinnovabili attualmente sfruttate sono il sole e il vento.

Il sole è sfruttato sia per la produzione d'acqua calda sanitaria, attraverso un parco di pannelli solari a bassa temperatura, sia per la produzione di energia elettrica attraverso un parco di pannelli fotovoltaici; il vento invece è in grado di produrre energia elettrica, attraverso un aerogeneratore.

Le caratteristiche tecniche dell'intero complesso, i dati di produzione annua, gli aspetti economici riguardanti l'impianto verranno esposti solo successivamente. Ciò che è importante anticipare è che non sono gli aspetti economici quelli che hanno spinto con decisione l'Amministrazione Comunale a realizzare una struttura di questo tipo.

L'impianto presente a Cardigliano può definirsi impianto pilota: esso fa parte di un ampio progetto che prevede la realizzazione di una vetrina dove trovino applicazione le tecnologie disponibili per la produzione di energia da fonti rinnovabili. La definizione di impianto pilota deriva dal fatto che non si tratta di una struttura a configurazione stabile, nel senso che progressivamente si introdurranno altri "modi" di produrre energia pulita. Di questi progetti si parlerà alla fine della trattazione.

Occorre precisare, tra l'altro, che gli impianti presenti a Cardigliano sono stati realizzati grazie ad un finanziamento del Ministero dell'Ambiente, del valore di circa 1.500.000 Euro.

### V.2 - Obiettivi del progetto Cardigliano

I principali obiettivi del finanziamento, e quindi le finalità per cui l'intera struttura è stata pensata, sono stati i seguenti:

1) Promuovere nei confronti dell'opinione pubblica la conoscenza e la diffusione delle problematiche riguardanti il soddisfacimento del fabbisogno energetico della collettività mediante l'utilizzo di fonti rinnovabili. Ciò che continua ad ostacolare la diffusione delle fonti rinnovabili è senza dubbio il pensiero di gente non competente, o comunque non sensibile al problema, che continua a preferire l'approvvigionamento energetico da fonti fossili tradizionali, piuttosto che porsi il problema di trovare un'alternativa migliore, sostenibile. Senza l'appoggio della comunità, tutto diventa molto più difficile. E' fondamentale, quindi, trasmettere una mentalità orientata al futuro, un futuro che necessariamente dovrà fare ricorso alle fonti rinnovabili.

2) Realizzare un impianto dimostrativo in scala reale in un'ottica di promozione e sperimentazione della sostenibilità degli interventi.

3) Far fronte al fabbisogno energetico del Centro Agrituristico di Borgo Cardigliano e destinare l'eventuale surplus di energia elettrica prodotta alle necessità delle utenze comunali. Come si vedrà dall'analisi dettagliata delle cifre, l'intero impianto è stato concepito in modo tale da riuscire a soddisfare tranquillamente questi obiettivi. In realtà l'energia è gestita in modo diverso, visto che si pensa al soddisfacimento del solo fabbisogno energetico di Cardigliano, cedendo in rete l'eventuale energia prodotta in più.

Il fatto che siano sfruttate ambedue le fonti principali di energia pulita, cioè il vento e il sole, deriva dalla possibilità di integrare le due fonti energetiche, cioè di avere comunque energia prodotta da fonti rinnovabili anche quando una delle due viene a mancare, ad esempio in una giornata nuvolosa o priva di vento. Nel momento in cui nessuna delle due fonti è sufficiente a garantire la quantità di energia richiesta, viene prelevata energia elettrica dalla rete Enel.

Si hanno pertanto flussi di energia elettrica in entrata e in uscita: se ne parlerà più precisamente in seguito.

### **V.3 - Studio preliminare – Dimensionamento degli impianti**

Prima di decidere le potenzialità dei vari impianti, è opportuno e necessario conoscere i fabbisogni energetici che questi devono soddisfare.

Valutando preliminarmente i consumi che si erano avuti, su base triennale, sia a Cardigliano che nelle utenze comunali descritte nei capitoli precedenti, sono state dedotte le seguenti cifre:

**CARDIGLIANO:**

Energia elettrica: 140.000 kWh/anno

Energia termica (nella forma di acqua calda sanitaria): 200.000.000 kcal/anno

**UTENZE COMUNALI:**

Energia elettrica: 740.000 kWh/anno.

Nella progettazione dell'impianto ci si è basati sul grado di maturità raggiunto dalle tecnologie disponibili; il problema si pone naturalmente nel considerare la richiesta di energia elettrica. A causa di motivi di convenienza economica, che sono già stati parzialmente analizzati nel capitolo III quando si è parlato di impianti fotovoltaici, la suddivisione è stata operata nel modo seguente:

EOLICO: 95% del fabbisogno (circa 850.000 kWh/anno)

FOTOVOLTAICO: 5% del fabbisogno (circa 30.000 kWh/anno).

Per la produzione d'acqua calda sanitaria si è fatto ricorso interamente a pannelli solari. Calcolare la potenzialità adatta di un impianto solare, eolico o fotovoltaico non è semplice. Facendo ancora una volta riferimento al capitolo III, si è visto come sia stato necessario conoscere i dati d'insolazione del territorio (naturalmente si tratta di dati statistici), in riferimento sia al tempo, sia all'intensità della radiazione luminosa tipica del territorio; la stessa cosa avviene per dimensionare un generatore eolico: bisogna avere a disposizione la distribuzione temporale del vento, la direzione da cui soffia prevalentemente, le velocità che è in grado di garantire. Rilevare tali dati richiede tempi piuttosto lunghi, visto che la loro veridicità aumenta al crescere del periodo di osservazione. Inoltre, anche ora che gli impianti sono in funzione da ormai tre anni, si continua a compiere studi e ricerche per avere informazioni sempre più complete e dettagliate.

Per la scelta dell'aerogeneratore non si avevano a disposizione dati puntuali riguardanti la ventosità del sito di Cardigliano: è stata pertanto portata a termine una simulazione

sulla base dei dati anemometrici effettuati negli anni 1997-2002 dall'Aeronautica Militare presso la base di Galatina.

Dalla simulazione effettuata, ed in base alle taglie degli aerogeneratori presenti sul mercato, si è stimato che la produzione annua prima dichiarata (circa 850.000 kWh) poteva essere ottenuta con l'impiego di un aerogeneratore della potenza di 660 kW.

La torre eolica presente nella struttura è alta 50 m, ha un diametro di 3 m, ed è completamente in acciaio; è composta in realtà da tre tronconi collegati tra loro mediante bullonature: in questo modo, se un giorno l'impianto dovesse essere rimosso per un motivo qualsiasi, non si avrebbero problemi. Tutta la struttura è comunque ben fissata al terreno attraverso calcestruzzo armato. Le pale sono lunghe 23 m.

La cabina (chiamata gondola) su cui è montata la girante è orientabile attraverso un piccolo timone, in modo tale da poter captare sempre il maggior quantitativo di vento possibile, evitando così anche eventuali problematiche relative al rumore, che come si vedrà sono praticamente assenti. La velocità del vento è continuamente monitorata attraverso un anemometro.

Il campo fotovoltaico, invece, ha una dimensione di 180 m<sup>2</sup>, ed è costituito da pannelli in silicio monocristallino. Già si comincia ad intuire una conferma sulle problematiche riguardanti l'utilizzo di questa tecnologia, perché per garantire solo il 5% del fabbisogno di energia elettrica complessivo, è necessaria un'area enormemente più estesa di quella sufficiente ad ospitare una torre eolica di potenzialità molto più elevata. Le informazioni concernenti le condizioni di irraggiamento del sito sono state dedotte da uno studio effettuato dall'Enea.

In funzione di questi dati, si è scelta per l'impianto fotovoltaico una potenza pari a 18 kW.

Con riferimento ancora a questi dati, è stato dimensionato anche il campo solare termico per la produzione d'acqua calda sanitaria.

Il fabbisogno termico prima esposto, pari a 200.000 kcal/anno, equivale ad una quantità d'acqua calda di 12.500 litri giornalieri: il campo solare termico necessario per la produzione di tale quantitativo è costituito da 121 pannelli per un'estensione di circa 230 m<sup>2</sup>.

Le caratteristiche tecniche e di produzione dei singoli impianti sono riassunte in tabella V.1:

<b>CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI</b>	<b>EOLICO</b>	<b>FOTOVOLTAICO</b>	<b>SOLARE TERMICO</b>
<b>Produzione annua</b>	850.000 kWh	30.000 kWh	200.000.000 kcal
<b>Dati tecnici</b>	P = 660 kW	P = 18 kW	L'impianto soddisfa una richiesta media giornaliera di 12.500 litri
<b>Descrizione</b>	1 aerogeneratore altezza torre 50 m; lunghezza pale 23 m; tensione di uscita: 690 V; consegna energia elettrica a 20.000 V	225 pannelli in silicio monocristallino, ognuno con P = 80 W, raggruppati in 9 stringe da 25 moduli ciascuna: ogni stringa ha quindi P = 2 kW superficie coperta: 180 m <sup>2</sup> tensione di uscita: 522 V consegna energia elettrica a 20.000 V	presenza di 121 pannelli solari, per una superficie coperta di 230 m <sup>2</sup> presenza di 121 pannelli solari, per una superficie coperta di 230 m <sup>2</sup> : sono presenti 5 impianti solari indipendenti

**Tab. V.1 – Caratteristiche tecniche e di produzione impianto di Cardigliano**

E' possibile osservare come siano necessari 900 m<sup>2</sup> di terreno per produrre 100 kWh con un impianto fotovoltaico, mentre ne bastano solo 30 se si utilizza un impianto eolico.

#### **V.4 - Accorgimenti per ridurre l'impatto ambientale**

Ciò che di sbagliato si pensa sulle fonti rinnovabili riguarda principalmente il loro impatto ambientale, specialmente degli impianti eolici, che molti ritengono, a torto, essere devastante. Eppure è l'unica soluzione da adottare per uscire fuori da una



situazione grave dal punto di vista economico, e se ci si guardasse in giro, si vedrebbe che gli impianti termoelettrici o gli enormi tralicci della rete di trasmissione costituiscono esempi di disturbo alla bellezza dell'ambiente molto peggiori. E' però vero che tali impianti vanno costruiti con criterio, giacché le fonti inesauribili rappresentano una grandissima risorsa per questo territorio, e bisogna evitare speculazioni economiche su di essa.

*Impatto sull'ambiente circostante* - L'energia elettrica prodotta dall'impianto viene immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale, evitando così l'impiego di accumulatori, come le tradizionali batterie al cadmio, che avrebbero reso la struttura più costosa e meno affidabile, e soprattutto sarebbero stati fonte di rischio dal punto di vista ambientale.

Come si è visto nell'analisi dell'impianto in realizzazione sulla Scuola Media di Via Don Luigi Sturzo, comunque, si stanno compiendo degli importanti passi avanti in questo settore, grazie all'utilizzo dell'idrogeno.

Avere dei sistemi di accumulo potrebbe essere utilissimo per evitare completamente di assorbire energia dalla Rete Nazionale, cosa che invece può avvenire quando non sussistono le adeguate condizioni di ventosità e/o irradiazione solare. Per la contabilizzazione dei flussi di energia elettrica nei due versi, sono presenti contatori che calcolano la differenza tra l'energia fornita dall'impianto e quella eventualmente da importare dalla rete Enel.

*Inquinamento elettromagnetico* - L'energia prodotta dall'impianto è convogliata alla cabina Enel attraverso un cavidotto interrato di lunghezza pari a circa 1600 m, a tensione pari a 20 kV. Con tale scelta sono stati risolti due aspetti relativi all'impatto ambientale, visto che viene praticamente azzerato l'impatto visivo, e si annulla l'intensità del campo elettromagnetico che potrebbe derivare dall'utilizzo di un'imponente linea di trasmissione aerea. L'impiego di pale in vetroresina permette di eliminare qualsiasi interferenza elettromagnetica.

*Impatto sul paesaggio* - Il trasporto dei componenti che costituiscono l'impianto e la successiva manutenzione della struttura stessa sono avvenuti e continuano ad avvenire utilizzando la rete stradale esistente; inoltre, sono stati immediatamente ripristinati i tratti di muro a secco abbattuti in un primo momento per permettere la realizzazione delle opere.

*Rumore* - E' inesistente anche il tanto sottolineato problema del rumore. Infatti, come accennato nell'introduzione, il tipo di aerogeneratore scelto è orientabile, sia per quel che riguarda la cabina, in modo tale da assorbire tutto il vento a disposizione, sia perchè anche le pale possiedono un sistema di regolazione, che permette di ridurre notevolmente il rumore emesso. A circa 75 metri dal generatore, in presenza di una velocità intorno a 8 m/s, le prove condotte hanno dimostrato che il rumore emesso non contiene toni o impulsi chiaramente udibili.

### V.5 - Risultati ottenuti

In tabella V.2 sono stati riassunti i dati sulla produzione effettiva annua, riferiti all'anno 2003, il primo anno in cui l'impianto è stato in funzione.

