



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN INGEGNERIA ELETTRTECNICA

TESI DI LAUREA

**L'EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI IMPIANTI D'ILLUMINAZIONE
PUBBLICA.**

IL CASO DI UN COMUNE DI MEDIE DIMENSIONI.

RELATORE: CH.MO PROF. ARTURO LORENZONI

CORRELATORE: ALESSANDRO SORZE, S.I.M.E.T. s.r.l.

LAUREANDO: DARIO RANDO

ANNO ACCADEMICO 2009 – 2010

Alla mia famiglia

L'efficienze energetica negli impianti d'illuminazione pubblica.

Il caso di un Comune di medie dimensioni.

1 - Sommario	- 1 -
2 - Introduzione	- 2 -
3 - Efficienza energetica nell'illuminazione	- 3 -
4 - Come e quanto illuminare	- 6 -
4.1 - Luce misurata e luce percepita	- 9 -
5 - Il Comune di Vigodarzere	- 10 -
6 - La CO₂	- 11 -
7 - Censimento dell'impianto d'illuminazione pubblica	- 11 -
8 - Possibilità d'intervento ai fini del risparmio energetico	- 12 -
8.1 - I riduttori di flusso	- 13 -
8.2 - Sostituzione di corpi illuminanti esistenti con altri ad elevato rendimento	- 15 -
8.3 - Riduzione della potenza impegnata con la sostituzione delle lampade	- 17 -
8.4 - Sostituzione dei corpi illuminanti con apparecchi a led	- 19 -
8.5 - Riduzione degli orari di funzionamento ed ottimizzazione dei tempi di accensione e spegnimento	- 21 -
8.6 - Telegestione dell'impianto	- 24 -
8.7 - Ottimizzazione dei contratti di fornitura di energia elettrica	- 27 -
8.8 - Progettazione di nuovi impianti	- 27 -
9 - Riferimenti allo stato di fatto degli impianti	- 28 -
10 - Scelta dei sistemi per il risparmio energetico	- 30 -
10.1 - Installazione dei riduttori di flusso	- 31 -
10.2 - Riduzione della potenza impegnata mediante la sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con altri ad alto rendimento	- 31 -
10.3 - Riduzione degli orari di funzionamento ed ottimizzazione dei tempi di accensione e spegnimento	- 32 -
10.4 - Ottimizzazione dei contratti di fornitura	- 32 -
10.5 - Sostituzione dei corpi illuminanti con apparecchi a led	- 33 -
10.6 - Telegestione del parco impiantistico	- 33 -
10.7 - Progettazione di nuovi impianti	- 33 -

11 - Analisi tecnico-economiche	- 34 -
11.1 - Elaborazione dei dati	- 35 -
11.1.1 - Tabella Pivot	- 35 -
11.2 - Riduzione della potenza impegnata mediante la sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con altri ad alto rendimento	- 37 -
11.3 - Riduzione degli orari di funzionamento ed ottimizzazione dei tempi di accensione e spegnimento con l'uso di orologi astronomici	- 41 -
11.4 - Installazione dei riduttori di flusso	- 43 -
11.5 - Ottimizzazione dei contratti di fornitura	- 46 -
11.6 - Sostituzione dei corpi illuminanti con lampade a led	- 47 -
11.7 - Telegestione dell'impianto	- 48 -
11.8 - Progettazione di nuovi impianti	- 48 -
11.9 - Riepilogo interventi	- 49 -
12 - Considerazioni sui risultati	- 51 -
12.1 - Considerazioni generali	- 51 -
12.2 - Grafici	- 55 -
13 - Conclusioni	- 59 -
14 - Bibliografia	- 61 -

1 - Sommario

L'azienda S.I.M.E.T. s.r.l. presso cui ho effettuato il periodo di tirocinio, si trova nella periferia sud di Padova, nel Comune di Albignasego.

Tale realtà opera prevalentemente nel settore della progettazione e dell'installazione di impianti elettrici di media e bassa tensione, di pubblica illuminazione, impianti telefonici, fotovoltaici ed illuminotecnici.

In particolare, sono stato coinvolto in un progetto dedicato alla "pubblica illuminazione" che ha previsto attività di progettazione di nuovi impianti e di analisi delle migliori possibilità di risparmio energetico da applicare agli impianti esistenti; ho determinato inoltre il conseguente risparmio economico per l'Amministrazione Comunale.

Attraverso l'utilizzo di software quali Autocad, Dialux, Excel, e con la collaborazione degli altri tecnici, ho ricavato i dati necessari alla compilazione delle relazioni e dei disegni che compongono il progetto.

Oggetto di questa tesi di laurea, è una valutazione delle possibilità di risparmio energetico negli impianti di pubblica illuminazione del Comune di Vigodarzere (PD), derivanti dagli interventi di messa in sicurezza e di riqualificazione del parco impiantistico.

Attraverso l'adozione di nuove tecnologie e in relazione allo stato di conservazione e di consistenza degli impianti esistenti, si sono stabiliti gli interventi più appropriati da eseguire.

Sulla scorta dei dati emersi dal censimento svolto preliminarmente, si sono valutate le migliori strategie operative, considerando sia la necessità di mantenere contenuti i costi degli interventi, sia la volontà di ottenere il massimo risparmio energetico.

Per raggiungere tale scopo si è cercato di preservare la maggior parte delle infrastrutture esistenti, agendo principalmente sulla sostituzione dei corpi illuminati ormai obsoleti in gran parte del territorio.

L'analisi si conclude poi con una stima degli investimenti necessari e con il calcolo dei benefici economici ottenibili.



società installazione
e manutenzione impianti
elettrici e telefonici
interni ed esterni

2 - Introduzione

Il termine “luce” (dal latino lux) si riferisce alla porzione dello spettro elettromagnetico visibile dall'occhio umano, ed è approssimativamente compresa tra 400 e 700 nanometri di lunghezza d'onda, ovvero tra 750 e 430 THz di frequenza. Questo intervallo coincide con il centro della regione spettrale della luce emessa dal sole che riesce ad arrivare al suolo attraverso l'atmosfera.

L'illuminazione pubblica è certamente uno degli elementi più importanti nell'ambito dell'arredo urbano, poiché di notte è la luce delle lampade pubbliche a dare vita alle forme e all'aspetto della città, la cui immagine e il cui profilo viene dunque realmente "disegnato" nelle ore notturne dall'illuminazione artificiale.

Per questo motivo, le Amministrazioni Pubbliche non possono che attribuire grande importanza alla gestione dell'illuminazione pubblica urbana, sia quando si tratta di progettare ed espanderla, sia quando si rendono necessari interventi di manutenzione, che non possono essere trascurati o rimandati, pena un grande disagio per tutta la comunità.

Nel corso del tempo, la funzione del servizio d'illuminazione pubblica ha assunto un'importanza crescente nella vita sociale, in un certo senso “ce ne siamo assuefatti”. Diamo per scontato la sua presenza e ci accorgiamo della sua mancanza solo nelle notti di black out, in cui, nel buio della notte ci sentiamo meno sicuri e meno protetti.

L'illuminazione pubblica però non ha più il solo scopo di illuminare la notte ma, nel corso degli ultimi anni, ha dovuto interpretare le nuove esigenze delle realtà urbane, come la valorizzazione degli edifici storici, la riqualificazione dei quartieri antichi, la promozione visiva del paesaggio urbano nelle sue innumerevoli valenze artistiche.

Si tratta di fattori di successo, che costituiscono motivo di eccellenza per una città: essi, infatti, incrementano al contempo la sicurezza e il potenziale turistico.

Il seguente elaborato tratta, nella prima parte, delle possibilità di risparmio derivanti da una corretta politica energetica, delle normative vigenti in questo campo e delle metodologie di risparmio energetico attualmente disponibili.

Nella seconda parte vengono affrontati i metodi di efficienza energetica applicati al Comune di Vigodarzere, valutando i pro e i contro di ogni metodo e quantificando il risparmio in termini energetici, monetari e ambientali.

3 - Efficienza energetica nell'illuminazione

Recenti studi hanno dimostrato che, nell'ambito dell'illuminazione pubblica, le possibilità di risparmio energetico sono elevatissime.

In Italia, gli impianti obsoleti i cui consumi energetici risultano notevoli sono in numero ancora molto elevato.

Una corretta politica di manutenzione ed aggiornamento degli impianti si tradurrebbe in grossi margini di guadagno, resi appunto possibili dal risparmio energetico.

- ✓ Il 19% dell'energia elettrica prodotta in Italia è speso per illuminare;
- ✓ Il 57% è il margine di risparmio potenziale ottenibile dall'illuminazione pubblica;
- ✓ Il 75% degli impianti è costituiti da tecnologie scadenti ed obsolete;
- ✓ Il 60% è la quota dei consumi energetici nazionali dovuti all'illuminazione stradale;

Opportunità di risparmio:

Settore	Risparmio	Risparmio annuo per punto luce CO ₂ & €
Stradale	57%	132 kg CO₂ 22€
Negozi ed aree commerciali	80%	140 kg CO ₂ 24€
Uffici ed industrie	61%	93 kg CO ₂ 17€
Domestico	80%	41 kg CO ₂ 7€
LEDs	80%	41 kg CO ₂ 7€

Dati PHILIPS "Sustainable City 2010"

Risparmio potenziale globale:

Settore	Europa	Italia	Mondo
Costi energetici/anno [Mld/€]	27	3,4	120
Emissioni CO ₂ /anno [Mln ton]	99	10,8	630
Barili equivalenti di petrolio/anno [Mln]	405	44,2	1800
Centrali (da 2TWh/anno)	135	12	600

Dati PHILIPS "Sustainable City 2010"

Un settore del consumo energetico italiano come quello della pubblica illuminazione presenta alcune caratteristiche che ne fanno un esempio ideale per contribuire in maniera sia simbolica che concreta al risparmio energetico.

Alcune di queste caratteristiche possono essere riassunte in:

- **Visibilità:** diversamente da quanto potrebbe dirsi nel caso in cui si fermasse un treno o s'interrompessero le trasmissioni di una rete della televisione pubblica, il sistema d'illuminazione pubblica è un'infrastruttura visibile e presente nella nostra quotidianità. Nel caso in cui si spegnessero le luci di una strada, è plausibile pensare che tutti gli abitanti se ne accorgerebbero e che la loro vita quotidiana ne subirebbe delle dirette conseguenze: maggiore insicurezza, incertezza, disagi legati al buio, disappunto per un servizio pagato e non goduto. La qualità e la quantità del servizio d'illuminazione sono letteralmente sotto gli occhi di ognuno di noi.
- **Facilità:** l'illuminazione pubblica è un settore complessivamente agevole da affrontare in termini di intervento, in quanto è facilitato dalla gestione unitaria del servizio.
- **Monofunzionalità del consumo:** il settore dell'illuminazione pubblica è composto dalla rete, dall'infrastruttura di tensione ed elettronica dalle lampade. Il consumo di energia è quindi prodotto da un numero di apparecchi complessivamente limitato nel tipo e nel numero, destinati a svolgere un solo tipo di funzione, pianificata e controllata nella sua entità. Questo rende fattibili interventi su grande scala, grazie anche alla conoscenza relativamente esaustiva che i proprietari delle infrastrutture hanno delle stesse.
- **Dipendenza del sistema da un organo decisionale centrale:** i comuni sono i decisori ultimi della politica d'illuminazione del territorio (anche se altri attori, come le società di gestione stradale ed autostradale, grandi complessi industriali o logistici, le Province hanno anch'essi un ruolo rilevante sui grandi numeri). Questo agevola i processi decisionali funzionali alle politiche di risparmio energetico, investimento, informazione ai cittadini. In questo caso, seppure i soggetti coinvolti dal servizio siano molti, l'erogatore è unico. Agendo sull'erogatore s'influenza positivamente anche la quotidianità dei fruitori, attraverso, non solo un miglioramento ambientale, ma anche tutte le ricadute tipiche del risparmio energetico.

- **Difficoltà finanziarie dei comuni:** le progressive ristrettezze economiche degli enti locali stanno creando i presupposti per la diminuzione delle spese correnti attraverso la riduzione del costo della bolletta energetica, dando anche un segnale di efficienza amministrativa ai propri cittadini.

In questi anni assistiamo ad una lenta ma progressiva crescita dei consumi per illuminazione stradale e delle aree pubbliche e private scoperte.

Interi quartieri e nuove urbanizzazioni di periferia vengono fittamente illuminati, per venire incontro ad un malinteso bisogno di sicurezza da parte della popolazione o anche per mancata programmazione da parte dell'amministrazione.

Capita sempre più spesso, ad esempio, che i piani di lottizzazione siano d'iniziativa privata e che il Comune, che è chiamato a fornire i servizi alle nuove edificazioni, non si preoccupi di verificare la congruità del tipo e la quantità dell'illuminazione in fase di verifica progettuale, trovandosi poi a sostenere oneri gravosi di gestione.

A questo si aggiunga che il settore industriale italiano più florido rimane quello delle costruzioni e che la superficie di terreno coperta da strade piazze e aree industriali e residenziali non accenna a fermare la sua espansione, comportando un conseguente aumento del parco illuminante pubblico e dei costi da sostenere da parte delle amministrazioni locali.

Da questo punto di vista, esiste un problema che sta a monte della tecnologia applicata nei corpi illuminanti, e che riguarda la dimensione quantitativa della luce stradale: fino a dove e fino quando saremo in grado di garantire una continua espansione della superficie illuminata del nostro territorio?

Ci pare di poter dire che una riflessione su questo punto andrebbe fatta, anche alla luce dei costi, per nulla trascurabili, che questa infrastruttura comporta per la collettività, che s'incrociano con il bilancio decrescente degli organi pubblici che sopportano il maggiore onere di questo servizio, Comuni e Province in primo luogo.

È anche a causa della stretta economica che le ultime leggi finanziarie hanno dato ai bilanci degli enti locali che molte amministrazioni comunali hanno cominciato a sperimentare o ad adottare su larga scala strumenti di risparmio energetico, che vanno dalla razionalizzazione dell'illuminazione all'adozione di tecnologie e lampade a basso consumo.

4 - Come e quanto illuminare

L'UNESCO, in occasione del Congresso di Parigi nel Giugno 1992, ha valutato il danno arrecato da un'eccessiva diffusione del flusso luminoso verso l'alto, ha dichiarato il cielo stellato patrimonio dell'umanità, da tutelare anche per le future generazioni per le quali il fenomeno "inquinamento luminoso" non rappresenta un problema solo in ambito astronomico, ma va inserito in un discorso più ampio di protezione ambientale.

Il cielo possiede una propria luminosità dovuta alla diffusione luminosa della luna e delle stelle. A questa componente naturale va aggiunta la luce che viene diffusa verso l'alto dalle attività umane e riflessa dalle molecole: particelle di polvere e goccioline di gas dispersi, costituenti la nostra atmosfera.

L'alone luminoso che avvolge gli agglomerati urbani è l'effetto che possiamo verificare viaggiando in aereo o, più semplicemente, osservando il cielo che mai ci appare nitido.

Il cielo, 40 anni fa, era meno luminoso che ai nostri giorni; di notte ci appare infatti, colorato e raramente nelle città e nelle periferie si riescono a vedere le stelle più deboli, le nebulosità come la Via Lattea o la coda di una cometa.

Su oltre tre quarti della popolazione non scende mai la notte "vera", a causa dell'eccessiva luce che illumina il cielo e tutto ciò rappresenta un danno per l'immagine notturna del territorio e per la ricerca astronomica. Il cielo stellato è uno dei patrimoni più belli offerti dalla natura e la sua conservazione è un nostro obbligo morale.

Inoltre, vanno segnalati i disturbi alla flora e alla fauna: durante le periodiche migrazioni degli uccelli, le precise rotte che hanno come punti di riferimento le stelle, possono subire variazioni a causa dell'eccessivo alone luminoso delle città.

Per ovviare a ciò è necessaria una severa regolamentazione degli impianti, sia in fase progettuale, sia sugli impianti esistenti.

Si è stimato che il 20-30% dell'illuminazione pubblica venga diffusa in cielo; tale dispersione è data dalla componente riflessa dal suolo e dagli edifici e da un non corretto orientamento o scelta degli apparecchi d'illuminazione.

Il flusso disperso è direttamente proporzionale al flusso emesso dall'impianto d'illuminazione, pertanto, ad una diminuzione del 50% del flusso dell'impianto, corrisponde una riduzione del 50% del flusso disperso in atmosfera.

In considerazione di questo, gli effetti dannosi e l'inquinamento luminoso in atmosfera possono essere notevolmente diminuiti con l'utilizzo delle attuali tecnologie di risparmio energetico.

L'uso razionale delle risorse è un tema che si sta progressivamente affermando nella coscienza comune: la disponibilità dell'energia non ne giustifica più lo spreco.

Da questa consapevolezza emerge sempre più forte l'esigenza di salvaguardare l'ambiente. Questo tema è stato affrontato con attenzione e responsabilità dai molti Paesi che hanno aderito al Protocollo di Kyoto, giungendo all'emanazione di provvedimenti interni affinché gli impegni presi vengano rispettati.

In Italia, a livello regionale, sono attive numerose leggi per il miglioramento dell'efficienza energetica e per la lotta all'inquinamento luminoso.

In particolare il Veneto si interessa a queste problematiche già dal 1997, anno in cui sono state redatte le prime normative per il rispetto dei parametri contro l'inquinamento luminoso e per il miglioramento dell'efficienza energetica.

Un recente esempio dell'impegno preso dalla regione Veneto è la legge numero 17 del 7 Agosto 2009 - Bur n. 65 dell'11/08/2009:

"Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici".

