



---

## Comune di Campodenno

### PIANO DI INTERVENTO PER LA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO COMUNALE



**T.E.E. - E.S.Co.**

**Trentino Efficienza Energetica s.n.c.**

di Rialti Federico & Tomasi Christian

Via del Brennero 110, 38121 Trento (TN)

tel. 0461 421661 - fax. 0461 429280

email: [info@tee.tn.it](mailto:info@tee.tn.it) - web: [www.tee.tn.it](http://www.tee.tn.it)

P.I./Cod. Fisc. 01946670229

---





## Indice

1	Premesse.....	7
1.1	La normativa vigente per la riduzione dell'inquinamento luminoso.....	7
1.1.1	La legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 .....	9
1.1.2	La classificazione degli apparecchi luminosi e le caratteristiche richieste.....	10
1.1.3	Gli incentivi provinciali in materia di illuminazione pubblica .....	13
1.2	L'illuminazione stradale.....	15
1.2.1	Tipologie di lampade per l'illuminazione stradale.....	15
1.2.1.1	Lampade a scarica ai vapori di mercurio.....	15
1.2.1.2	Lampade ai vapori di sodio a bassa pressione .....	15
1.2.1.3	Lampade ai vapori di sodio ad alta pressione .....	15
1.2.1.4	Lampade agli ioduri metallici .....	15
1.2.1.5	Lampade a LED .....	16
1.2.2	Confronto fra le diverse tipologie.....	17
1.2.3	Regolatori di flusso luminoso.....	18
2	Verifica dei consumi legati all'illuminazione pubblica.....	19
3	L'illuminazione stradale .....	22
3.1	Analisi dello stato di fatto .....	22
3.1.1	Verifica dello stato degli impianti elettrici.....	22
3.1.1.1	Q00 - Via Santa Barbara - Termon.....	23
3.1.1.2	Q01 - Via Vioz - Termon .....	24
3.1.1.3	Q02 - Via Provinciale - Termon .....	26
3.1.1.4	Q03 - Piazza Ruffini - Quetta .....	27
3.1.1.5	Q04 - Parco giochi - Lover.....	29
3.1.1.6	Q05 - Via Salvez - Campodenno.....	31

3.1.1.7	Q06 - Piazza Crosara - Campodenno .....	33
3.1.1.8	Q07 - Parcheggio Chiesa - Campodenno .....	35
3.1.1.9	Q08 - Chiesa - Dercolo.....	36
3.1.1.10	Q09 - Maso Sant'Angelo .....	38
3.1.1.11	Q10 - Vicolo ai Molini - Cressino .....	40
3.1.1.12	Q11 - Segonzone .....	41
3.1.1.13	Q12 - Cimitero - Lover .....	43
3.1.2	Considerazioni generali sullo stato degli impianti .....	45
3.1.2.1	Condutture elettriche.....	45
3.1.2.2	Impianti di terra .....	46
3.1.2.3	Supporti.....	46
3.1.2.4	Quadri elettrici.....	47
3.1.3	Verifica degli apparecchi illuminanti.....	48
3.1.4	Verifiche secondo L.P. 16/2007 .....	49
3.1.5	Il software Rilievo-ILL .....	50
3.1.6	Analisi dei tratti omogenei individuati.....	51
3.1.6.1	Tratto 1: Campodenno – Via Salvez.....	54
3.1.6.2	Tratto 2: Campodenno – Via del Ciastel .....	56
3.1.6.3	Tratto 3: Quetta – Via Capitello.....	58
3.1.6.4	Tratto 4: Quetta – Strada Provinciale 55.....	60
3.1.6.5	Tratto 5: Termon – Via Provinciale .....	62
3.1.6.6	Tratto 6: Dercolo – Via Don Celestino Pezzi.....	64
3.1.6.7	Tratto 7: Cressino – Strada Provinciale 73.....	66
3.1.6.8	Tratto 8: Lover – Via Principale.....	68
3.1.6.9	Tratto 9: Segonzone – Via Lover .....	70

3.1.7	Considerazioni generali sullo stato degli apparecchi illuminanti .....	72
3.1.7.1	<i>Criticità nell'illuminazione stradale</i> .....	72
3.2	Proposte progettuali .....	74
3.2.1	Proposta d'intervento per tipologie .....	74
3.2.1.1	<i>Proposta per punti luce di tipologia stradale</i> .....	76
3.2.1.2	<i>Proposta per punti luce di tipologia da arredo urbano</i> .....	78
3.2.1.3	<i>Proposta per punti luce di tipologia tecnica</i> .....	80
3.2.2	Impianti di nuova realizzazione .....	82
3.2.3	Proposta di retrofit con lampade al sodio .....	82
4	Analisi dei risparmi ottenibili su scala comunale.....	85
4.1	Risparmi ottenibili dalla realizzazione delle proposte d'intervento .....	85
4.2	Risparmi conseguenti al retrofit delle lampade al mercurio .....	86
4.3	Nota al paragrafo 4.2.....	88
5	Aree omogenee di interesse .....	89
5.1	Verifica degli apparecchi illuminanti in aree omogenee di interesse.....	89
5.1.1	Campodenno – Campo sportivo via Salvez.....	89
5.1.2	Termon - Campo da tennis.....	92
5.1.3	Quetta - Chiesa di Sant'Egidio .....	94
6	Considerazioni sugli impianti di illuminazione privati .....	96
6.1.1.1	<i>Villette e abitazioni private</i> .....	96
6.1.2	Criticità nell'illuminazione privata .....	97
6.2	Proposte per gli impianti privati che presentano criticità evidenti .....	98
7	Normativa di riferimento .....	99
8	Allegati .....	100



## 1 Premesse

Il presente piano di intervento è stato redatto secondo la recente normativa provinciale in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso. Contiene un'analisi dello stato attuale con il rilievo dei corpi illuminanti presenti sul territorio comunale e dei relativi quadri elettrici, nonché alcune proposte di miglioramento per quanto riguarda l'efficienza dei punti luce e la riduzione dell'inquinamento luminoso.

Nella prima parte di questo capitolo vengono riassunti i punti salienti della legge provinciale che ha regolamentato il risparmio energetico e l'inquinamento luminoso in ambito illuminotecnico, mentre nella seconda viene presentata una breve rassegna delle tecnologie disponibili per l'illuminazione stradale.



*Fig.1 – Illuminazione nel centro storico di Campodenno*

### 1.1 La normativa vigente per la riduzione dell'inquinamento luminoso

Con l'approvazione della deliberazione della Giunta provinciale n. 3265 di data 30 dicembre 2009 e l'entrata in vigore del decreto del Presidente della Provincia del 20 gennaio 2010, n. 2-34/Leg. è stato definito il quadro normativo per l'attuazione della legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 (Risparmio energetico e inquinamento luminoso).

Sono infatti entrati in vigore sia il Regolamento di attuazione della legge, sia il Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dei consumi energetici e dell'inquinamento luminoso. Quest'ultimo contiene le linee guida tecniche per la redazione dei piani comunali di intervento e per la progettazione dei nuovi impianti di illuminazione esterna e degli interventi di adeguamento

degli impianti esistenti. Il presente “Piano di intervento per la riduzione dell’inquinamento luminoso comunale” (PRIC) viene redatto secondo le suddette linee guida e in conformità con la normativa vigente in Provincia di Trento.



*Fig.2 - Esempi di zone con presenza di elevato inquinamento luminoso*



*Fig.3 - Confronto tra la visione del cielo in assenza o presenza di significativo inquinamento luminoso*

Per inquinamento luminoso si intende ogni alterazione del livello di illuminazione naturale, e in particolare ogni forma di dispersione di luce artificiale al di fuori delle aree a cui essa è destinata, soprattutto se orientata al di sopra della linea dell'orizzonte.

La riduzione di tale forma di inquinamento può produrre benefici di tipo economico, limitando lo spreco di energia elettrica dovuto alla dispersione luminosa verso la volta celeste, ma anche ambientale, andando a salvaguardare l'alternanza del giorno e della notte, fondamentale per uomini e animali (la produzione della melatonina, l'ormone che regola il meccanismo sonno-veglia, viene bloccata già con bassissimi livelli di luce). Non va infine sottovalutato un aspetto di tipo culturale, legato alla possibilità di osservare e studiare gli astri e la volta celeste, spesso impedita dall'eccessivo livello di illuminamento verso l'alto.

La progettazione di ogni tipo di impianto d'illuminazione deve quindi essere frutto di un progetto illuminotecnico accurato, atto a minimizzare le potenze impegnate e ad ottimizzare il numero di punti luce, limitando al massimo la dispersione dei fasci luminosi verso l'alto e verso zone che non hanno bisogno di essere illuminate.

### **1.1.1 La legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16**

La Legge provinciale n. 16 del 3 ottobre 2007 contiene disposizioni per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso e dei consumi energetici dovuti agli impianti di illuminazione esterna. Gli obiettivi sono la salvaguardia del cielo notturno e stellato quale patrimonio di tutta la popolazione e il miglioramento dell'efficienza luminosa degli impianti, ivi compresi quelli di carattere pubblicitario. Vengono inoltre stabiliti dei criteri di progettazione e promosso lo sviluppo di azioni di formazione e sensibilizzazione in quest'ambito.

La Legge assegna alla Provincia un ruolo di coordinamento e stabilisce l'adozione di un piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso, entrato in vigore il 14 aprile 2010 e pubblicato come allegato della Legge n. 16 del 2007. Quest'ultimo contiene le linee guida per la predisposizione di piani comunali o sovra comunali per la progettazione e la realizzazione degli impianti di illuminazione esterna, nonché i criteri da seguire per il graduale adeguamento degli impianti esistenti a partire dai più inquinanti.

Le indicazioni contenute nel piano provinciale interesseranno gli impianti di illuminazione di qualsiasi tipologia (stradali, destinati all'arredo urbano, residenziali, etc.), e si basano sui seguenti principi:

- l'illuminazione stradale e di arredo urbano deve essere effettuata con fonti luminose rivolte verso il basso;
- i livelli di luminanza devono essere conformi all'indice previsto dalle norme vigenti in funzione della tipologia di strada;
- negli impianti di illuminazione pubblica esterna devono essere utilizzate lampade ad alta efficienza;

- l'illuminazione di strutture pubbliche o di interesse pubblico va limitata temporalmente e quantitativamente all'effettiva necessità;
- deve essere vietato l'utilizzo di fari o fasci luminosi, fissi o semoventi, rivolti verso l'alto, fatti salvi motivi di interesse pubblico o casi previsti dalle norme vigenti.

Ai comuni compete in particolare:

- l'adozione del piano comunale di intervento per la riduzione dell'inquinamento luminoso entro un anno dalla data di approvazione del piano provinciale (30 marzo 2010);
- l'adeguamento del regolamento edilizio, con particolare riguardo alle modalità di installazione degli impianti luminosi;
- la promozione di campagne di sensibilizzazione sull'inquinamento luminoso;
- il censimento dei siti e delle sorgenti di rilevante inquinamento luminoso;
- la vigilanza, tramite controlli periodici, sul rispetto delle misure stabilite per gli impianti di illuminazione esterna dalla legge provinciale e dal regolamento edilizio.

### 1.1.2 La classificazione degli apparecchi luminosi e le caratteristiche richieste

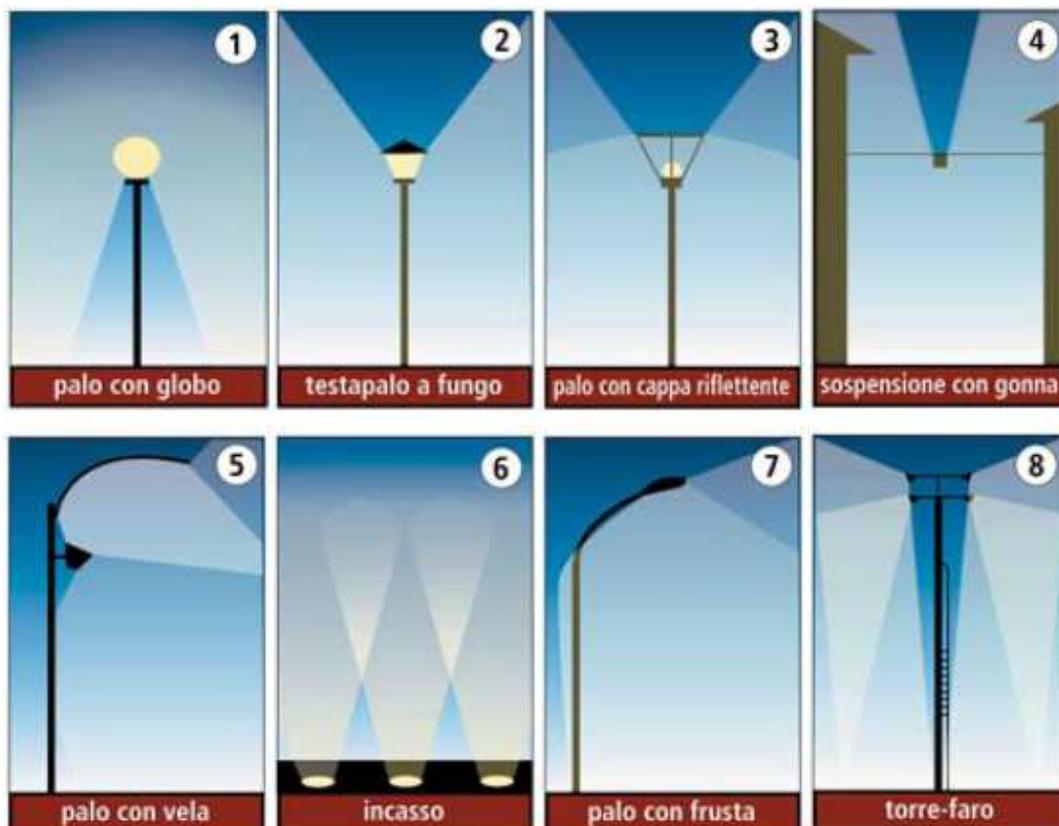
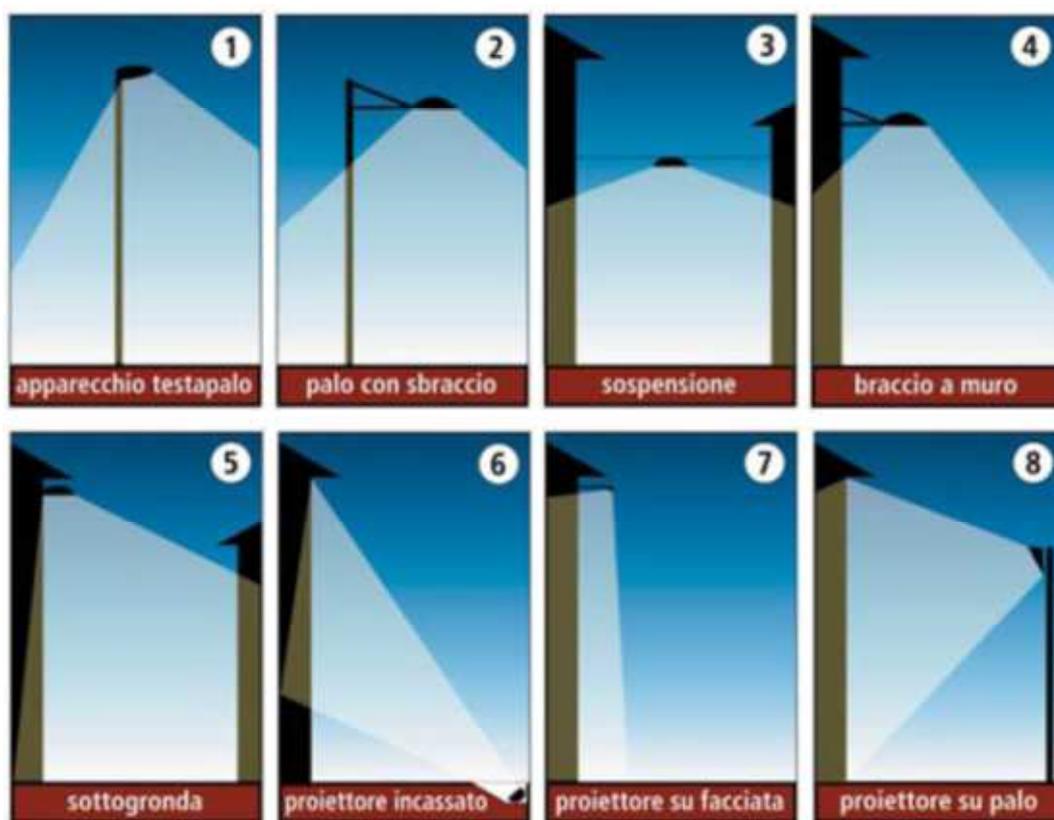