	<i>IMPIANTO EOLICO</i>	<i>IMPIANTO FOTOVOLTAICO</i>	<i>IMPIANTO SOLARE - TERMICO</i>
POTENZA/CAPACITÀ	660 kW	18 kW	12.500 l/giorno
PRODUZIONE ANNUA (KWH)	1.150.000	37.500	/
COSTO KWH PRODOTTO (EURO)	0.05	0.32	/
QUANTITÀ DI GASOLIO RISPARMIATA ANNUALMENTE	200.000 kg	8000	24.000 kg
EMISSIONI DI CO <sub>2</sub> EVITATE	730 t	27 t	90 t
EMISSIONI DI SO <sub>x</sub> EVITATE	5 t	0.17 t	0.50 t
EMISSIONI DI NO <sub>x</sub> EVITATE	2 t	0.07 t	0.20 t
RICAVO ANNUO (EURO)	120.000	4800	/
COSTO IMPIANTO (€)	600.000	120.000	140.000
PAY BACK PERIOD (ANNI)	5/6	Oltre 25	5/6
DURATA IMPIANTO (ANNI)	Circa 25	Circa 25	Circa 25

**Tab. V.2 – Dati di produzione e analisi economica impianto di Cardigliano**

Diverse considerazioni possono essere effettuate, all'osservazione dei dati in tabella.

Innanzitutto, le cifre confermano che l'impianto eolico garantisce ampiamente il fabbisogno teorico di cui si era parlato nel paragrafo V.3.

La situazione nella realtà è però gestita diversamente: tutta l'energia prodotta in più rispetto al fabbisogno del Villaggio Cardigliano è ceduta in rete.

Bisogna tener presenti due importantissimi aspetti.

Con l'attuale sistema di remunerazione, descritto nel capitolo III, non avrebbe senso cedere in rete l'energia elettrica prodotta con l'impianto fotovoltaico. Solo con il Conto Energia quest'operazione riserverebbe una certa convenienza, abbassando tra l'altro in maniera notevole il pay back period dell'investimento ma visto che ancora tale fase non è stata attivata, è opportuno destinare tutta l'energia prodotta con i pannelli fotovoltaici al soddisfacimento del fabbisogno energetico di Cardigliano.

Soltanto il 10% dell'energia prodotta dall'aerogeneratore serve al soddisfacimento delle esigenze energetiche di Cardigliano: il restante 90% circa può essere ceduta alla Rete di Trasmissione Enel. La cessione in rete è un'operazione molto conveniente dal punto di vista economico, visto che avviene ad un prezzo unitario del kWh molto più elevato dei tradizionali 0.15 € a cui normalmente l'energia elettrica viene prelevata dall'Enel.

Ma non è solo la cessione di energia elettrica all'Enel che rende l'impianto eolico una fonte di guadagno: per i primi 8 anni di attività infatti, gli impianti di una certa taglia che producono energia da fonti rinnovabili hanno il diritto di acquisire i *Certificati Verdi*.

Il sistema d'incentivazione della produzione di energia verde, introdotto dall'art. 11 del decreto 79/99, prevede il superamento del vecchio criterio di incentivazione tariffaria noto come Cip6, per passare ad un meccanismo di mercato competitivo basato sui Certificati Verdi, titoli emessi dal GRTN che attestano la produzione di energia da fonti rinnovabili. La Legge 239 del 23/08/2004 (Legge Marzano) ha ridotto a 50 MWh la taglia del "certificato verde", che in precedenza era pari a 100 MWh.

Nel mercato dei Certificati Verdi la domanda è costituita dall'obbligo per produttori e importatori di immettere annualmente una "quota" di energia prodotta da fonti rinnovabili pari al 2% di quanto prodotto e/o importato da fonti convenzionali nell'anno precedente. Tale quota in realtà s'incrementa di anno in anno, a partire dal 2004 fino al

2006, dello 0.35%: quindi, nel 2006 si arriverà a dover produrre e/o importare una quota di energia da fonti rinnovabili pari al 3.05%.

L'offerta, invece, è rappresentata dai Certificati Verdi emessi a favore d'impianti privati che hanno ottenuto la qualificazione IAFR (Impianto Alimentato da Fonti Rinnovabili) dal Gestore della rete, così come dai Certificati Verdi che il GRTN stesso emette a proprio favore a fronte dell'energia prodotta dagli impianti Cip 6. Possono ottenere la qualificazione, in base al decreto MICA 11/11/1999 e al successivo decreto MAP 18/3/2002, gli impianti entrati in esercizio successivamente al 1° aprile 1999 a seguito di nuova costruzione, potenziamento, rifacimento totale o parziale, riattivazione e gli impianti che operano in co-combustione entranti in esercizio prima del 1° aprile 1999.

A differenza del vecchio sistema d'incentivazione, il CIP 6/92, che prevedeva agevolazioni in base ad autorizzazioni e graduatorie specifiche, i Certificati Verdi possono essere emessi da qualsiasi impianto che presenti regolare domanda. Inoltre non è differenziato per tipologia di fonte, e ciò forse penalizza gli impianti fotovoltaici, che non vengono quasi mai realizzati con taglie imponenti, dati gli elevatissimi costi di investimento e perciò non possono garantire produzioni annue di energia molto elevate. Il valore dei Certificati Verdi si forma sul mercato; essi possono essere ceduti o acquistati mediante contratti bilaterali tra chi li detiene e i produttori o importatori, oppure attraverso la mediazione del Gestore del Mercato Elettrico. Il prezzo massimo che il Certificato Verde può assumere all'interno del mercato viene prefissato dal GRTN, e varia di anno in anno.

Ecco giustificata la ben più elevata redditività dell'impianto eolico, testimoniata anche dal fatto che i prezzi unitari del kWh prodotti con l'aerogeneratore e con i pannelli fotovoltaici sono ben diversi fra loro. Il costo unitario del kWh si calcola tenendo conto dei seguenti fattori :

- Investimento iniziale;
- Costi annui di manutenzione;
- Produzione annua dell'impianto;
- Tasso d'interesse per tener conto della svalutazione del denaro.

Tutti questi aspetti, come visto, concorrono a rendere la fonte eolica nettamente più competitiva degli impianti fotovoltaici.

Un guadagno ancora maggiore potrebbe aversi cedendo integralmente all'Enel l'energia prodotta dall'impianto eolico. Ciò potrebbe garantire ulteriori profitti soprattutto in ottica futura, visto che nel 2009 finirà, per Cardigliano, la possibilità di usufruire dei Certificati Verdi.

## V.6 - Conclusioni e scenari futuri

L'EcoVillaggio Cardigliano è uno degli esempi più belli di come sia possibile avere energia sostenibile, di come si possano conciliare gli standard di benessere che l'uomo richiede con una gestione intelligente e responsabile del sistema energetico. L'Amministrazione, dopo aver dato esempio della fattibilità di un'operazione di questo tipo, non vuole fermarsi qui, ma sta lavorando sugli sviluppi futuri riguardanti Borgo Cardigliano. Tali sviluppi si articolano in due tappe principali:

- Consolidamento e miglioramento di quanto già realizzato;
- Sperimentazione di nuove tecnologie.

In realtà bisogna precisare un aspetto importante: non tutte le idee che l'Amministrazione Comunale sta portando avanti troveranno applicazione a Cardigliano. Ad esempio, anche l'impianto fotovoltaico della Scuola Media di Via Don Luigi Sturzo rientra in questa categoria d'interventi.

Una volta avuti a disposizione i dati relativi alle potenzialità degli impianti, anche dal punto di vista economico, resta da fare un grande passo: coinvolgere la cittadinanza e diffondere le problematiche relative all'argomento - fonti rinnovabili - . Il Comune di Specchia ha pensato di fare ciò mediante un modello di *azionariato popolare diffuso*. In tale scenario, i cittadini diventano protagonisti del processo di diffusione dei temi dell'energia pulita, potendo inoltre usufruire dei vantaggi economici forniti dall'impianto in base alla quota di partecipazione.

Per quanto concerne la *sperimentazione di nuove tecnologie*, si è già parlato nel capitolo III dell'idea di utilizzare il vettore idrogeno per accumulare energia elettrica, in modo da rendersi indipendenti dalle variazioni dell'intensità della radiazione solare, evitando così l'impiego di costose ed inquinanti batterie al piombo o al cadmio. Quest'idea può naturalmente essere estesa anche ad un impianto eolico, in scala maggiore, per far fronte all'incostanza del vento. Come detto in precedenza, infatti, gli

impianti alimentati a fonti rinnovabili come il sole e il vento sono costruiti su basi probabilistiche, nel senso che le distribuzioni di vento e di radiazione solare nell'area prescelta sono dedotte dopo anni di osservazioni, ma non è detto che vengano poi precisamente rispettate. Mediante il ricorso all'accumulo pulito di energia elettrica, il problema dell'aleatorietà di queste risorse può essere praticamente abbattuto.

Le altre idee che si stanno portando avanti, in collaborazione con l'ENEA e con l'Università degli Studi di Lecce, riguardano la realizzazione di un *impianto solare termico ad alta temperatura* per la produzione di energia elettrica; ciò verrà attuato mediante l'utilizzo di specchi parabolici a concentrazione di raggi solari. Senza entrare troppo nel dettaglio, visto che il progetto è ancora in via di sviluppo, si può comunque dire che anche in una struttura di questo tipo si presenterebbe il problema di accumulare l'energia prodotta in eccesso per i momenti in cui l'impianto resterebbe fermo a causa della mancanza di illuminazione: per conservare l'energia termica si adotterà un sistema composto da una miscela di sali fusi assolutamente non inquinanti, visto che vengono utilizzati come fertilizzanti nell'agricoltura.

Il territorio del Sud rappresenta quindi il luogo in cui trovare la materia prima per favorire lo sviluppo sostenibile, ed è la prima volta che non si è costretti a cercare altrove le risorse necessarie al soddisfacimento dei propri fabbisogni. Inoltre, tali risorse sono pulite e gratuite: occorre trarne il massimo profitto per il bene presente e futuro della collettività.

## Capitolo VI – CONCLUSIONE

Nel presente lavoro è stata analizzata la situazione energetica delle Utenze di proprietà del Comune di Specchia, e sono state proposti degli interventi volti a mirare tale situazione.

Nell'anno 2004, il consumo energetico totale è stato pari a **1115.25 MWh**, per una spesa sostenuta pari a **115256.98 €**. In particolare, la situazione vista nei capitoli precedenti è riepilogata nel quadro VI.1.

### Quadro riepilogativo VI.1

**SCUOLE:** Consumo di energia elettrica = 39492 kWh  
 Spesa per energia elettrica = 6939.16 €  
 Consumo di energia termica = 168823 kWh  
 Spesa per energia termica = 14430.48 €

**ALTRE UTENZE:** Consumo di energia elettrica = 33658 kWh  
 Spesa per energia elettrica = 6208.91 €  
 Consumo di energia termica = 50884 kWh  
 Spesa per energia termica = 4365.16 €

**ILLUMINAZIONE PUBBLICA:** Consumo di energia elettrica = 822390 kWh  
 Spesa per energia elettrica = 83313.27 €

Si vede come sia rappresentato dall'illuminazione pubblica il settore che incide maggiormente (73.6%) nelle spese energetiche del Comune, oltre ad essere quello in cui sono attuabili i maggiori risparmi. Si pensi ad esempio all'intervento riguardante l'installazione dei regolatori di flusso luminoso, accompagnata dal miglioramento del parco lampade, sostituendo quelle ai vapori di mercurio con le più efficienti lampade ai vapori di sodio, grazie al quale si possono trarre i benefici seguenti:

- RIDUZIONE SPESA DEL 61.58%, con un passaggio da 83313.27 € a 32003.02 € annui; nel dettaglio, la sostituzione delle lampade consente un

risparmio del 27.09%, abbassando le spese fino a 60744.09 €, mentre la successiva installazione dei regolatori permette un ulteriore calo delle spese del 47.32%, fino ad arrivare alla cifra sopra citata.

Il tutto per un pay back period di soli 4.78 anni.

Il rifasamento dei carichi elettrici è l'altro intervento di cui si è giustificata la convenienza, giacché permetterebbe, a fronte di un brevissimo pay back period, di soli 0.13 anni, dei risparmi nell'ordine del 24.61%.

Non bisogna inoltre dimenticare la validità degli altri interventi proposti, quali l'impiego di lampioni stradali fotovoltaici, la sostituzione degli apparecchi d'illuminazione poco efficienti e l'impiego di sistemi di telegestione degli impianti, anche se in questo caso non è stato possibile quantificare con precisione la loro sicura convenienza.

Moltissimo può essere fatto anche nel settore civile. Non è casuale il concetto di cui si è parlato nell'introduzione, cioè l'uso razionale dell'energia, perchè il primo passo che tutti devono compiere è quello di gestire in modo meno insensato le fonti energetiche. Non è difficile trovare impianti d'illuminazione accesi in pieno giorno, oppure impianti di riscaldamento e condizionamento in funzione nelle stagioni sbagliate. Tutto ciò andrebbe evitato, senza alcun investimento, ma soltanto facendo maggiore attenzione, si avrebbero enormi risparmi energetici ed economici.

Si è parlato delle migliori tecnologie di lampade per l'illuminazione degli interni (è ingiustificato non usare quelle a risparmio energetico e continuare ad acquistare lampade ad incandescenza), della possibilità di regolare il flusso luminoso, dell'impiego dei semafori a LED, dell'utilizzo dei monitor LCD: alcune fra queste tipologie d'intervento, come l'impiego di migliori fonti luminose o l'utilizzo dei monitor di ultima generazione associano, oltre ai certi risparmi, anche la garanzia di un maggiore comfort per gli utenti.