Le finalità espresse da tale normativa sono:

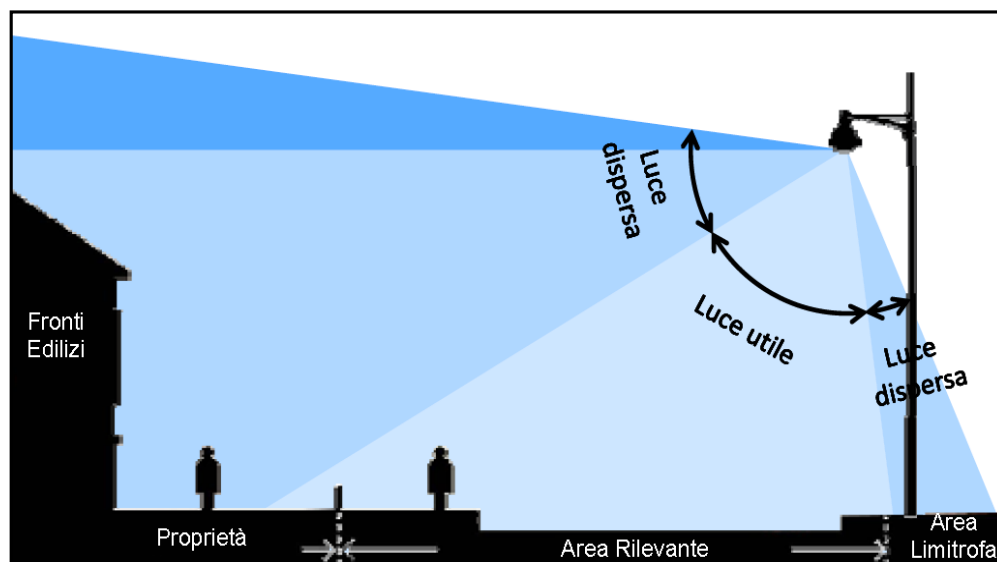
1. La Regione del Veneto promuove, con la presente legge:

- a) la riduzione dell'inquinamento luminoso e ottico, nonché la riduzione dei consumi energetici da esso derivanti;
- b) l'uniformità dei criteri di progettazione per il miglioramento della qualità luminosa degli impianti per la sicurezza della circolazione stradale;
- c) la protezione dall'inquinamento luminoso dell'attività di ricerca scientifica e divulgativa svolta dagli osservatori astronomici;
- d) la protezione dall'inquinamento luminoso dell'ambiente naturale, inteso anche come territorio, dei ritmi naturali delle specie animali e vegetali, nonché degli equilibri ecologici sia all'interno che all'esterno delle aree naturali protette;
- e) la protezione dall'inquinamento luminoso dei beni paesistici, così come definiti dall'articolo 134 del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137" e successive modificazioni;
- f) la salvaguardia della visione del cielo stellato, nell'interesse della popolazione regionale;
- g) la diffusione tra il pubblico delle tematiche relative all'inquinamento luminoso e la formazione di tecnici con competenze nell'ambito dell'illuminazione.

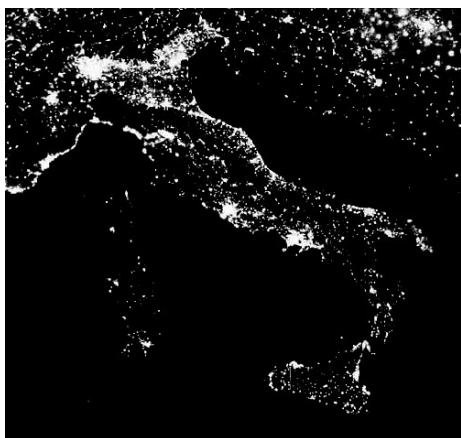
2. Ai fini della presente legge, il cielo stellato è patrimonio naturale da conservare e valorizzare.

Ogni progettista deve porre la massima attenzione nell'evitare eccessi d'illuminazione e dispersioni; la normativa definisce rigorosamente i limiti per il rispetto dell'illuminamento minimo per ogni categoria di strada.

Lo schema sottostante rappresenta la distribuzione della luce derivante da un corpo illuminante che non rispetta le normative antinquinamento luminoso.



Schema PHILIPS "Sustainable City 2010"



L'inquinamento luminoso è stato annoverato fra le tante categorie di inquinamento che quotidianamente affliggono la nostra società e rappresenta sempre più una problematica di dimensione mondiale. Nella carta dell'Italia qui riportata emergono con evidenza, gli effetti della diffusione luminosa nell'atmosfera: le aree a maggior densità abitativa, la presenza di concentrazioni industriali, le arterie illuminate ad elevata intensità di traffico veicolare.

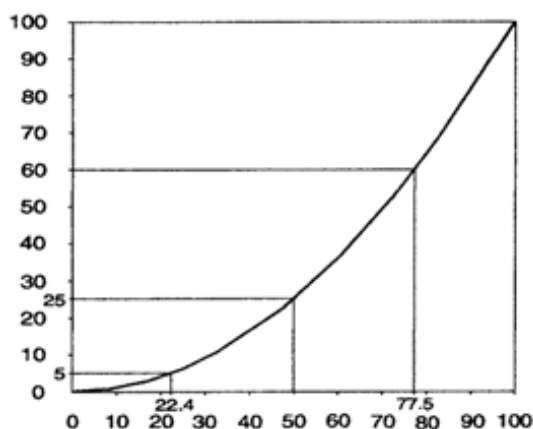
4.1 - Luce misurata e luce percepita

E' importante ricordare il rapporto che intercorre tra luce misurata e luce percepita.

La luminosità percepita è in relazione con la capacità di adattamento dell'occhio umano quando è esposto a differenti quantità di luce.

Esiste quindi una relazione tra luce misurata e luce percepita dall'occhio ed ha un andamento di tipo quadratico; ovvero, in uno spazio in cui la luce viene regolata al 25% del valore massimo, l'occhio umano percepisce invece la medesima luce come se fosse il 50%.

Nella figura sottostante, in ascissa sono indicati i valori di luminosità percepita in percentuale sul valore di riferimento, mentre in ordinata è espresso l'illuminamento, misurato in percentuale sul valore di riferimento.



In un ambiente reale, non è possibile stabilire con precisione il comportamento della luminosità al variare della percentuale di risparmio; il problema è strettamente correlato al fatto che la luminosità è fortemente influenzata dall'ambiente circostante.

Ad esempio, in una pavimentazione di colore chiaro, la caduta luminosa sarà di molto inferiore a quella riscontrabile con superfici opache e di colore scuro. Il risultato dipende comunque anche dal contesto che deve essere illuminato.

L'ambiente circostante finisce così per diventare un'ulteriore variabile che, a differenza delle altre, non è possibile controllare in alcun modo.

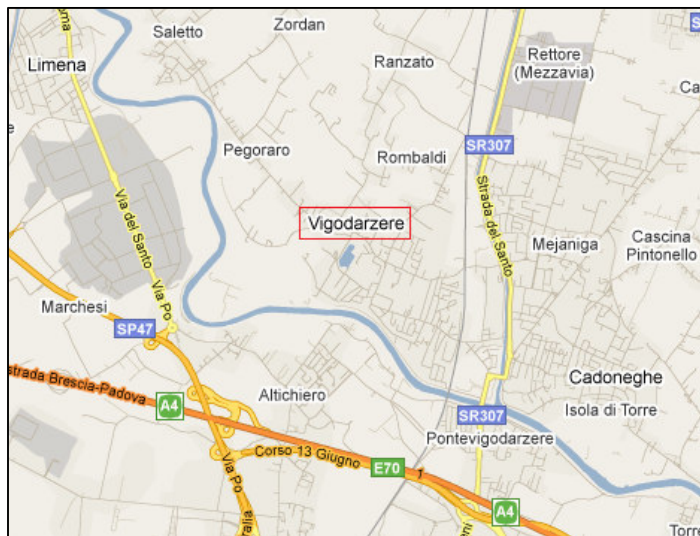
5 - Il Comune di Vigodarzere



Vigodarzere è un Comune di 12.525 abitanti della provincia di Padova. Il toponimo significa "villaggio sull'argine" (o anche "villaggio fortificato", dal latino *agger*) con evidente riferimento alla posizione del paese sul fiume Brenta.

Il Comune di Vigodarzere è situato in una vasta zona pianeggiante lambita dal fiume Brenta e posta immediatamente a nord della città di Padova. Proprio in virtù di questa posizione era considerato l'ultimo avamposto a protezione della sottostante città. Vigodarzere, confina a nord con Campodarsego, Curtarolo e San Giovanni delle Pertiche, ad ovest con Limena e ad est con Cadoneghe, Comuni appartenenti all'hinterland padovano.

Stato	Italia
Regione	Veneto
Provincia	Padova
Coordinate	45°27'0"N 11°53'0"E
Altitudine	17 m s.l.m.
Superficie	19,91 km ²
Abitanti	12.721 (dato ISTAT 2009)
Densità	629,08 ab./km ²
Frazioni	Saletto, Tavo, Terraglione
CAP	35010



6 - La CO₂

Si è giunti alla conclusione, anche per il Comune di Vigodarzere, che la messa in sicurezza di un impianto comporta un notevole risparmio energetico dell'intero parco illuminotecnico; vengono infatti attuate tutte le misure di efficienza previste, sulla base delle norme e degli investimenti possibili

Tale risparmio si ripercuote positivamente sulle spese energetiche, sui costi di gestione dell'impianto e sull'ambiente, in quanto minor energia consumata significa minor CO₂ prodotta. Se il parco illuminotecnico fosse alimentato da un impianto ad energia rinnovabile (es. impianto fotovoltaico) il risparmio energetico non avrebbe ripercussioni sull'ambiente, in quanto l'elettricità sfruttata per il normale funzionamento non produrrebbe comunque CO₂.

In questo caso però, l'impianto è collegato alla normale linea di distribuzione e l'energia che utilizza può considerarsi prodotta da un mix di fonti (carbone, gas, idroelettrico, olio combustibile, ...) e, mediamente, per questo tipo di produzione si considera che venga immessa nell'atmosfera un valore di 0,49 kg di CO₂/kWh.

Con l'utilizzo di questo parametro, moltiplicato per i kWh/anno, si è in grado di valutare le tonnellate di CO₂ che non vengono immesse nell'atmosfera a completo beneficio per l'ambiente.

7 - Censimento dell'impianto d'illuminazione pubblica

I dati necessari alla realizzazione del progetto sono stati ricavati attraverso il censimento dell'intero parco impiantistico.

Sono state riportate su apposite tabelle tutte le informazioni ricavabili da ogni singolo punto luce: la potenza, la tipologia della lampada installata, le condizioni dell'apparecchio illuminante, il relativo sostegno e lo stato di conservazione del cavo di collegamento.

Tutti i punti luce e i relativi quadri di comando sono stati inseriti in una cartografia digitale, in modo da avere mappata la loro ubicazione all'interno del territorio comunale.

Dal censimento sono emersi inoltre i seguenti elementi:

- una significativa parte dell'impianto (principalmente in periferia), è in pessime condizioni di conservazione;
- un elevato numero di apparecchi non garantisce più adeguati livelli di sicurezza;

- in molte armature stradali il vetro copri ottica è assente o estremamente rovinato;
- la maggior parte dei corpi illuminanti è equipaggiata con lampade al mercurio, ormai considerate obsolete;

Gli impianti di recente installazione non presentano invece problematiche.

Una volta ricavati tutti i dati, in collaborazione con altri tecnici dipendenti di S.I.M.E.T., è stato possibile procedere con l'analisi degli interventi necessari per la messa in sicurezza dell'impianto.

Avere un censimento aggiornato del parco impiantistico del territorio comunale consente all'Amministrazione di monitorare i consumi, le possibilità di miglioramento e lo stato effettivo dell'impianto.

Nel caso in cui si volesse procedere con un ampliamento, si potrebbe già indicare al progettista il quadro più vicino all'impianto che si andrà a creare, evitando quindi, in fase progettuale, le spese di una nuova fornitura e di un nuovo quadro.

Il calcolo delle potenze effettive delle lampade permette di conoscere con precisione i consumi dell'impianto: questo consente di comparare il consumo effettivo con quello fatturato dal fornitore dell'energia (dato spesso non riportato nelle bollette).

8 - Possibilità d'intervento ai fini del risparmio energetico

Vengono di seguito esaminate alcune soluzioni applicabili al parco impiantistico oggetto di questo studio; essendo finalizzate ad un'ottimizzazione dei consumi energetici, ad una migliore qualità dell'illuminazione e ad un conseguente risparmio economico (derivante dal risparmio energetico).

Tali soluzioni possono essere differenziate in:

- soluzioni che prevedono interventi di modifica tecnica all'impianto;
- soluzioni che prevedono l'applicazione di procedure gestionali al parco impiantistico.

Ogni soluzione contempla diverse metodologie d'azione che verranno di seguito elencate ed illustrate, al fine di avere una visione completa dei possibili interventi che meglio si coniugano con lo stato di fatto degli impianti.

Le soluzioni che prevedono operazioni di modifica tecnica all'impianto possono riassumersi nelle seguenti:

8.1 - I riduttori di flusso

Il regolatore di flusso luminoso è uno stabilizzatore di tensione centralizzato che consente una regolazione della potenza erogata a circuiti di lampade mediante un'azione di riduzione lineare della tensione di alimentazione, secondo cicli programmabili in valore / in tempo in funzione dei flussi di traffico stimati.

I regolatori di ultima generazione stabilizzano le tensioni di lavoro con un sistema completamente digitale, privo di contatti mobili, con una precisione al +/- 1% e senza sovratensioni. Il controllo della tensione avviene con l'iniezione di una tensione variabile in serie al carico, generata da un trasformatore booster, a sua volta alimentato da una corrente pilota generata dalle schede elettroniche.

Pertanto la corrente al carico non viene mai interrotta. Le macchine sono controllate da un microprocessore che supervisiona tutti i processi di regolazione e comunicazione.

Le lampade alimentate dal regolatore devono essere dotate di reattore magnetico in quanto non sono ammessi i reattori elettronici.

La stabilizzazione della tensione ai valori programmati durante il funzionamento a regime normale e la riduzione nelle ore notturne, quando la diminuzione del flusso del traffico lo consente, determinano una contrazione nei consumi di energia elettrica. La riduzione di potenza assorbita, in funzione del tipo di lampada e delle condizioni dell'impianto, può variare dal 20% al 50%.

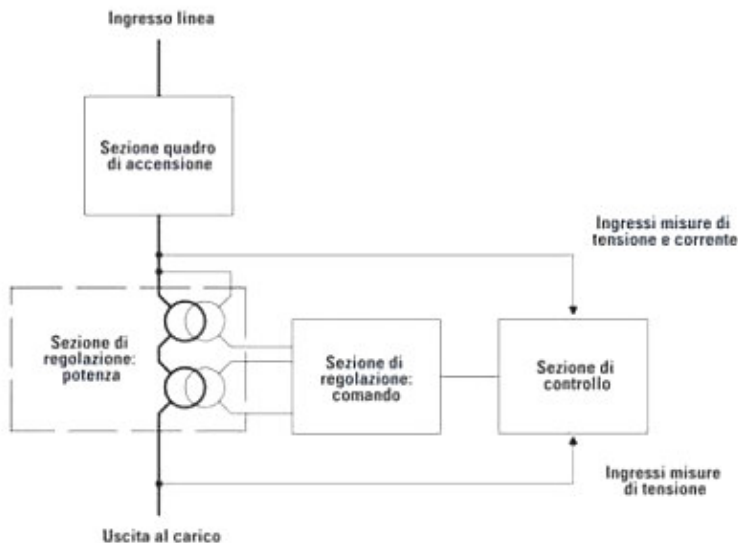
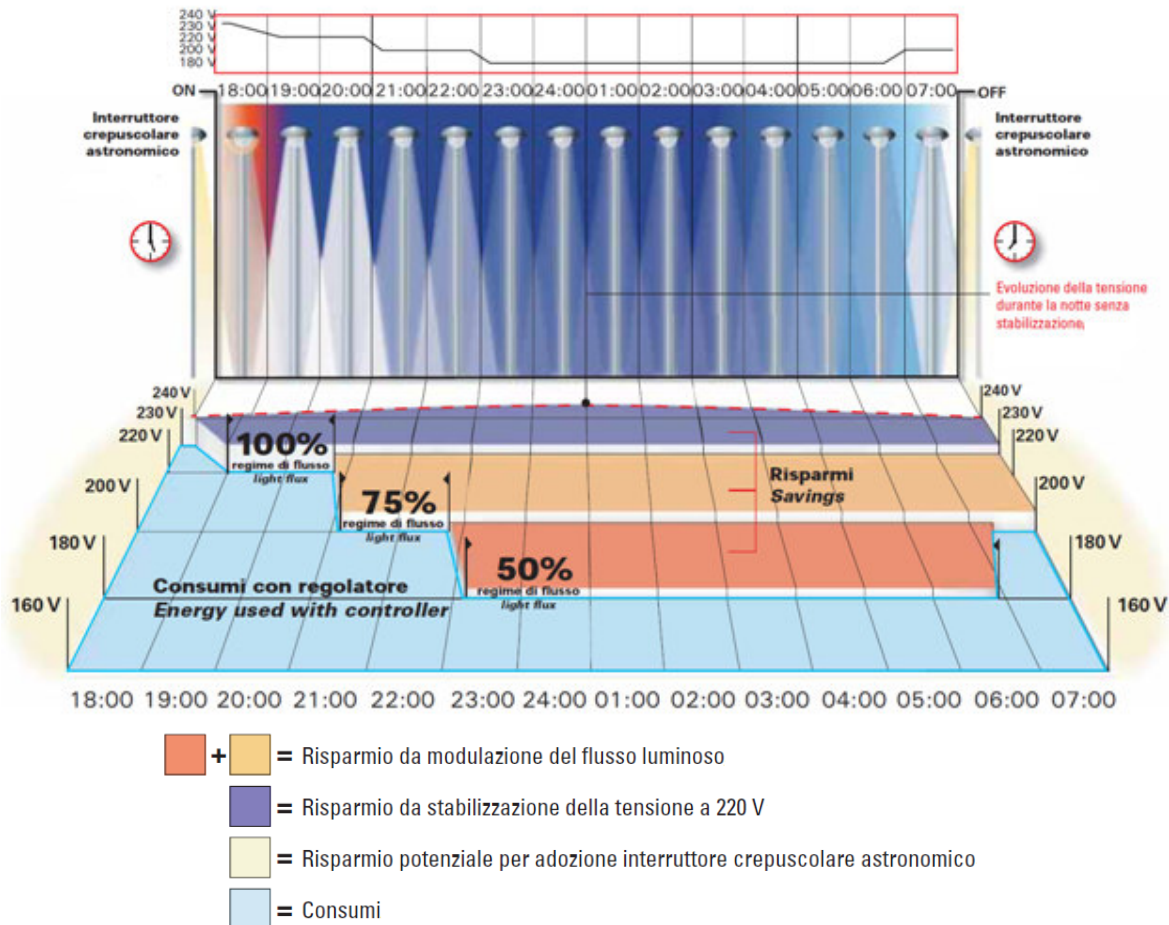
Le lampade a scarica non possono venire regolate al di sotto di un certo valore di tensione, poiché la scarica in quel momento diventa instabile e si rischia di interrompere la corrente tra i due elettrodi principali.