Fig.4 - Tipi di installazione non conformi alla L.P. 16/07. Alcune tipologie sono tollerate solo se il flusso luminoso sopra l'orizzonte non è superiore al 30% del totale e previa verifica dell'Allegato B del piano d'attuazione della Legge Provinciale



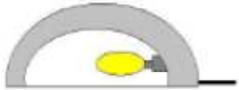
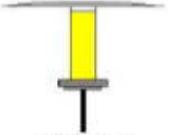
*Fig.5 - Tipi di installazione conformi alla L.P. 16/07 previa verifica mediante l'Allegato A – Soluzione conforme.  
I casi 6 - 8 sono ammessi solo per edifici storici e monumenti, mantenendo i fasci luminosi all'interno della sagoma da illuminare e con luminanze medie all'interno dei limiti di legge*

Gli apparecchi di illuminazione vengono suddivisi in 5 classi a seconda del flusso disperso sopra il piano dell'orizzonte (vedi tabella 1). Gli apparecchi di classe A sono sempre ammessi, previa verifica dell'efficienza luminosa, effettuata mediante l'Allegato A del piano d'attuazione della Legge Provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 – Soluzione conforme. Gli apparecchi di classe B sono invece ammessi solo previa verifica dell'efficienza luminosa e dell'indice di inquinamento, eseguita utilizzando l'Allegato B del piano stesso – Soluzione calcolata. Gli apparecchi di classe C e D (visibili nella tabella seguente) sono sconsigliati e utilizzabili solo in casi particolari, sempre previa verifica effettuata per mezzo dell'Allegato B. Infine, gli apparecchi di classe E, ovvero quelli che presentano un flusso luminoso sopra l'orizzonte superiore al 30% del totale, sono sempre vietati.

In generale, per quanto riguarda le caratteristiche delle fonti luminose per l'illuminazione stradale e l'arredo urbano, si precisa che:

- è preferibile presentino un'intensità luminosa al di sopra dell'orizzonte trascurabile (non superiore a 0,49 candele per 1.000 lumen)

- devono verificare i parametri presenti negli Allegati A e B della Legge Provinciale 16/07, ovvero l'indice di illuminazione disperso  $K_{ILL}$  e il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$ .
- devono garantire un livello minimo di luminanza media della carreggiata o del marciapiede che rispetti parametri di uniformità nella distribuzione della luce, (al fine di evitare l'alternarsi di zone eccessivamente illuminate e di zone buie)

<p>1. <u>Apparecchi di classe A</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa massima per angoli gamma maggiori o uguali a <math>90^\circ</math>, compresa tra 0,00 e 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso; tipicamente armature stradali con lampada recessa nel vano ottico superiore dell'apparecchio, proiettori asimmetrici.</p>	 <p>Classe A</p>
	<p>Apparecchi conformi e ammessi in ogni caso (Soluzione conforme – Allegato A)</p>
<p>2. <u>Apparecchi di classe B</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno una distribuzione dell'intensità luminosa per angoli gamma maggiori o uguali a <math>90^\circ</math>, maggiore di 0,49 candele per 1.000 lumen di flusso luminoso totale emesso e flusso luminoso disperso verso l'alto inferiore al 1%; tipicamente le armature stradali con vetro ricurvo e coppa prismatica.</p>	 <p>Classe B</p>
	<p>Apparecchi ammessi solo previa verifica di conformità (Soluzione calcolata – Allegato B)</p>
<p>3. <u>Apparecchi di classe C</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno per angoli gamma maggiori o uguali a <math>90^\circ</math> un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore dell' 1% e minore del 30%; tipicamente armature da arredo urbano con schermatura superiore, ottiche secondarie, frangiluce.</p>	 <p>Classe C</p>
	<p>Apparecchi sconsigliati ed ammessi solo in particolari casi previa verifica di conformità (Soluzione calcolata – Allegato B)</p>
<p>4. <u>Apparecchi di classe D</u>: comprendono tutti gli apparecchi destinati a produrre illuminazione d'accentuo o effetti localizzati decorativi (incassi da terra, proiettori, applique, ecc.).</p>	 <p>Classe D</p>
	<p>Apparecchi ammessi solo per gli impianti non soggetti di cui al punto VIII o per alcuni impianti particolari (numeri 1 e 2 del punto VI)</p>
<p>5. <u>Apparecchi di classe E</u>: comprendono tutti gli apparecchi che, nella loro posizione di installazione, hanno per angoli gamma maggiori o uguali a <math>90^\circ</math> un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore del 30%.</p>	 <p>Classe E</p> <p>Apparecchi vietati</p>

Tab. 1 – Classificazione degli apparecchi di illuminazione

### 1.1.3 Gli incentivi provinciali in materia di illuminazione pubblica

La delibera della Giunta provinciale n. 1371 di data 11 luglio 2013 riguardante gli incentivi per interventi di risparmio energetico e di produzione di energia da fonte rinnovabile, ha previsto contributi per interventi volti alla riduzione dell'inquinamento luminoso, al miglioramento dell'efficienza degli impianti nonchè alla redazione dei Piani di intervento per la riduzione dell'inquinamento luminoso comunale.

Attualmente è attivo il Bando 2013 di cui si riporta la scheda 3.15, relativa ai contributi per la redazione di piani regolatori dell'illuminazione comunale. Viene sovvenzionata, per un importo variabile tra il 60% ed il 70% della spesa massima ammessa, la redazione di piani di intervento per la riduzione dell'inquinamento luminoso, come previsti dalla stessa Legge Provinciale n. 16 del 2007, da parte delle amministrazioni comunali.

SCHEDA 3.15					
TIPOLOGIA/TECNOLOGIA: PIANI REGOLATORI DI ILLUMINAZIONE COMUNALI (PRIC)					
<p>Rientrano in questa tipologia gli studi relativi alla realizzazione dei Piani regolatori di illuminazione comunali o sovracomunali (di seguito PRIC) di cui alla legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16.</p> <p>I PRIC dovranno essere redatti tenendo conto delle prescrizioni della stessa l.p. n. 16/07, del relativo regolamento di attuazione (decreto del Presidente della provincia 20 gennaio 2010, n. 2-34/Leg.) e delle linee guida indicate nel Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso di cui all'articolo 4 della l.p. n. 16/07. In particolare, si ricorda che i PRIC devono comprendere gli impianti di illuminazione esterna sia pubblici che privati, inclusi quelli di illuminazione di impianti ed attività sportive all'aperto, di edifici storici e monumenti, nonchè le insegne luminose con superficie illuminata superiore a 10 m<sup>2</sup>.</p> <p>La percentuale di contributo è stabilita nella misura dell'70% della spesa ammissibile nel caso di istanze presentate dalle Comunità di cui di cui al capo V della legge provinciale 16 giugno 2006, n. 3, da Enti Locali aggregati o da singoli Enti Locali con popolazione superiore a 10.000 abitanti; negli altri casi la percentuale di contributo è pari al 60% della spesa ammissibile.</p>					
	SOGGETTI BENEFICIARI	PRIVATI	IMPRESE		ENTI PUBBLICI
1	AMMISSIBILITA'	NO	NO		SI
2	PERCENTUALE	-	Piccole Imprese	Medie Imprese	-
			-	-	
4	SPESA MINIMA AMMISSIBILE	-	-		€ 5.000,00
<p><i>Tutti gli importi indicati nella scheda si intendono al netto di I.V.A. Per i soggetti che non possono detrarre l'I.V.A. gli importi della scheda vanno incrementati del corrispondente valore dell'imposta.</i></p>					
		SEMPLIFICATA		VALUTATIVA	
PROCEDURE APPLICABILI		SI		SI	

SPESA MASSIMA	
La spesa ammissibile è calcolata con riferimento ai punti luce (PL) stimati in fase di concessione e rilevati in fase di erogazione del contributo. Per punto luce (PL) si intende il singolo corpo illuminante (su un singolo sostegno o palo possono essere installati più punti luce)	
$PL < 167$	PRIC non ammissibile – spesa inferiore al minimo
$167 \leq PL \leq 250$	30 €/PL x P
$250 < PL \leq 500$	€ 7.500,00 + 24 €/PL x P1
$500 < PL \leq 1000$	€ 13.500,00 + 21 €/PL x P2
$1000 < PL \leq 2000$	€ 24.000,00 + 18 €/PL x P3
$2000 < PL \leq 5.000$	€ 42.000,00 + 15 €/PL x P4
$>5000 PL$	€ 87.000,00 + 12 €/PL x P5

N.B.:	P: punti luce fino a 250 PL compresi. P1: punti luce per la parte eccedente i 250 PL fino a 500 PL compresi. P2: punti luce per la parte eccedente i 500 PL fino a 1000 PL compresi. P3: punti luce per la parte eccedente i 1000 PL fino a 2000 PL compresi. P4: punti luce per la parte eccedente i 2000 PL fino a 5000 PL compresi. P5: punti luce per la parte eccedente i 5000 PL.
Esempio. Punti luce rilevati n. 515:	
Spesa massima ammessa = € 13.500 + 21€/ PL *(515 – 500) PL = € 13.815	

**Documentazione specifica richiesta per gli interventi di cui alla presente scheda:**

- copia, su supporto informatico, del PRIC completo approvato dall'Ente locale interessato e copia semplice dell'elaborato di sintesi del PRIC redatto in modo conforme a quanto stabilito dal Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso di cui all'art. 4 della legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 approvato con deliberazione della Giunta provinciale n. 3265 di data 30 dicembre 2009 (da allegare alla richiesta della liquidazione).
- (da allegare alla richiesta della liquidazione) copia della deliberazione con la quale l'Ente locale ha approvato il PRIC (in sostituzione della documentazione di cui alla del. G.P. 2839/2004).

**Procedura semplificata:** adempimenti, ulteriore documentazione e modalità operative: vedi punti 7.1.2, 7.2.1 e 8.1 dei criteri di applicazione dell'art. 14 della legge provinciale sull'energia.

**Procedura valutativa:** adempimenti, ulteriore documentazione e modalità operative: vedi punti da 7.1.3, 7.2.2 e 8.2 dei criteri di applicazione dell'art. 14 della legge provinciale sull'energia.

Tab. 2 - Scheda tecnica relativa ai contributi provinciali previsti per la redazione di piani comunali o sovra comunali d'intervento nel 2013.

## 1.2 L'illuminazione stradale

Esiste un'ampia varietà di lampade utilizzate per l'illuminazione stradale, più o meno performanti in termini di efficienza e qualità. I parametri normalmente utilizzati per valutare una sorgente luminosa sono il flusso luminoso, l'efficienza luminosa e l'indice di resa cromatica.

- Il *flusso luminoso* è una misura della potenza emessa da una sorgente luminosa nello spettro di sensibilità dell'occhio umano (si misura in lumen).
- L'*efficienza luminosa* corrisponde al flusso luminoso irradiato in funzione della potenza elettrica assorbita (si misura in lumen/watt). Una lampada con una buona efficienza luminosa assorbe meno energia a parità di flusso luminoso emesso.
- L'*indice di resa cromatica* (Ra) esprime infine la fedeltà nella restituzione delle sfumature e delle tonalità di colore di una sorgente luminosa. Tale indice può assumere valori compresi in una scala tra 0 (indice di resa nullo, tipico di una luce monocromatica) e 100 (indice di resa massimo tipico di una lampada a incandescenza). Per fare alcuni esempi l'indice di resa cromatica delle lampade al sodio è pari a 25, quello delle lampade al mercurio è di 50 e quello delle lampade a ioduri metallici è superiore a 80.