Altrettanto utile ai fini della razionalizzazione energetica è l'idea di utilizzare un impianto fotovoltaico da 20 kW per la Scuola Media in Via Don Luigi Sturzo. Sono stati sottolineati i molteplici aspetti economici di tale intervento, la cui convenienza aumenterà moltissimo al momento dell'attivazione del "Conto Energia". Si è inoltre parlato della sperimentazione dell'idrogeno per l'accumulo pulito di energia elettrica, con l'obiettivo di rendere l'utenza indipendente dal punto di vista energetico.



Nel campo dei fabbisogni termici, infine, il primo intervento da compiere è quello di razionalizzare le potenzialità delle centrali termiche, visto che si è dimostrato un certo squilibrio tra potenze installate e consumi di energia termica. Fatto questo, si passerà alla metanizzazione delle centrali termiche, operazione che consente risparmi attorno al 34%: è stata proposta la tecnologia riguardante le caldaie a condensazione.

Uso razionale dell'energia in questo settore significa evitare le dispersioni, attraverso un migliore isolamento termico, e regolare al meglio la temperatura degli ambienti, installando su ogni terminale delle valvole termostatiche.

E' stato poi proposto il dimensionamento di un impianto solare termico per la produzione d'acqua calda per il "Palazzetto dello Sport", dal quale è stata dedotta la grande convenienza di quest'operazione, che pertanto potrebbe essere estesa ad altre utenze.

Infine, non è da sottovalutare il contributo che nel prossimo futuro darà la telegestione degli impianti termici.

Per concludere il lavoro, si vuole sottolineare come la corretta mentalità posseduta dall'Amministrazione Comunale di Specchia, nel campo dell'uso razionale dell'energia, rappresenti soltanto un piccolo passo: tutte le Amministrazioni dovrebbero avere la predisposizione ad interessarsi all'impiego delle fonti rinnovabili, soprattutto del sole, per il soddisfacimento dei bisogni energetici.

Un impiego più massiccio della fonte eolica, invece, resta difficile da pensare, soprattutto alla luce dei recenti provvedimenti che fanno di tutto per limitare l'installazione di nuovi aerogeneratori: ma esempi come quello dell'Ecovillaggio Cardigliano dovrebbero essere considerati a parte, poichè non rappresentano un'opera di colonizzazione del Sud, ma soltanto la voglia di dimostrare la fattibilità dello sviluppo sostenibile.

Interventi più semplici, invece, come quelli proposti in questo lavoro di tesi, invece, andrebbero presi in considerazione da tutti i Comuni, sia al fine di ottenere dei cospicui ritorni economici, sia per sensibilizzare i cittadini alle fondamentali tematiche, alla base del presente lavoro, sull'uso razionale dell'energia.

## APPENDICE

## A.1 – Gradi-Giorno

In tabella A.1 si riporta il valore assunto dai Gradi Giorno in ognuno dei Comuni della Provincia di Lecce; per ogni comune è anche indicata l'altitudine rispetto al livello del mare.

Tab. A.1 – Gradi Giorno dei Comuni in Provincia di Lecce

<b>GRADI GIORNO</b>	<b>ALTITUDINE (M)</b>	<b>COMUNE</b>
1198	110	ACQUARICA DEL CAPO
1204	140	ALESSANO
1079	75	ALEZIO
1094	54	ALLISTE
1296	110	ANDRANO
1148	76	ARADEO
1052	32	ARNESANO
1231	96	BAGNOLO DEL SALENTO
1202	92	BOTRUGNO
1173	56	CALIMERA
1119	33	CAMPI SALENTINA
1231	96	CANNOLE
1178	60	CAPRARICA DI LECCE
1096	31	CARMIANO
1232	75	CARPIGNANO SALENTINO
1113	107	CASARANO
1161	47	CASTRI DI LECCE
1252	90	CASTRIGNANO DEI GRECI
1116	121	CASTRIGNANO DEL CAPO
1243	98	CASTRO
1104	38	CAVALLINO
1290	120	COLLEPASSO
1194	34	COPERTINO
1260	97	CORIGLIANO D'OTRANTO
1211	120	CORSANO
1248	87	CURSI
1240	81	CUTROFIANO
1246	100	DISO
1100	144	GAGLIANO DEL CAMPO
1201	78	GALATINA
1224	58	GALATONE
999	12	GALLIPOLI
1225	79	GIUGGIANELLO
1190	75	GIURDIGNANO

1133	44	GUAGNANO
1153	49	LECCE
1059	38	LEQUILE
1197	37	LEVERANO
1110	42	LIZZANELLO
1240	81	MAGLIE
1253	91	MARTANO
1216	90	MARTIGNANO
1073	75	MATINO
1147	36	MELENDUGNO
1100	59	MELISSANO
1250	89	MELPIGNANO
1316	108	MIGGIANO
1199	93	MINERVINO DI LECCE
1055	35	MONTERONI DI LECCE
1312	105	MONTESANO SALENTINO
1105	130	MORCIANO DI LEUCA
1213	82	MURO LECCESE
1208	45	NARDO'
1288	108	NEVIANO
1276	102	NOCIGLIA
1091	37	NOVOLI
1282	99	ORTELLE
1099	15	OTRANTO
1235	99	PALMARIGGI
1086	80	PARABITA
1097	124	PATU'
1229	87	POGGIARDO
1154	3	PORTO CESAREO
1332	104	PRESICCE
1095	55	RACALE
1362	127	RUFFANO
1137	47	SALICE VALENTINO
1224	130	SALVE
1204	94	SAN CASSIANO
1110	42	SAN CESARIO DI LECCE
1202	79	SAN DONATO DI LECCE
1111	43	SAN PIETRO IN LAMA
1224	78	SANARICA
1079	75	SANNICOLA
1178	56	SANTA CESAREA TERME
1230	95	SCORRANO
1247	76	SECLI'
1225	75	SOGLIANO CAVOUR
1216	90	SOLETO
<b>1367</b>	<b>131</b>	<b>SPECCHIA</b>
1240	96	SPONGANO
1105	48	SQUINZANO

1197	75	STERNATIA
1271	105	SUPERSANO
1286	102	SURANO
1062	40	SURBO
1340	110	TAURISANO
1099	58	TAVIANO
1221	128	TIGGIANO
1081	55	TREPUZZI
1183	98	TRICASE
1078	74	TUGLIE
1163	108	UGENTO
1120	77	UGGIANO LA CHIESA
1137	47	VEGLIE
1104	38	VERNOLE
1206	82	ZOLLINO

Come visto nel capitolo 1, durante l'analisi energetica delle scuole, i Gradi Giorno sono una rappresentazione della rigidità del clima in una certa località: più le temperature sono rigide, in un sito geografico, più elevato è il valore dei Gradi Giorno.

In base al valore assunto dai Gradi Giorno, l'Italia è stata suddivisa in cinque fasce climatiche, dalla A alla E: in tabella 2 si riporta una schematizzazione riassuntiva della struttura delle fasce climatiche.

**Tab. 2 – Struttura delle fasce climatiche**

<b>Zona</b>	<b>Gradi Giorno</b>	<b>Periodo di riscaldamento</b>	<b>Numero di ore massime giornaliere</b>
<b>A</b>	inferiore a 600	dal 01-12 al 15-03	6
<b>B</b>	601-900	dal 01-12 al 31-03	8
<b>C</b>	901-1400	dal 15-11 al 31-03	10
<b>D</b>	1401-2100	dal 01-11 al 15/4	12
<b>E</b>	2101-3000	15-10/15/4	14
<b>F</b>	superiore a 3000	nessuna limitazione	nessuna limitazione

In tabella è anche indicato il numero massimo di ore giornaliere e il periodo dell'anno in cui è consentito il funzionamento degli impianti di riscaldamento.

## A.2 – Consumi 2004 per Illuminazione Pubblica

Nelle figure da A.1 ad A.41 si riporta l'andamento dei consumi per i 41 quadri elettrici costituenti l'impianto di illuminazione pubblica del Comune di Specchia.

### Quadro elettrico n°1 ubicato in Via Amendolara Potenza installata pari a 9.7 kW

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\phi$	Spesa (€)
Gen	7,2	3276	2155	0,835	317,41
Feb	6,6	2585	1778	0,824	257,95
Mar	6,8	2655	1791	0,829	255,49
Apr	6,6	2074	1382	0,832	201,94
Mag	6,8	1794	1240	0,823	178,34
Giu	7	1946	1404	0,817	194,44
Lug	7,2	1834	2568	0,813	175,75
Ago	7	1680	2458	0,813	160,91
Set	7,2	2547	1812	0,815	233,38
Ott	6,8	2289	1746	0,795	222,88
Nov	7	2864	2140	0,801	241,82
Dic	6,8	2750	1934	0,818	264,41
<b>TOT</b>		<b>28294</b>	<b>22408</b>		<b>2704,72</b>

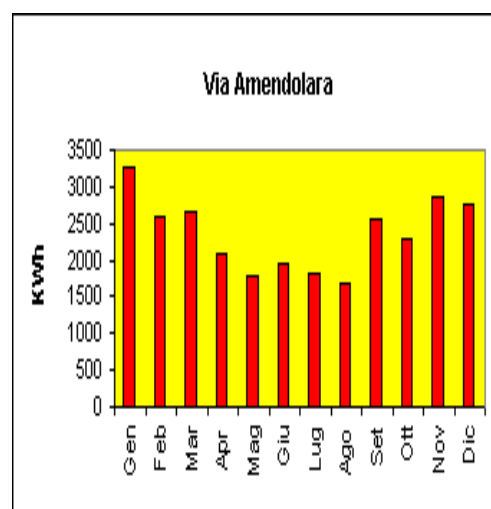


Fig. A.1

### Quadro elettrico n°2 ubicato in Via Cesare Battisti Potenza installata pari a 7.7 kW

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\phi$	Spesa (€)
Gen	6	2847	2530	0,747	274,86
Feb	6	2296	2041	0,747	227,58
Mar	6,2	2386	2138	0,745	230,1
Apr	6	1931	1734	0,744	186,06
Mag	6,4	1607	1443	0,744	162,68
Giu	6,2	1722	1549	0,743	169,2
Lug	6,4	1576	1402	0,747	151,62
Ago	6,2	1444	1284	0,747	138,85
Set	6,2	2229	1889	0,763	206,55
Ott	6,2	2042	1730	0,763	196,45
Nov	6	2492	1034	0,924	203,11
Dic	6	2308	947	0,925	222,89
<b>TOT</b>		<b>24880</b>	<b>19721</b>		<b>2369,95</b>

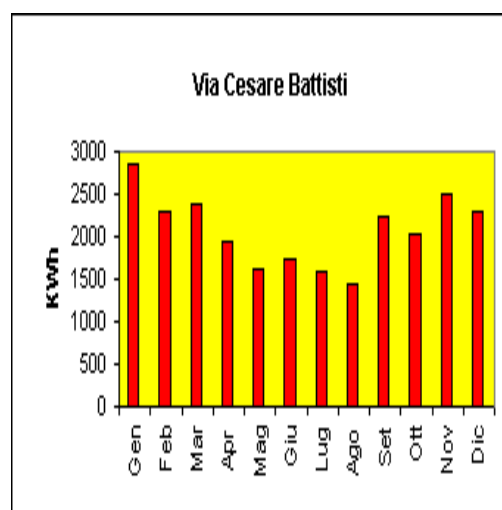
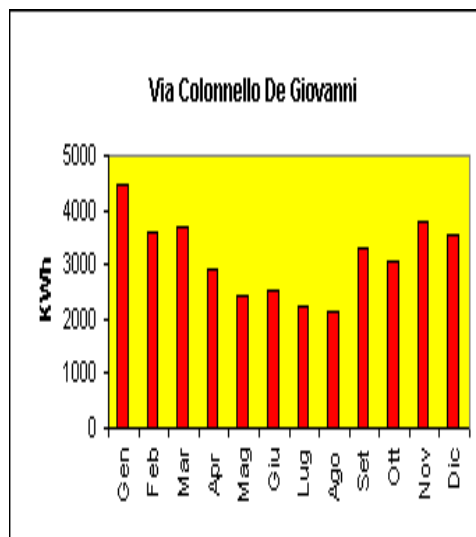