I dati ricavati dalle lampade installate sugli impianti in esercizio confermano una riduzione rilevante del flusso luminoso mediamente dopo 8.000/12.000 ore di funzionamento, rendendo così necessaria una sostituzione programmata.

La stabilizzazione della tensione attuata dal regolatore evita alle lampade lo stress dovuto alle sovratensioni, soprattutto negli impianti ubicati vicino alle cabine di trasformazione dove, nelle ore notturne, la tensione di alimentazione può raggiungere valori ben superiori a quelli nominali.

La riduzione della tensione, quando il regolatore funziona a regime normale, determina una sensibile diminuzione di calore. Risulta così possibile aumentare la durata delle lampade.

Gli schemi e i disegni che seguono indicano come un regolatore di flusso agisce sull'impianto:



Regolatore di flusso Reverberi

8.2 - Sostituzione di corpi illuminanti esistenti con altri ad elevato rendimento

La sostituzione dei corpi illuminanti è un intervento che permette di ottenere un beneficio tanto migliore quanto maggiore è il numero di elementi su cui si va ad agire. L'intervento ha come obiettivo la sostituzione dell'intero corpo illuminante con riferimento alle armature stradali a basso rendimento, senza distinzione per quel che riguarda la tipologia di sorgente luminosa. L'impiego di questo tipo di apparecchi permette, a parità d'illuminamento, una sostanziale diminuzione della potenza impegnata ed un rilevante aumento della luminosità prodotta. La maggior parte delle case costruttrici di apparecchi illuminanti, in quest'ultimo periodo, ha investito molto sulla ricerca di dispositivi sempre più efficienti e lampade dalle durate sempre maggiori. Questo permette una sostanziale diminuzione della potenza della lampada senza compromettere l'efficienza luminosa.

I corpi illuminanti di recente costruzione hanno ottiche estremamente avanzate, in grado di concentrare al massimo la luce e di dirigerla nel verso desiderato.

La dispersione luminosa verso l'alto è pressoché nulla e le varie possibilità di regolazione consentono che gli apparecchi siano modulabili alle diverse necessità d'illuminamento.

Tale aspetto è di fondamentale importanza per riuscire a sfruttare tutto il fascio luminoso disponibile, permettendo di ridurre al minimo la potenza della lampada che equipaggerà l'armatura stradale.

La normativa antinquinamento luminoso prevede che gli apparecchi siano installati parallelamente alla strada, quindi l'armatura dovrà forzatamente avere un angolo pari a 0° d'inclinazione. Questo aspetto ha costretto i ricercatori a progettare ottiche in grado di "spingere" il flusso luminoso il più distante possibile, da un'armatura priva d'inclinazione.

La vasta possibilità di scelta delle ottiche permette di soddisfare molte applicazioni illuminotecniche, come ad esempio svariate altezze di montaggio o particolari posizioni.

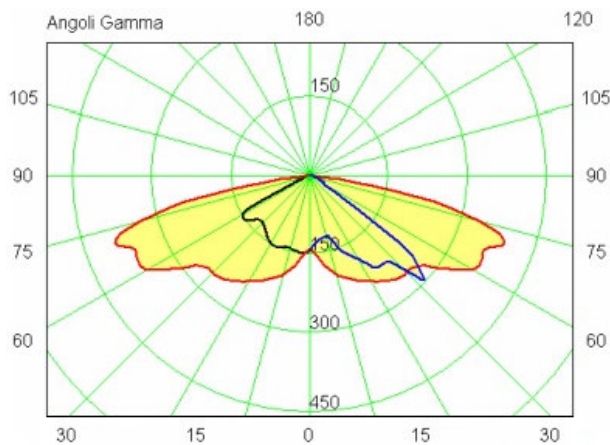
Una stessa armatura, con ottiche diverse potrebbe essere montata sia a tre metri da terra, sia a dodici metri, inoltre, design molto curati permettono l'installazione di questi apparecchi anche nei centri urbani o nei centri storici.

Grazie all'utilizzo dei nuovi software si è in grado di prevedere come una strada risulterà illuminata, riuscendo ad individuare con precisione eventuali zone buie o le

zone troppo illuminate, mantenendo in questo modo la massima interdistanza possibile tra due punti luce, nel rispetto della normativa.

L'intensità luminosa emessa da una sorgente in ciascuna direzione può essere rappresentata graficamente con un segmento che, partendo dal centro della sorgente, si dirige nella direzione dell'intensità stessa e ha lunghezza proporzionale al valore dell'intensità.

Grazie a questi valori, ricavati sperimentalmente da ogni casa costruttrice di corpi illuminanti, il progettista è in grado d'inserire all'interno del progetto l'armatura stradale che più soddisfa i requisiti progettuali e normativi.

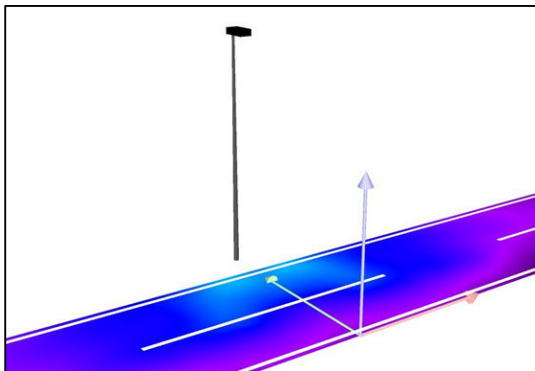


La curva fotometrica è un grafico che esprime la distribuzione delle intensità luminose emesse da una sorgente. Il diagramma è costituito da una curva continua che collega i vertici dei vettori radiali, indicanti ognuno l'intensità luminosa trasmessa su un piano verticale dell'accoppiamento lampada - apparecchio illuminante.



PHILIPS Selenium

Apparecchio illuminante Philips di ultima generazione, a vetro piano temperato da 4mm. Corpo e copertura in alluminio pressofuso, ottica in alluminio smaltato e brillantato.



Rendering a colori sfalsati risultato dai calcoli effettuati con Dialux.

Sono messe in evidenza le aree più illuminate e le zone più scure. In questo modo è possibile definire il numero minimo di punti luce inseribili in un determinato tratto di strada.

8.3 - Riduzione della potenza impegnata con la sostituzione delle lampade

La sostituzione delle lampade si integra con la prima soluzione analizzata in quanto può essere eseguito mediante il ricablaggio degli apparecchi esistenti o con la sostituzione degli stessi qualora il loro stato di conservazione renda non economica l'operazione. L'attività consiste nella sostituzione della lampade a vapori di mercurio con altre lampade a vapori di sodio di potenza inferiore, ma con maggior rendimento luminoso.

Questa soluzione, se integrata con politiche di sostituzione programmata delle lampade, permette di ottenere, oltre ai benefici economici derivanti dalla riduzione dei consumi energetici, anche una sostanziale riduzione degli oneri manutentivi, in quanto la durata delle lampade a vapori di sodio è circa quattro volte superiore a quella delle lampade a vapori di mercurio.

La tabella che segue riporta i dati caratteristici delle lampade analizzate in questa soluzione.

TIPO DI LAMPADA	EFFICIENZA LUMINOSA [lumen/Watt]
Sodio alta pressione (SAP) 70-100W	94 - 110 (colore giallo)
Vapori di mercurio (Hg) 125-250W	50 - 55 (colore bianco)

VAPORI DI MERCURIO		SODIO ALTA PRESSIONE		RISPARMIO
POTENZA	LUMEN	POTENZA	LUMEN	
125 W	6.300	70 W	6.500	55 W
250 W	13.000	150 W	17.500	100 W
400 W	22.000	250 W	33.000	150 W

Analizzando l'efficienza luminosa (lumen/watt), parametro indicativo dell'emissione luminosa di una lampada a parità di potenza elettrica assorbita, è facile constatare il vantaggio che comporta l'installazione di lampade SAP da 70÷150W di ultima generazione, laddove sono invece presenti vecchie lampade del tipo Hg da 125÷250W.

La sostituzione delle attuali lampade Hg da 125W-250W con (ad esempio) lampade SAP da 70W-150W, consentirebbe un miglioramento dell'illuminazione con una contestuale riduzione dei consumi energetici.

In conseguenza del crescente interesse generale verso l'impatto ambientale, con il passare degli anni è stato apportato un notevole miglioramento alle lampade, sia per quanto riguarda i componenti che potrebbero avere rilevanza ambientale, sia per i procedimenti adottati per la loro fabbricazione.

In considerazione di questi aspetti, l'industria delle lampade è riuscita a ridurre notevolmente l'uso di sostanze nocive per l'ambiente, a prolungare la vita media delle sorgenti luminose e a ridurre i consumi di energia elettrica.

Le sorgenti a vapori di sodio ad alta pressione presentano una distribuzione spettrale continua, che consente una discreta resa dei colori; tale risultato è ottenuto con una maggiore pressione del vapore di sodio che in questa lampada viene portato ad un valore dell'ordine di 1,3 – 2,6 kPa, con una temperatura del bruciatore di 700°C. La lampada al sodio ad alta pressione è costituita da un tubetto composto da una particolare ceramica trasparente, racchiuso in un bulbo di vetro rigido.

La proprietà fondamentale di questa speciale ceramica a base di ossido di alluminio (con temperatura di fusione superiore di 2000°C) è la resistenza sia alle elevate temperature della scarica, sia all'aggressività chimica del vapore di sodio alle alte temperature.

Queste lampade presentano quindi un'efficienza luminosa minore di quelle al sodio a bassa pressione però, offrono però come contropartita una discreta resa dei colori, dimensioni ridotte e possibilità di funzionare in qualsiasi posizione.

La migliore resa cromatica permette di distinguere i colori della segnaletica stradale, le ridotte dimensioni consentono di impiegare apparecchi illuminanti non troppo ingombranti e di realizzare ottiche ad elevato controllo del flusso luminoso, permettendo tra l'altro di aumentare l'interdistanza tra i centri luminosi.

Per questo motivo, il flusso luminoso utile ai fini della luminanza della carreggiata può essere maggiore di quello della lampada al sodio a bassa pressione o a vapori di mercurio, a parità di potenza assorbita.

Le lampade al sodio ad alta pressione raggiungono il regime di normale funzionamento dopo circa 5 minuti ed hanno una vita media di circa 12.000 ore.

Questo tipo di lampade rappresenta oggi lo standard per l'illuminazione stradale ed industriale, grazie principalmente all'elevata efficienza luminosa. L'ampiezza delle applicazioni di queste lampade si riflette nel numero delle tipologie disponibili e sulla gamma delle potenze. Negli ultimi anni, questa categoria di lampade si è allargata con l'introduzione di nuove famiglie generalmente compatibili tra di loro, con caratteristiche migliorative per gli aspetti di efficienza, di durata e di colore.

Il panorama di queste lampade appare perciò abbastanza complesso.



Lampada SAP

Dati tecnici lampada SAP:

- temperatura di colore: 2000 – 2500 K
- indice di resa cromatica $R_a = 20 \div 50$
- efficienza luminosa media = $100 \div 110$ lumen /watt
- durata di vita: 12.000 h

8.4 - Sostituzione dei corpi illuminanti con apparecchi a led

Al pari della soluzione precedente questo è un intervento che si basa sulla sostituzione degli attuali corpi illuminanti con apparecchi ad altissimo rendimento.

La tecnologia a led, relativamente recente per quel che riguarda l'illuminazione pubblica e dunque da poco sul mercato, sfrutta l'elettronica e le sue applicazioni per ottenere dagli apparecchi enormi vantaggi energetici e manutentivi.

Il led è per sua natura molto più economico in termini energetici e più duraturo rispetto alle sorgenti di uso comune (incandescenza, fluorescenti, scarica nei gas, ecc). Non va tuttavia sottovalutata la criticità applicativa di questa tecnologia che necessita di un monitoraggio costante delle condizioni d'utilizzo; particolare attenzione va anche posta sull'energia termica dissipata da questo tipo di apparecchi che, al contrario di quelli tradizionali, è di notevole entità.

Il punto critico di questa tecnologia è l'elettronica raffinata che sta alla base del funzionamento.

L'installazione della stessa su palo, costringe ad un funzionamento costantemente a contatto con i fattori atmosferici; tale situazione può compromettere pesantemente la delicata elettronica all'interno dei dispositivi.

Ogni singolo apparecchio a led, ha la capacità di essere controllato a distanza, questa caratteristica rende l'intero impianto completamente regolabile.

Il vetro copri ottica di questi apparecchi è studiato affinché il fascio luminoso prodotto da ogni led vada a sovrapporsi ai fasci dei led circostanti (in un certo senso ogni led ha il proprio vetro copri ottica).

Pertanto anche se un led andasse fuori uso sarebbe compensato dal fascio degli altri. La tecnologia LED rappresenterà sicuramente il futuro dell'illuminazione, in quanto può garantire numerosi vantaggi:

- diminuzione della quantità di "materia" utilizzata per la loro produzione: rispetto ai prodotti tradizionali comporta quindi una riduzione degli ingombri e dei pesi, determinando un'agevolazione nell'approvvigionamento, stoccaggio e trasporto dei materiali e nella produzione industriale;
- ridotto contenuto di sostanze tossiche o nocive; le parti componenti dei LED sono facilmente disaggregabili, smaltibili e riciclabili (allo stesso livello dei normali diodi che si utilizzano in elettronica);
- ridotta emissione di raggi UV ed IR;
- lunga durata della vita media;
- tecnologia in costante evoluzione;

Le sorgenti luminose a LED, al contrario delle sorgenti luminose tradizionali, non tendono a spegnersi improvvisamente esaurita la loro vita utile: i LED infatti nel tempo diminuiscono gradualmente il loro flusso luminoso iniziale fino ad esaurirsi completamente in un periodo molto lungo.

Il mantenimento del 70% del flusso iniziale corrisponde al limite al di sotto del quale l'occhio umano percepisce una riduzione della luce emessa.

Per questo motivo, numerose ricerche dimostrano che una riduzione del flusso iniziale del 30% è accettabile per la maggioranza delle applicazioni luminose e quindi viene definita come "vita media utile" di un LED il tempo trascorso prima che venga raggiunto questo limite (indicato generalmente come "L70").

Una delle principali cause di riduzione della vita utile dei led è l'aumento della temperatura della giunzione.

In pratica, consentire un eccessivo riscaldamento del nucleo del led corrisponde ad una durata ridotta nel tempo o addirittura la rottura istantanea dello stesso.

I dispositivi di dissipazione risultano dunque fondamentali per il buon utilizzo e la corretta durata dell'apparecchio.

Un'ultima considerazione va fatta relativamente al calcolo dei tempi di ammortamento degli apparecchi, in quanto essendo una tecnologia recente, non è ancora perfettamente definita l'influenza dei fattori esterni (non trascurabili) sulla durata delle componenti elettroniche delle armature.



ewo – Lighting System LED

Le soluzioni che prevedono invece l'adozione di particolari politiche gestionali finalizzate al risparmio energetico possono riassumersi nelle seguenti:

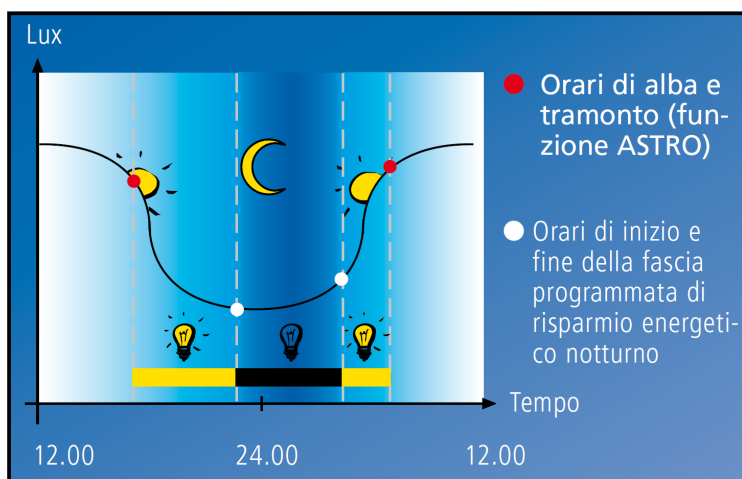
8.5 - Riduzione degli orari di funzionamento ed ottimizzazione dei tempi di accensione e spegnimento

L'intervento prevede la riduzione degli orari di funzionamento dei corpi illuminanti mediante lo spegnimento alternato di alcuni punti luce in determinate fasce orarie. L'applicazione è di semplice realizzazione, ma non può tuttavia essere realizzata sull'intero parco impiantistico. E' infatti necessario che la distribuzione dell'impianto sia trifase ma è sconsigliabile - ai fini della sicurezza stradale - la sua applicazione su assi viari ad alta densità di traffico.