### 1.2.1 Tipologie di lampade per l'illuminazione stradale

Di seguito vengono presentate le principali tipologie di lampade impiegate per l'illuminazione stradale.

#### 1.2.1.1 Lampade a scarica ai vapori di mercurio

Comparse negli anni '60, presentano una discreta efficienza luminosa (circa 50 lumen/watt) e un indice di resa cromatica attorno a 50. Determinano problemi di smaltimento a fine vita data la tossicità del mercurio in esse contenuto; per questo motivo stanno via via scomparendo dal mercato.

#### 1.2.1.2 Lampade ai vapori di sodio a bassa pressione

La luce emessa è monocromatica gialla, una tonalità a cui l'occhio umano è particolarmente sensibile, che permette quindi di ottenere un'efficienza luminosa molto elevata pur con un indice di resa cromatica prossimo allo zero.

#### 1.2.1.3 Lampade ai vapori di sodio ad alta pressione

Commercializzate a partire dagli anni '70, presentano un'elevata efficienza luminosa, una buona durata (c.a. 24.000 ore), ma bassi indici di resa cromatica (25 - 30).

#### 1.2.1.4 Lampade agli ioduri metallici

Nonostante la durata inferiore rispetto alle lampade al sodio (c.a. 16.000 ore), presentano un elevato indice di resa cromatica (compreso tra 80 e 90) ed un'ottima efficienza luminosa (80 - 90 lm/watt).

### 1.2.1.5 Lampade a LED

Rappresentano la nuova frontiera nel campo dell'illuminazione, essendo una tecnologia in continuo sviluppo e con ancora elevati margini di miglioramento. I LED sono uno speciale tipo di diodi, formati da un sottile strato di materiale semiconduttore. Negli ultimi anni la tecnologia dei LED ha fatto significativi passi avanti al punto che essa oggi può essere utilizzata in numerose applicazioni per sostituire le lampade a scarica o a incandescenza.

Questi i principali vantaggi dei LED:

- efficienza luminosa superiore, a parità di prestazioni illuminotecniche rispetto, alle sorgenti tradizionali, grazie all'uso di potenze minori e ad una riduzione dei punti luce installati;
- alta resa cromatica (Ra di 75 - 80) e luce bianca. Questo fattore garantisce un elevato comfort visivo per l'occhio umano e una visione nitida e uniforme in diversi contesti ambientali;
- durata di vita mediamente superiore alle 100.000 ore. L'elemento che emette il flusso luminoso è infatti un solido (non quindi un filamento o un gas) e i LED funzionano ad una temperatura di esercizio bassa, garantita da particolari sistemi di dissipazione del calore che permettono ai diodi di essere alimentati con correnti ad amperaggio maggiore e quindi di fornire maggiori emissioni luminose.



Fig. 6 – Illuminazione stradale a LED nei pressi di Zambana (TN)

I costi di questa tipologia di lampade sono attualmente superiori rispetto a quelli delle lampade a scarica, anche a causa della necessità di sostituire l'intero corpo illuminante nel caso di intervento su tratti esistenti. Per questo motivo la loro diffusione è ancora limitata, seppur in continuo aumento. La realizzazione di un impianto a LED in tratti particolarmente visibili e significativi del territorio comunale può comunque avere un'importante valenza dimostrativa accanto agli effettivi benefici economici, garantiti dai consumi ridotti e dalla ridottissima manutenzione.



Fig. 7 - I singoli LED sono montati con orientamenti differenti all'interno dell'ottica, così da ottenere un'illuminazione omogenea sul piano stradale.

### 1.2.2 Confronto fra le diverse tipologie

La tabella 3 riassume e confronta in forma semplificata i parametri caratteristici delle tipologie di lampade appena descritte.

PARAMETRO	LAMPADA			
	VAPORI MERCURIO	VAPORI SODIO	IODURI METALLICI	LED
Efficienza luminosa	★	★★★★★	★★★★	★★★★★
Flusso luminoso	★	★★★★★	★★★★	★★★★★
Tonalità	Bianco freddo	Giallo - Arancione	Bianco caldo	Tutte
Indice di Resa Cromatica	★★★	★	★★★★★	★★★★★
Durata	★	★★★★	★★	★★★★★
Costo	★★★★★	★★★★★	★★★★	★

Tab. 3 - Caratteristiche delle lampade utilizzate per l'illuminazione stradale a confronto

Per individuare la tipologia di lampada che meglio si adatta a ciascuna situazione è comunque essenziale un adeguato studio illuminotecnico, che verifichi il rispetto dei requisiti minimi richiesti in funzione della tipologia di strada illuminata, o il raggiungimento di risultati specifici da un punto di vista estetico a seconda dell'importanza del luogo.

### 1.2.3 Regolatori di flusso luminoso

Un sistema in grado di ridurre ulteriormente i consumi energetici degli impianti di illuminazione e di permettere il rispetto del parametro  $\eta$  (coefficiente di efficienza energetica) previsto dalla normativa provinciale, consiste nella regolazione del flusso luminoso delle lampade.

La regolazione avviene attraverso l'inserimento nel quadro elettrico, a monte dei corpi illuminanti, di apparecchi in grado di abbassare la tensione di alimentazione, consentendo di ridurre il flusso luminoso di gruppi di lampade secondo cicli programmabili. Modulando la potenza delle lampade si può inoltre mantenere un flusso luminoso costante nel tempo bilanciando il decadimento luminoso (funzionalità particolarmente utile per le lampade a ioduri metallici).

L'applicazione di un regolatore consente di ridurre e attenuare il flusso luminoso durante le ore notturne almeno nelle aree con minore traffico veicolare, riducendo così l'assorbimento di energia. Vengono inoltre abbattuti i costi di manutenzione grazie ad un aumento della durata di vita delle lampade: la stabilizzazione della tensione attuata dal regolatore evita infatti lo stress dovuto alle sovratensioni, mentre la riduzione della tensione quando il regolatore funziona a regime parzializzato determina un surriscaldamento minore dei corpi illuminanti.

Per poter applicare apparecchi per il controllo del flusso luminoso è necessario che siano state sostituite le lampade ai vapori di mercurio con lampade ai vapori di sodio o agli ioduri metallici e che tutti gli ausiliari, vengano sostituiti da nuovi ausiliari dotati di reattore elettronico.

In alternativa, sono inoltre reperibili in commercio degli accenditori elettronici, da installare su ogni punto luce a sostituzione dell'apparecchiatura elettromagnetica esistente, che incorporano al loro interno un riduttore di flusso operante secondo le modalità sopra descritte; analogamente i singoli corpi illuminanti di nuova realizzazione vengono spesso forniti di regolatore di flusso già incorporato. Tra i vari quadri analizzati, quelli di Dercolo, Quetta, Lover ed il nuovo quadro di prossima installazione a Segonzone sono risultati essere dotati di regolatore di flusso.

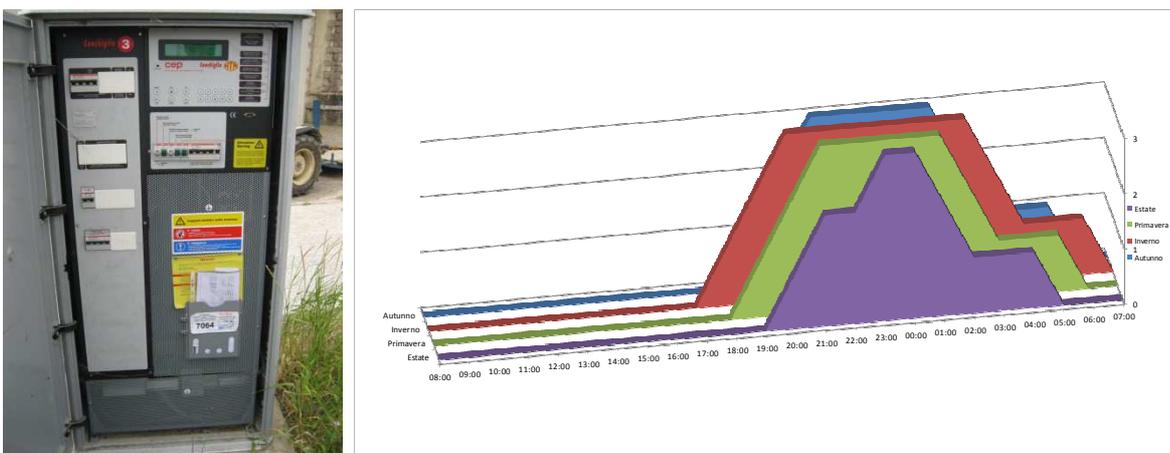


Fig. 8 - Esempio di strumentazione che consente di ottenere la riduzione del flusso luminoso e profilo di assorbimento dell'energia elettrica con riduttore di flusso, variabile in funzione degli orari e delle stagioni.

## 2 Verifica dei consumi legati all'illuminazione pubblica

Come primo passo per l'analisi dello stato attuale è stata effettuata la verifica dei consumi di energia elettrica. I quadri a servizio dei tratti illuminati sono collegati a 13 contatori, dei quali l'ufficio contabile del Comune ha fornito alcune delle ultime bollette; l'ente distributore ha inoltre messo a disposizione, in forma aggregata, i dati di consumo e spesa relativi al triennio 2010-2012. Le quote di energia prelevate nei vari punti di consegna sono state raggruppate su base annua per analizzare il consumo totale legato all'illuminazione pubblica; si è inoltre calcolata la spesa complessiva e conseguentemente il prezzo medio pagato (comprensivo di IVA) per il chilowattora elettrico (tabella 4).

Riepilogo consumi illuminazione pubblica			
Anno contabile	Consumo [kWh]	Spesa	Prezzo unitario [€/kWh]
2010	188.782	€ 28.007	0,148
2011	200.482	€ 35.667	0,178
2012	204.719	€ 45.041	0,220
media	197.994	€ 36.238	0,182

Tab. 4 – Riepilogo dei consumi e dei costi energetici legati all'illuminazione pubblica per il triennio 2010-2012

Nel triennio 2010-2012 il consumo complessivo si è attestato a circa 200.000 kWh, per una spesa annua di circa 36.000 €. Nel grafico a pagina seguente viene riportata la suddivisione dei consumi sui vari quadri analizzati.

La media dei consumi negli ultimi tre anni è stata inoltre utilizzata per poter stimare i benefici ottenibili a seguito dell'esecuzione degli interventi di ammodernamento che saranno proposti in conclusione al presente piano d'intervento. Per fare ciò è stata calcolata la potenza assorbita dalla rete di illuminazione. Nel calcolo sono stati considerati i seguenti fattori:

- somma delle potenze assorbite dalle lampade su ciascun tratto;
- potenza assorbita dagli ausiliari (reattori, accenditori e condensatori);
- perdite di rete, stimate pari al 5% della potenza assorbita;
- potenza assorbita dalle luminarie natalizie collegate ad alcuni lampioni, stimata pari a 2,5 kW per la durata di un mese.

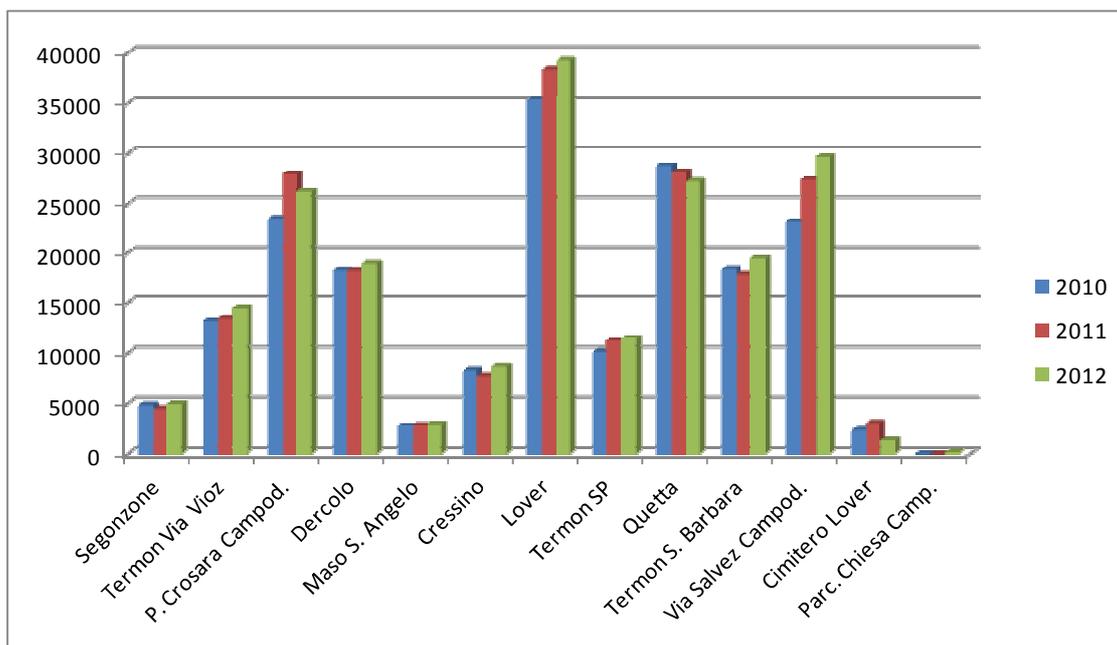


Grafico 1 – Suddivisione dei consumi elettrici nel triennio analizzato all'interno dei 6 quadri

Per il calcolo delle ore di accensione di ciascun tratto si è tenuto conto della presenza di sensori crepuscolari che determinano l'accensione delle lampade al calare della luce naturale. È stata considerata inoltre la presenza di orologi su alcuni quadri che fanno spegnere un lampione ogni due dopo la mezzanotte e la presenza di regolatori di flusso luminoso (per i quadri di Dercolo, Lover, Quetta e Segonzone, su quest'ultimo sarà presente a breve) che modulano l'energia assorbita in funzione di profili predeterminati; per questi si è assunta una riduzione dell'energia assorbita dal 100% al 70%.

Nella tabella seguente sono riportate potenza installata ed energia assorbita da ciascun quadro destinato all'illuminazione pubblica, con l'energia consumata complessivamente dall'impianto di illuminazione comunale, calcolata grazie al modello realizzato con le ipotesi appena descritte.