Fig. A.2

**Quadro elettrico n°3 ubicato in Via Colonnello De Giovanni**  
**Potenza installata pari a 13,2 KW**

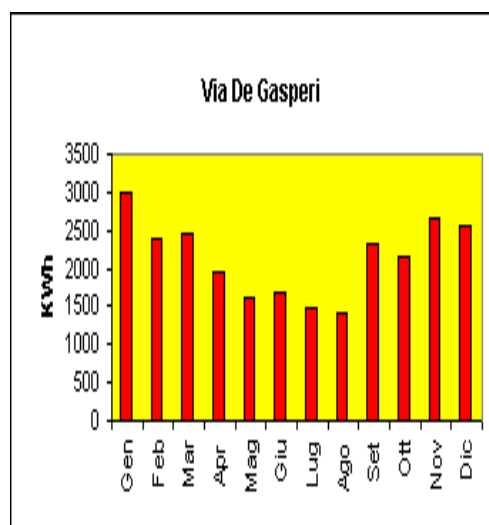
	Potenza utilizzata (kW)	Energi a attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	12,4	4471	2838	0,844	443,23
<b>Feb</b>	12,2	3587	2242	0,848	367,33
<b>Mar</b>	12,2	3670	2262	0,851	362,7
<b>Apr</b>	12,2	2935	1805	0,852	294,4
<b>Mag</b>	12,4	2418	1487	0,852	250,9
<b>Giu</b>	12	2534	1549	0,853	260,62
<b>Lug</b>	12,4	2238	1445	0,851	233,25
<b>Ago</b>	12	2141	1323	0,851	213,6
<b>Set</b>	11,8	3296	1999	0,855	310,46
<b>Ott</b>	11,8	3054	1870	0,853	305,1
<b>Nov</b>	11,6	3773	2325	0,851	296,02
<b>Dic</b>	11,4	3560	2181	0,853	350,78
<b>TOT</b>		<b>37677</b>	<b>23326</b>		<b>3688,39</b>



**Fig. A.3**

**Quadro elettrico n°4 ubicato in Via De Gasperi**  
**Potenza installata pari a 11.4 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	8,4	2979	1295	0,919	295,32
<b>Feb</b>	8,4	2390	1039	0,919	244,75
<b>Mar</b>	8,4	2445	1063	0,919	241,64
<b>Apr</b>	8,4	1955	850	0,919	196,1
<b>Mag</b>	8,4	1611	700	0,919	167,16
<b>Giu</b>	8,4	1688	734	0,919	173,33
<b>Lug</b>	8,4	1491	648	0,919	148,9
<b>Ago</b>	8,4	1426	620	0,919	142,27
<b>Set</b>	8,4	2315	1006	0,919	218,06
<b>Ott</b>	8,5	2145	823	0,934	210,43
<b>Nov</b>	8,4	2673	988	0,938	190,12
<b>Dic</b>	8,3	2550	922	0,94	250,76
<b>TOT</b>		<b>25668</b>	<b>10688</b>		<b>2478,84</b>



**Fig. A.4**

**Quadro elettrico n°5 ubicato in Via Di Vittorio**  
**Potenza installata pari a 11,4 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	9,5	4433	4058	0,738	428,58
<b>Feb</b>	8,7	3586	3295	0,736	355,96
<b>Mar</b>	9,6	3732	3450	0,734	357,86
<b>Apr</b>	9,6	3001	2780	0,734	289,03
<b>Mag</b>	9,5	2483	2303	0,733	245,42
<b>Giu</b>	9,5	2636	2430	0,735	258,23
<b>Lug</b>	9,6	2341	2235	0,723	225,48
<b>Ago</b>	9,3	2144	2046	0,723	206,46
<b>Set</b>	9	3030	3027	0,707	280,47
<b>Ott</b>	9,1	2776	2760	0,709	272,69
<b>Nov</b>	8,5	3378	3337	0,711	244,61
<b>Dic</b>	8,8	3172	3153	0,709	308,54
<b>TOT</b>		<b>36712</b>	<b>34874</b>		<b>3473,33</b>

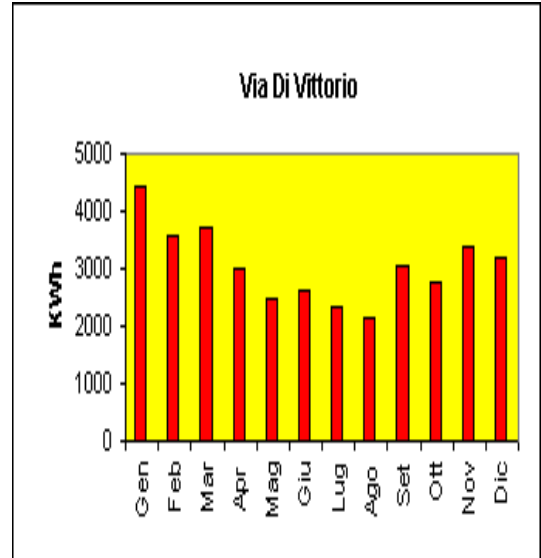


Fig. A.5

**Quadro elettrico n°6 ubicato in Via Don Minzoni**  
**Potenza installata pari a 19.2 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	13	5122	3836	0,8	552,64
<b>Feb</b>	13	4124	3099	0,799	457,82
<b>Mar</b>	13,2	4269	3186	0,801	459,53
<b>Apr</b>	13,1	3447	2562	0,803	373
<b>Mag</b>	13,2	2851	2120	0,802	317,24
<b>Giu</b>	13,1	3041	2229	0,807	333,71
<b>Lug</b>	13,2	2863	2083	0,809	312,44
<b>Ago</b>	13,2	2624	1909	0,809	252,68
<b>Set</b>	13,3	3719	2706	0,809	344,24
<b>Ott</b>	12,6	3316	2643	0,807	383,55
<b>Nov</b>	12,3	4944	3865	0,788	392,2
<b>Dic</b>	12,9	4659	3686	0,784	505,92
<b>TOT</b>		<b>44979</b>	<b>33924</b>		<b>4684,97</b>

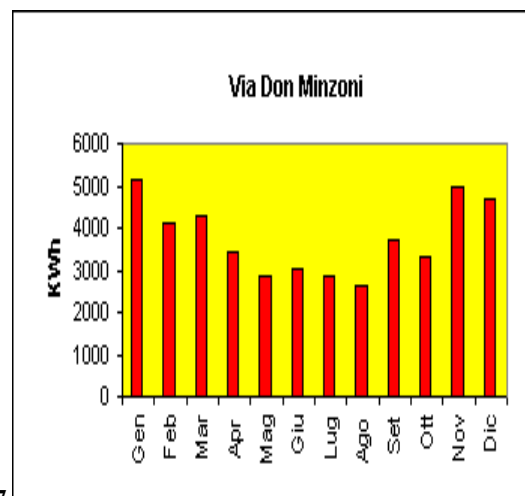


Fig. A.6

**Quadro elettrico n°7 ubicato in Via Ferrare  
Potenza installata pari a 1.1 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\phi$	Spesa (€)
Gen	0	0	0		0
Feb	0	0	0		0
Mar	0	0	0		0
Apr	0	0	0		0
Mag	0	0	0		0
Giu	0	0	0		0
Lug	0	0	0		0
Ago	0	0	0		0
Set	0	0	0		0
Ott	0	0	0		0
Nov	0	0	0		0
Dic	0	0	0		0
<b>TOT</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		<b>0</b>

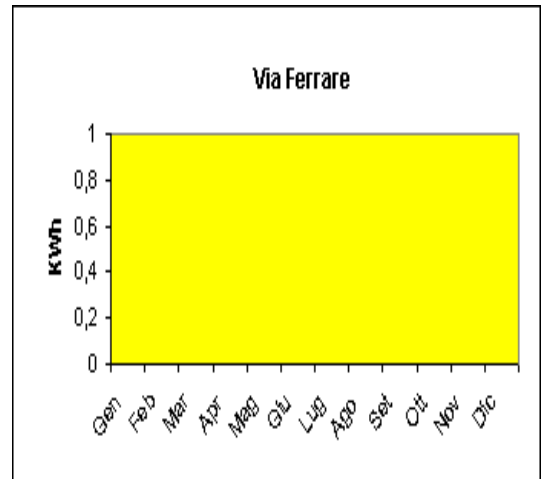


Fig. A.7

**Quadro elettrico n°8 ubicato in Contrada Magnoni  
Potenza installata pari a 2.1 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\phi$	Spesa (€)
Gen	2,6	1353	1153	0,803	138,06
Feb	2,6	1089	928	0,803	120,89
Mar	2,6	1127	961	0,803	121,31
Apr	2,6	910	776	0,803	98,47
Mag	2,6	753	642	0,803	57,38
Giu	2,6	799	681	0,803	87,68
Lug	2,6	710	605	0,803	99,18
Ago	2,6	650	554	0,803	90,81
Set	2,6	1005	649	0,803	101,77
Ott	2,6	881	751	0,803	89,94
Nov	2,6	1126	841	0,801	99
Dic	2,6	1036	770	0,803	103,74
<b>TOT</b>		<b>11439</b>	<b>9311</b>		<b>1208,23</b>

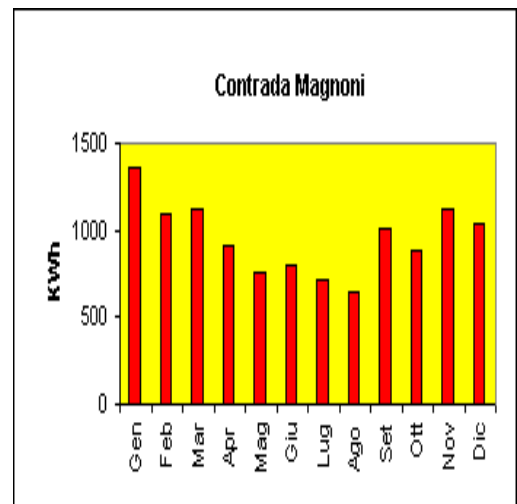


Fig. A.8



**Quadro elettrico n°9 ubicato in Via Fiore**  
**Potenza installata pari a 12.1 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
Gen	9,5	3843	2950	0,793	376,48
Feb	9,4	3100	2389	0,792	312,73
Mar	9,5	3206	2474	0,792	312,8
Apr	9,5	2579	991	0,792	253,64
Mag	9,6	2150	1668	0,79	217,54
Giu	9,6	2285	1760	0,792	228,83
Lug	9,6	2069	1634	0,785	188,73
Ago	9,3	1895	1495	0,785	172,69
Set	9,4	2927	2328	0,783	271,84
Ott	9,4	2730	2209	0,78	270,34
Nov	9,4	3406	2744	0,779	272,16
Dic	9,4	3244	2599	0,78	316,95
<b>TOT</b>		<b>33434</b>	<b>25241</b>		<b>3194,73</b>

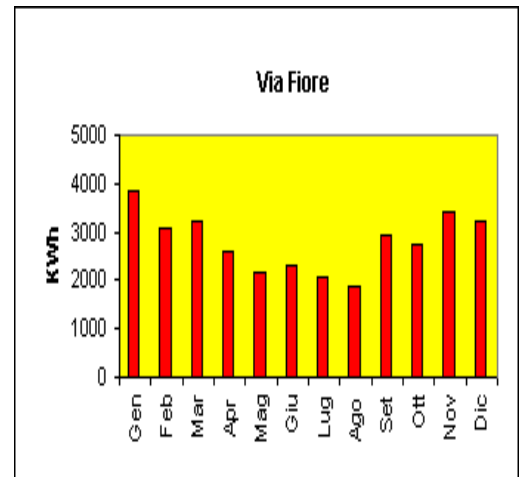


Fig. A.9

**Quadro elettrico n°10 ubicato in Via Galli**  
**Potenza installata pari a 8.9 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
Gen	6	2050	1595	0,789	204,47
Feb	5,9	1638	1284	0,787	169,06
Mar	5,9	1682	1310	0,789	167,47
Apr	6	1371	1079	0,786	138,35
Mag	5,9	1120	881	0,786	117,22
Giu	5,9	1211	969	0,781	124,84
Lug	6	1119	880	0,786	102,07
Ago	5,9	1025	805	0,786	93,41
Set	5,9	1584	1234	0,788	149,76
Ott	5,9	1502	1189	0,784	149,32
Nov	5,9	1806	1394	0,792	124,57
Dic	5,7	1709	1513	0,793	168,54
<b>TOT</b>		<b>17817</b>	<b>14133</b>		<b>1709,08</b>

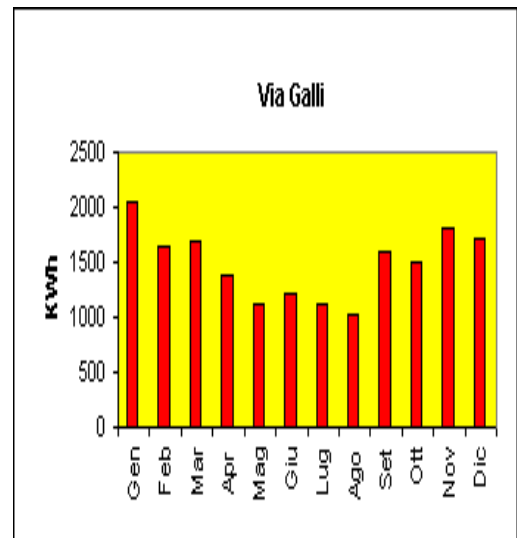


Fig. A.10

**Quadro elettrico n°11 ubicato in Corso Garibaldi**  
**Potenza installata pari a 19.2 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	18,2	6447	5250	0,775	723,94
<b>Feb</b>	12,8	4314	4251	0,712	547,84
<b>Mar</b>	13,6	4510	4223	0,73	543,54
<b>Apr</b>	13,4	3725	2546	0,826	409,78
<b>Mag</b>	13,4	3107	2052	0,834	350,58
<b>Giu</b>	13,4	3461	2432	0,818	388,12
<b>Lug</b>	18,2	3168	2223	0,819	344,92
<b>Ago</b>	13	2901	2036	0,819	315,85
<b>Set</b>	13,2	4252	2992	0,818	439,97
<b>Ott</b>	13	3775	2709	0,812	417,36
<b>Nov</b>	13,2	4602	3122	0,828	244,15
<b>Dic</b>	13	4385	2978	0,827	490,65
<b>TOT</b>		<b>48647</b>	<b>36814</b>		<b>5216,7</b>