Un'ulteriore nota va fatta sulla possibilità di attuare questa soluzione in due diverse modalità, ovvero spegnendo un punto luce ogni tre, oppure spegnendone due ogni tre. In abbinamento all'intervento di cui sopra, è possibile ottimizzare i tempi di accensione e di spegnimento degli impianti evitando accensioni anticipate e spegnimenti ritardati dovuti all'influenza di fattori esterni quali condizioni meteo, vegetazione, posizione d'installazione, ecc., sugli interruttori crepuscolari.

Si può quindi prevedere la sostituzione degli interruttori crepuscolari con orologi astronomici, che in funzione dell'impostazione della latitudine e della longitudine del sito d'installazione, regolino gli orari di accensione all'alba e di spegnimento al tramonto di tutti i giorni dell'anno, in funzione del mutare delle stagioni.

Utilizzando gli orologi astronomici si è in grado di determinare precisamente i crepuscoli, in modo da garantire accensioni e spegnimenti precisi, esenti da sprechi. L'algoritmo di calcolo astronomico interno al dispositivo consente di ricreare il ciclo giorno/notte, tutti i giorni dell'anno, senza alcun bisogno di un sensore di luminosità esterno. Il dispositivo calcola i cicli di accensione e di spegnimento attraverso l'inserimento dei valori di latitudine e di longitudine della località interessata dall'azione dell'interruttore.



Il dispositivo oltre che individuare le esatte ore di accensione e di spegnimento, può essere programmato affinché 1/3 dell'impianto si disattivi a mezzanotte e rimanga spento fino alla successiva accensione di tutto il parco.

Le ore di funzionamento di questa frazione d'impianto (1 punto luce spento ogni 3), si ridurranno drasticamente, con conseguenti riflessioni sul risparmio energetico. Attraverso il software di programmazione del dispositivo si è in grado di quantificare le ore di accensione effettive relative ad esempio, alla posizione di "Venezia".

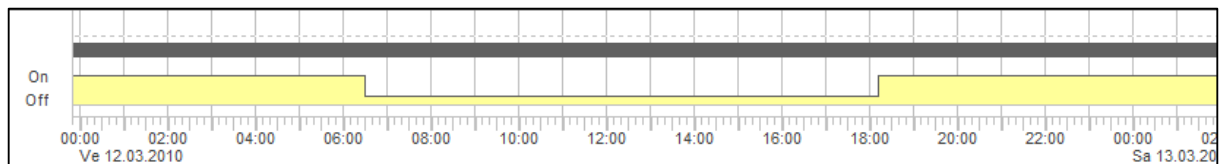
In un anno, 1/3 dell'impianto passa da 4300 a 1861 ore di funzionamento, in pratica, dopo la programmazione di spegnimento a mezzanotte, i giorni di funzionamento di 2/3 dell'impianto diventano 180, mentre i giorni di funzionamento della restante frazione d'impianto risultano essere 77.

Nel caso in cui le condizioni ambientali lo permettano, il dispositivo consente un'ulteriore taratura, posticipando l'accensione di 10 minuti e anticipando lo spegnimento di 10 minuti o viceversa. Con questa tipologia di taratura le ore di funzionamento si riducono a 4175 ore (174 giorni) per 2/3 dell'impianto e 1625 ore (68 giorni) per la restante frazione.

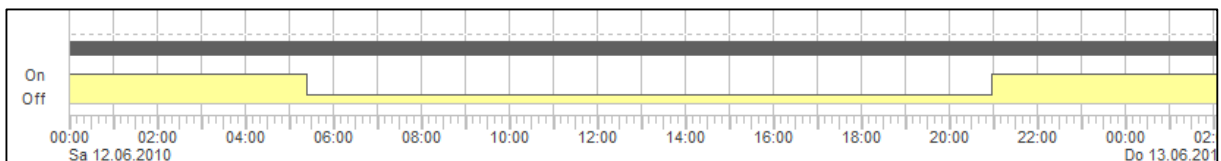
I dati sottostanti sono presi dal software di gestione del dispositivo che, impostato sulla longitudine e sulla latitudine di Venezia calcola l'orario di spegnimento ed accensione dell'impianto, secondo l'orario di alba e tramonto della località indicata (la funzione di spegnimento a mezzanotte non è attiva; è indicato il programma valido per i 2/3 dell'impianto):

Data	Spegnimento impianto	Accensione impianto	Ore di funzionamento
12/03/2010	Ore 06.30	Ore 18.12	12 ore e 18 minuti
12/06/2010	Ore 05.24	Ore 20.58	8 ore e 26 minuti

Data analizzata: 12/03/2010



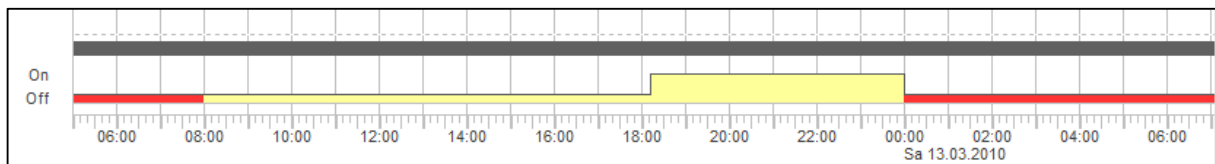
Data analizzata: 12/06/2010



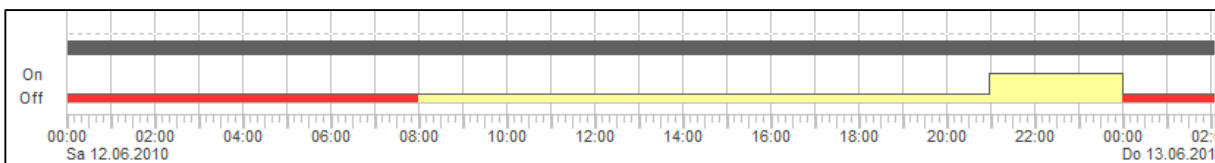
Programmando il dispositivo affinché 1/3 dell'impianto si spenga a mezzanotte per poi rimanere spento fino alla successiva riattivazione di tutto il parco:

Data	Spegnimento impianto	Accensione impianto	Ore di funzionamento
12/03/2010	Ore 00.00	Ore 18.12	5 ore e 48 minuti
12/06/2010	Ore 00.00	Ore 20.58	3 ore e 2 minuti

Data analizzata: 12/03/2010



Data analizzata: 12/06/2010



8.6 - Telegestione dell'impianto

I sistemi di telegestione, oltre ad essere una soluzione efficace nella prevenzione dei guasti e nella loro rapida risoluzione, costituiscono un ottimo strumento per il controllo e contenimento dei costi: il monitoraggio e la gestione degli impianti deve avvenire in modo semplice, rapido ed efficace.

Le tecnologie attuali permettono di avere a disposizione strumenti adeguati alla gestione degli impianti e non più per una loro semplice supervisione. Per questo motivo è opportuno che la struttura del sistema sia pensata in funzione dell'impianto e delle reali esigenze di chi ne deve assicurare l'efficienza.

In particolare, deve essere scelto il sistema di comunicazione più adeguato tra quelli disponibili:

- ✓ GSM: è il sistema attualmente più utilizzato, in quanto comporta bassi costi d'installazione e di gestione, oltre ad essere estremamente flessibile.
- ✓ RETE ETHERNET: preferibile per la velocità e i bassi costi di comunicazione, ma con alti oneri d'installazione. La soluzione è adatta laddove sono presenti reti cittadine cablate o impianti in cui la distanza tra macchine e centri di controllo è limitata.
- ✓ GPRS: ancora poco utilizzato, permette di creare reti ethernet senza cavo; questa caratteristica, unitamente alla velocità di comunicazione, lo rende particolarmente adeguato ai grossi impianti.
- ✓ RADIOFREQUENZA: in passato molto utilizzato, è stato quasi interamente superato dal sistema GSM. È ancora utile dove non esiste la copertura GSM o dove il flusso dei dati da scambiare è talmente elevato da non giustificare i costi a tempo del sistema GSM.
- ✓ LINEA TELEFONICA COMMUTATA: s'integra bene con il sistema GSM; la velocità di comunicazione è buona ma, spesso, i costi e i tempi d'installazione sulle macchine fanno preferire l'uso di un modem GSM.
- ✓ ONDE CONVOGLIATE: per le sue caratteristiche è applicabile solamente alla comunicazione tra quadro e punto luce. Le informazioni vengono trasmesse attraverso i cavi di alimentazione.

Uno dei sistemi di comunicazione maggiormente utilizzati in questo periodo è il GSM. I PC dei centri di controllo si connettono con le macchine in campo, richiedendo le informazioni di cui necessitano ed impostando i parametri di lavoro. Gli elementi nell'impianto, a loro volta, inviano ai centri di controllo i dati sugli eventi di allarme in tempo reale. Se i centri di controllo sono strutturati in rete (intranet, internet, ecc.) i dati sono condivisi tra i vari PC.

Gli impianti di pubblica illuminazione di piccole e medie città (quando i quadri gestiti non sono di numero elevato), prevedono una configurazione tipica del sistema di telegestione: si appoggiano su un unico centro di controllo, dotato di un PC e di una serie di modem e lo scambio delle informazioni avviene tra PC e quadro. Il centro di controllo è, in questo caso, l'unico strumento di monitoraggio e di controllo degli impianti.

Quando i quadri gestiti sono di quantità considerevole, o esiste la necessità di condividere ed elaborare le informazioni in più luoghi di lavoro, la telegestione si realizza attraverso la configurazione server/client con più PC connessi in rete.

Lo scambio delle informazioni avviene non solo tra server e quadri in campo, ma anche all'interno della rete.

Questa soluzione è applicabile anche ad una struttura piramidale: centri di controllo periferici che gestiscono localmente aree limitate e supervisori remoti in grado di controllare tutto il territorio.

La metodologia di telegestione "punto a punto" è sicuramente la più completa e complessa: oltre a fornire una grande quantità d'informazioni utili, essa permette di estendere la comunicazione fino alla singola lampada. Le informazioni rilevate sono importanti input per la programmazione della manutenzione e per la prevenzione dei guasti. Il centro di controllo può essere unico oppure periferico, condividendo le informazioni raccolte.

Tutte le informazioni inviate dai controllori disposti sul territorio sono gestite da un software distribuito dalla casa costruttrice, che permette di controllare approfonditamente lo stato dell'impianto e di regolarne ogni operazione.

Attraverso la telegestione è infatti possibile regolare o spegnere ogni singola lampada, controllarne le ore di funzionamento e programmare una sostituzione anticipata nel caso in cui la sorgente sia prossima all'esaurimento. Viene creata una cartografia completa dell'impianto e per ogni punto luce viene fornito uno storico delle operazioni manutentive effettuate, rendendo semplice ogni tipo di censimento dell'impianto.

Per mettere in comunicazione il punto luce con il quadro di telegestione viene inserito nell'armatura un dispositivo operante con onde convogliate che permette l'accensione e lo spegnimento del singolo punto luce, ove è installato.

Inoltre, fornisce la lettura da remoto delle misure da parte del centro di controllo (tensione, corrente, fattore di potenza, ore di funzionamento, stato della lampada, ecc.) e consente inoltre di individuare velocemente i guasti, identificare le lampade in esaurimento, eseguire dettagliate analisi sul funzionamento dei punti luce gestiti. E' possibile fare eseguire in modo automatico ad ogni modulo un ciclo giornaliero di lampada accesa/spenta, ad orari impostabili. Nei modelli più evoluti è disponibile un'uscita 1÷10Vdc non isolata, con la quale è possibile pilotare l'ingresso di un reattore elettronico regolabile oppure comandare un reattore bi regime; in questo caso il ciclo automatico si può anche configurare a 5 livelli di regolazione, permettendo quindi la realizzazione di scenografie.

8.7 - Ottimizzazione dei contratti di fornitura di energia elettrica

Dopo la liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica, gli utenti possono accedere a diverse soluzioni contrattuali offerte da molteplici fornitori; è quindi opportuna l'analisi delle condizioni economiche proposte dal mercato.

La situazione odierna offre ad esempio la possibilità di stipulare contratti che permettono di acquistare energia elettrica a prezzi bassi consumandola entro certi vincoli che possono essere di quantità, di orario, o entrambi abbinati. Contestualmente a questa opzione va anche valutata la possibilità di risparmiare l'onere delle accise, imposte che, com'è risaputo, incidono in modo significativo sul costo energetico. Vi sono, infatti, diversi fornitori che consentono di risparmiare questa componente in funzione dell'utilizzo di energia prodotta da fonti rinnovabili.

Quelle elencate sono solo alcune delle opportunità presenti oggi sul mercato e sarebbe quindi opportuna un'indagine finalizzata alla ricerca delle condizioni economiche che garantiscano una riduzione dei costi energetici sostenuti dall'Amministrazione.

8.8 - Progettazione di nuovi impianti

Particolare attenzione andrebbe dedicata alla progettazione dei nuovi impianti.

Nella maggior parte dei Comuni, il rilievo dello stato di fatto ha messo in evidenza la tendenza a sviluppare i nuovi impianti come se fossero fine a se stessi, indipendentemente dalla loro integrazione con il parco impiantistico esistente.

Non sono, infatti, rari, i casi di ampliamento di zone residenziali di piccola entità, servite da una nuova fornitura e ad un apposito quadro di comando dedicato: si potrebbe invece alimentare i punti luce da un vicino quadro pre-esistente, in modo da ridurre i costi d'installazione e gestione.

9 - Riferimenti allo stato di fatto degli impianti

Dall'analisi dei dati del censimento, emerge che il Comune di Vigodarzere ha un parco impiantistico di 2010 punti luce gestiti da 112 quadri di comando, per una potenza installata pari a 242,915 kW.

La potenza media per punto luce risulta di circa 120 W mentre il numero di punti luce per abitante residente (12.721 abitanti, dato Istat 2009) è pari a 0,158. Può essere interessante il confronto, riportato nella tabella che segue, tra questi dati e quelli riguardanti altri Comuni analoghi.

	VIGODARZERE	CADONEGHE	CHIOGGIA	VICENZA	PIOVE DI SACCO
Quadri	112	59	126	347	150
Punti luce	2010	3314	8048	13650	3981
Potenza totale [W]	242.830	443.676	776.164	1.733.398	460.837
Potenza media per punto luce [W]	120,8	134	96,44	127	124
Punti luce per residente (Istat 2009)	0,158	0,2	0,158	0,12	0,21
Potenza installata per residente [W] (Istat 2008)	18,98	27,93	15,24	15,19	24,86

Si evidenzia l'enorme numero di quadri in rapporto al numero di punti luce: esso è dovuto principalmente alla conformazione del territorio e alla presenza di numerosi impianti costituiti da un unico punto luce.

Si riportano di seguito alcuni dati caratteristici del parco impiantistico del Comune di Vigodarzere.

N° punti luce IP - Semaforici di Segnalazione	Riduttori di flusso installati	Punti luce in condizione buona	Punti luce in condizione sufficiente	Punti luce in condizione pessima
2010	2	621	624	765

- Punti luce in condizione buona: si intendono tutti i punti luce in buone condizioni di conservazione, con l'armatura perfettamente integra, equipaggiati con una lampada al sodio ad alta pressione; tali apparecchi sono spesso di recente installazione e rispondono a tutti i requisiti normativi richiesti.
- Punti luce in condizione sufficiente: si intendono tutti i punti luce non più di recente installazione ma ancora operativi e funzionanti, per i quali una sostituzione in questo momento, potrebbe non risultare economicamente conveniente.

In questa categoria rientrano anche armature che non rispondono più alla normativa antinquinamento o equipaggiate con lampade ai vapori di mercurio.

- Punti luce in pessime condizioni: si intendono tutti i punti luce che non rispondono più ai requisiti minimi richiesti a livello normativo e che non garantiscono più un'adeguata sicurezza operativa. Spesso, questi apparecchi di vecchia installazione hanno coperture tecnologicamente superate, rovinate dagli agenti atmosferici o, nel peggiore dei casi, strutturalmente compromesse.

Fanno parte di questa categoria anche tutti quegli apparecchi equipaggiati con lampade ai vapori di mercurio che nella stragrande maggioranza dei casi non rispettano più la legge antinquinamento luminoso.

10 - Scelta dei sistemi per il risparmio energetico

Redigere un progetto di messa a norma di un impianto di pubblica illuminazione richiede conoscenze in diversi ambiti tecnici, come ad esempio in ambito elettrico, illuminotecnico, strutturale, normativo ed informatico.

Preliminarmente alla stesura di un progetto di miglioramento dell'impianto d'illuminazione pubblica, è necessario effettuare un'analisi del territorio evidenziandone caratteristiche morfologiche, tecniche e le eventuali criticità.

In continua comunicazione ed accordo con l'Amministrazione Comunale è necessario procedere con il censimento dell'impianto esistente, conteggiando i punti luce, ricavando informazioni sulle potenze delle sorgenti luminose, sullo stato di conservazione dell'armatura e del sostegno, sulla tipologia del corpo illuminante.

E' necessario considerare la totalità dell'impianto, non vanno quindi esclusi dalle analisi il quadro di comando dell'impianto, che spesso si trova in pessime condizioni, e i cavi elettrici tra punto luce e punto luce.

Analizzate, le possibilità d'intervento ai fini del risparmio energetico, ed evidenziate le caratteristiche e le peculiarità del patrimonio impiantistico comunale di Vigodarzere, si può definire quali soluzioni utilizzare tra quelle precedentemente descritte.

L'obiettivo è integrazione degli interventi per il risparmio energetico con le necessità di riqualificazione dell'attuale parco impiantistico.

Le soluzioni prese in esame sono:

- installazione di riduttori di flusso;
- riduzione della potenza impegnata attraverso la sostituzione dei corpi illuminanti e il conseguente utilizzo di sorgenti ad alta efficienza;
- riduzione degli orari di funzionamento ed ottimizzazione dei tempi d'accensione;
- ottimizzazione dei contratti di fornitura di energia.