Identificativo quadro	Modalità funzionamento	Ore di accensione annue	Potenza installata + perdite (Watt)	Energia assorbita (kWh)
Q00 - Termon Via S. Barbara	TN/MN	2 999	3 504,9	10 511
Q01- Termon Via Vioz	TN/MN	2 999	3 785,3	11 352
Q02- Termon Via Provinciale	TN/MN	2 999	5 297,3	15 887
Q03- Quetta	regolatore	2 885	10 088,4	29 100
Q04 - Lover	regolatore	2 885	7 318,5	21 110
Q05 - Campodenno Salvez	TN/MN	2 999	10 715,3	32 135
Q06 - Campodenno Piazza Crosara	TN/MN	2 999	7 798,4	23 388
Q07 - Campodenno Chiesa	continuato	4 121	1 777,7	7 325
Q08 - Dercolo	regolatore	2 885	7 024,5	20 262
Q09 - Maso S. Angelo	TN/MN	2 999	1 513,1	4 538
Q10- Cressino	TN/MN	2 999	4 070,9	12 209
Q11 - Segonzone	regolatore	2 885	2 562,0	7 390
Q12- Cimitero Lover	continuato	4 121	562,8	2 319
<b>Totale stimato</b>				<b>197 526,23</b>
<b>Totale stimato con luci natalizie</b>				<b>198 180,72</b>
<b>Consumi reali (media 2010/2012)</b>				<b>197 994,33</b>

Tab. 5 – Stima dell'energia assorbita complessivamente dall'impianto di illuminazione comunale, calcolata grazie al modello realizzato a partire dai consumi reali e dalle potenze assorbite dalle lampade

### 3 L'illuminazione stradale

La prima fase necessaria alla stesura del piano d'intervento ha riguardato l'analisi dello stato attuale degli impianti. L'attenzione è stata concentrata in particolare sull'illuminazione pubblica stradale, ma sono stati considerati anche gli impianti di illuminazione esterna, al fine di individuare eventuali situazioni critiche.

#### 3.1 Analisi dello stato di fatto

È stata effettuata anzitutto un'analisi dello stato attuale degli impianti. Partendo dal materiale cartografico messo a disposizione dall'amministrazione è stato effettuato un censimento dei punti luce presenti sul territorio comunale mediante una serie di sopralluoghi, durante i quali sono state anche effettuate le misure strumentali ai quadri, necessarie per verificare il rispetto dei parametri normativi.

##### 3.1.1 Verifica dello stato degli impianti elettrici

Il rilievo sulla rete di illuminazione stradale del Comune di Campodenno ha consentito di individuare tredici punti di consegna dell'energia elettrica per la pubblica illuminazione, ognuno dei quali alimenta un quadro elettrico per il controllo funzionale dell'impianto. Per la collocazione dei quadri elettrici e delle aree da essi servite si rimanda agli allegati, nello specifico alla "Tavola n. 1 - Tavola dislocazione quadri".

Gli impianti risultano essere nella maggior parte dei casi di categoria 1, poiché alimentati dalla rete pubblica in Bassa Tensione mediante forniture monofase a 230 V e trifase a 380 V, con frequenza pari a 50 Hz e masse dell'installazione collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema di alimentazione (sistema TT). I quadri di più recente installazione invece, presentando un doppio isolamento di tutte le parti attive (Classe II), non necessitano dell'impianto di messa a terra.

Le linee sono state realizzate in anni diversi e, poiché non è stato possibile reperire una sufficiente documentazione progettuale utile alle verifiche, si è proceduto per quanto possibile ad un controllo generale dei requisiti minimi di sicurezza e qualità del servizio che gli impianti devono garantire per la salvaguardia di persone e beni; ciò è stato fatto mediante l'esecuzione di misure strumentali sulla componentistica di sicurezza installata nei quadri elettrici e misure nei vari punti della rete per determinare lo stato di conservazione delle linee.

Vengono presentati di seguito i risultati degli accertamenti sullo stato degli impianti così come rilevato nei sopralluoghi di verifica eseguiti in data 24 e 25 Luglio 2013, con l'indicazione in forma sintetica di caratteristiche e criticità di ciascun quadro elettrico.

### 3.1.1.1 Q00 - Via Santa Barbara - Termon

Il quadro, situato in via Santa Barbara, nell'abitato di Termon, è installato lungo la muratura perimetrale di una cabina di trasformazione dell'energia elettrica. L'armadio è costituito in materiale plastico e garantisce alla componentistica presente adeguata protezione dagli agenti atmosferici.

La fornitura di energia avviene in trifase per una potenza contrattuale di 15,0 kW, che a fronte della potenza installata sulla rete appare abbondantemente eccessiva; si consiglia quindi di valutare la possibilità di una riduzione della potenza contrattuale in modo da poter ottenere una conseguente diminuzione dei costi fissi in bolletta.

Un interruttore differenziale ed uno magnetotermico, adeguatamente dimensionati, garantiscono il sicuro esercizio delle linee; la tipologia di interruttore differenziale non consente però la presenza di prese all'interno dell'impianto servito. Il tempo di intervento dei differenziali è stato verificato con apposite prove strumentali ed è risultato conforme alla normativa. Un orologio ed un sensore crepuscolare gestiscono l'alimentazione delle lampade, in base all'illuminamento rilevato ed agli orari impostati; l'orologio inoltre comanda il funzionamento dell'impianto in tutta notte / mezza notte, spegnendo una lampada ogni due allo scattare della mezzanotte.

Nella tabella seguente vengono riportati i dati risultanti dal sopralluogo e delle misure effettuate sul quadro. L'isolamento dei conduttori non risulta essere causa di problemi date le adeguate resistenze di isolamento tra i conduttori, così come l'impianto di terra che, con una resistenza di 1  $\Omega$ , garantisce la sicurezza di dell'impianto. È stata inoltre misurata la caduta di tensione lungo la linea più lunga servita; la tensione misurata al punto di consegna, con impianto in funzione, è risultata pari a 230 V, quella sul punto luce più distante (374 m) a 224 V. La caduta di tensione, pari al 2,6%, non supera quindi il 5% di scostamento massimo consigliato dalla norma CEI 64.8.



Fig. 9 – Il quadro presente per il tratto in Via santa Barbara, Termon.

Q00 - Via S. Barbara - Termon			
Potenza contrattuale [kW]	15,0		
Fornitura	trifase		
Codice POD	IT221E00601083		
Potenza installata sulle linee [kW]	3,48		!
	Potenza contrattuale eccessiva		
Dispositivi di regolazione	Orologio		✓
	Crepuscolare		✓
	Tutta Notte / Mezza notte		✓
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 16		✓
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$		!
Tempo di intervento differenziale	$I_{\Delta n} \times 1$	29 ms	✓
	$I_{\Delta n} \times 5$	15 ms	✓
Tensione punto di consegna	230 V		✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	329	✓
	Distanza da quadro	374 m	
	Tensione rilevata	224 V	
	Caduta in percentuale	2,6%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	$\infty \ \Omega$	✓
Impianto di terra	Resistenza misurata	1 $\Omega$	✓

Tab. 6 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro di via Uscl

### 3.1.1.2 Q01 - Via Vioz - Termon

Il quadro elettrico, realizzato in vetroresina, è posizionato su apposito sostegno in prossimità dell'incrocio tra via Vioz e via Castel la Santa. Per la fornitura di energia elettrica è stato stipulato un contratto che prevede la consegna di una potenza di 6,0 kW in monofase, scelta adeguata data la potenza installata nell'impianto.

Il controllo di accensione e spegnimento è affidato ad un sensore crepuscolare coadiuvato da un orologio, che agiscono in base alla luce rilevata ed all'ora del giorno; questi inoltre provvedono al distacco dell'alimentazione di una lampada ogni due allo scattare della mezzanotte.

La protezione dai contatti è assicurata da un interruttore differenziale che apre il circuito quando la corrente di dispersione supera i 30 mA, mentre la protezione dalle sovracorrenti è fornita da un interruttore magnetotermico con curva di interruzione di C25.

Le misure effettuate hanno permesso di verificare il rispetto di tutte le norme di sicurezza vigenti. La caduta di tensione, indice di qualità ed efficienza dell'impianto, è risultata rispettare il limite prescritto dalla normativa in materia (5%), attestandosi attorno ai 6 V, corrispondenti a poco meno del 3 %. Il valore della resistenza di terra (6  $\Omega$ ) risulta inferiore ai 1667  $\Omega$  posti come limite in

modo da mantenere la tensione di contatto al di sotto dei 50 V; l'intervento degli interruttori differenziali è tempestivo e garantisce le condizioni di sicurezza necessarie.



Fig. 10 – Il quadro installato in Via Vioz

Q01 - Via Vioz - Termon			
Potenza contrattuale [kW]	6,0		
Fornitura	monofase		
Codice POD	IT221E00600948		
Potenza installata sulle linee [kW]	3,85		✓
	Potenza contrattuale adeguata		
Dispositivi di regolazione	Orologio		✓
	Crepuscolare		✓
	Tutta Notte / Mezza notte		✓
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 25		✓
	Dispersione e contatti Corrente differenziale I $\Delta$ n = 30 mA		✓
Tempo di intervento differenziale	I $\Delta$ n x 1	20 ms	✓
	I $\Delta$ n x 5	15 ms	✓
Tensione punto di consegna	226 V		✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	417	✓
	Distanza da quadro	315 m	
	Tensione rilevata	220 V	
	Caduta in percentuale	2,7%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	$\infty$ $\Omega$	✓
Impianto di terra	Resistenza misurata	6 $\Omega$	✓

Tab. 7 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro in Via Vioz.

### 3.1.1.3 Q02 - Via Provinciale - Termon

Il quadro in questione è situato lungo il ciglio a valle della Strada Provinciale 67, in corrispondenza dell'incrocio con via Pontara. L'armadio è realizzato in vetroresina e la componentistica del quadro elettrico garantisce nell'insieme adeguata protezione dei conduttori sia dai contatti diretti che dagli agenti atmosferici. La potenza della fornitura trifase, stipulata a contratto, è di 6,0 kW, valore adeguato rispetto agli assorbimenti delle linee collegate al quadro.

Accensioni e spegnimenti sono affidati al controllo di un sensore crepuscolare ed un orologio che, passata la mezzanotte, provvede allo spegnimento di un punto luce ogni due; sono presenti gli interruttori differenziali e magnetotermico a protezione da contatti e sovracorrenti, con caratteristiche adeguate alla tipologia di installazione. Gli interruttori differenziali hanno superato le prove di funzionamento, intervenendo entro i tempi stabiliti dalla normativa in presenza di correnti di dispersione.

Q02 - Via Provinciale - Termon			
Potenza contrattuale [kW]	6,0		
Fornitura	trifase		
Codice POD	IT221E00601054		
Potenza installata sulle linee [kW]	5,26		✓
	Potenza contrattuale adeguata		
Dispositivi di regolazione	Orologio		✓
	Crepuscolare		✓
	Tutta Notte / Mezza notte		✓
	Regolatore di flusso		✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti		✓
	Curva di Interruzione C 16		
Dispositivi di protezione	Dispersione e contatti		✓
	Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$		
Tempo di intervento differenziale	$I_{\Delta n} \times 1$	19 ms	✓
	$I_{\Delta n} \times 5$	16 ms	✓
Tensione punto di consegna	233 V		✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	429	✗
	Distanza da quadro	308 m	
	Tensione rilevata	221 V	
	Caduta in percentuale	5,2%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	$\infty \text{ } \Omega$	✓
Impianto di terra	Resistenza misurata	1,7 $\Omega$	✓

Tab. 8 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro in Via Provinciale

La caduta di tensione nel punto più sfavorito, distante circa 300 m, si attesta attorno ai 12 V, corrispondenti a poco più del 5 %; tale valore supera, seppur di poco, il limite posto dalla CEI 64-8 per impianti di questa tipologia. Sarebbe quindi consigliabile prendere provvedimenti per ridurre la caduta di tensione, in modo da garantire maggiore efficienza e qualità del servizio fornito.

L'isolamento dei conduttori è risultato essere non compromesso garantendo un'elevata resistenza tra le varie fasi, il conduttore di neutro e la terra. La resistenza dell'impianto di terra, misurata al quadro, ha dato valori ben al di sotto dei limiti previsti, garantendo quindi favorevoli condizioni per la sicurezza dell'impianto anche in caso di guasto.



Fig. 11 – Il quadro montato in Via Provinciale

#### 3.1.1.4 Q03 - Piazza Ruffini - Quetta

Il quadro elettrico a servizio dell'impianto di illuminazione pubblica dell'abitato di Quetta è situato, all'interno di un armadio in struttura plastica, all'interno di uno spazio destinato verde pubblico nell'estremità settentrionale di Piazza Cardinal Ruffini. L'accesso alla componentistica è ostacolato dalla presenza di cespugli che non consentono un'adeguata apertura dell'armadio stesso. Le caratteristiche dell'armadio e della componentistica offrono sufficiente protezione da agenti atmosferici e contatti diretti.

Il contratto di fornitura, trifase, prevede una potenza contrattuale di 10,0 kW, leggermente inferiore a quanto viene richiesto dai carichi connessi all'impianto. Si consiglia quindi la revisione delle condizioni contrattuali per adeguare la potenza fornita a quella richiesta.



Fig. 12 – Il quadro installato in loc. Quetta

Q03 - Piazza Ruffini - Quetta			
Potenza contrattuale [kW]	10,0		
Fornitura	trifase		
Codice POD	IT221E00601066		
Potenza installata sulle linee [kW]	10,05	✗	
	Potenza contrattuale insufficiente		
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓	
	Crepuscolare	✓	
	Tutta Notte / Mezza notte	✓	
	Regolatore di flusso	✓	
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 16	✓	
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$	✓	
Tensione punto di consegna	236 V	✓	
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	248	✗
	Distanza da quadro	439 m	
	Tensione rilevata	221 V	
	Caduta in percentuale	6,2%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	$\infty \ \Omega$	✓
Impianto di terra	Resistenza misurata	3 $\Omega$	✓

Tab. 9 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro a Quetta

Un sistema combinato di orologio, sensore crepuscolare e sistema di controllo regola accensioni, spegnimenti ed attenuazioni dei corpi illuminanti presenti all'interno del paese, sulla base delle condizioni ambientali e dell'orario. Ciascun corpo illuminante è dotato di proprio riduttore di flusso che, sulla base delle istruzioni ricevute dal sistema di controllo, provvede all'impostazione del flusso emesso dalle lampade. Il sicuro esercizio delle linee è garantito da un idoneo interruttore magnetotermico a riarmo.