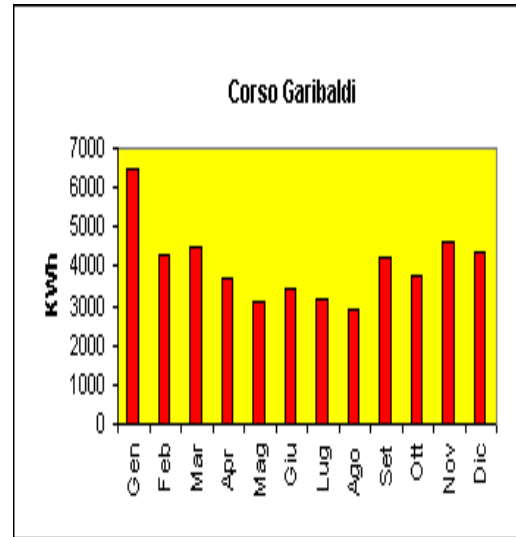


Fig. A.11

**Quadro elettrico n°12 ubicato in Corso Garibaldi**  
**Potenza installata pari a 8.2 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	7,8	3319	1686	0,892	323,57
<b>Feb</b>	4	1514	1456	0,721	165,07
<b>Mar</b>	4	1581	1507	0,724	165,85
<b>Apr</b>	3,8	1181	1186	0,706	129,43
<b>Mag</b>	3,8	1000	1002	0,706	114,18
<b>Giu</b>	3,8	1092	1088	0,708	121,88
<b>Lug</b>	7,8	1059	1034	0,715	111,91
<b>Ago</b>	4,6	969	947	0,715	102,48
<b>Set</b>	4,6	1628	1519	0,731	157,94
<b>Ott</b>	7	1333	126	0,726	139,95
<b>Nov</b>	7	1608	1518	0,727	136,76
<b>Dic</b>	4,2	1548	1470	0,725	159,18
<b>TOT</b>		<b>17832</b>	<b>14539</b>		<b>1828,2</b>

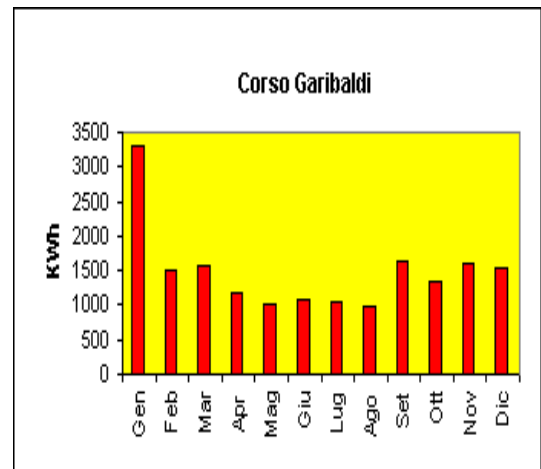


Fig. A.12

**Quadro elettrico n°13 ubicato in Corso Italia**  
**Potenza installata pari a 45 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	28,7	11142	6706	0,857	1140,11
<b>Feb</b>	28,9	8985	5411	0,857	948,18
<b>Mar</b>	28,6	9274	5593	0,856	944,2
<b>Apr</b>	28,6	7529	4585	0,854	775,73
<b>Mag</b>	29	6277	3807	0,855	666,36
<b>Giu</b>	28,4	6679	4009	0,857	698,52
<b>Lug</b>	29	6106	3591	0,862	620,35
<b>Ago</b>	28,2	5592	3289	0,862	568,09
<b>Set</b>	28,4	8586	5109	0,859	831,13
<b>Ott</b>	28,6	8109	4853	0,858	830,34
<b>Nov</b>	28,4	9864	5866	0,86	789,8
<b>Dic</b>	28	9017	5303	0,862	912,68
<b>TOT</b>		<b>97160</b>	<b>58122</b>		<b>9725,49</b>

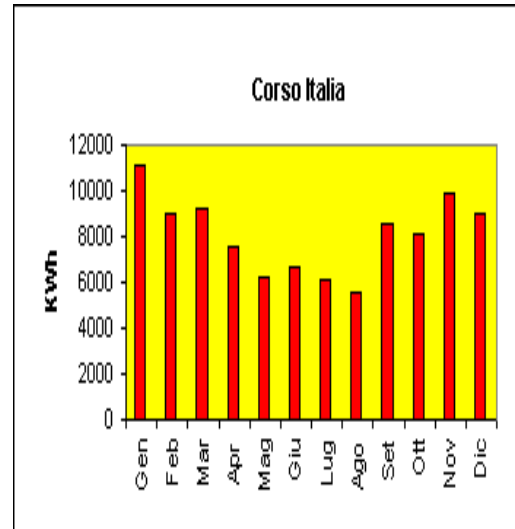


Fig. A.13

**Quadro elettrico n°14 ubicato in Via Kennedy**  
**Potenza installata pari a 7.3 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	8,9	2997	1718	0,868	299,41
<b>Feb</b>	8,8	4364	1391	0,953	422,8
<b>Mar</b>	8,9	410	1384	0,282	69,84
<b>Apr</b>	8,3	1922	1122	0,866	195,84
<b>Mag</b>	8,5	1583	916	0,866	167,32
<b>Giu</b>	9,2	1737	982	0,871	187,2
<b>Lug</b>	9,2	1563	907	0,865	158,55
<b>Ago</b>	8,8	1431	830	0,865	145,19
<b>Set</b>	8,9	2253	1302	0,866	219,37
<b>Ott</b>	8,8	2188	1276	0,864	214,2
<b>Nov</b>	8,8	2597	1496	0,867	142,74
<b>Dic</b>	8,3	2500	1375	0,876	247,69
<b>TOT</b>		<b>25545</b>	<b>14699</b>		<b>2470,15</b>

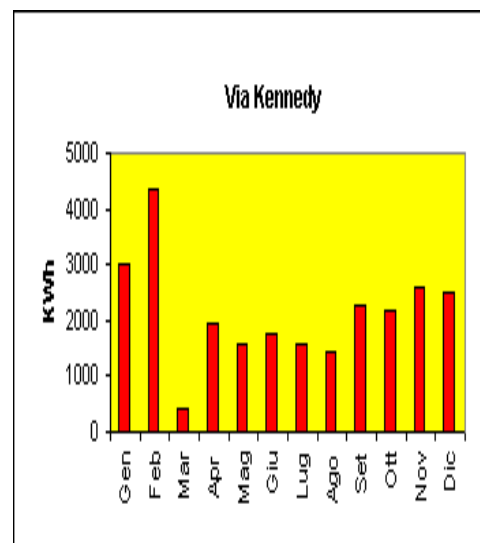


Fig. A.14

**Quadro elettrico n°15 ubicato in Via Madonna Del Passo**  
**Potenza installata pari a 13.2 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	12,4	5683	4254	0,801	550,27
<b>Feb</b>	12,4	4596	1391	0,953	457,07
<b>Mar</b>	24,6	4803	3639	0,797	602,48
<b>Apr</b>	19,4	5901	2980	0,898	590,62
<b>Mag</b>	37,2	4593	2291	0,895	726,35
<b>Giu</b>	19,4	5133	2522	0,898	575,03
<b>Lug</b>	37,2	3189	2334	0,807	376,59
<b>Ago</b>	19	2920	2137	0,807	344,87
<b>Set</b>	12,4	4389	3308	0,799	473,26
<b>Ott</b>	12,4	4174	3192	0,794	470,04
<b>Nov</b>	24,4	5082	3913	0,792	501,59
<b>Dic</b>	12,2	4674	3576	0,794	531,91
<b>TOT</b>		<b>55137</b>	<b>35537</b>		<b>6200,08</b>

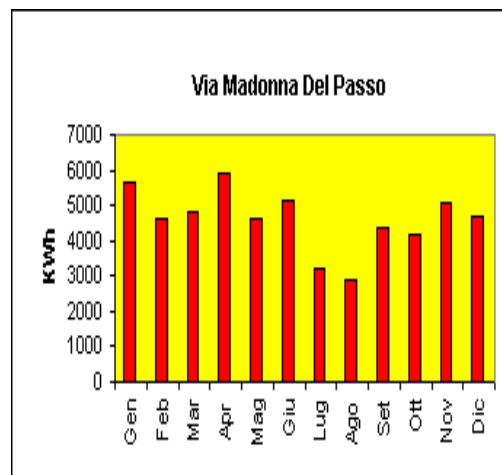


Fig. A.15

**Quadro elettrico n°16 ubicato in Via Guglielmo Marconi**  
**Potenza installata pari a 10.4 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	6,4	2288	715	0,954	227,03
<b>Feb</b>	6,4	1815	559	0,956	186,37
<b>Mar</b>	6,4	1911	615	0,952	188,64
<b>Apr</b>	6,4	1540	496	0,952	154,04
<b>Mag</b>	6,4	1283	420	0,95	132,43
<b>Giu</b>	6,6	1332	407	0,956	141,2
<b>Lug</b>	6,6	1255	399	0,953	125,08
<b>Ago</b>	6,2	1150	366	0,953	114,54
<b>Set</b>	6,6	1795	569	0,953	168,66
<b>Ott</b>	6,4	1691	533	0,954	168,17
<b>Nov</b>	6,2	2065	634	0,956	165,34
<b>Dic</b>	6,2	1883	562	0,958	185,83
<b>TOT</b>		<b>20008</b>	<b>6275</b>		<b>1957,33</b>

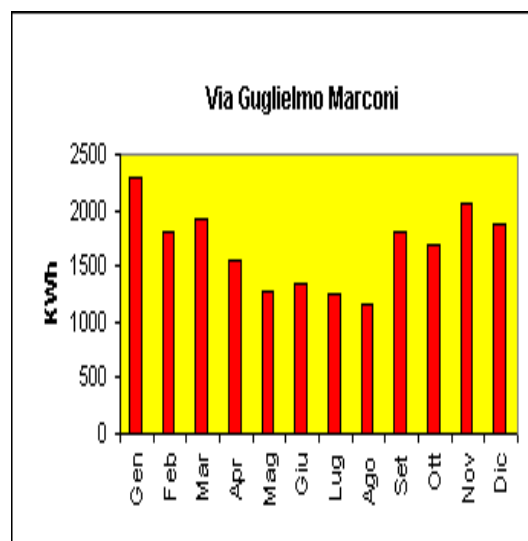


Fig. A.16

**Quadro elettrico n°17 ubicato in Via Masaniello**  
**Potenza installata pari a 19.2 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
Gen	12,4	4816	3518	0,808	516,85
Feb	12,1	3835	2759	0,812	422,06
Mar	12,1	3893	2814	0,81	415,49
Apr	11,6	3047	2151	0,817	328,14
Mag	11,6	2514	1806	0,812	280,26
Giu	11,4	2678	1975	0,805	297,37
Lug	12,4	2335	1739	0,802	255,20
Ago	11,3	2138	1593	0,802	233,70
Set	10,9	3175	0	0,999	300,31
Ott	10,5	2905	0	0,999	298,95
Nov	8,3	3719	2481	0,832	272,2
Dic	10,6	3477	2277	0,837	364,31
<b>TOT</b>		<b>38532</b>	<b>23113</b>		<b>3984,84</b>

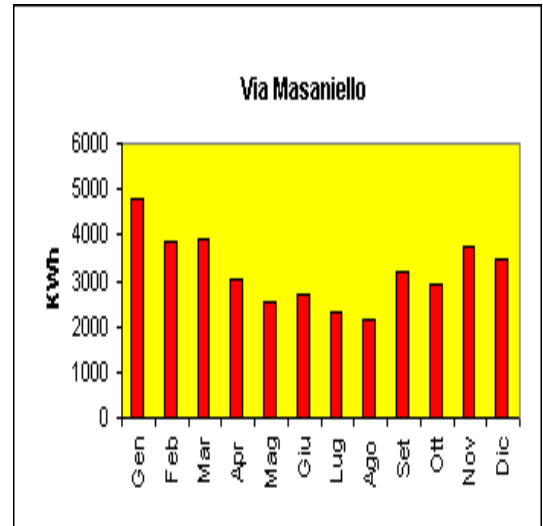


Fig. A.17

**Quadro elettrico n°18 ubicato in Via Amendolara**  
**Potenza installata pari a 7.9 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
Gen	7	2392	1322	0,875	238,57
Feb	7	1911	1063	0,874	197,23
Mar	7	1972	1136	0,867	196,2
Apr	7	1579	846	0,881	159,67
Mag	7	1316	740	0,872	137,53
Giu	7	1408	778	0,875	145,24
Lug	7	1277	648	0,892	128,04
Ago	7	1169	593	0,892	117,25
Set	6,8	1824	915	0,894	172,63
Ott	6,8	1729	856	0,896	172,18
Nov	6,8	2123	1075	0,892	141,68
Dic	6,7	1888	911	0,901	187,21
<b>TOT</b>		<b>20588</b>	<b>10883</b>		<b>1993,43</b>