Le soluzioni escluse:

- sostituzione dei corpi illuminanti con apparecchi a led;
- telegestione del parco impiantistico;
- progettazione di nuovi impianti.

Di seguito saranno quindi analizzate le varie soluzioni, motivando per ognuna di esse le ragioni della scelta o dell'esclusione, e riportando le conseguenti analisi economiche.

10.1 - Installazione dei riduttori di flusso

Tali apparecchiature effettuano una riduzione della tensione e quindi del flusso luminoso ad orari prestabiliti.

L'installazione è conveniente quando il numero di punti luce alimentati è elevato (almeno 60 p.l.) e laddove le sorgenti luminose siano tutte a vapori di sodio.

Le lampade SAP, infatti, permettono una regolazione del flusso luminoso estremamente versatile e si adattano perfettamente a regolazioni di questo tipo.

A causa dell'enorme frammentazione degli impianti (84% degli impianti nel territorio comunale ha meno di 40 punti luce), l'adozione dei regolatori di flusso risulta difficoltosa, in quanto i tempi di ritorno dell'investimento sarebbero troppo elevati per impianti così piccoli.

Si è comunque individuata la possibilità di installare un regolatore di flusso unendo due impianti il Q083 e Q084 per un totale di circa 108 punti luce.

Tuttavia le sorgenti luminose appartenenti a tali impianti sono la maggior parte a vapori di mercurio e quindi, per ottenere il massimo risultato dall'investimento, è opportuno integrare l'operazione con le azioni di cui al punto successivo.

- Punti luce interessati dall'intervento 108
- Potenza interessata 9 kW
- Si prevede l'installazione di 1 macchina da 21 kVA.

10.2 - Riduzione della potenza impegnata mediante la sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con altri ad alto rendimento

L'analisi dell'attuale parco impiantistico mette in evidenza un impiego ancora consistente di lampade a vapori di mercurio che equipaggiano ad oggi ben 911 punti luce di cui 887 in condizioni pessime o appena sufficienti.

La sostituzione di questi apparecchi garantirebbe quindi al contempo sia la riqualificazione d'impianti considerati pericolosi per inefficienza strutturale, sia un notevole risparmio energetico.

Sarebbero inoltre garantiti un aumento dell'illuminamento ed una riduzione degli interventi manutentivi, in funzione di una maggiore durata dei corpi illuminanti.

Considerato che la quasi totalità degli apparecchi dotati di lampade a vapori di mercurio risulta essere in pessime condizioni, in una prospettiva di messa in sicurezza e riqualificazione degli impianti, se ne prevede la completa sostituzione con apparecchi dotati di lampade a vapori di sodio ad alta pressione.

In questo tipo d'intervento è compresa anche la sostituzione delle sorgenti luminose al mercurio con quelle al sodio dalla maggior efficienza e durata.

10.3 - Riduzione degli orari di funzionamento ed ottimizzazione dei tempi di accensione e spegnimento

Attualmente, la maggioranza degli impianti è dotata di orologi per lo spegnimento alternato, ma la quasi totalità risulta non attivo o guasto. La sostituzione degli interruttori crepuscolari e degli attuali orologi, con interruttori astronomici, è un intervento relativamente semplice, che permette di ottenere immediati risultati dal punto di vista energetico e un maggiore controllo sui tempi di accensione e di spegnimento degli impianti.

10.4 - Ottimizzazione dei contratti di fornitura

Allo stato attuale, l'energia elettrica è distribuita dalla società Global Power, che fornisce l'energia anche agli impianti degli edifici.

Da un'analisi svolta sulla fatturazione dell'energia e sulla tipologia dei contratti, sono emersi alcuni punti su cui intervenire per migliorare anche quest'aspetto, di fondamentale importanza, in quanto i costi di energia rappresentano il 70% dei costi di gestione.

- ✓ Alcuni impianti d'illuminazione sono collegati a forniture che alimentano edifici o pompe di sollevamento idrico, che non godono di tariffe agevolate.
- ✓ Sono stati riscontrati possibili errori di fatturazione, ma non essendo indicate in bolletta le letture dei contatori di energia elettrica, risulta impossibile effettuare verifiche approfondite.
- ✓ Utilizzando un fornitore di energia che acquista o produce energia da fonti rinnovabili è possibile eliminare i costi dell'imposta erariale che attualmente è di 0,31 €/cent.

Le soluzioni escluse:

10.5 - Sostituzione dei corpi illuminanti con apparecchi a led

Nonostante il risparmio energetico garantito da questi apparecchi, il loro elevato costo d'installazione - dovuto al massiccio impiego di nuove tecnologie e agli elevati costi di ricerca - renderebbe estremamente impegnativo l'onere economico per l'Amministrazione Comunale.

Dovrebbero essere sostituiti tutti gli apparecchi esistenti a vapori di mercurio o al sodio in pessime condizioni.

Per quanto sopra esposto ed in funzione dell'esigenza di riqualificare un elevato numero di punti luce, si ritiene più efficace e redditizia la scelta di sostituire i corpi illuminati con apparecchi cablati con lampade a scarica nei gas, piuttosto che con tecnologia led.

10.6 - Telegestione del parco impiantistico

Si tratta di una soluzione in grado di rendere l'impianto estremamente versatile e totalmente controllabile. Il rovescio della medaglia sta nel fatto che, per applicare questa soluzione, è indispensabile andare ad operare anche sugli apparecchi in perfette condizioni o sugli impianti recentemente installati, perché è necessario installare il dispositivo di comunicazione dati in ogni punto luce.

Tale operazione rende non economica la telegestione per un impianto come quello analizzato, tutto sommato, non così vasto come potrebbe essere quello di una grande città.

Gli sforzi economici dell'Amministrazione Comunale sono mirati alla messa in sicurezza dell'impianto, la telegestione attualmente non rientra negli obiettivi preposti.

10.7 - Progettazione di nuovi impianti

In linea con il punto precedente, anche la valutazione economica di una maggiore razionalizzazione delle scelte progettuali non può trovare giustificazione in questa trattazione. Si suggerisce tuttavia un diverso approccio alla progettazione dei nuovi interventi, in funzione soprattutto della loro integrazione con il parco impiantistico esistente.

11 - Analisi tecnico-economiche

In base agli interventi illustrati finora, andremo a quantificare il risparmio ottenuto dai lavori di messa in sicurezza e di riqualificazione, sotto il profilo energetico, ecologico (diminuzione delle emissioni di CO₂) ed economico.

Periodo di tempo analizzato	18 anni
Ore annuali di funzionamento degli impianti	4300
Ore annuali di funzionamento degli impianti a pieno regime	1860
Ore annuali di funzionamento degli impianti a regime ridotto	2440
Fattore di perdita per calcolo energia consumata	1.15
Costo dell'energia al netto di IVA e accise, in €/kWh	0.1223
Tasso percentuale per calcolo oneri finanziari	4%
Tasso percentuale per attualizzazione capitale	3%

Un progetto di riqualificazione di un impianto di pubblica illuminazione è composto da diverse voci comprendenti analisi di tipo elettrico, strutturale, normativo ed informatico. Ogni voce è sviluppata valutando l'efficacia dei possibili interventi, considerandone tutti gli effetti a lungo termine ed i benefici raggiungibili.

La stesura di questo elaborato, dello stato di fatto, dello stato di progetto, le relazioni fotografiche, sono state il mio principale impiego durante il periodo di tirocinio presso l'azienda S.I.M.E.T. s.r.l.

Sono stato affiancato da tecnici che mi hanno suggerito le corrette metodologie di calcolo ed elaborazione dei dati, fino alla stesura dei risultati finali.

Le considerazioni riportate di seguito sono frutto di analisi e di calcoli basati sul censimento effettuato preliminarmente e sulla base delle attuali normative in campo illuminotecnico.

11.1 - Elaborazione dei dati

Parte fondamentale del progetto è stata l'elaborazione dei dati ricavati dal censimento dell'intero parco impiantistico.

I dati raccolti comprendevano:

- Quadro di comando dell'impianto;
- Ubicazione del quadro (Via, numero civico di riferimento);
- Stato di conservazione del quadro;
- Modello dell'armatura stradale;
- Stato di conservazione dell'armatura stradale;
- Tipologia di sorgente luminosa;
- Potenza della sorgente luminosa;
- Altezza del sostegno;
- Tipologia di sostegno (materiale e forma);
- Stato di conservazione del sostegno.

L'esatta ubicazione di ogni singolo punto luce è stata riportata su di una cartografia dettagliata, dove sono stati indicati anche i quadri di controllo relativi ad ogni impianto.

Oltre ai dati sopra elencati, sono state scattate delle foto, raccolte poi in una relazione fotografica in cui sono indicate tutte le tipologie di apparecchi presenti nel territorio comunale con una breve descrizione allegata.

Successivamente, tutti i dati raccolti sono stati inseriti in alcune tabelle Excel in modo da renderne immediata la lettura e l'elaborazione.

I punti luce, indicati in un primo momento sulle cartine, sono stati riportati in una cartografia in DWG, in questo modo, oltre ad avere l'intero impianto in formato digitale, (posizionando il puntatore sul corpo illuminante) si è in grado di conoscere immediatamente tutte le informazioni riguardanti quel singolo punto luce.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata tramite l'utilizzo delle principali funzioni di Excel; estremamente utili si sono rivelate le tabelle Pivot.

11.1.1 - Tabella Pivot

Una tabella pivot è uno strumento analitico e di reporting necessario alla creazione di tabelle riassuntive. Uno dei fini principali di queste tabelle è l'organizzazione di dati complessi tramite una scelta opportuna dei campi e degli elementi che devono comporla.

Una tabella pivot può descrivere un numero molto elevato di variabili, dette anche “caratteristiche” o “dimensioni di analisi”. Per un limite visuale dei grafici, possono essere visualizzate tre variabili per ogni tabella pivot: una per le righe, una per le colonne, una per il contenuto della tabella (area dati). Le restanti variabili sono visualizzate in un'area esterna alla tabella e sono gestite tramite dei filtri.

Una tabella pivot presenta un tracciato o layout di visualizzazione molto flessibile, che può essere facilmente modificato per avere tutti i tipi di visuali sui dati, spostando con il mouse l'etichetta di un campo tra righe, colonne, area dati e area filtri.

E' possibile quindi, trasporre la tabella, invertendo righe con colonne, o avere un'aggregazione diversa dei dati. La tabella pivot consente di creare gruppi e operazioni su questi, agire sulle singole celle per cambiarne il formato di visualizzazione, rinominare ogni variabile e relativi valori. Non è invece modificabile il valore delle celle dell'area dati, per cui non si possono inserire valori e formule nelle celle dell'area dati e nelle intestazioni di riga o di colonna.

Il programma di gestione delle tabelle pivot “protegge” i dati all'interno delle celle, non è quindi possibile cambiare il contenuto, ma solo visualizzarlo in differenti maniere.

◇	A	B	C	D	E	F
1			Rilasciare qui i	campi pagina		
2						
3			Rilasciare qui i campi colonna			
4	Rilasciare qui i campi riga					
5						
6						
7						
8						
9		Rilasciare qui i dati				
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

Esempio di tabella Pivot non compilata

Di seguito vengono riportate le analisi degli interventi attuabili nel Comune di Vigodarzere; la maggior parte dei dati, le percentuali, le potenze impegnate, il calcolo dei consumi, sono stati ricavati attraverso l'utilizzo di tabelle Pivot.

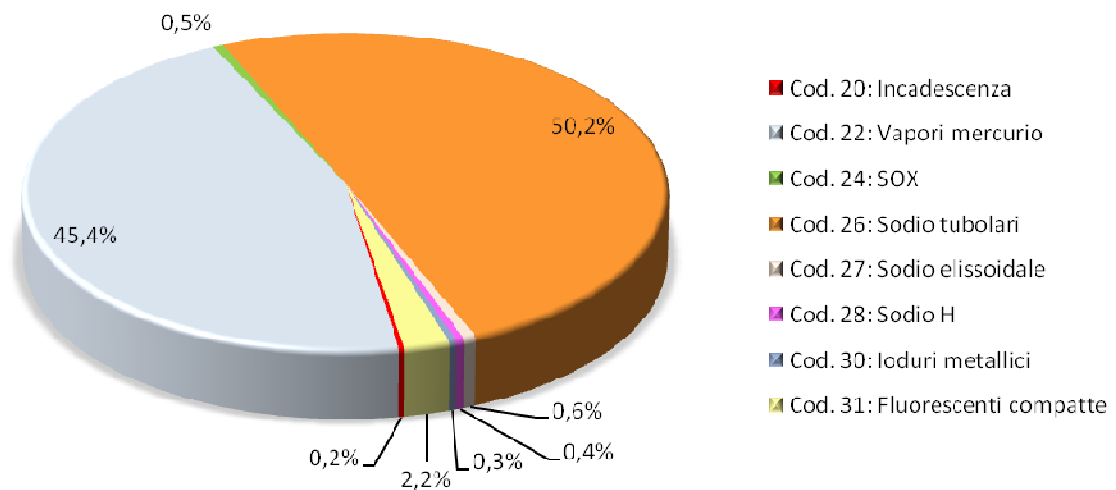
11.2 - Riduzione della potenza impegnata mediante la sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con altri ad alto rendimento

E' la soluzione economicamente più impegnativa, ma che nel contempo, garantisce ottimi risultati in termini di risparmio energetico.

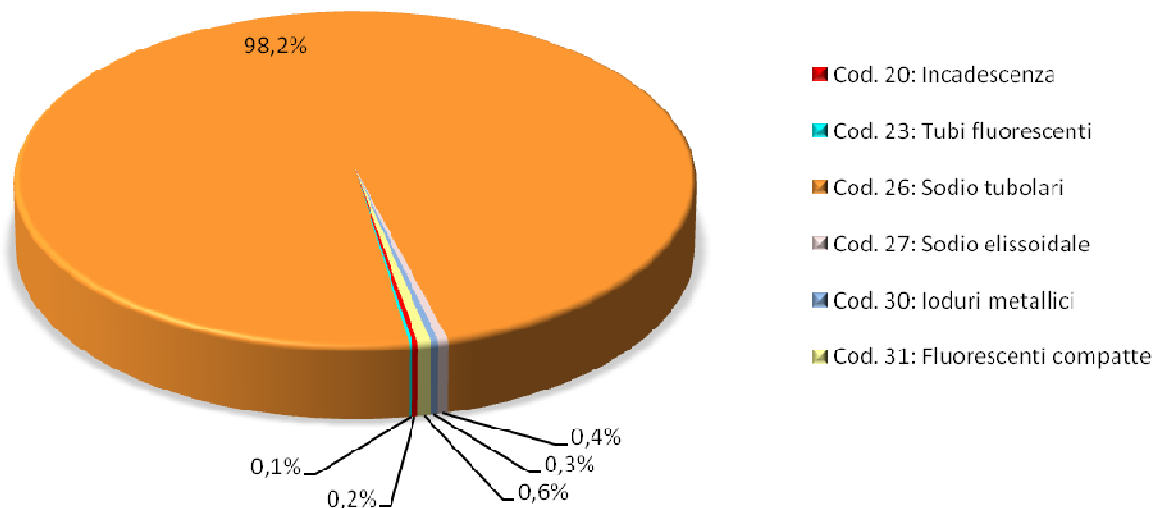
Si tratta di una riqualificazione di un parco illuminotecnico che, per il 38%, necessita comunque di essere sostituito in tempi molto brevi, in quanto composto da apparecchi in pessime condizioni; potrebbe essere sostituito per il 69%, se si considerassero anche gli apparecchi in sufficienti condizioni.

Le armature presenti in tutto l'impianto montano tipologie di lampade diverse e con potenze differenti, come si può vedere dal grafico sottostante che compara la situazione attuale con quella prevista dopo gli interventi.

Tipologie di lampade nello stato di fatto



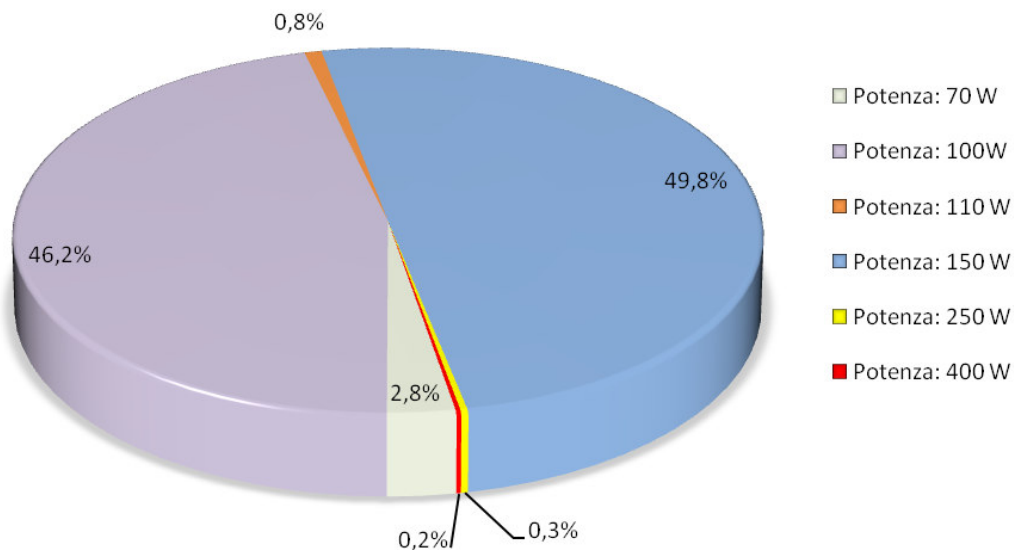
Tipologie di lampade nello stato di progetto.