Le prove di isolamento dei conduttori hanno fatto registrare ottimi risultati, indicando in tutti i casi resistenze superiori ai 999 MΩ. La tensione al punto di consegna è stata misurata pari a 236 V, mentre nel punto più distante servito, a circa 440 metri, essa è risultata essere pari a 221 V; la caduta di tensione, pari a 15 V, corrisponde a poco più del 6% della tensione di fornitura ed è quindi superiore al limite normativo.

### 3.1.1.5 Q04 - Parco giochi - Lover

Il quadro a servizio dell'impianto di illuminazione pubblica di Lover, è situato all'interno del parco giochi che affaccia su Piazza San Giorgio.

La fornitura monofase prevede una potenza contrattuale di 15,0 kW, che risulta essere eccessiva rispetto alle necessità dell'impianto, che richiede poco più della metà di tale potenza; si suggerisce di procedere alla revisione delle condizioni contrattuali in modo da adeguare la fornitura alle effettive necessità.



Fig. 13 – Il quadro installato nel parco giochi di Lover

Un orologio ed un sensore crepuscolare provvedono a fornire al riduttore di tensione installato le informazioni necessarie al controllo dell'impianto, sia per quanto riguarda accensioni e spegnimenti che per le attenuazioni.

I dispositivi di sicurezza, interruttori magnetotermici e differenziali, risultano installati ma quest'ultimo ha una sensibilità che non è adatta alla tipologia di installazione.

Q04 - Parco Giochi - Lover			
Potenza contrattuale [kW]	15,0		
Fornitura	trifase		
Codice POD	IT221E00601047		
Potenza installata sulle linee [kW]	7,28	!	
	Potenza contrattuale eccessiva		
Dispositivi di regolazione	Orologio	✓	
	Crepuscolare	✓	
	Tutta Notte / Mezza notte	✗	
	Regolatore di flusso	✓	
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 10	✓	
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 500 \text{ mA}$	!	
Tensione punto di consegna	239 V	✓	
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	153	✗
	Distanza da quadro	387 m	
	Tensione rilevata	217 V	
	Caduta in percentuale	9,2%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	0,2 $\Omega$	✗
Impianto di terra	Resistenza misurata	11 $\Omega$	✓
Note	Sono stati riscontrati problemi riguardanti la resistenza di isolamento dei conduttori; una delle linee è risultata sezionata per questo motivo		

Tab. 10 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro a Lover

La caduta di tensione nel punto più sfavorito, distante circa 400 metri, misurata con impianto in funzionamento stabile, è risultata essere al di sopra di quanto previsto dalla norma CEI 64.8, attestandosi poco al di sopra del 9 %; la resistenza dell'impianto di terra risulta invece rientrare nei parametri normativi.

La misura della resistenza di isolamento dei conduttori ha evidenziato la presenza di difetti nell'isolamento delle parti attive a cui deve essere tempestivamente messo rimedio.

### 3.1.1.6 Q05 - Via Salvez - Campodenno

Il quadro numero 05 e l'impianto da questo servito sono situati nella parte più a monte dell'abitato di Campodenno; il quadro elettrico è installato nel tratto iniziale di via Salvez, in apposito armadio plastico, a lato della carreggiata; questa posizione non consente di accedere in sicurezza alle apparecchiature elettriche in quanto costringe l'operatore a sostare all'interno della carreggiata, in posizione pericolosa.

Q05 - Via Salvez			
Potenza contrattuale [kW]	15,0		
Fornitura	trifase		
Codice POD	IT221E00601100		
Potenza installata sulle linee [kW]	10,64		✓
	Potenza contrattuale adeguata		
Dispositivi di regolazione	Orologio		✓
	Crepuscolare		✓
	Tutta Notte / Mezza notte		✓
	Regolatore di flusso		✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 16		✓
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$		!
Tempo di intervento differenziale	$I_{\Delta n} \times 1$	29 ms	✓
	$I_{\Delta n} \times 5$	16 ms	✓
Tensione punto di consegna	229 V		✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	679	✗
	Distanza da quadro	493 m	
	Tensione rilevata	215 V	
	Caduta in percentuale	6,1%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	$\infty \ \Omega$	✓
Impianto di terra	Resistenza misurata	10 $\Omega$	✓
Note	L'interruttore differenziale è ad esclusivo servizio degli ausiliari e non delle linee di illuminazione, che non presentano questo tipo di protezione		

Tab. 11 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro a servizio di Campodenno, zona Via Salvez

Il contratto stipulato prevede la fornitura trifase di una potenza di 15,0 kW che, a fronte della potenza richiesta dall'impianto, risulta adeguata.

Un sistema composto da orologio e sensore crepuscolare provvede al comando funzionale dell'impianto, gestendo accensioni, spegnimenti e provvedendo a disalimentare un punto luce ogni due passate la mezzanotte.

La caduta di tensione misurata nel punto più sfavorito (a quasi 500 m di distanza) si attesta attorno ai 14 V corrispondenti a poco più dei 6 punti percentuali, ben al di sopra del limite prescritto dalla normativa CEI 64.8 per gli impianti di illuminazione pubblica.

Interruttori magnetotermici con curva di intervento C16 proteggono le linee dalle sovracorrenti e cortocircuiti mentre non è stata rilevata la presenza di interruttore differenziale, se non a protezione degli ausiliari. Per questo è necessario provvedere ad ammodernare l'impianto in modo da garantire adeguata protezione contro i contatti indiretti.

La resistenza di isolamento dei conduttori ha fornito valori più che soddisfacenti, così come la resistenza di terra, la cui misura al quadro ha fornito un valore di 10  $\Omega$ .



Fig. 14 – Il quadro installato lungo via Salvez

### 3.1.1.7 Q06 - Piazza Crosara - Campodenno

L'impianto di illuminazione pubblica a servizio della porzione a valle dell'abitato di Campodenno è comandato da un quadro installato in Piazza Crosara, all'interno di uno spazio dedicato a verde pubblico. La componentistica elettrica è installata all'interno di un armadio realizzato in materiale plastico che offre adeguata protezione dagli agenti esterni ed è installato su apposito basamento cementizio.

Q06 - Piazza Crosara			
Potenza contrattuale [kW]	15,0		
Fornitura	trifase		
Codice POD	IT221E00600970		
Potenza installata sulle linee [kW]	7,75		!
	Potenza contrattuale eccessiva		
Dispositivi di regolazione	Orologio		✓
	Crepuscolare		✓
	Tutta Notte / Mezza notte		✓
	Regolatore di flusso		✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti		✓
	Curva di Interruzione C 16		
	Dispersione e contatti		✓
	Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$		
Tempo di intervento differenziale	$I_{\Delta n} \times 1$	20 ms	✗
	$I_{\Delta n} \times 5$	15 ms	✗
Tensione punto di consegna	236 V		✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	636	✗
	Distanza da quadro	412 m	
	Tensione rilevata	224 V	
	Caduta in percentuale	5,1%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	$\infty \ \Omega$	✓
Impianto di terra	Resistenza misurata	5 $\Omega$	✓
Note	L'interruttore differenziale sulla linea di Via Ciastel non ha superato il test di funzionamento		

Tab. 12 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro a servizio di Campodenno, zona Piazza Crosara

La fornitura di energia elettrica è trifase, per una potenza contrattuale di 15,0 kW; a fronte di circa 7,5 kW di carichi connessi all'impianto questo valore appare eccessivo e sarebbe quindi consigliabile rinegoziare le condizioni contrattuali in modo da ottenere una fornitura adeguata alle esigenze.

Accensioni e spegnimenti dell'impianto sono affidati al controllo di un sensore crepuscolare ed un orologio che, passata la mezzanotte, provvede allo spegnimento di un punto luce ogni due; sono presenti gli interruttori differenziali e magnetotermico a protezione da contatti e sovracorrenti, con caratteristiche adeguate alla tipologia di installazione. Gli interruttori differenziali hanno superato le prove di funzionamento, intervenendo entro i tempi stabiliti dalla normativa in presenza di correnti di dispersione. Si evidenzia però come l'interruttore differenziale a servizio della linea "Via Ciastel - Tutta Notte" non sia risultato funzionante. Si dovrà quindi procedere alla immediata sostituzione del componente difettoso.

La caduta di tensione misurata nel punto più sfavorito (distante circa 400 m) si attesta poco al di sopra del limite prescritto dalla normativa CEI 64.8 per gli impianti di illuminazione pubblica (5%).

La resistenza di isolamento dei conduttori ha provato il buono stato di conservazione degli isolanti presenti all'interno dell'impianto così come la resistenza di terra, misurata al quadro ha fornito valori ben al di sotto del limite normativo.



Fig. 15 – Il quadro installato presso Piazza Crosara

### 3.1.1.8 Q07 - Parcheggio Chiesa - Campodenno

Il quadro a comando dell'impianto di illuminazione a servizio dell'area circostante la chiesa è situato a ridosso di un muro di recinzione all'interno del parcheggio adiacente al Cimitero. La fornitura di energia elettrica è monofase per una potenza di 3,0 kW, in linea con la richiesta dell'impianto servito.

Q07 - Parcheggio Chiesa			
Potenza contrattuale [kW]	3,0		
Fornitura	monofase		
Codice POD	IT221E00601091		
Potenza installata sulle linee [kW]	2,08		✓
	Potenza contrattuale adeguata		
Dispositivi di regolazione	Orologio		✓
	Crepuscolare		✓
	Tutta Notte / Mezza notte		✗
	Regolatore di flusso		✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti		✓
	Curva di Interruzione C 10		
	Dispersione e contatti		✓
	Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$		
Tempo di intervento differenziale	$I_{\Delta n} \times 1$	18 ms	✗
	$I_{\Delta n} \times 5$	14 ms	✗
Tensione punto di consegna	236 V		✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	526	✓
	Distanza da quadro	66 m	
	Tensione rilevata	232 V	
	Caduta in percentuale	1,7%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	$\infty \ \Omega$	✓
Impianto di terra	Resistenza misurata	22 $\Omega$	✓
Note	L'interruttore differenziale della linea "Muro Parcheggio" rileva una dispersione. Provvedere immediatamente alla messa in sicurezza dell'impianto		

Tab. 13 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro a servizio di Campodenno, zona Parcheggio Chiesa

Un orologio ed un sensore crepuscolare comandano il funzionamento dei corpi illuminanti provvedendo ad accensioni in spegnimenti sulla base della illuminamento ambientale rilevato e dell'orario. Interruttori magnetotermici e differenziali proteggono le linee da cortocircuiti e

contatti diretti ed indiretti. Le prove eseguite hanno rilevato il tempestivo funzionamento di questi dispositivi in presenza di correnti di dispersione; sulla linea "Muro Parcheggio" è però stata identificata una dispersione che deve essere al più presto eliminata.

La caduta di tensione nel punto più sfavorito è risultata essere ridotta, anche grazie alla contenuta estensione dell'impianto servito. Le resistenze di isolamento dei conduttori, così come la misura della resistenza di terra hanno fornito valori ampiamente al di sotto delle soglie massime stabilite dalle normative vigenti.



Fig. 16 – Il quadro installato presso il parcheggio della chiesa

### 3.1.1.9 Q08 - Chiesa - Dercolo

Il quadro numero 08 e l'impianto da questo servito sono stati realizzati recentemente; l'armadio in materiale plastico è situato a di sopra di un muro di contenimento alle spalle della chiesa dell'abitato. Il contratto stipulato prevede la fornitura trifase di una potenza di 10,0 kW che, a fronte della potenza richiesta dall'impianto, risultano adeguati.

Un sistema elettronico gestisce accensioni, spegnimenti ed attenuazioni dell'impianto, coadiuvato da un sensore crepuscolare ed un orologio, riducendo la tensione di alimentazione nelle fasce orarie di minor utilizzo della viabilità pubblica. Nelle ore di minor traffico viene quindi garantita sulla sede stradale l'uniformità del flusso luminoso, anche se questo viene ridotto, in modo da consentire un risparmio energetico a fronte di immutate condizioni di sicurezza per gli utenti della strada.

Q08 - Chiesa - Dercolo			
Potenza contrattuale [kW]	10,0		
Fornitura	trifase		
Codice POD	IT221E00600974		
Potenza installata sulle linee [kW]	6,72		✓
	Potenza contrattuale adeguata		
Dispositivi di regolazione	Orologio		✓
	Crepuscolare		✓
	Tutta Notte / Mezza notte		✓
	Regolatore di flusso		✓
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 16		✓
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$		!
Tempo di intervento differenziale	$I_{\Delta n} \times 1$	243 ms	✓
	$I_{\Delta n} \times 5$	199 ms	✗
Tensione punto di consegna	237 V		✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	35	✓
	Distanza da quadro	635 m	
	Tensione rilevata	233 V	
	Caduta in percentuale	1,7%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	170 $\Omega$	✓
Impianto di terra	Resistenza misurata	11 $\Omega$	✓
Note	Il tempo di intervento dell'interruttore differenziale per corrente di dispersione pari a $5 \cdot I_{\Delta n}$ non è risultato rispettare le prescrizioni normative		

Tab. 14 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro a servizio della frazione di Dercolo

La caduta di tensione misurata nel punto più sfavorito (distante più di 600 metri dal quadro) si attesta poco al di sopra del punto e mezzo percentuale, ben inferiore al limite prescritto dalla normativa CEI 64.8 per gli impianti di illuminazione pubblica.

Un interruttore magnetotermico protegge le linee dalle sovracorrenti e cortocircuiti mentre un interruttore differenziale selettivo, con sensibilità impostata a 300 mA è preposto alla protezione dai contatti indiretti. Tale dispositivo ha fatto però misurare tempi di intervento superiori a quelli stabiliti dalla normativa in caso di elevate correnti di dispersione; è quindi necessario provvedere a risolvere la problematica rilevata.