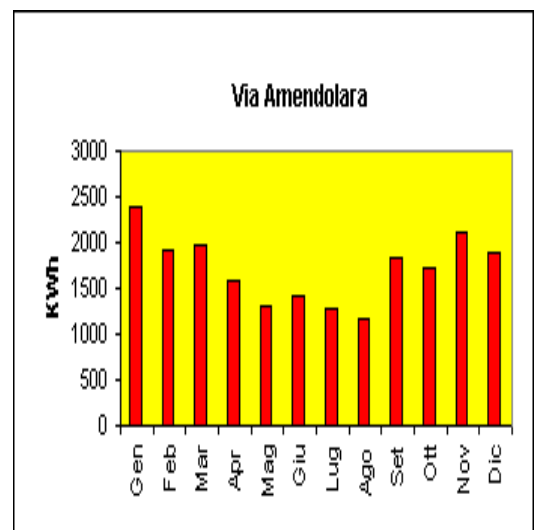


Fig. A.18

**Quadro elettrico n°19 ubicato in Via Zaccagnini**  
**Potenza installata pari a 1.1 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
Gen	1,5	682	9	0,999	66,08
Feb	1,4	549	6	0,999	54,7
Mar	1,4	583	3	0,999	55,8
Apr	1,4	477	1	0,999	45,85
Mag	1,4	399	0	0,999	39,29
Giu	1,5	448	0	0,999	43,38
Lug	1,4	118	0	0,999	14,04
Ago	1	567	54	0,997	61,84
Set	1	609	52	0,996	55,2
Ott	1	524	46	0,996	50,64
Nov	2	671	60	0,996	76,22
Dic	1	569	55	0,995	56,11
<b>TOT</b>		<b>6196</b>	<b>286</b>		<b>619,15</b>

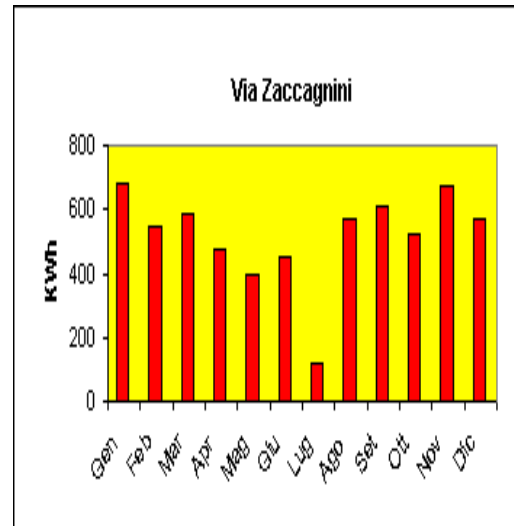


Fig. A.19

**Quadro elettrico n°20 ubicato in Via Provinciale Alessano**  
**Potenza installata pari a 5 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
Gen	4	1417	685	0,9	140,75
Feb	4	1138	560	0,897	116,81
Mar	4	1197	596	0,895	118,15
Apr	4	963	489	0,892	96,34
Mag	4	834	413	0,896	85,46
Giu	4	899	451	0,894	93,28
Lug	4,1	822	395	0,901	81,23
Ago	4	752	361	0,901	74,38
Set	4	1147	560	0,899	107,45
Ott	4	1076	532	0,896	106,73
Nov	4	1227	602	0,891	99,53
Dic	4,1	1198	578	0,901	117,84
<b>TOT</b>		<b>12670</b>	<b>6222</b>		<b>1237,95</b>

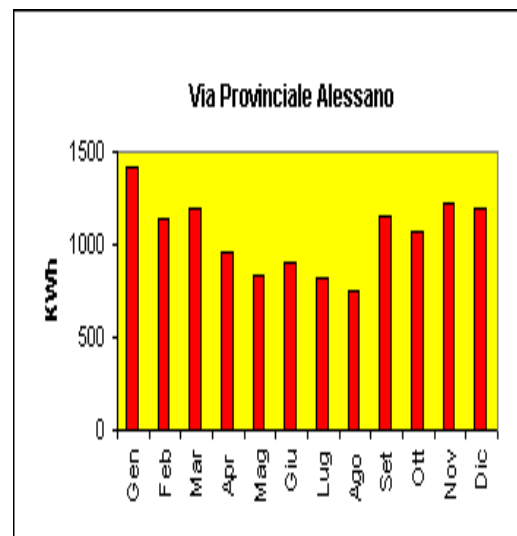


Fig. A.20

**Quadro elettrico n°21 ubicato in Via Matine**  
**Potenza installata pari a 1.1 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	0,8	369	117	0,953	35,71
<b>Feb</b>	0,7	300	98	0,951	29,8
<b>Mar</b>	0,7	311	105	0,947	29,76
<b>Apr</b>	0,7	250	87	0,944	24,08
<b>Mag</b>	0,7	207	74	0,942	20,46
<b>Giu</b>	0,7	193	72	0,937	19,28
<b>Lug</b>	0,8	210	70	0,935	20,75
<b>Ago</b>	0,8	192	64	0,935	18,99
<b>Set</b>	0,7	273	91	0,935	26,68
<b>Ott</b>	0,7	269	107	0,929	25,57
<b>Nov</b>	0,7	330	135	0,926	27,31
<b>Dic</b>	0,7	306	128	0,923	29,42
<b>TOT</b>		<b>3210</b>	<b>1148</b>		<b>307,81</b>

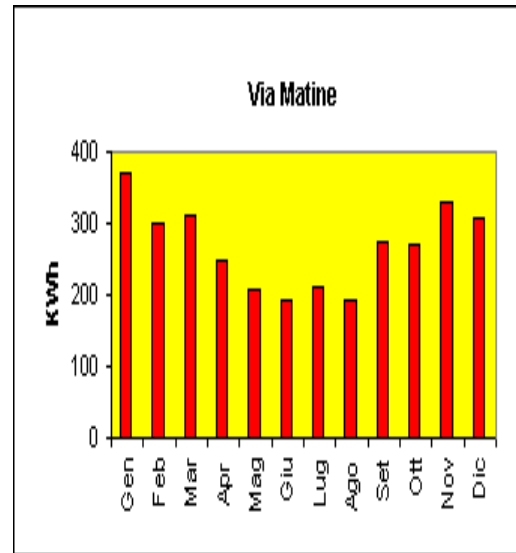


Fig. A.21

**Quadro elettrico n°22 ubicato in Via Matine**  
**Potenza installata pari a 1 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	0,7	351	25	0,997	31,09
<b>Feb</b>	0,7	260	23	0,996	25,85
<b>Mar</b>	0,7	271	23	0,996	25,96
<b>Apr</b>	0,7	216	17	0,997	20,83
<b>Mag</b>	0,8	201	15	0,997	21,48
<b>Giu</b>	0,8	234	18	0,997	22,73
<b>Lug</b>	0,8	219	17	0,997	21,64
<b>Ago</b>	0,8	200	16	0,997	19,78
<b>Set</b>	0,9	284	22	0,997	27,75
<b>Ott</b>	0,8	279	23	0,997	27,26
<b>Nov</b>	0,8	345	25	0,997	26,36
<b>Dic</b>	0,8	314	22	0,998	28,41
<b>TOT</b>		<b>3174</b>	<b>246</b>		<b>299,14</b>

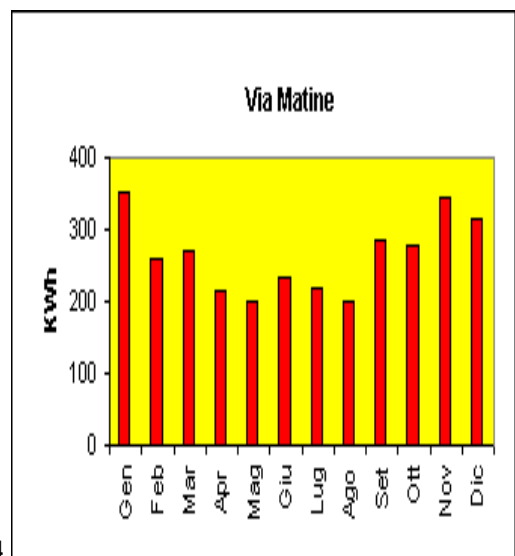


Fig. A.22

**Quadro elettrico n°23 ubicato in Via Padula**  
**Potenza installata pari a 0.5 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Spesa (€)
Gen	0,5	177	17,59
Feb	0,5	152	15,48
Mar	0,5	147	14,53
Apr	0,5	117	11,77
Mag	0,5	29	9,91
Giu	0,5	114	11,5
Lug	0,5	106	10,25
Ago	0,5	97	9,37
Set	0,5	150	13,81
Ott	0,5	141	13,74
Nov	0,5	165	13,32
Dic	0,5	146	13,8
<b>TOT</b>		<b>1541</b>	<b>155,07</b>

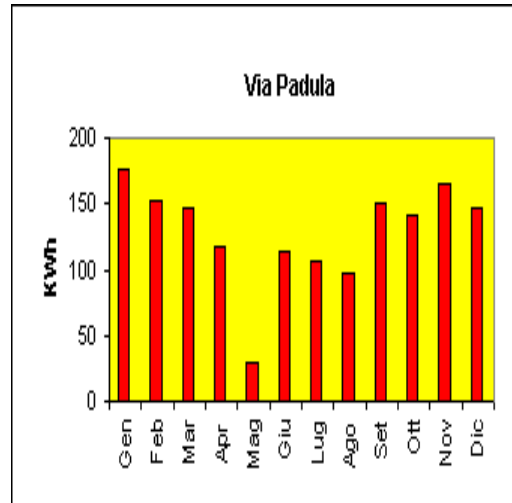


Fig. A.23

**Quadro elettrico n°24 ubicato in Via Pasubio**  
**Potenza installata pari a 9.3 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos φ	Spesa (€)
Gen	6,3	2759	1511	0,877	268,25
Feb	6,4	2224	1248	0,872	223,12
Mar	6,3	2265	1264	0,873	218,96
Apr	6,2	1841	1067	0,865	179,29
Mag	6,2	1530	867	0,87	153,11
Giu	6,1	1636	972	0,86	161,99
Lug	6,4	1516	0	0,999	146,55
Ago	6,1	1389	0	0,999	134,20
Set	6	2142	150269	0,014	197,23
Ott	6,1	2013	1142	0,87	196,15
Nov	6,2	2361	1316	0,873	190,6
Dic	5,8	2082	1106	0,883	196,8
<b>TOT</b>		<b>23758</b>	<b>160762</b>		<b>2266,25</b>

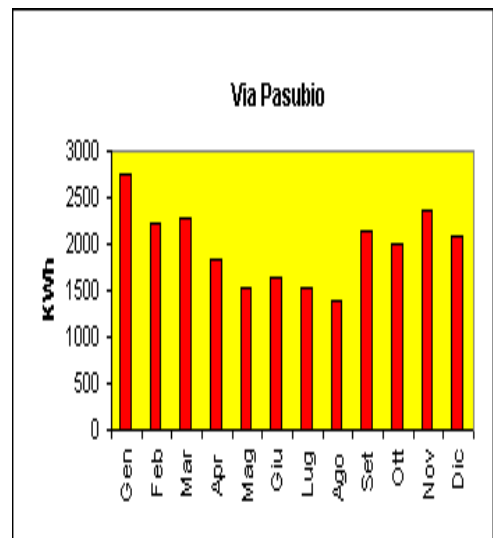


Fig. A.24



**Quadro elettrico n°25 ubicato in Via Redenzione**  
**Potenza installata pari a 7.3 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
Gen	6,5	2568	1183	0,908	251,54
Feb	6,4	2053	945	0,908	207,92
Mar	6,5	2116	975	0,908	206,59
Apr	6,2	1680	756	0,912	166,19
Mag	6,4	1411	649	0,909	143,54
Giu	6,2	1583	786	0,907	157,96
Lug	6,5	1410	641	0,91	136,30
Ago	6,5	1292	588	0,91	124,83
Set	12,4	1831	833	0,91	177,73
Ott	6,2	1824	825	0,911	168,59
Nov	6,2	2234	1000	0,913	200,24
Dic	6,2	2134	929	0,917	223,98
<b>TOT</b>		<b>22136</b>	<b>10110</b>		<b>2165,41</b>

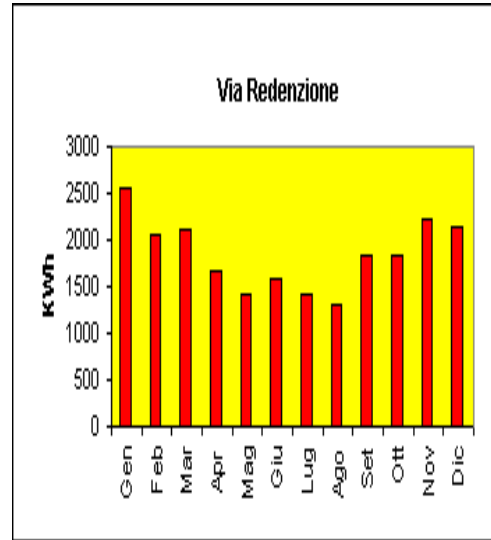


Fig. A.25

**Quadro elettrico n°26 ubicato in Via Roma**  
**Potenza installata pari a 7.6 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
Gen	7,8	2786	2419	0,755	276,48
Feb	5,5	1738	1984	0,659	184,98
Mar	5,3	1721	1971	0,658	177,84
Apr	5,4	1473	1390	0,727	153,89
Mag	5,2	1233	0	0,999	133,7
Giu	5,5	1366	0	0,999	144,83
Lug	7,8	1284	0	0,999	130,97
Ago	5,6	1176	0	0,999	119,93
Set	5,4	1762	0	0,999	169,17
Ott	5,4	1661	1	0,999	168,85
Nov	5,6	2039	0	0,999	167,98
Dic	5,6	1946	0	0,999	194,57
<b>TOT</b>		<b>20185</b>	<b>7765</b>		<b>2023,19</b>