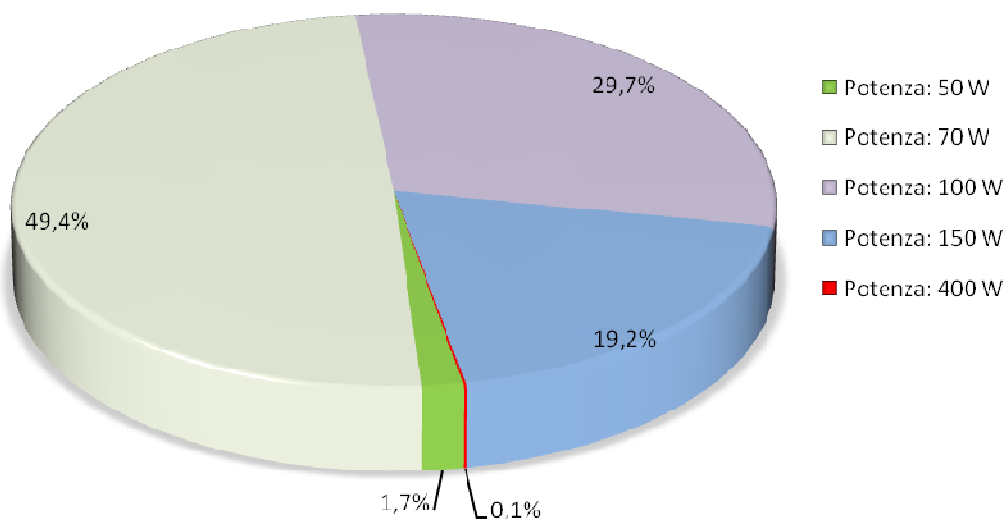
Come si può osservare dal grafico, nello stato di progetto non sono previste lampade al mercurio, tale scelta è dettata dalla scarsa efficienza che queste sorgenti luminose offrono ed inoltre, secondo la fase 2 della direttiva EuP, nel 2015 le sorgenti al mercurio non potranno più essere installate.

Dal grafico precedente emerge come l'utilizzo di sorgenti ai vapori di sodio sia predominante all'interno dello stato di progetto. E' interessante vedere come sono attualmente suddivise le potenze delle lampade al sodio all'interno dell'impianto e che tipo di potenze saranno impiegate, dopo la riqualificazione.

Potenze delle lampade al sodio



Potenze delle lampade al sodio previste dallo stato di progetto



Si può dedurre dal secondo grafico come l'utilizzo di lampade da 70 W passerà dal 2,8% al 49,4%, tale aumento determinerà una netta riduzione delle lampade con potenze da 100W e 150 W. Le lampade che funzionano con potenze da 100 W si ridurranno del 16,5% e le lampade che funzionano con potenze da 150 W si ridurranno del 30,6%. Tali valori consentono un'imponente riduzione dei consumi, nessun'altra scelta orientata al risparmio garantisce tali risultati.

- Tabella riassuntiva delle potenze impiegate:

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO	VARIAZIONE
Potenza installata	242,830 [kW]	191,585 [kW]	- 51,245 [kW]
Potenza effettiva 15%*	279,255 [kW]	220,323 [kW]	- 58,932 [kW]
Energia effettiva (annuale)	1.200.796 [kWh]	974.388 [kWh]	- 226.408 [kWh]
Costo energia (annuale)	146.857,35 €	119.167,00 €	- 27.690,35 €

* aumento della potenza del 15% dovuto alla considerazione delle perdite.

- Analisi economica dell'intervento:

Si prevede l'installazione di apparecchi con corpo in pressofusione d'alluminio, verniciati e con riflettore in alluminio smaltato e brillantato.

Copri ottica in vetro piano temperato, attacco palo in pressofusione d'alluminio non verniciato per installazione laterale o verticale.

Cablaggio e rifasamento per lampada ai vapori di sodio ad alta pressione.

APPARECCHIO	NUMERO DI ARMATURE DA INSTALLARE	PREZZO CAD.	TOT.
Apparecchio da 70W	819	225,64 €*	184.799,16 €
Apparecchio da 100W	3	235,97 €	707,91 €
Apparecchio da 150W	5	229,19 €	1.145,95 €
			186.653,02 €

* prezzi informativi dell'edilizia "DEI tipografia del genio civile" OPERE COMPIUTE.

Valutazioni economiche a fronte dell'intervento:

l'Amministrazione Comunale farà fronte all'investimento attraverso il pagamento all'azienda appaltatrice di un canone trimestrale che dipenderà dal valore dell'investimento e dal tasso d'interesse applicato dall'istituto di credito al momento della richiesta monetaria da parte dell'azienda.

RISPARMIO ANNUO	27.690,35 €
Investimento	186.653,02 €
Oneri finanziari (al 4,45%)*	45.620 €
Investimento totale	232.273.35 €
PayBack in anni	8,38
Importo rata trimestrale	5.807 €
Risparmio in 10 anni	276.903,50€

* valore ricavato dal software di calcolo dalla Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo considerando un tasso Euribor + spread bancario dell'1,5%

Dal valore dell'energia risparmiata (226.408 kWh/anno) si può ricavare la quantità di CO₂ che non verrebbe immessa nell'ambiente in un anno: 1 kWh= 0.49 kg di CO₂.

CO₂ non emessa = 226.408*0.49= 110.939,92 kg

Non sarebbero immesse nell'atmosfera circa 111 tonnellate di CO₂ l'anno, con i benefici ambientali che ne conseguirebbero.

11.3 - Riduzione degli orari di funzionamento ed ottimizzazione dei tempi di accensione e spegnimento con l'uso di orologi astronomici

Viene considerata la possibilità di installazione del dispositivo astronomico sui quadri che alimentano almeno 10 punti luce. Si considera lo spegnimento a mezzanotte di 1/3 dell'impianto.

Le valutazioni economiche che si possono fare in seguito all'utilizzo di questi dispositivi sono:

- Situazione 1: parco illuminotecnico con l'installazione degli interruttori astronomici, senza la sostituzione degli apparecchi.
 - Quadri interessati dall'utilizzo del dispositivo: 46 (quadri con almeno 10 p.l.)
 - Costo dell'energia considerato: 0.1223 [€/kWh] (dato: Acquirente Unico)

	Parco illuminotecnico senza programma di spegnimento a mezzanotte	Parco illuminotecnico con programma di spegnimento a mezzanotte	Risparmio
Energia consumata	1.200.794,35 [kWh/anno]	997.475,45 [kWh/anno]	- 203.318,9 [kWh/anno]
Costo	146.857,15 [€ /anno]	121.991,25 [€ /anno]	- 24.865,9 [€ /anno]

- Situazione 2: parco illuminotecnico con l'installazione degli interruttori astronomici, revisione degli impianti e sostituzione degli apparecchi con armature più efficienti:
 - Quadri interessati all'utilizzo del dispositivo: 49
 - Costo dell'energia considerato: 0.1223 [€/kWh] (dato: Acquirente Unico)

	Parco illuminotecnico senza programma di spegnimento a mezzanotte	Parco illuminotecnico con programma di spegnimento a mezzanotte	Risparmio
Energia consumata	947.387,83 [kWh/anno]	782.785,20 [kWh/anno]	-164.602,63 [kWh/anno]
Costo	115.865,53 [€ /anno]	100.535,38 [€ /anno]	-15.330,15 [€ /anno]

- Con l'attuazione degli interventi di sostituzione dei corpi illuminanti e l'inserimento dei dispositivi astronomici, il risparmio complessivo rispetto alla situazione attuale è:

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO	VARIAZIONE %	VARIAZIONE
kW INSTALLATI	242,83	191,59	- 21,10%	- 51,245 [kWh]
kWh/ANNO	1.200.794,35	782.785,20	- 34,81%	- 418.009,15[kWh/anno]
SPESE ENERGIA	146.857,15 [€ /anno]	100.535,38 [€/anno]	- 31,54%	- 46.321,77 [€ /anno]

Valutazioni economiche a fronte dell'intervento:

si prende in esame la soluzione 1, che prevede l'installazione dei dispositivi senza la sostituzione degli apparecchi illuminanti con armature più efficienti: in questo modo si può verificare l'effettivo risparmio ottenibile attraverso la sola l'introduzione dei dispositivi astronomici.

Mediamente il prezzo d'acquisto e di installazione di un dispositivo astronomico si aggira intorno ai 60 €.

I quadri interessati all'installazione sono 46.

DISPOSITIVO	N° DI DISPOSITIVI DA INSTALLARE	PREZZO CAD.	TOT.
Orologio astronomico	46	60 €	2760 €
			2.760 €

Le valutazioni economiche relative a questo tipo d'intervento sono superflue, in quanto, la spesa che l'Amministrazione Comunale dovrebbe sostenere non sarebbe tale da consentire un'analisi accurata dei risultati.

Questa tipologia d'intervento è comunque fortemente consigliata in quanto una spesa minima garantirebbe grossi benefici.

Dal valore dell'energia risparmiata (418.009,15 kWh/anno) si può ricavare la quantità di CO₂ che non sarebbe immessa nell'ambiente in un anno: 1 kWh= 0.49 kg di CO₂.

CO₂ non emessa = 418009,15*0.49= 204.824,48 kg

Non sarebbero immesse nell'atmosfera circa 205 tonnellate di CO₂ l'anno, con i benefici ambientali che ne conseguirebbero.

11.4 - Installazione dei riduttori di flusso

Nel parco illuminotecnico considerato sono già presenti due regolatori di flusso installati su impianti di recente costruzione (Q97, Q119). Si può prevedere l'installazione di un ulteriore regolatore di flusso a gestione dei quadri Q083 e Q084 (che verranno accorpati nel Q083) per un totale di circa 108 punti luce. Per il corretto funzionamento di questo dispositivo è necessario che le lampade collegate dispongano di un reattore magnetico e non elettronico. Per ottenere il massimo rendimento dagli impianti provvisti di regolatore di flusso è necessario che tutte le armature siano equipaggiate con lampade al sodio ad alta pressione, con questa prerogativa, il regolatore potrebbe abbassare la tensione di alimentazione fino a 180V, con il conseguente risparmio energetico. Nel caso siano presenti lampade ai vapori di mercurio, l'escursione della tensione sarebbe inferiore, a causa delle caratteristiche proprie che la lampada presenta.

- Tabella riassuntiva dei quadri con regolatore:
 - Normale alimentazione 230 V;
 - Alimentazione con regolatore 180 V;
 - Il risparmio energetico dato dal costruttore è circa 30%;
 - Costo dell'energia considerato: 0.1223 [€/kWh] (dato: Acquirente Unico).
 - Orario di funzionamento del regolatore:
 - 1861 ore: funzionamento dell'impianto a pieno regime;
 - 2439 ore: funzionamento a regime controllato dal regolatore di flusso a 180V.

<i>Condizioni</i> <i>Quadri</i>	<i>Consumo senza regolatore</i>	<i>Con regolatore (alimentazione a 180V)</i>	<i>Risparmio</i>	<i>Risparmio [€/anno]</i>
Q097	19.608 [kWh/anno]	16.271,44 [kWh/anno]	- 3.336,56 [kWh/anno]	- 408,06 [€/anno]
Q119	11.610 [kWh/anno]	9.963,44 [kWh/anno]	- 1.646,56 [kWh/anno]	- 201,37 [€/anno]
Q083	39.001 [kWh/anno]	32.364,48 [kWh/anno]	- 6.636,52 [kWh/anno]	- 811,64 [€/anno]
			TOT. - 11.619,64 [kWh/anno]	TOT. - 1.421,07 [€/anno]

Questi dispositivi permettono anche un altro tipo di risparmio: mantengono la tensione costantemente intorno ai 220V, invece che a 230V effettivamente distribuiti, garantendo una totale uniformità dell'alimentazione ed eliminando sbalzi o oscillazioni di tensione. Questa caratteristica garantisce un allungamento della vita delle lampade in quanto vengono sottoposte a minori stress di funzionamento.

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO	VARIAZIONE
Potenza installata	242,830 [kW]	218,820 [kW]	- 24,01 [kW]
Potenza effettiva 15%	279,255 [kW]	251,643 [kW]	- 27,612 [kW]
Energia effettiva (annuale)	1.200.796 [kWh]	1.133.450,82 [kWh]	- 67.345,18 [kWh]
Costo energia (annuale)	146.857,35 €	138.621,03 €	- 8.236,32 €

I risultati che compaiono nello stato di progetto sono ottenuti considerando le ore in cui l'impianto opera a pieno regime e le ore in cui funziona a regime controllato, in questo modo si può valutare l'effettivo risparmio ottenibile con l'introduzione dei riduttori di flusso.

- Risparmio con tutti i riduttori in funzione =
 $Q097+Q119+Q083=6,67+4,08+13,26= 24,01 \text{ kW}$
- Energia risparmiata con tutti i riduttori in funzione =
 $(251,643*\underline{2439})+(279.255*\underline{1861})= 613757,27+519693,55= 1133450,82 \text{ kWh}$

I valori sottolineati sono le ore di funzionamento annue in cui l'impianto opera alla potenza considerata.

Questi valori sono frutto di ragionamenti effettuati in un parco impiantistico non ottimizzato, la potenza di base è quindi quella spesa per l'alimentazione della maggioranza degli apparecchi poco efficienti, con stato di conservazione pessimo o al più sufficiente.

Applicando i regolatori di flusso ad un parco impiantistico ottimizzato si potrebbe operare su livelli di potenza ed energia inferiori. In questo caso una previsione delle potenze e dei consumi potrebbe essere:

	PARCO OTTIMIZZATO	REGOLATORI IN FUNZIONE	VARIAZIONE
Potenza installata	191,585 [kW]	170,510 [kW]	- 21,07 [kW]
Potenza effettiva 15%	220,323 [kW]	196,087 [kW]	- 24,23 [kW]
Energia effettiva (annuale)	974.388 [kWh]	888.277,293 [kWh]	- 86.110,70 [kWh]
Costo energia (annuale)	119.167,00 €	108.636,31 €	- 10.530,69 €

- Energia risparmiata con tutti i riduttori in funzione =
 $(196,087 \cdot 2439) + (220,323 \cdot 1861) = 410.021,1 + 478256,193 = 888.277,293 \text{ [kWh]}$

Installare i regolatori di flusso in un parco ottimizzato, significa inserirli in un impianto in cui non sono presenti sorgenti ai vapori di mercurio.

Il sodio, a differenza del mercurio, permette di diminuire la tensione fino a circa 180V senza disinnescare la scarica nei gas. Per garantire il corretto funzionamento delle sorgenti a vapori di mercurio è necessario ridurre il livello di tensione al massimo, attorno ai 200V. Al di sotto di questo valore la scarica potrebbe interrompersi.

Descrizione dell'intervento:

- punti luce interessati all'intervento 108;
- potenza interessata 9 kW;
- si prevede l'installazione di 1 macchina da 21 kVA.

DISPOSITIVO	N° DI DISPOSITIVI DA INSTALLARE	PREZZO CAD.	TOT.
Riduttore di flusso	1	16.200*€	16.200 €
			16.200 €

*Prezzo da listino Reverberi modello tipo SEC STP

Valutazioni economiche a fronte dell'intervento:

RISPARMIO ANNUO	8.236,32 €
Investimento	16.200,00 €
PayBack in anni	1,96
Risparmio in 10 anni	82.363,20 €

Si è considerata l'installazione dei regolatori su un parco non ottimizzato, in quanto, tale situazione evidenzia maggiormente i benefici dell'utilizzo dei regolatori.

Con l'applicazione dei riduttori di flusso, il risparmio è nettamente inferiore rispetto alle metodologie considerate precedentemente in quanto, il numero di regolatori è estremamente limitato, a differenza delle altre possibilità di risparmio che vanno applicate all'intero parco impiantistico.

La riduzione dell'energia dell'intero impianto si attesta attorno ad un 6%.

Dal valore dell'energia risparmiata (11.619,64 kWh/anno) si può ricavare la quantità di CO₂ che non verrebbe immessa nell'ambiente in un anno: 1 kWh= 0.49 kg di CO₂.

CO₂ non emessa = 11.619,64 * 0.49 = 5.693,31 kg

Non sarebbero immesse nell'atmosfera circa 5,7 tonnellate di CO₂ l'anno, con i benefici ambientali che ne conseguirebbero.

11.5 - Ottimizzazione dei contratti di fornitura

Con la liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica si sono affacciate numerose aziende che operano nel trading energetico. Con un'analisi di mercato approfondita si è in grado di determinare quale fornitore garantisce i maggiori vantaggi per le esigenze dell'impianto. Le proposte delle diverse aziende di trading, infatti, diversificano il prezzo dell'energia a seconda degli orari di consumo o dei giorni di consumo. Individuando quale fornitore rispecchi maggiormente le proprie esigenze, si è in grado di risparmiare, anche in maniera rilevante.

Il passaggio al mercato libero dell'energia elettrica è semplice: non è necessario alcun intervento tecnico sull'impianto elettrico, né per la sostituzione del contatore né per eventuali costi di attivazione. La qualità dell'energia è sempre la stessa, gli standard di sicurezza e il livello di servizio tecnico per forniture di energia elettrica rimangono quelli già in vigore. Attualmente l'ente fornitore di energia elettrica per l'impianto d'illuminazione pubblica di Vigodarzere è la società Global Power.

Soluzioni non adottate:

11.6 - Sostituzione dei corpi illuminanti con lampade a led

La tecnologia led è indiscutibilmente il futuro dell'illuminazione, tutte le maggiori case di produzione stanno concentrando i loro sforzi e la ricerca in questa direzione. Come per ogni recente tecnologia, non avendo maturato sufficiente esperienza, non si è in grado di valutarne le effettive prestazioni a lungo termine.

I produttori dichiarano che la componentistica interna (molto più complessa che per le normali lampade) sia testata per durare tante ore quante ne garantiscono i led. Tali armature, infatti, oltre che consumare poca energia, puntano sulla ridottissima manutenzione necessaria durante il loro funzionamento e sul fatto che per un periodo di circa 12 anni non necessitano di alcun controllo né sulla componentistica né sul led. Inoltre, forniscono numerosissime possibilità di regolazione e controllo del fascio luminoso, coprendo una vasta area cromatica (dalla luce calda alla luce fredda).