La misura della resistenza di isolamento dei conduttori ha restituito valori in accordo con le normative vigenti, così come la misura della resistenza di terra.



Fig. 17 – Il quadro installato presso la chiesa di Dercolo

### 3.1.1.10 Q09 - Maso Sant'Angelo

Il quadro a servizio della frazione di Maso Sant'Angelo è situato nella parte inferiore della strada che giunge all'abitato dalla SS 43, a lato della carreggiata. L'armadio è realizzato in materiale plastico e le parti attive sono protette da doppio isolamento, garantendo così ottima protezione anche dagli agenti atmosferici.



Fig. 18 – Il quadro installato presso la strada d'accesso alla frazione di Maso S. Angelo

Q09 - Maso Sant'Angelo			
Potenza contrattuale [kW]	3,0		
Fornitura	monofase		
Codice POD	IT221E00600997		
Potenza installata sulle linee [kW]	1,51		✓
	Potenza contrattuale adeguata		
Dispositivi di regolazione	Orologio		✓
	Crepuscolare		✓
	Tutta Notte / Mezza notte		✓
	Regolatore di flusso		✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 16		✓
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$		!
Tempo di intervento differenziale	$I_{\Delta n} \times 1$	209 ms	✓
	$I_{\Delta n} \times 5$	78 ms	✗
Tensione punto di consegna	237 V		✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	451	✓
	Distanza da quadro	236 m	
	Tensione rilevata	234 V	
	Caduta in percentuale	1,3%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	$\infty \Omega$	✓
Impianto di terra	Resistenza misurata	21 $\Omega$	✓
Note	Il tempo di intervento dell'interruttore differenziale per corrente di dispersione pari a $5 \cdot I_{\Delta n}$ non è risultato rispettare le prescrizioni normative		

Tab. 15 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro a servizio della frazione di Maso S. Angelo

La fornitura di energia elettrica avviene in monofase e prevede una potenza contrattuale di 3,0 kW, adeguatamente alle richieste dell'impianto servito. Orologio e sensore crepuscolare gestiscono accensioni e spegnimenti dei corpi illuminanti, comandando l'impianto in modalità tutta-notte/mezza-notte. Interruttore magnetotermico con curva di interruzione C16 e interruttore differenziale con corrente di intervento pari a 300 mA sono preposti alla protezione delle linee; questo non consente la presenza di prese (ad esempio per l'installazione delle luminarie natalizie) all'interno dell'impianto servito. L'interruttore differenziale ha evidenziato interventi intempestivi in caso di presenza di elevate correnti di dispersione; si raccomanda di conseguenza di provvedere a sanare la problematica rilevata.

Le altre misure effettuate hanno restituito valore ben al di sotto dei limiti normativi, in conseguenza del buono stato di conservazione degli elementi isolanti, dell'impianto di terra e dei conduttori.

### 3.1.1.11 Q10 - Vicolo ai Molini - Cressino

L'impianto di illuminazione pubblica dell'abitato di Cressino si dirama dal quadro elettrico situato, ad incasso, nel muro di contenimento presente sulla lato a monte del tratto superiore di Vicolo ai Molini. La fornitura di energia elettrica è monofase per una potenza contrattuale di 3,0 kW, a fronte di oltre 4 kW di potenza installata sulle linee. Si ritiene quindi consigliabile provvedere alla rinegoziazione delle condizioni contrattuali in modo da adeguare la potenza fornita a quella richiesta.

Q10 - Vicolo ai Molini - Cressino			
Potenza contrattuale [kW]	3,0		
Fornitura	monofase		
Codice POD	IT221E00601006		
Potenza installata sulle linee [kW]	4,02		✗
	Potenza contrattuale insufficiente		
Dispositivi di regolazione	Orologio		✓
	Crepuscolare		✓
	Tutta Notte / Mezza notte		✓
	Regolatore di flusso		✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti Curva di Interruzione C 20		✓
	Dispersione e contatti Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$		!
Tempo di intervento differenziale	$I_{\Delta n} \times 1$	200 ms	✓
	$I_{\Delta n} \times 5$	69 ms	✗
Tensione punto di consegna	233 V		✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	32	✓
	Distanza da quadro	210 m	
	Tensione rilevata	229 V	
	Caduta in percentuale	1,7%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	$\infty \ \Omega$	✓
Impianto di terra	Resistenza misurata	3 $\Omega$	✓

Tab. 16 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro a servizio della frazione di Cressino

Un orologio ed un sensore crepuscolare comandano accensioni e spegnimenti dei punti luce, andando a disalimentare un punto luce ogni due passata la mezzanotte. I dispositivi di protezione

presenti offrono adeguate condizioni di sicurezza, anche se la sensibilità dell'interruttore differenziale non consente la presenza di prese all'interno delle linee protette.

La caduta di tensione misurata nel punto più sfavorito (210 m) si attesta al di sotto dei due punti percentuali, nel rispetto del limite posto dalle normative del Comitato Elettrotecnico Italiano riguardo agli impianti di illuminazione pubblica. Allo stesso modo le resistenze di isolamento dei conduttori e la resistenza di terra, misurata al quadro, rientrano all'interno dei limiti normativi.



Fig. 19 – Il quadro installato presso Vicolo ai Molini nella frazione di Cressino.

### 3.1.1.12 Q11 - Segonzone

Il quadro numero 11, dal quale si dirama l'impianto a servizio di Segonzone, è situato ai limiti meridionali dell'abitato, sulla muratura perimetrale di una cabina di trasformazione dell'energia elettrica. La fornitura di energia elettrica è monofase per una potenza contrattuale di 3,0 kW, a fronte di una richiesta dell'impianto servito di poco superiore ai 2,5 kW.

Il controllo funzionale delle linee è affidato ad un orologio e ad un sensore crepuscolare che conducono secondo lo schema tutta-notte/mezza-notte accensioni e spegnimenti dei punti luce. L'intero impianto è stato di recente interessato da una profonda ristrutturazione che alla data del sopralluogo doveva ancora essere ultimata. È stato comunque possibile eseguire le misure sulle linee e sulla componentistica presente che vengono di seguito riportate.

Un interruttore magnetotermico ed un differenziale garantiscono il sicuro esercizio delle linee; tali dispositivi hanno superato le prove di funzionamento effettuate. La resistenza di isolamento dei conduttori è risultata essere maggiore di 999 MΩ mentre l'impianto di terra non è presente in quanto l'intero impianto presenta doppio isolamento delle parti attive.

Q11 - Segonzzone			
Potenza contrattuale [kW]	3,0		
Fornitura	monofase		
Codice POD	IT221E00600945		
Potenza installata sulle linee [kW]	2,59		✓
	Potenza contrattuale adeguata		
Dispositivi di regolazione	Orologio		✓
	Crepuscolare		✓
	Tutta Notte / Mezza notte		✓
	Regolatore di flusso		✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti		✓
	Curva di Interruzione C 10		
	Dispersione e contatti		✓
	Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$		
Tempo di intervento differenziale	$I_{\Delta n} \times 1$	19 ms	✓
	$I_{\Delta n} \times 5$	15 ms	✓
Tensione punto di consegna	229 V		✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	192	✓
	Distanza da quadro	535 m	
	Tensione rilevata	225 V	
	Caduta in percentuale	1,7%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	$\infty \Omega$	✓
Note	Impianto realizzato con doppio isolamento delle parti attive		

Tab. 17 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro a servizio della frazione di Segonzzone



Fig. 20 – Il quadro installato presso la cabina Enel nella frazione di Segonzzone.

### 3.1.1.13 Q12 - Cimitero - Lover

Il quadro elettrico in questione serve il cimitero di Lover e le aree circostanti; è situato a ridosso di un muretto di recinzione in prossimità del lato orientale della chiesa dell'abitato. Contrattualmente è prevista una potenza di 3,0 kW, anche se i carichi connessi all'impianto superano di poco il 0,5 kW. Un orologio e un sensore crepuscolare comandano accensioni e spegnimenti dell'impianto mentre i dispositivi di sicurezza presenti offrono adeguate condizioni di sicurezza d'esercizio essendo correttamente dimensionati e funzionanti.

Q12 - Cimitero - Lover			
Potenza contrattuale [kW]	3,0		
Fornitura	monofase		
Codice POD	IT221E00601113		
Potenza installata sulle linee [kW]	0,57		!
	Potenza contrattuale eccessiva		
Dispositivi di regolazione	Orologio		✓
	Crepuscolare		✓
	Tutta Notte / Mezza notte		✗
	Regolatore di flusso		✗
Dispositivi di protezione	Sovracorrenti		✓
	Curva di Interruzione C 6		
	Dispersione e contatti		✓
	Corrente differenziale $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$		
Tempo di intervento differenziale	$I_{\Delta n} \times 1$	40 ms	✓
	$I_{\Delta n} \times 5$	16 ms	✓
Tensione punto di consegna	242 V		✓
Punto più sfavorito	Numero progressivo (Tav. 1)	239	✓
	Distanza da quadro	74 m	
	Tensione rilevata	240 V	
	Caduta in percentuale	0,8%	
Isolamento delle fasi	Resistenza minima misurata	743 $\Omega$	✓
Impianto di terra	Resistenza misurata	2 $\Omega$	✓
Note	L'interruttore differenziale della linea "Cimitero Viale" rileva una dispersione. Provvedere immediatamente alla messa in sicurezza dell'impianto		

Tab. 18 – Riepilogo dei dati emersi dal sopralluogo sul quadro a servizio del cimitero di Lover

La caduta di tensione misurata nel punto più sfavorito (74 m) si attesta al di sotto del punto percentuale, ben inferiore al limite prescritto dalla normativa CEI 64.8 per gli impianti di illuminazione pubblica.

La misura della resistenza di isolamento ha evidenziato il buono stato di conservazione degli isolanti elettrici presenti nell'impianto ed anche la misura della resistenza di terra è risultata rispettare le prescrizioni imposte dalla normativa vigente.

È da sottolineare che sulla linea contrassegnata come "Cimitero Viale" viene rilevata una dispersione che deve essere eliminata al più presto per ripristinare le condizioni di sicurezza dell'impianto elettrico.



*Fig. 21 – Il quadro installato presso il cimitero di Lover*

### **3.1.2 Considerazioni generali sullo stato degli impianti**

Durante l'esecuzione dei sopralluoghi particolare attenzione è stata posta all'individuazione di situazioni critiche riguardanti lo stato di conservazione di tutti i componenti facenti parte dell'impianto di illuminazione pubblica. In linea generale è emerso il buono stato di conservazione degli impianti, anche grazie al fatto che la manutenzione eseguita, ordinaria e straordinaria, ha sanato in modo adeguato le situazioni critiche che di volta in volta si sono presentate. Quanto emerso porta a formulare le seguenti conclusioni:

- la protezione contro i contatti diretti sia sui quadri elettrici sia sui pali di illuminazione non sempre è garantita;
- la protezione dai contatti indiretti, causa la mancanza o il non corretto funzionamento di idonee protezioni differenziali coordinate con i rispettivi impianti di terra, non sempre è garantita;
- la caduta di tensione massima risulta in alcuni casi oltre i limiti prescritti dalla normativa vigente.

Al fine di garantire il livello di sicurezza minimo stabilito dalla vigente normativa, gli impianti di illuminazione pubblica installati nel Comune di Campodenno, necessitano quindi di alcuni tempestivi interventi di adeguamento che dovranno essere progettati e installati a regola d'arte da personale qualificato.

Si riportano di seguito ulteriori osservazioni inerenti le condutture elettriche, gli impianti di terra e i supporti delle lampade.

#### **3.1.2.1 Condutture elettriche**

L'isolamento dei conduttori risulta essere in gran parte dei casi ancora efficiente, anche sui tratti di linea più datati realizzati in parte con conduttori rigidi. Tale affermazione ha valore generale: sono state rilevate delle situazioni in cui l'isolamento elettrico non era garantito, soprattutto in corrispondenza di giunzione e derivazioni; tali casi sono risultati comunque circoscritti a piccole parti di componentistica degli impianti stessi, facilmente sostituibili.

Le sezioni dei conduttori non sempre sono adeguate ai carichi e alle protezioni dalle sovracorrenti, tanto che in alcune linee i punti luce più distanti presentano cadute di tensione che si avvicinano al 10%.

Non sempre i colori identificativi dei conduttori (fase, neutro, terra ecc.) sono rispettati e non sempre i cavi risultano adeguatamente protetti e/o raccordati con idonee canalizzazioni e/o scatole di giunzione. Il rifacimento dei quadri elettrici nell'arco dell'ultimo ventennio garantisce però che la maggior parte delle normative vigenti in materia siano comunque rispettate, garantendo di conseguenza condizioni generali di sicurezza d'esercizio degli impianti.

In alcuni tratti è stata rivelata la presenza di prese all'interno di impianti privi di idonea protezione differenziale.

### 3.1.2.2 Impianti di terra

Le misure della resistenza di terra effettuate hanno evidenziato il buono stato degli impianti di messa a terra. Questi sono stati individuati e sottoposti a misura in tutti i quadri elettrici esistenti, ad eccezione di quello a servizio dell'abitati di Segonzzone; in questo caso infatti l'impianto è realizzato mediante doppio isolamento delle parti attive, e non è prescritta di conseguenza la presenza dell'impianto di messa a terra.

### 3.1.2.3 Supporti

Gli impianti di illuminazione risultano essere realizzati con diverse tipologie di supporti, ovvero pali in acciaio (zincato e/o verniciato), pali in cemento, supporti in materiale plastico e mensole a muro.



Fig. 22 – Situazioni critiche individuate per lo stato di conservazione dei collegamenti elettrici

Le asole porta-morsettiera e le morsettiere posizionate sui pali più vecchi non sempre sono sufficientemente protette da idonei coperchi che ne garantiscano la tenuta “stagna” e la protezione dalle parti attive (morsetti). Spesso le giunzioni fra cavi all’interno delle asole risultano essere fatiscenti e pericolose (soprattutto nelle parti più datate degli impianti). Da un primo esame non sono state riscontrate situazioni pericolose per quanto riguarda l’idoneità statica dei supporti. Nelle immagini precedentemente riportate sono rappresentate alcune delle criticità emerse dai sopralluoghi; si raccomanda di intervenire per garantire la sicurezza d'esercizio soprattutto dei corpi più obsoleti, tipicamente installati su pali in cemento, situati principalmente negli abitati di Campodenno e Termon.