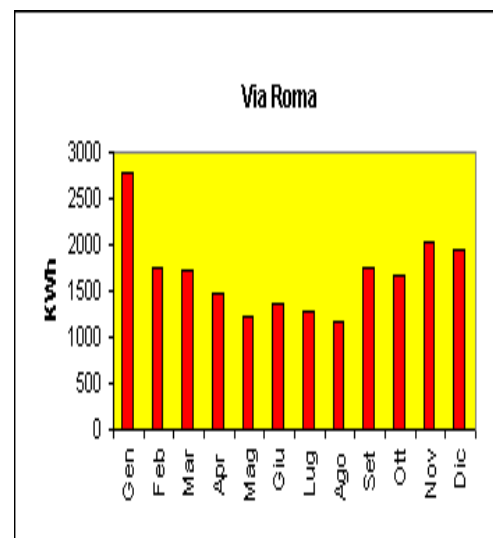


Fig. A.26

**Quadro elettrico n°27 ubicato in Via S.Eufemia**  
**Potenza installata pari a 4.8 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	4,9	2124	966	0,91	206,7
<b>Feb</b>	4,7	1677	759	0,911	168,25
<b>Mar</b>	4,6	1741	821	0,904	168,25
<b>Apr</b>	4,7	1410	647	0,909	137,82
<b>Mag</b>	4,6	1184	546	0,908	118,28
<b>Giu</b>	4,9	1296	588	0,911	127,67
<b>Lug</b>	4,9	1210	558	0,908	123,42
<b>Ago</b>	4,9	1109	512	0,908	113,00
<b>Set</b>	4,7	1572	725	0,908	154,61
<b>Ott</b>	4,8	1521	713	0,905	150,93
<b>Nov</b>	4,8	1930	1009	0,886	143,28
<b>Dic</b>	5	1720	872	0,892	178,45
<b>TOT</b>		<b>18494</b>	<b>8716</b>		<b>1790,66</b>

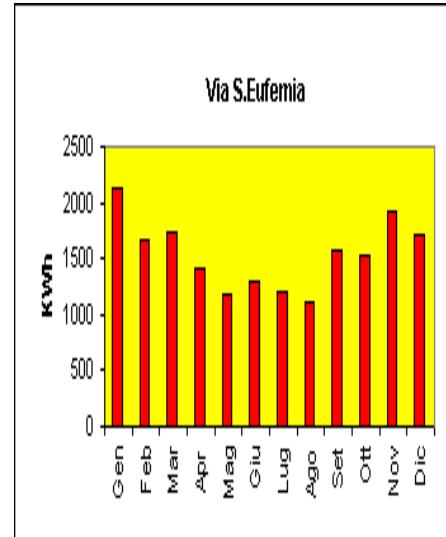


Fig. A.27

**Quadro elettrico n°28 ubicato in Via S.Nicola**  
**Potenza installata pari a 1.4 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	2,1	596	819	0,588	60,83
<b>Feb</b>	2	478	656	0,589	50,7
<b>Mar</b>	2	496	677	0,891	50,69
<b>Apr</b>	1,1	385	518	0,597	40,48
<b>Mag</b>	1,8	328	436	0,601	35,66
<b>Giu</b>	1,1	350	470	0,597	37,52
<b>Lug</b>	2,1	334	460	0,61	34,23
<b>Ago</b>	1,1	305	421	0,61	31,35
<b>Set</b>	1,1	425	598	0,579	42,85
<b>Ott</b>	1,1	418	558	0,6	41,41
<b>Nov</b>	1,1	517	688	0,6	41,34
<b>Dic</b>	1,1	491	648	0,604	49,44
<b>TOT</b>		<b>5123</b>	<b>6949</b>		<b>516,5</b>

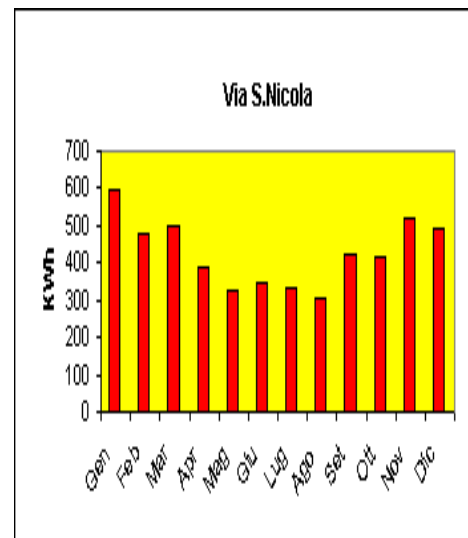


Fig. A.28

**Quadro elettrico n°29 ubicato in Via Ten. Carbone**  
**Potenza installata pari a 3.1 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
Gen	3,5	1657	418	0,97	160,01
Feb	3,5	1336	345	0,968	132,47
Mar	3,5	1389	361	0,968	132,64
Apr	3,5	1120	287	0,969	109,08
Mag	3,5	931	242	0,968	92,03
Giu	3,7	1057	244	0,974	104,94
Lug	3,7	980	221	0,976	88,12
Ago	0	898	201	0,976	80,76
Set	3,7	1356	320	0,973	124,85
Ott	3,7	1291	303	0,973	123,37
Nov	3,7	1575	377	0,971	121,4
Dic	3,7	1502	358	0,973	144,05
<b>TOT</b>		<b>15092</b>	<b>3677</b>		<b>1413,72</b>

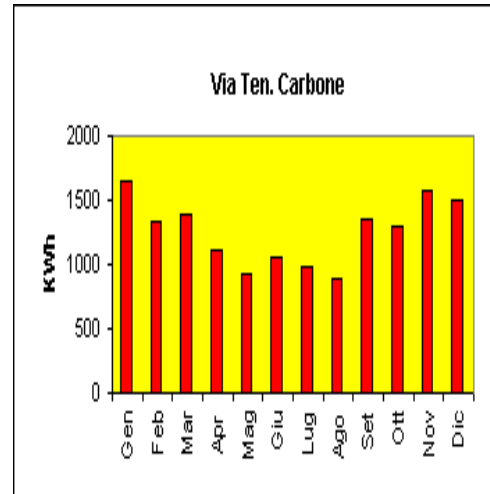


Fig. A.29

**Quadro elettrico n°30 ubicato in Via Zaccagnini**  
**Potenza installata pari a 6 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
Gen	8,3	3075	1290	0,931	303,96
Feb	7,8	2363	1021	0,918	242,57
Mar	7,9	2439	1058	0,917	241,28
Apr	7,8	1952	860	0,915	196
Mag	7,8	1617	718	0,914	167,81
Giu	7,8	1602	699	0,917	166,56
Lug	8,3	1515	626	0,924	151,89
Ago	7,8	1387	574	0,924	139,10
Set	7,8	2205	932	0,921	209,56
Ott	7,8	2105	891	0,921	207,7
Nov	7,8	2582	1087	0,922	232,16
Dic	7,8	2351	978	0,923	231,95
<b>TOT</b>		<b>25193</b>	<b>10734</b>		<b>2490,54</b>

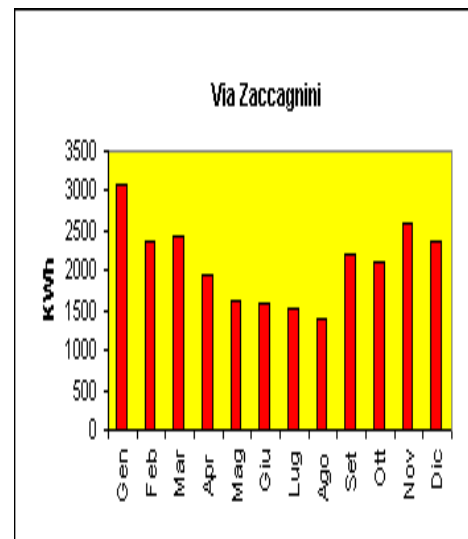


Fig. A.30

**Quadro elettrico n°31 ubicato in Via XXV Aprile**  
**Potenza installata pari a 9.8 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
Gen	8,4	2083	558	0,966	216,72
Feb	5,2	1689	492	0,96	182,95
Mar	7,2	1753	502	0,961	182,9
Apr	5,2	1370	362	0,967	147,6
Mag	3,2	806	1	0,999	100,27
Giu	3,2	869	0	0,999	105,54
Lug	8,4	801	0	0,999	91,85
Ago	3	733	0	0,999	84,11
Set	3,2	1125	0	0,999	122,84
Ott	3,4	1123	0	0,999	117,38
Nov	3,2	1317	0	0,999	108,55
Dic	3,2	1283	0	0,999	137,27
<b>TOT</b>		<b>14952</b>	<b>1915</b>		<b>1597,98</b>

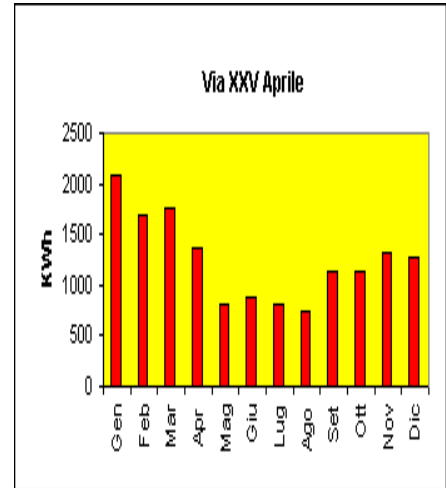


Fig. A.31

**Quadro elettrico n°32 ubicato in Contrada Vignali**  
**Potenza installata pari a 1 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
Gen	0,9	456	682	0,556	43,79
Feb	0,9	368	549	0,557	36,24
Mar	0,9	391	583	0,557	37,01
Apr	0,8	323	482	0,557	30,59
Mag	0,9	281	423	0,553	27,06
Giu	0,8	326	489	0,555	30,82
Lug	0,9	317	476	0,554	26,52
Ago	0,9	290	437	0,554	24,38
Set	0,9	412	619	0,554	36,58
Ott	0,8	350	526	0,554	34,45
Nov	0,9	471	707	0,554	40,66
Dic	0,9	469	701	0,556	36,18
<b>TOT</b>		<b>4454</b>	<b>6674</b>		<b>404,28</b>

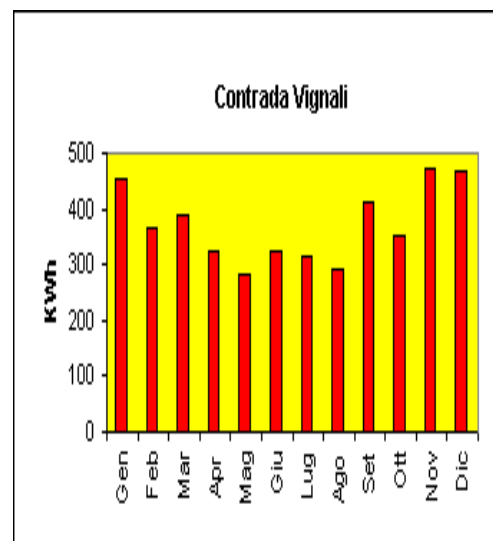


Fig. A.32

**Quadro elettrico n°33 ubicato in Via Alessandro Volta**  
**Potenza installata pari a 16 kW**

	Potenza utilizzata (kW)	Energia attiva (kWh)	Energia reattiva (kVarh)	Cos $\varphi$	Spesa (€)
<b>Gen</b>	14,2	4981	3968	0,803	495,31
<b>Feb</b>	13,9	3805	2994	0,786	393,74
<b>Mar</b>	13,7	3939	3103	0,786	392,76
<b>Apr</b>	13,5	3160	2477	0,787	320,28
<b>Mag</b>	13,8	2699	2100	0,789	281,46
<b>Giu</b>	13,9	2850	2188	0,793	294,11
<b>Lug</b>	14,2	2612	1983	0,796	261,55
<b>Ago</b>	13	2391	1815	0,796	239,51
<b>Set</b>	13,5	3760	2843	0,798	354,29
<b>Ott</b>	13,4	3456	2570	0,802	345,78
<b>Nov</b>	13,7	4326	3189	0,805	351,26
<b>Dic</b>	13,5	4084	2961	0,81	462,35
<b>TOT</b>		<b>42063</b>	<b>32191</b>		<b>4192,4</b>