Poiché le sorgenti a LED hanno una vita media molto lunga, occorre che anche i driver interni siano garantiti per almeno 50.000 ore di funzionamento. Molti produttori invece producono driver che non rispettano tali requisiti.

Da valutare, infine, la mortalità dei driver durante le 50.000 ore garantite: Philips, uno dei principali fornitori di driver, prevede una mortalità di circa il 5% sulle 60.000 ore. Questo significa che alla fine delle 60.000 ore, un apparecchio su venti avrà subito lavori di manutenzione straordinaria per il rimpiazzo della parte elettrica.

Altri produttori di apparecchi a LED, come RUUD, affermano che la mortalità sui loro driver è dello 0,5% a 150.000 ore.

Questi dati dimostrano come esistano ancora notevoli differenze fra le tecnologie applicate ai LED (che inoltre andranno verificate sul campo) e che la deperibilità della parte elettrica incide in maniera rilevante sui costi di gestione di un impianto a LED. L'ostacolo maggiore per l'adozione di tali armature rimane il costo, ancora molto elevato (che potrebbe essere ammortizzato nel tempo grazie alle caratteristiche dell'apparecchio), ma la loro recente introduzione sul mercato e la diffusione ancora limitata rendono difficile l'individuazione dell'effettiva durata del dispositivo; una manutenzione non programmata per un difetto dell'apparecchio ne pregiudicherebbe l'ammortamento.

La domanda che deriva è: “se il produttore assicura che il led e la componentistica interna raggiungono circa 50.000 ore di funzionamento (circa 12 anni)”, perché la garanzia dell'armatura è di soli 3 anni?

11.7 - Telegestione dell'impianto

Questa soluzione, seppur estremamente interessante, trova una sua naturale applicazione negli impianti delle grandi città.

La comodità di avere a portata di mouse ogni singolo punto luce, ogni impianto ed ogni guasto permette di limitare ed anche di organizzare al meglio la manutenzione, consentendo di sostituire le sorgenti, ormai in esaurimento, prima del loro naturale spegnimento. Il controllo dell'intero parco impiantistico potrebbe essere gestito da una sola persona.

Tale tecnologia è però estremamente costosa e, se non applicata ad impianti molto vasti, l'investimento non sarebbe recuperabile in tempi accettabili.

Anche l'installazione nell'intero l'impianto dei dispositivi di comunicazione punto luce-centralino rende complessa l'applicazione di questa tecnologia; nello specifico caso trattato, (il comune di Vigodarzere) è stata esclusa dalle soluzioni applicabili.

11.8 - Progettazione di nuovi impianti

Attualmente, il Comune di Vigodarzere non prevede l'ampliamento del parco impiantistico nel territorio di competenza.

Anche nella progettazione di nuovi impianti è necessario considerare tutti gli aspetti di risparmio energetico.

I progetti dovranno osservare le norme antinquinamento luminoso ed illuminare quanto e come prescrive la normativa.

I nuovi progetti dovranno considerare l'ubicazione degli impianti esistenti, in modo da poter essere collegati con le forniture già presenti, risparmiando così la costruzione di nuovi quadri e la richiesta di nuovi contatori.

11.9 - Riepilogo interventi

Di seguito vengono riportate le tabelle riepilogative degli interventi possibili, per facilitarne la comparazione.

I risparmi possibili derivanti dagli interventi più “tecnici” (quali la sostituzione dei corpi illuminanti con altri ad elevato rendimento, la riduzione degli orari di funzionamento attraverso l'utilizzo degli orologi astronomici e l'installazione dei riduttori di flusso) sono effettivamente conteggiabili e quantificabili.

Lo stesso non si può affermare per l'ottimizzazione dei contratti di fornitura, che invece risultano essere di difficile conteggio: i contratti possono infatti variare a seconda delle ore e delle modalità di consumo. Inoltre nel caso in cui l'Amministrazione utilizzasse il fornitore dell'energia anche in altri ambiti (alimentazione di scuole, uffici, pompe idriche,...) potrebbero essere inserite nuove e diverse clausole di consumo, rendendo ancora più difficoltoso il conteggio.

- Riduzione della potenza impegnata mediante la sostituzione dei corpi illuminanti con altri ad alto rendimento

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO	VARIAZIONE
Potenza installata	242,830 [kW]	191,585 [kW]	- 51,245 [kW]
Potenza effettiva 15%	279,255 [kW]	220,323 [kW]	- 58,932 [kW]
Energia effettiva (annuale)	1.200.796 [kWh]	974.388 [kWh]	- 226.408 [kWh]
Costo energia (annuale)	146.857,35 €	119.167,00 €	- 27.690,35 €

- Riduzione degli orari di funzionamento ed ottimizzazione dei tempi di accensione e spegnimento con l'utilizzo di orologi astronomici.
 - Situazione 1: inserimento degli orologi astronomici nel parco impiantistico non ottimizzato

	Parco illuminotecnico senza programma di spegnimento a mezzanotte	Parco illuminotecnico con programma di spegnimento a mezzanotte	Risparmio
Energia consumata	1.200.794,35 [kWh/anno]	997.475,45 [kWh/anno]	- 203.318,9 [kWh/anno]
Costo	146.857,15 [€ /anno]	121.991,25 [€ /anno]	- 24.865,9 [€ /anno]

- Situazione 2: inserimento degli orologi astronomici nel parco impiantistico ottimizzato

	Parco illuminotecnico senza programma di spegnimento a mezzanotte	Parco illuminotecnico con programma di spegnimento a mezzanotte	Risparmio
Energia consumata	947.387,83 [kWh/anno]	782.785,20 [kWh/anno]	-164.602,63 [kWh/anno]
Costo	115.865,53 [€ /anno]	100.535,38 [€ /anno]	-15.330,15 [€ /anno]

- Installazione dei regolatori di flusso

	STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO	VARIAZIONE
Potenza installata	242,830 [kW]	218,820 [kW]	- 24,01 [kW]
Potenza effettiva 15%	279,255 [kW]	251,643 [kW]	- 27,612 [kW]
Energia effettiva (annuale)	1.200.796 [kWh]	1.133.450,82 [kWh]	- 67.345,18 [kWh]
Costo energia (annuale)	146.857,35 €	138.621,03 €	- 8.236,32 €

12 - Considerazioni sui risultati

12.1 - Considerazioni generali

Per avere una visione più chiara dei benefici ottenibili, si riportano nella tabella gli interventi effettuabili. L'unico intervento che permette una riduzione della potenza installata dell'intero impianto, è la sostituzione dei corpi illuminanti con altri a maggior rendimento. Tutti gli altri interventi si limitano ad una gestione ottimizzata dell'impianto, senza un'effettiva diminuzione della potenza installata.

	STATO DI PROGETTO (parco non ottimizzato)		
	Potenza effettiva installata	Energia effettiva utilizzata	Risparmio annuo
Riduzione potenza impegnata	220,323 [kW]	974.388 [kWh/anno]	- 27.690,35 €
Riduzione orari funzionamento	279,255 [kW]	997.475,45 [kWh/anno]	- 24.865,9 €
Installazione riduttori di flusso	279,255 [kW]	1.133.450,82 [kWh/anno]	- 8.236,32 €
Ottimizzazione contratti di fornitura	279,255 [kW]	Non contabilizzabile	

La tabella precedente riporta i benefici ottenibili considerando ogni singolo intervento impiegato separatamente all'interno dell'impianto.

Ogni possibile operazione è stata quindi applicata ad un parco non ottimizzato, composto da armature spesso in condizioni di conservazione pessime e con consumi troppo elevati.

Per avere un'idea del risparmio ottenibile dall'impianto ottimizzato è necessario che gli interventi vengano applicati ad un parco in cui i corpi illuminanti siano il più possibile efficienti. In questo modo la potenza totale risultante dall'intero impianto sarà minore e, gli interventi che punteranno alla sola gestione del parco impiantistico verranno applicati in un impianto ottimizzato.

	STATO DI PROGETTO (parco ottimizzato)		
	Potenza effettiva installata	Energia effettiva utilizzata	Risparmio annuo
Riduzione potenza impegnata	220,323 [kW]	974.388 [kWh/anno]	- 27.690,35 €
Riduzione orari funzionamento	220,323 [kW]	782.785,20 [kWh/anno]	-15.330,15 €
Installazione riduttori di flusso	220,323 [kW]	888.277,293 [kWh/anno]	- 10.530,69 €
Ottimizzazione contratti di fornitura	220,323 [kW]	Non contabilizzabile	

Dalle tabelle precedenti si nota come il risparmio maggiore corrisponda all'intervento più costoso, cioè alla sostituzione di tutti i corpi illuminanti con altri ad elevato rendimento, andando a diminuire sensibilmente la potenza installata.

I due interventi di gestione del parco comportano anch'essi un notevole risparmio, ma è necessario sottolineare che l'attuazione di queste due metodologie comporta una diminuzione del flusso luminoso nel territorio comunale, tale aspetto potrebbe provocare problemi per la circolazione e per la sicurezza in generale.

Come si può osservare dalle tabelle e dai dati precedenti l'applicazione anche solo di uno di questi interventi comporta un sostanziale risparmio, quantificabile in termini energetici, monetari ed anche ambientali.

Allo stato di fatto l'impianto di Vigodarzere ha un consumo energetico di 1.200.796[kWh/anno], che corrispondono ad una produzione di CO₂ che si attesta intorno ai:

$$1.200.796 \cdot 0,49 = \mathbf{588.390,04 \text{ [kg/anno] di CO}_2}$$

[1 kWh= 0.49 kg di CO₂]

La tabella sottostante riporta i chilogrammi di CO₂ che non sarebbero immessi nell'ambiente grazie all'applicazione di questi interventi.

Per capire le quantità di anidride carbonica messe in gioco dall'applicazione di ogni intervento preso singolarmente è necessario valutare la situazione in caso di parco non ottimizzato. Chiaramente questa considerazione è valida solo per i due interventi che vanno a gestire la potenza dell'impianto, quindi per la riduzione degli orari di funzionamento e per l'installazione dei regolatori di flusso.

	STATO DI PROGETTO (parco non ottimizzato)		
	Energia effettiva consumata	CO ₂ prodotta	CO ₂ non immessa
Riduzione potenza impegnata	974.388 [kWh/anno]	477.450,124 [kg/anno]	110.939,916 [kg/anno]
Riduzione orari funzionamento	997.475,45 [kWh/anno]	488.762,97 [kg/anno]	99.627,07 [kg/anno]
Installazione riduttori di flusso	1.133.450,82 [kWh/anno]	555.390,9 [kg/anno]	32.999,14 [kg/anno]
Ottimizzazione contratti di fornitura	Non contabilizzabile		

La limitata differenza tra lo stato di fatto, e lo stato di progetto con la sola installazione dei riduttori di flusso è dovuta allo scarso numero di regolatori installati all'interno dell'impianto, sarebbero presenti infatti, solo 3 macchine.

Nel caso in cui gli interventi fossero applicati ad un impianto ottimizzato si sarebbe in grado di raggiungere elevati livelli di anidride carbonica non immessa nell'ambiente. La potenza su cui andrebbero ad agire gli interventi di riduzione degli orari e regolamentazione del flusso luminoso è di gran lunga minore rispetto allo stato di fatto.

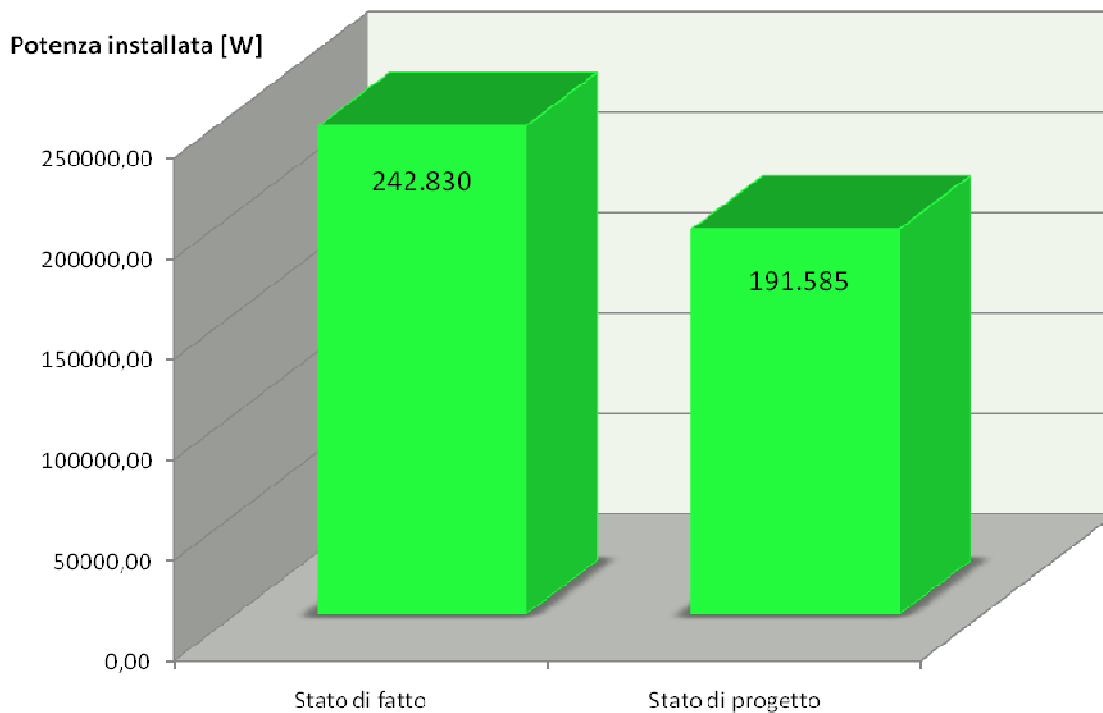
	STATO DI PROGETTO (parco ottimizzato)		
	Energia effettiva utilizzata	CO ₂ prodotta	CO ₂ non immessa
Riduzione potenza impegnata	974.388 [kWh/anno]	477.450,124 [kg/anno]	110.939,916 [kg/anno]
Riduzione orari funzionamento	782.785,20 [kWh/anno]	383.564,748 [kg/anno]	204.825,292 [kg/anno]
Installazione riduttori di flusso	888.277,293 [kWh/anno]	453.255,873 [kg/anno]	135.134,167 [kg/anno]
Ottimizzazione contratti di fornitura	Non contabilizzabile		

L'intervento di riduzione degli orari funzionamento è inteso con la modalità di spegnimento di un terzo dell'impianto a mezzanotte, questo garantisce un sostanziale risparmio sia a livello energetico che ambientale, il tutto a discapito della sicurezza. Tutti gli interventi riportati nella tabella sono considerati applicati ad un parco ottimizzato.

12.2 - Grafici

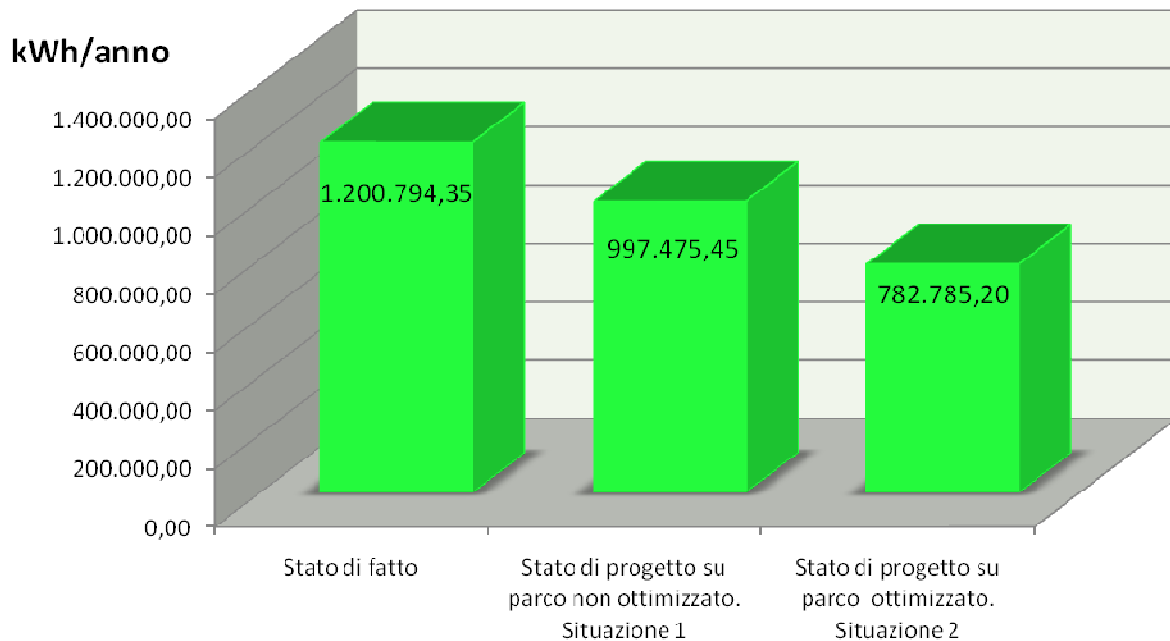
La potenza totale dell'intero parco impiantistico, allo stato di fatto, è di 242.830 W (279.255 W considerando anche le perdite), l'unico intervento che prevede la diminuzione di tale potenza è la sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti con altri a rendimento più elevato. Viene esaminata la potenza impegnata nell'impianto senza la considerazione delle perdite che potrebbero variare da 13÷16%.