### 3.1.2.4 Quadri elettrici

Sono riportate nella seguente tabella le criticità emerse dai sopralluoghi e dalle prove eseguite sui quadri elettrici, descritte in dettaglio nel precedente capitolo.

Quadri elettrici Criticità rilevate	
Q04 - Parco Giochi - Lover	Sono stati riscontrati problemi riguardanti la resistenza di isolamento dei conduttori; una delle linee è risultata sezionata per questo motivo
Q05 - Via Salvez	L'interruttore differenziale è ad esclusivo servizio degli ausiliari e non delle linee di illuminazione, che non presentano questo tipo di protezione
Q06 - Piazza Crosara	L'interruttore differenziale sulla linea di Via Ciastel non ha superato il test di funzionamento
Q07 - Parcheggio Chiesa	L'interruttore differenziale della linea "Muro Parcheggio" rileva una dispersione. Provvedere immediatamente alla messa in sicurezza dell'impianto
Q08 - Chiesa - Dercolo	Il tempo di intervento dell'interruttore differenziale per corrente di dispersione pari a $5 \cdot I_{\Delta n}$ non è risultato rispettare le prescrizioni normative
Q09 - Maso San'Angelo	Il tempo di intervento dell'interruttore differenziale per corrente di dispersione pari a $5 \cdot I_{\Delta n}$ non è risultato rispettare le prescrizioni normative
Q12 - Cimitero - Lover	L'interruttore differenziale della linea "Cimitero Viale" rileva una dispersione. Provvedere immediatamente alla messa in sicurezza dell'impianto

Tab. 19 - Riepilogo delle criticità rilevate

### 3.1.3 Verifica degli apparecchi illuminanti

Contestualmente alle verifiche sulle linee elettriche sono state raccolte informazioni sui corpi illuminanti, per i quali è stato realizzato un inventario integrando con i dati raccolti in situ le informazioni fornite dall'ufficio tecnico comunale.

Parallelamente è stata eseguita la modellazione dei tratti tramite il software DIALux®, a partire dai dati tecnici dei corpi illuminanti attualmente installati reperiti dai database dalle aziende produttrici. Il software è in grado di calcolare i valori puntuali di luminanza o di illuminamento a partire dalla curva fotometrica e permette quindi di simulare il reale comportamento del corpo illuminante, così come gli effetti ottenibili a seguito degli interventi migliorativi ritenuti necessari.

Per gli apparecchi esistenti si è assunto un fattore di manutenzione pari a 0,57. Tale coefficiente nel software permette di simulare lo stato reale di conservazione delle lampade e ne diminuisce la resa per tener conto del calo di prestazioni dovuto all'età, alla sporcizia del vetro, ecc.

Verranno di seguito presentati i risultati della modellazione di 9 tratti stradali analizzati, tipici del territorio comunale, mentre gli interventi migliorativi sono stati raggruppati per settori aventi caratteristiche simili (tipo di lampada, potenza e disposizione stradale) per un totale di 3 soluzioni. In tabella 13 sono presentate le principali caratteristiche di ciascun tratto considerato.

La categoria illuminotecnica dei tratti modellati è stata ottenuta utilizzando la norma UNI 11248, avendo assegnato una classe a ciascuna strada sulla base del traffico presente, dei limiti di velocità e della presenza di incroci, rotonde, attraversamenti, etc.

La modellazione permette di ottenere, in funzione della categoria illuminotecnica (tipologia di strada o di marciapiede), il valore dei seguenti parametri:

- *luminanza minima media mantenuta ( $L_m$ ):* è il flusso luminoso emesso dalla superficie stradale nella direzione dell'osservatore per effetto della riflessione del flusso luminoso dei corpi illuminanti. E' il parametro che permette di verificare se la strada è illuminata a sufficienza per distinguere ostacoli e pericoli sulla carreggiata;
- *uniformità globale minima di luminanza ( $U_0$ ):* è il rapporto tra luminanza minima e media su un tratto stradale significativo ed esprime l'uniformità dell'illuminamento (o luminanza) sulla carreggiata. La norma stabilisce che la luminanza minima e la media non si possono scostare di troppo cioè non devono esserci zone eccessivamente buie sul tratto stradale in esame;
- *uniformità longitudinale minima di luminanza ( $U_l$ ):* è il rapporto fra luminanza minima e massima lungo la mezzzeria di ciascuna corsia. E' anche questo un parametro che esprime l'uniformità della luce sulla carreggiata. Stabilendone un valore minimo la norma impone che sulla mezzzeria di ciascuna corsia in senso longitudinale non ci sia un'eccessiva differenza fra l'illuminamento minimo e massimo, e vi sia quindi una distribuzione regolare e uniforme della luce;

- *incremento di soglia massimo (TI)*: questo parametro è influenzato dal tipo di armatura e ottica del corpo illuminante. E' legato al flusso luminoso emesso dal corpo illuminante che può compromettere la percezione visiva senza necessariamente provocare agli osservatori sensazioni fastidiose. Si può avere un superamento del valore limite da parte di ottiche con curve fotometriche ampie che emettono luce anche in direzione sub orizzontale;
- *rapporto minimo delle intensità illuminazione dintorni (SR)*: si tratta di un rapporto ricavato confrontando gli illuminamenti medi presenti ai lati della strada, cioè su due fasce di opportuna larghezza all'esterno e all'interno rispetto al limite della carreggiata. La norma impone il rispetto di un valore minimo in modo tale che ai lati della strada sia consentita la visione e il conducente possa individuare con un certo anticipo un ostacolo in movimento verso la sede stradale.
- *illuminamento orizzontale medio mantenuto ( $E_m$ )*: è il flusso luminoso medio emesso dalla sorgente nella direzione dell'osservatore. E' il parametro che permette di distinguere ostacoli e pericoli sul marciapiede;
- *illuminamento orizzontale minimo mantenuto ( $E_{min}$ )*: è il flusso luminoso minimo emesso dalla sorgente nella direzione dell'osservatore. E' il parametro che permette di distinguere ostacoli e pericoli sul marciapiede.

### 3.1.4 Verifiche secondo L.P. 16/2007

In aggiunta ai parametri appena elencati è necessario che vengano soddisfatti quelli definiti dalla L.P. 16/07, differenti a seconda si debba utilizzare per la verifica l'Allegato A oppure l'Allegato B.

L'Allegato A, utilizzato come detto in precedenza per gli apparecchi di classe A (full cut-off), richiede solo rispettato il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$ .

L'Allegato B, utilizzato per gli apparecchi di classe B, C e D, (quelli che disperdono fino al 30% del flusso luminoso verso l'alto) richiede il rispetto sia del coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$  sia dell'indice di illuminazione disperso  $K_{ill}$ .

Tali parametri vengono così definiti:

- $\eta$ : rapporto tra energia consumata annualmente dall'impianto per produrre 100 lux di illuminamento sul piano efficace durante il periodo di funzionamento di progetto, tenuto conto delle eventuali regolazioni (intensità luminosa ed energia) nel tempo, ed area efficace (superficie illuminata); esso si misura in  $kWh_{anno}/m^2$ ;
- $K_{ill}$ : rapporto tra l'illuminamento disperso complessivo e l'illuminamento efficace prodotto, pesato tra le rispettive aree (area di misura ed area efficace); tale parametro risulta essere adimensionale.

### **3.1.5 Il software Rilievo-ILL**

Dal 9 Marzo 2012 è disponibile il software Rilievo-ILL, supporto informatico sviluppato a cura dell'Agenzia Provinciale per l'Energia; tale strumento è stato pensato per il rilievo e la successiva elaborazione dei dati relativi ai corpi illuminanti installati all'interno dei territori comunali. L'applicativo è inoltre pensato per la redazione dei piani di intervento comunali di cui all'art. 3 della legge provinciale n. 16/2007 e predispone i dati raccolti ed elaborati nel formato richiesto per la presentazione all'amministrazione provinciale.

Il software consiste in un database gerarchicamente organizzato in schede che posso essere visualizzate singolarmente o come elenco contenente i dati caratteristici di ciascuna voce.

I dati relativi ai Comuni presenti in Trentino, Alto Adige - Südtirol e Veneto sono pre-caricati all'interno del programma e provengono dal database ISTAT. È inoltre presente un database contenente la classificazione delle tipologie di strada, del loro utilizzo, e delle caratteristiche di sostegni, apparecchi e lampade maggiormente diffusi sul territorio.

Una prima maschera consente l'inserimento dei dati raccolti durante il sopralluogo relativi alla disposizione dei corpi illuminanti, ai quadri elettrici, alle geometrie dei compiti visivi e alle reti di distribuzione; questi possono essere direttamente scaricati all'interno del database tramite un processo di sincronizzazione se la raccolta dati è stata effettuata utilizzando l'applicativo per tablet appositamente sviluppato e reso disponibile assieme al software.

Una seconda maschera consente l'elaborazione delle informazioni raccolte tramite l'inserimento dei dati di pianificazione relativi alle aree omogenee e dei risultati delle rispettive analisi illuminotecniche. Ciò consente di arrivare alla determinazione della conformità mediante la compilazione dei Modelli A /B previsti dalla normativa provinciale, di individuare le criticità presenti sul territorio e di suggerire per queste delle proposte progettuali che migliorino le situazioni non conformi o inefficienti.

Una terza scheda consente la visualizzazione riepilogativa dello stato di fatto (relativo alla situazione attuale), lo stato di progetto (che presuppone la realizzazione di tutti gli interventi suggeriti) e quello di intervento (che riporta le sole situazioni in cui è necessario intervenire per garantire il rispetto della legge provinciale). Altre funzioni permettono la stampa degli elaborati e la gestione degli allegati quali Tavole Grafiche e relazioni tecniche; questi saranno gli elaborati richiesti al momento della consegna all'amministrazione provinciale del piano comunale di intervento che vengono raccolti all'interno di un'apposita cartella.

Il programma Rilievo-ILL, in versione applicativa per PC ed il database elaborato vengono consegnati all'amministrazione comunale unitamente alla presente relazione ed i vari allegati elencati richiesti, in modo che possa essere assicurato, a cura del personale comunale, un costante aggiornamento dei dati inseriti, così da rendere il software un utile strumento per l'analisi e la pianificazione dell'illuminazione pubblica comunale.

### 3.1.6 Analisi dei tratti omogenei individuati

Sono riportate di seguito le caratteristiche dei corpi luminosi più diffusi per i quali è stata eseguita l'analisi e la modellazione, in quanto risultano essere quelli più rappresentativi del totale dei punti luce presenti sul territorio comunale.

N.	TIPOLOGIA LAMPIONE (vedi Allegato Tipologici)	POTENZA [Watt]	TIPO LAMPADA	FOTO	CLASSE APPARECCHIO L.P. 16/07
1	A01/ A02	80/125	vapori di mercurio		B
2	B01/B02	125/80	vapori di mercurio		C
3	C01	250	vapori di sodio		A
4	D01	250	vapori di sodio		B
5	E01/E02	70	vapori di sodio		B
6	E03	62	Led		A

7	I06	80	vapori mercurio		E
8	M01	70	vapori di sodio		A
9	N01/N02	70	vapori di sodio		C

Tab. 20 – Tabella riassuntiva delle tipologie principali di corpi illuminanti presenti sul territorio comunale

Come visibile nella tabella sopra riportata, i corpi illuminanti maggiormente diffusi presentano tipologie alquanto diverse di pali, armature e ottiche. Tra questi, tipologie più comuni sono:

- il classico corpo illuminante con sbraccio “a frusta”, con ottica metallica e schermo in vetro (tipologia A01-A02 e B01-B02, presente per esempio in Via Salvez e Via al Castel), che ha un'altezza variabile di circa 7/9 m, con installate lampade ai vapori di mercurio da 80 W o 125 W;
- il corpo tecnico a sbraccio con ottica full cut-off (tipologia E01, presente per esempio in Via Quetta, Via Principale a Lover), dotato di lampada al sodio da 70 W con un'altezza di circa 6,5 m;
- quello con palo dritto e globo in plastica o vetro (tipologie I01, I03, I06, presenti per esempio in Via Castel la Santa, Via Salvez, Maso S. Angelo).

Il problema principale messo in luce dall'analisi dell'impianto di illuminazione è la forte presenza di lampade ai vapori di mercurio, montate su circa il 40% dei corpi illuminanti. Come visto tali lampade sono inefficienti rispetto alle più recenti tecnologie, sia dal punto di vista energetico che della qualità della luce emessa, oltre a presentare problemi di smaltimento legati alla presenza del mercurio. L'obiettivo primario di qualunque intervento deve quindi essere quello di sostituire queste lampade con altre di nuova concezione (a scarica al sodio o a LED).

Si riportano di seguito la tabella con i dati utilizzati relativi ai nove tratti omogenei individuati per i quali è stata eseguita la modellazione con apposito software per determinare le condizioni illuminotecniche presenti.

N.	Nome	Tipologia corpo illuminante	Potenza lampada (W)	Tipologia lampada	Carreggiata		Marciapiede		Altezza punto luce (m)	Sbraccio (m)	Interasse (m)
					Larghezza (m)	Classe UNI11248	Larghezza (m)	Classe UNI11248			
<b>Campodenno</b>											
1	Via Salvez	I06	80	Mercurio	5,5	CE5	-	-	4,5	0,0	26,0
2	Via del Castel	B01	125	Mercurio	4,7	CE5	-	-	6,5	1,0	29,0
<b>Quetta</b>											
3	Via Capitello	N01	70	Sodio	4,1	CE5	-	-	5,5	0,0	19,0
4	S.P. 55	D01	250	Sodio	6,5	Me6	-	-	6,0	0,2	30,0
<b>Termon</b>											
5	Via Provinciale	A01	125	Mercurio	6,0	CE5	-	-	7,5	2,0	36,0
<b>Dercolo</b>											
6	Via Don Celestino Pezzi	M01	70	Sodio	6,0	CE5	1,8	S5	6,0	1,0	18,0
<b>Cressino</b>											
7	S.P. 73	C01	250	Sodio	7,0	Me3C	-	-	7,0	0,2	40,0
<b>Lover</b>											
8	Via Principale	E01	70	Sodio	5,3	CE5	-	-	6,5	1,2	24,0
<b>Segonzone</b>											
9	Via Lover	E03	62	Led	4,0	CE5	-	-	6,0	0,8	25,0

Tab. 21 – Principali caratteristiche di ciascun tratto analizzato.