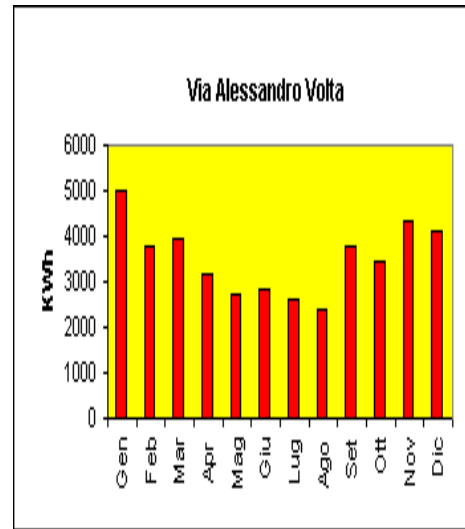


Fig. A.33

**Quadro elettrico n°34 ubicato in Contrada Patri(1)**  
**Potenza disponibile 1.7 kW**

	Potenza contrattualmente impegnata (kW)	kWh	Spesa (€)
<b>Gen</b>	1,5	202	34,43
<b>Feb</b>	1,5	189	32,36
<b>Mar</b>	1,5	202	35,99
<b>Ap/Ma/Gi</b>	1,5	593	87,7
<b>Lu/Ag/Se</b>	1,5	600	93,64
<b>Ot/No/Di</b>	1,5	599	101,29
<b>Tot.</b>		<b>2385</b>	<b>385,41</b>

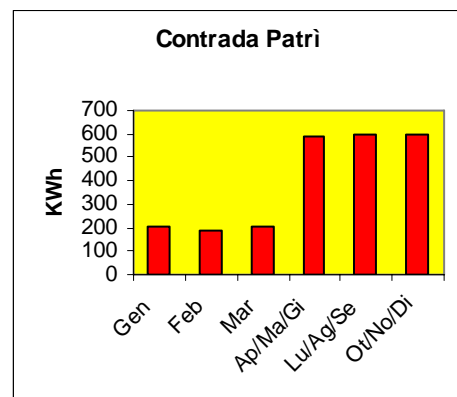
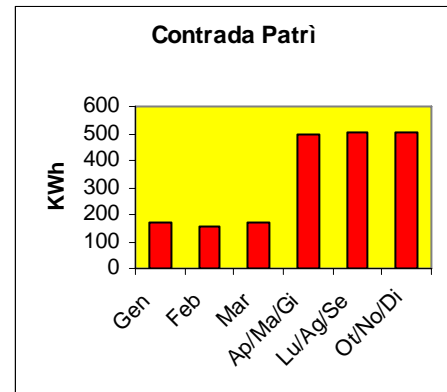


Fig. A.34

**Quadro elettrico n°35 ubicato in Contrada Patri (2)**  
**Potenza disponibile pari a 1.7 kW**

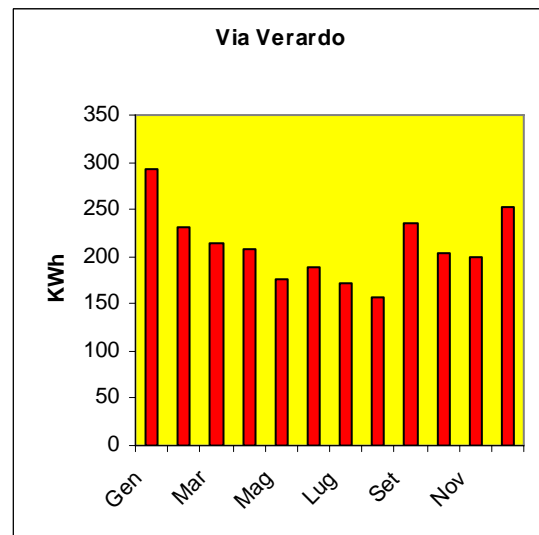
	Potenza contrattualmente impegnata (kW)	kWh	Spesa (€)
<b>Gen</b>	1,5	169	34,42
<b>Feb</b>	1,5	158	32,36
<b>Mar</b>	1,5	169	36
<b>Ap/Ma/Gi</b>	1,5	498	87,71
<b>Lu/Ag/Se</b>	1,5	505	106,9
<b>Ot/No/Di</b>	1,5	504	143,29
<b>Tot.</b>		<b>2003</b>	<b>440,68</b>



**Fig. A.35**

**Quadro elettrico n°36 ubicato in Via Verardo**  
**Potenza disponibile pari a 2 kW**

	Potenza contrattualmente impegnata (kW)	kWh	Spesa (€)
<b>Gen</b>	0,7	292	28,26
<b>Feb</b>	0,7	231	23,02
<b>Mar</b>	0,7	214	20,57
<b>Apr</b>	0,7	208	20,26
<b>Mag</b>	0,7	176	17,47
<b>Giu</b>	0,7	188	18,82
<b>Lug</b>	0,7	171	16,42
<b>Ago</b>	0,7	158	15,15
<b>Set</b>	0,7	235	21,56
<b>Ott</b>	0,7	204	19,91
<b>Nov</b>	0,7	200	16,87
<b>Dic</b>	0,7	252	24,24
<b>Tot.</b>		<b>2529</b>	<b>242,55</b>



**Fig. A.36**

**Quadro elettrico n°37 ubicato in Via Paduligne  
Potenza disponibile pari a 1.7 kW**

	Potenza contrattualmente impegnata (kW)	kWh	Spesa (€)
Gen	1,5	147	34,43
Feb	1,5	138	32,42
Mar	1,5	147	35,99
Ap/Ma/Gi	1,5	434	87,71
Lu/Ag/Se	1,5	440	112,55
Ot/No/Di	1,5	438	161,12
<b>Tot.</b>		<b>1744</b>	<b>464,22</b>

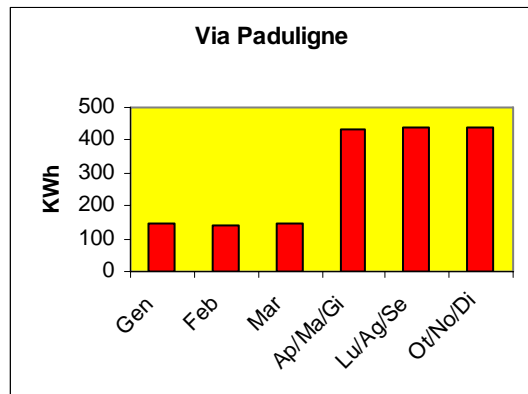


Fig. A.37

**Quadro elettrico n°38 ubicato in Via Palombaro  
Potenza disponibile pari a 1.7 kW**

	Potenza contrattualmente impegnata (kW)	kWh	Spesa (€)
Gen	1,5	107	34,43
Feb	1,5	100	32,36
Mar	1,5	107	35,99
Ap/Ma/Gi	1,5	314	87,71
Lu/Ag/Se	1,5	318	93,68
Ot/No/Di	1,5	317	101,4
<b>Tot.</b>		<b>1263</b>	<b>385,57</b>

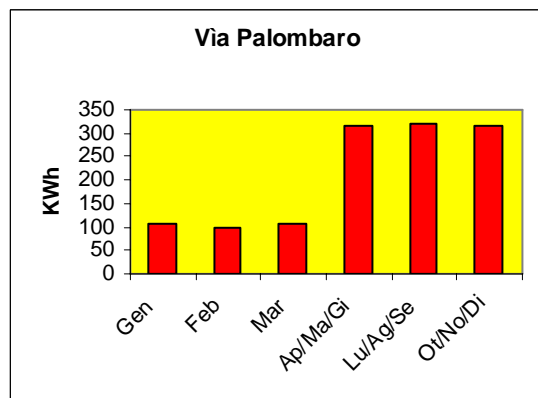


Fig. A.38

**Quadro elettrico n°39 ubicato in Via Provinciale  
Potenza disponibile pari a 11 kW**

	Potenza contrattualmente impegnata (kW)	kWh	Spesa (€)
Gen	10	2882	64
Feb	10	672	60,16
Mar	10	152	58,56
Ap/Ma/Gi	10	449	147,65
Lu/Ag/Se	10	454	123,13
Ot/No/Di	10	439	109,52
<b>Tot.</b>		<b>5048</b>	<b>563,02</b>

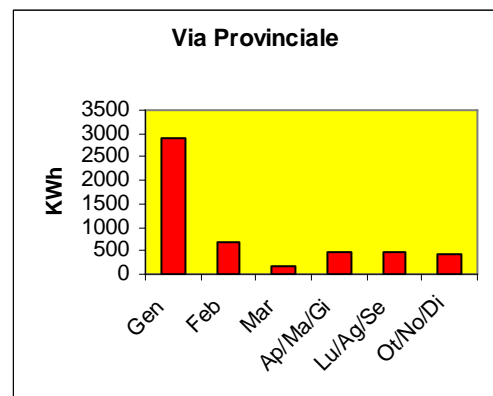
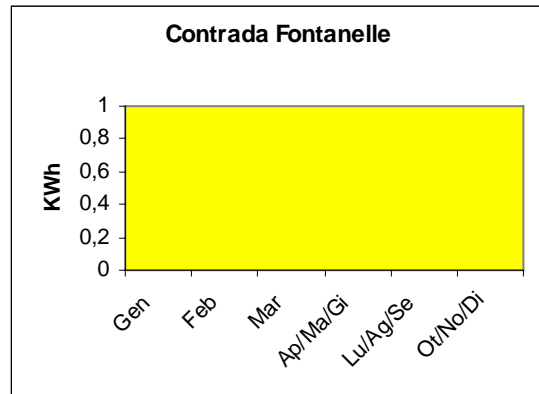


Fig. A.39

**Quadro elettrico n°40 ubicato in Contrada Fontanelle**  
**Potenza disponibile pari a 5 kW**

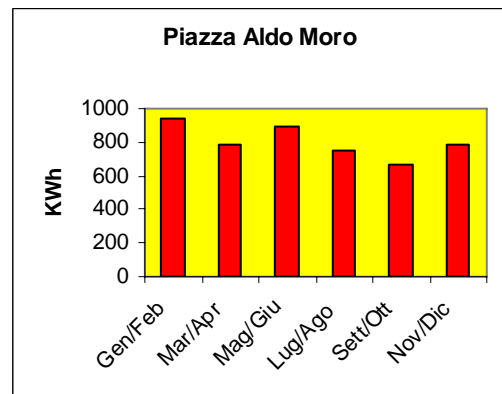
	Potenza contrattualmente impegnata (kW)	kWh	Spesa (€)
Gen	3	0	0
Feb	3	0	0
Mar	3	0	0
Ap/Ma/Gi	3	0	0
Lu/Ag/Se	3	0	0
Ot/No/Di	3	0	0
<b>Tot.</b>		<b>0</b>	<b>0</b>



**Fig. A.40**

**Quadro elettrico n°41 ubicato in Piazza Aldo Moro**  
**Potenza disponibile 5 KW**

	Potenza contrattualmente impegnata (kW)	KWh	Spesa (€)
Gen/feb	4	942	92,48
Mar/Apr	4	791	76,55
Mag/Giu	4	893	88,98
Lug/Ago	4	746	71,46
Sett/Ott	4	668	63,03
Nov/Dic	4	785	70,81
<b>Tot.</b>		<b>4825</b>	<b>463,31</b>



**Fig. A.41**



## BIBLIOGRAFIA

- [1] W. Grassi, G. Scatizzi – *Moderne soluzioni impiantistiche per il risparmio energetico* – Maggioli Editore
- [2] D. Laforgia, A. Perago, A. Ficarella – *Impianti di riscaldamento e condizionamento negli edifici residenziali* – Maggioli Editore
- [3] *Legge 9/1/91, n°10*, Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di uso delle fonti rinnovabili di energia.
- [4] *Uso Razionale dell'Energia nel settore scolastico* – ENEA Dipartimento Energia 1994.

## SITI WEB DI RIFERIMENTO

- [www.enel.it](http://www.enel.it)
- [www.autorita.energia.it](http://www.autorita.energia.it)
- [www.ecorete.it](http://www.ecorete.it)
- [www.enea.it](http://www.enea.it)
- [www.energoclub.it](http://www.energoclub.it)
- [www.fire-italia.it](http://www.fire-italia.it)
- [www.grtn.it](http://www.grtn.it)
- [www.isesitalia.it](http://www.isesitalia.it)
- [www.comune\\_modena.it](http://www.comune_modena.it)
- [www.provincia\\_torino.it](http://www.provincia_torino.it)
- [www.eu-greenlight.org](http://www.eu-greenlight.org)
- [www.aceaspa.it](http://www.aceaspa.it)
- [www.miniambiente.it](http://www.miniambiente.it)
- [www.energysaving.it](http://www.energysaving.it)
- [www.tecnologiefficienti.it](http://www.tecnologiefficienti.it)
- [www.fonti-rinnovabili.it](http://www.fonti-rinnovabili.it)
- [www.energiyalab.it](http://www.energiyalab.it)
- [www.confartigianato.it](http://www.confartigianato.it)
- [www.cstermic.it](http://www.cstermic.it)

Si ringraziano:

- Il Chiar.mo Prof. Ing. Domenico Laforgia per l'attenta supervisione al lavoro svolto;
- L'Ing. Maria Grazia De Giorgi per la costante e la preziosa cura dimostrata nel seguire la realizzazione del lavoro;
- L'Ing. Arturo De Risi e il Dott. Antonio Trevisi per le importanti informazioni fornitemi;
- L'Ing. Fabrizio Maisto per la grande collaborazione e la partecipazione al lavoro;
- Tutti i membri dell'Ufficio Tecnico del Comune di Specchia, con quali si è avuta una grande collaborazione.