- Diminuzione della potenza installata:



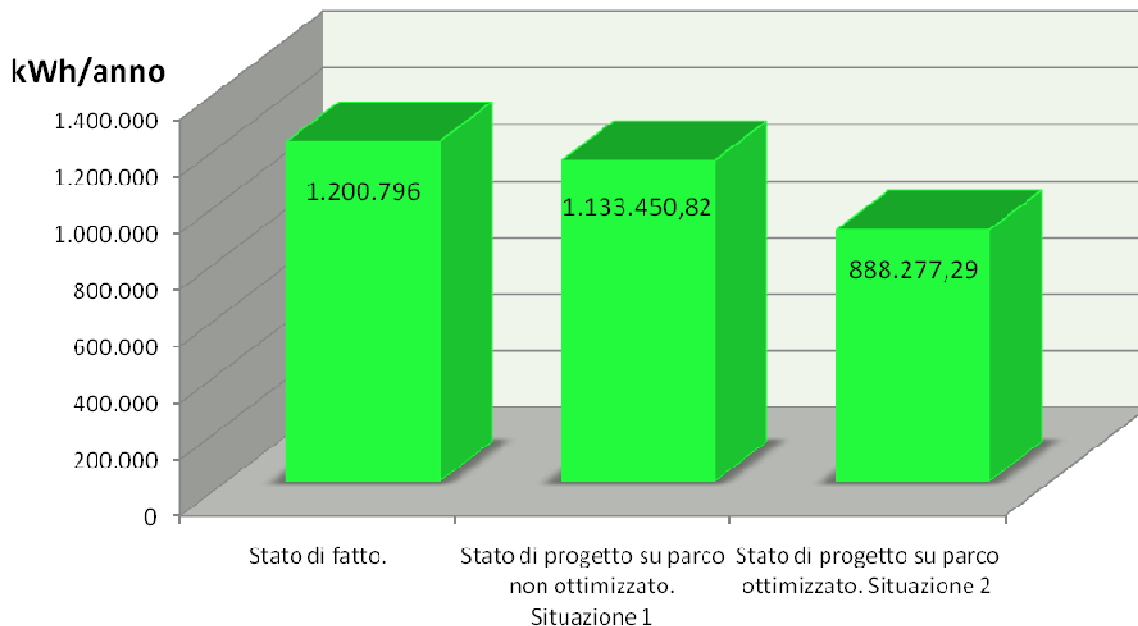
Gli interventi che prevedono una particolare gestione della potenza del parco impiantistico possono essere comparati solo a livello energetico in quanto la potenza installata prima e dopo l'intervento è la medesima. I grafici seguenti prendono quindi in esame il consumo energetico in kWh/anno.

- Riduzione degli orari di funzionamento con l'utilizzo d'interruttori astronomici:
 - Situazione 1: installazione degli interruttori astronomici in un parco non ottimizzato. Le armature presenti in questo impianto sono, per la maggior parte, in pessime condizioni di conservazione ed inefficienti dal punto di vista energetico.
 - Situazione 2: installazione degli interruttori astronomici in un parco ottimizzato. Le armature presenti in questo campo sono di ultima generazione, efficienti sia dal punto di vista dei consumi che normativo.



Dal grafico si può notare come l'applicazione degli interruttori astronomici su di un parco ottimizzato garantisce livelli di risparmio energetico molto più elevati. Nel momento in cui avviene la riduzione dell'orario di funzionamento, se l'impianto è ottimizzato, i dispositivi si trovano a gestire una potenza inferiore. Il a tutto beneficio dei consumi e dell'ambiente.

- Installazione dei riduttori di flusso:
 - Situazione 1: installazione dei regolatori di flusso in un parco non ottimizzato. Le armature presenti in questo impianto sono, per la maggior parte, in pessime condizioni di conservazione ed inefficienti dal punto di vista energetico.
 - Situazione 2: installazione dei regolatori di flusso in un parco ottimizzato. Le armature presenti in questo campo sono di ultima generazione, efficienti sia dal punto di vista dei consumi che normativo.

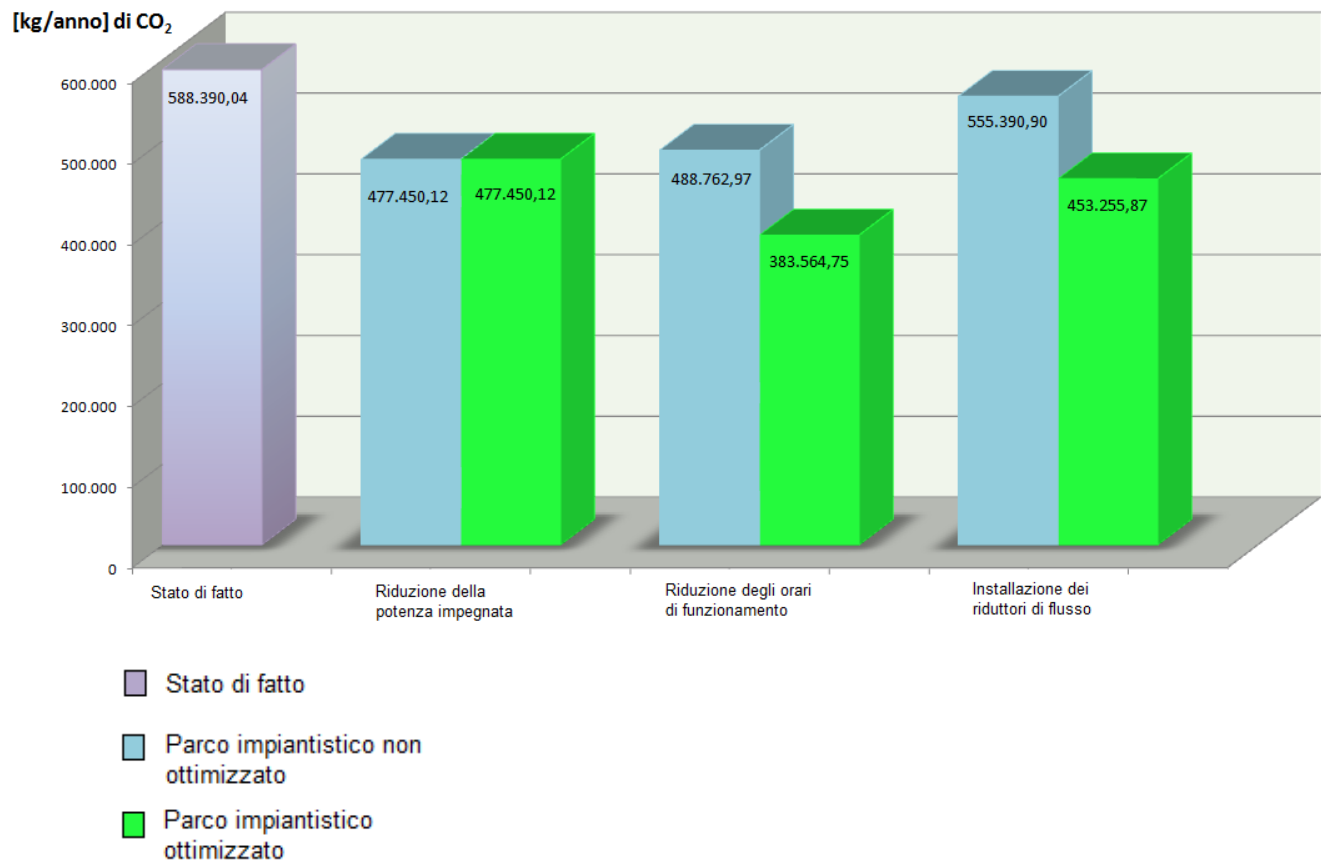


Dall'analisi di questo grafico è ancora più evidente come, l'installazione dei riduttori di flusso su di un parco ottimizzato porti ad avere minori consumi energetici e minor CO₂ prodotta. La ridotta differenza tra lo stato di fatto e la situazione 1 è dovuta al basso impiego di regolatori all'interno dell'impianto. Le macchine installate sono soltanto 3 e, con un numero così ridotto, non riscono ad avere un grosso impatto nel complesso dei consumi.

- CO₂ prodotta per alimentare l'impianto:

Il grafico sottostante rappresenta la quantità di CO₂ prodotta per l'alimentazione dell'impianto di pubblica illuminazione del comune di Vigodarzere.

Vista la sostanziale differenza tra l'applicazione degli interventi di risparmio energetico tra un parco non ottimizzato ed un impianto a norma, sono stati affiancati i due valori risultanti.



Dal grafico emerge come la regolamentazione degli orari di accensione e spegnimento degli impianti in un parco ottimizzato porti ad una netta diminuzione dell'energia utilizzata e di conseguenza ad una minor produzione di CO₂.

Come è già stato sottolineato precedentemente, però, questo tipo d'intervento permette un grosso risparmio in termini sia economici che ambientali, ma penalizza la sicurezza della viabilità, in quanto, 1/3 dell'impianto da mezzanotte in poi risulterebbe spento.

Con l'applicazione di questo metodo tutti gli assi viari risulterebbero comunque illuminati, ma con un flusso luminoso inferiore.

13 - Conclusioni

Nelle Amministrazioni Comunali di piccoli e medi paesi, spesso non esiste una figura che si occupa prettamente dell'impianto di pubblica illuminazione, e sovente a quest'ultimo è data un'importanza marginale.

Non è raro trovare all'interno dei territori comunali impianti obsoleti e decadenti, presenti soprattutto nelle periferie e nelle zone più lontane ed isolate dal centro.

Economicamente parlando, per un'Amministrazione Comunale la gestione e la manutenzione dell'impianto d'illuminazione richiede un notevole dispendio di denaro.

Con una corretta politica di gestione del parco impiantistico si è però in grado di risparmiare somme elevatissime.

I margini di risparmio ricavabili da un impianto di pubblica illuminazione, a fronte degli interventi migliorativi, sono tali da garantire un ritorno dell'investimento in tempi brevi, in quanto, a differenza di altri impianti presenti all'interno del territorio comunale, quello d'illuminazione pubblica è un sistema in funzione numerose ore l'anno.

Anche in questo settore la tecnologia sta facendo passi da gigante, le case costruttrici hanno rivolto negli ultimi anni, una particolare attenzione all'efficienza energetica dei loro prodotti, riuscendo a raggiungere standard qualitativi estremamente elevati, con bassi consumi e ridotti costi di gestione.

A livello normativo lo Stato e la Regione si stanno preoccupando di migliorare l'efficienza di questi impianti e di regolamentarne il flusso luminoso.

Numerose norme sono state redatte in questi ultimi anni, con lo scopo di limitare per quanto possibile i consumi ed interessandosi all'abbattimento dell'inquinamento luminoso.

Le Amministrazioni Comunali sono i decisori ultimi della politica d'illuminazione del territorio (anche se altri attori, come le società di gestione stradale ed autostradale, grandi complessi industriali o logistici, le Province hanno anch'essi un ruolo rilevante sui grandi numeri). Questo agevola i processi decisionali funzionali alle politiche di risparmio energetico, investimento, informazione ai cittadini. In questo caso, seppure i soggetti coinvolti dal servizio siano molti, l'erogatore è unico.

Agendo sull'erogatore s'influenza positivamente anche la quotidianità dei fruitori, attraverso non solo un miglioramento ambientale, ma anche tutte le ricadute tipiche del risparmio energetico.

La corretta manutenzione e gestione di un impianto di pubblica illuminazione deve essere un punto focale negli interessi di un'Amministrazione.

Non è raro trovarsi di fronte ad impianti con armadi incidentati, sistemi di protezione obsoleti o addirittura bypassati, interruttori crepuscolari penzolanti dal quadro o completamente avvolti dalla vegetazione circostante.

Questi, come molti altri fattori, oltre a rendere l'impianto pericoloso per gli utenti, ne diminuiscono l'efficienza energetica e strutturale.

Le metodologie di risparmio attualmente disponibili sono numerose, ma è necessario valutarne i pro e i contro affinché si possano applicare solo quelle che effettivamente garantiscono un reale risparmio in termini energetici, economici ed ambientali.

Ogni possibile intervento migliorativo va calato nella realtà territoriale, valutando, se effettivamente in quell'ambito, sarebbe redditizio o meno, affinché non ci si trovi a dover affrontare investimenti non recuperabili o con tempi di ritorno molto lunghi.

Un esempio può essere la telegestione dell'impianto, estremamente utile e favorevole in caso d'impianti molto vasti, ma non applicabile in un comune come quello analizzato, in quanto eccessivamente complessa e dispendiosa, o l'utilizzo della tecnologia led, ancora poco matura per una reale applicazione sull'intero territorio comunale.

Tutti gli interventi trattati nell'elaborato sono stati frutto di approfondite analisi, al fine di consentire un reale risparmio per l'Amministrazione, considerando gli investimenti e i finanziamenti possibili.

E' stato dimostrato, con dati di fatto, quali sarebbero i margini di risparmio e i rispettivi margini di guadagno, i tempi di recupero degli investimenti più onerosi e la netta diminuzione della potenza installata nell'impianto.

E' importante sottolineare come in funzione del pessimo stato di conservazione di alcuni apparecchi l'Amministrazione dovrebbe comunque sostenere nel prossimo futuro parte degli oneri stimati per questi interventi.

Tuttavia queste attività se non programmate in funzione dell'integrazione con politiche di risparmio energetico e soprattutto seguendo le consuete metodologie dello shopping around non garantirebbero sicuramente i risultati di cui sopra.

In generale, il sistema d'illuminazione pubblica, quindi, per ragioni economiche e di sostenibilità, è alla vigilia di una grossa rivoluzione tecnologica, che va favorita ed accompagnata, affinché possa diventare un esempio di rapida e funzionale applicazione della tecnologia al risparmio energetico.

Risparmiare energia si può, si deve, ed è utile farlo laddove tutti possano facilmente vedere come, per poter poi applicare gli stessi concetti nella propria quotidianità.

14 - Bibliografia

- Testi e manuali consultati:

- o PHILIPS: *"Sustainable City 2010"*, "Città sostenibili 2010"
- o Legambiente: *"Facciamo piena luce"* indagine nazionale sull'efficienza nell'illuminazione pubblica, marzo 2006.
- o Reverberi Entec: *"Catalogo Energy Saver 2010"*
- o Legge della Regione Veneto numero 17 del 7 Agosto 2009 - Bur n. 65 del 11/08/2009: " *Nuove norme per il contenimento dell'inquinamento luminoso, il risparmio energetico nell'illuminazione per esterni e per la tutela dell'ambiente e dell'attività svolta dagli osservatori astronomici* ".
- o THEBEN: *"Catalogo Selekt 2010"*, Interruttori astronomici.
- o DEI tipografia del genio civile *"OPERE COMPIUTE"*.

- Siti internet consultati:

- o www.vigodarzerenet.it
- o <http://it.wikipedia.org>
- o www.lighting.philips.it
- o <http://arching.wordpress.com> "Illuminazione pubblica a led"
- o www.microsoft.com/italy/.../pivot2007

Ringraziamenti

Giunto al termine di questo importante cammino, mi rendo conto che sono davvero molte le persone a cui devo dedicare un sentito grazie.

Grazie al Professor Lorenzoni, che ha saputo accompagnarmi con utili consigli e importanti chiarimenti nella stesura di questa tesi, trovando sempre il tempo da dedicarmi nonostante i suoi innumerevoli impegni.

Un ringraziamento va anche a S.I.M.E.T., azienda all'interno della quale ho trascorso un importante periodo di tirocinio, in cui ho imparato, le responsabilità e le soddisfazioni che il mondo del lavoro propone ogni giorno. Sentendomi sempre parte integrante dell'organico di questa società, composta da persone che ormai considero amici.

Un grazie di cuore va alla mia ragazza Nicoletta, una persona che ha sempre puntato e creduto in me, se sono arrivato fino a qui è anche merito suo. Ha saputo sempre farmi sorridere, ascoltarmi e soprattutto capirmi anche quando non volevo essere capito, ha imparato a leggermi dentro come nessun altro.

Grazie alla mia fantastica staff, Valeria, Giulia e Stefano, con cui ho condiviso la strada e la fatica, passato notti insonni, bellissime soddisfazioni ed innumerevoli emozioni. Con loro ho vissuto mille avventure ed altrettanti momenti indimenticabili.

Grazie anche alla comunità capi del mio gruppo scout: Mauro, Alessandra, Paride, Simone, Pietro, Claudio, Alberto, Chiara e Alessandro, persone straordinarie con cui sono cresciuto, che considero amici veri, con loro ho vissuto momenti entusiasmanti che ricorderò per sempre.

Un immancabile grazie va anche al mio fantastico reparto, composto da ragazzi eccezionali, che hanno tanta voglia di crescere e di mettersi in gioco. Tenendo sempre presente che anche io cresco insieme a loro.

Grazie di cuore anche ai miei compagni d'appartamento: Simone, Tommaso, Johnny, Mattia, Alfredo, che hanno reso la vita a Padova divertente e spensierata. Con loro ho passato moltissime ore (forse anche troppe!) a chiacchierare, giocare e scherzare. Grazie di tutto ragazzi!

Grazie ai miei compagni d'università: Matteo, Eugenio, Nicolas, Stefano, Davide, con cui ho condiviso soddisfazioni e sconfitte, ma proprio grazie ad essi il sorriso in questi anni non è mai mancato. Con loro come compagni di banco, la lezione non poteva certo essere noiosa.

Infine, il mio più grande riconoscimento, va a tutta la mia famiglia a cui dedico questa tesi.

Mi hanno sempre saputo supportare, spronandomi a dare il meglio di me.

Grazie a mia sorella Elisa per la quale provo un profondo senso di ammirazione, senza i suoi consigli (a volte fin troppo insistenti) probabilmente ora non sarei arrivato a questo, e a molti altri traguardi.

Grazie a mio papà Francesco, che non ha mai smesso di tifare per me, supportandomi e consigliandomi in ogni decisione. Se avevo bisogno, lui c'era sempre. Non avrei mai pensato di dirlo, ma devo ringraziarlo anche per le migliaia di volte che mi ha ripetuto "Non devi studiare oggi!?".

Per finire, un grazie a mia mamma Anna perché è sempre stata un esempio di vita, restando al mio fianco in ogni momento, tutte le decisioni importanti portano anche la sua firma. In questi ultimi anni ha atteso con ansia l'esito di ogni esame gioendo, a volte anche più di me, per un buon voto. Senza di lei, ora non sarei quello che sono.