### 3.1.6.1 Tratto 1: Campodenno – Via Salvez

Il primo tratto analizzato è situato nel centro abitato di Campodenno, in corrispondenza della parte alta di Via Salvez. Lungo questa via sono presenti dei corpi illuminanti a globo con lampada ai vapori di mercurio della potenza di 80 W. Le principali caratteristiche del tratto analizzato sono riportate nella tabella seguente. La classe illuminotecnica assegnata per la carreggiata è CE5.

Caratteristiche del tratto: stato di fatto		
Luogo	Campodenno	
Tratto	Via Salvez	
Quadro elettrico	Q5	
Classificazione corpo illuminante	I06	
Classe illuminotecnica	CE5	
Lampada	1 x Vapori di Mercurio	
Potenza lampada	W	80
Altezza pali	m	4,5
Distanza pali	m	26
Larghezza carreggiata	m	5,5
Larghezza marciapiede	m	-



Tab. 22 – Principali caratteristiche del tratto 1: Campodenno – Via Salvez.

In base alla curva fotometrica del corpo illuminante, l'apparecchio luminoso è classificato in classe E (vietata secondo la LP 16/2007), poiché emana una porzione del flusso luminoso superiore al 30% del totale al di sopra l'orizzonte. I risultati della modellazione illuminotecnica, ottenuti anche mediante l'ausilio del software DIALUX®, sono riportati nella pagina seguente.

Dall'analisi dei risultati emerge che il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$  risulta superiore al limite di legge ( $124 \text{ kWh}_{\text{anno}}/\text{m}^2$  rispetto al limite di  $15 \text{ kWh}_{\text{anno}}/\text{m}^2$ ); analogamente il parametro  $K_{\text{ill}}$  (pari a 16), misuratore dell'illuminamento disperso, risulta superiore a quanto imposto dalla normativa provinciale. Inoltre, l'illuminamento medio mantenuto è molto basso (1,5 lux, quando il limite minimo è di 7,5 lux per questa tipologia di strada) e non garantisce le condizioni di sicurezza richiesta dalle vigenti normative stradali. Questa tipologia di apparecchio, così come tutti quelli a globo, presentano quindi un'altra priorità di sostituzione.

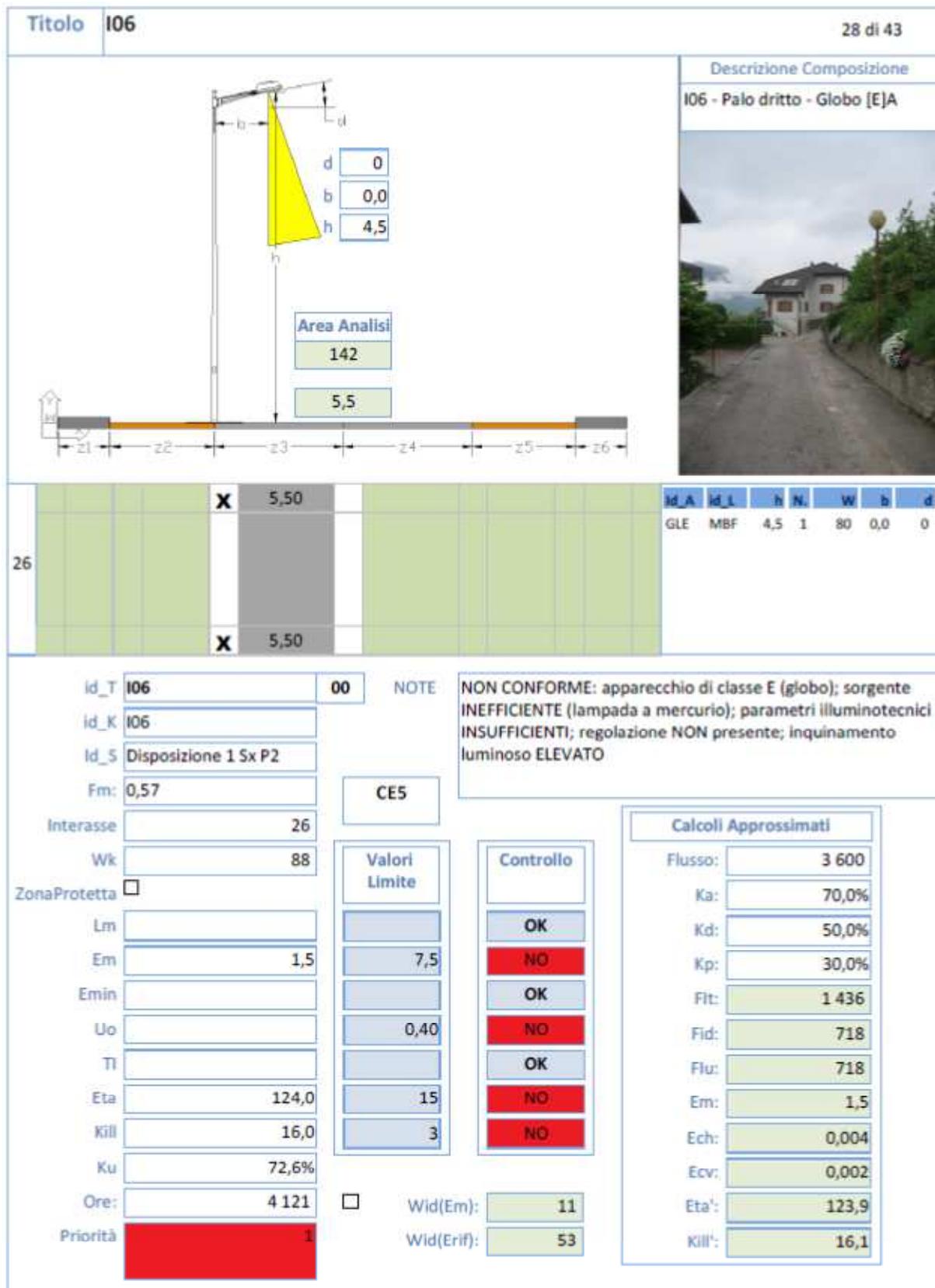


Fig. 23 - Scheda delle caratteristiche relative alla composizione analizzata, prodotta dal software Rilievo-ILL.

### 3.1.6.2 Tratto 2: Campodenno – Via del Ciastel

Il secondo tratto analizzato è situato lungo Via del Ciastel. In questa via sono presenti dei punti luce installati su palo con sbraccio ricurvo aventi lampade ai vapori di mercurio della potenza di 125 W. La classe illuminotecnica ipotizzata per la carreggiata è CE5. Le principali caratteristiche del tratto analizzato sono riportate di seguito.

Caratteristiche del tratto: stato di fatto		
Luogo	Campodenno	
Tratto	Via del Ciastel	
Quadro elettrico	Q6	
Classificazione corpo illuminante	B01	
Classe illuminotecnica	CE5	
Lampada	1 x Vapori di Mercurio	
Potenza lampada	W	125
Altezza pali	m	6,5
Distanza pali	m	29
Larghezza carreggiata	m	4,7
Larghezza marciapiede	m	-



Tab. 23 – Principali caratteristiche del tratto 2: Campodenno – Via del Ciastel

In base alla curva fotometrica del corpo illuminante, l'apparecchio luminoso è classificato in classe C, per cui è necessario eseguire le verifiche utilizzando l'Allegato B, compilato secondo le direttive della LP 16/07. I risultati ottenuti dalla modellazione, ottenuti anche mediante l'ausilio del software DIALUX®, sono riportati nella pagina seguente.

Dall'analisi dei risultati emerge che, a causa dell'inefficienza della lampada, il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$  risulta superiore al limite di legge ( $43 \text{ kWh}_{\text{annno}}/\text{m}^2$ ); il parametro  $K_{\text{ill}}$ , misuratore dell'illuminamento disperso, risulta non conforme a quanto imposto dalla normativa provinciale (pari a 25). Infine, l'illuminamento medio sul suolo stradale è inferiore al limite richiesto (4,4 lux, quando il limite minimo è di 7,5 lux per questa tipologia di strada).



Fig. 24 - Scheda delle caratteristiche relative alla composizione analizzata prodotta dal software Rilievo-ILL

### 3.1.6.3 Tratto 3: Quetta – Via Capitello

Il terzo tratto analizzato è situato lungo Via Capitello, nella frazione di Quetta. Lungo questa strada sono presenti dei punti luce del tipo artistico a testa-palo, tipo lanterna, aventi lampade ai vapori di sodio della potenza di 70 W. Le principali caratteristiche del tratto analizzato sono riportate di seguito. La classe illuminotecnica ipotizzata per la carreggiata è CE5.

Caratteristiche del tratto: stato di fatto		
Luogo	Quetta	
Tratto	Via Capitello	
Quadro elettrico	Q3	
Classificazione corpo illuminante	N01	
Classe illuminotecnica	CE5	
Lampada	1 x Vapori di Sodio	
Potenza lampada	W	70
Altezza pali	m	5,5
Distanza pali	m	19
Larghezza carreggiata	m	4,1
Larghezza marciapiede	m	-



Tab. 24 – Principali caratteristiche del tratto 3: Quetta – Via Capitello

In base alla curva fotometrica del corpo illuminante, l'apparecchio luminoso è classificato in classe C, per cui è necessario eseguire le verifiche utilizzando l'Allegato B, compilato secondo le direttive della LP 16/07. Mediante l'ausilio del software DIALUX®, è stata eseguita la modellazione illuminotecnica della disposizione stardale ed i risultati sono riportati nella pagina seguente.

Dalla loro analisi emerge che il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$  risulta parecchio superiore al limite di legge ( $115 \text{ kWh}_{\text{anno}}/\text{m}^2$ ); il parametro  $K_{\text{ill}}$  (pari a 75), misuratore dell'illuminamento disperso, risulta superiore a quanto imposto dalla normativa provinciale (limite massimo di 3). Inoltre, l'illuminamento medio garantito sulla carreggiata risulta insufficiente per questa tipologia di strada (2,6 lux).

**Titolo** N01
35 di 43

Descrizione Composizione

L01-Palo dritto+Tecnico [B]>

19									
				4,10	X				
				4,10	X				

id_T	N01	00
id_K	N01	
id_S	Disposizione 1 Dx P2	
Fm:	0,57	
Interasse	19	
Wk	77	
ZonaProtetta	<input type="checkbox"/>	
Lm		
Em	2,6	
Emin		
Uo	0,22	
Tl		
Eta	115,0	
Kill	75,0	
Ku	72,6%	
Ore:	4 121	
Priorità	2	

NOTE: NON CONFORME: apparecchio inquinante; parametri illuminotecnici INSUFFICIENTI; energia NON CONFORME.

CE5

Valori Limite

7,5	
0,40	
15	
3	

Controllo

OK
NO
OK
NO
OK
NO
NO

Calcoli Approssimati

Flusso:	6 000
Ka:	75,0%
Kd:	75,0%
Kp:	70,0%
Fit:	2 565
Fid:	1 924
Flu:	641
Em:	17,3
Ech:	0,006
Ecv:	0,002
Eta':	115,1
Kill':	3,8

Wid(Em): 10

Wid(Erif): 29

Fig. 25 - Scheda delle caratteristiche relative alla composizione analizzata prodotta dal software Rilievo-ILL

### 3.1.6.4 Tratto 4: Quetta – Strada Provinciale 55

Il quarto tratto analizzato è situato lungo la Strada Provinciale 55, che da accesso all'abitato di Quetta. Lungo questa strada sono presenti dei punti luce del tipo dritto stradale avente lampada ai vapori di sodio della potenza di 250 W. Le principali caratteristiche del tratto analizzato sono riportate nella tabella seguente. La classe illuminotecnica ipotizzata per la carreggiata è ME6.

Caratteristiche del tratto: stato di fatto		
Luogo	Quetta	
Tratto	Strada Provinciale 55	
Quadro elettrico	Q3	
Classificazione corpo illuminante	D01	
Classe illuminotecnica	ME6	
Lampada	1 x Vapori di Sodio	
Potenza lampada	W	250
Altezza pali	m	6
Distanza pali	m	30
Larghezza carreggiata	m	6,5
Larghezza marciapiede	m	-



Tab. 25 – Principali caratteristiche del tratto 4: Quetta, SP 55

In base alla curva fotometrica del corpo illuminante, l'apparecchio luminoso ricade all'interno della classe B della normativa provinciale, per cui è necessario eseguire le verifiche utilizzando l'Allegato B, compilato secondo le direttive della LP 16/07. I risultati illuminotecnici, ottenuti anche mediante l'ausilio del software DIALUX®, sono riportati nella pagina seguente.

Dall'analisi dei risultati emerge che il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$  ( $12,6 \text{ kWh}_{\text{annno}}/\text{m}^2$ ) risulta conforme, poiché inferiore al limite massimo di legge ( $15 \text{ kWh}_{\text{annno}}/\text{m}^2$ ); il parametro  $K_{\text{ill}}$  (pari a 4,6), misuratore dell'illuminamento disperso, risulta di poco superiore a quanto imposto dalla normativa provinciale. Inoltre, la luminanza media mantenuta è conforme alla normativa provinciale ( $2,13 \text{ cd}/\text{m}^2$ , quando il limite minimo è di  $0,3 \text{ cd}/\text{m}^2$  per questa tipologia di strada) e garantisce le condizioni di sicurezza e visibilità per questa tipologia di strada.

<b>Titolo</b> D01		9 di 43																														
		Descrizione Composizione 04-Palo dritto+Stradale [B]>																														
<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">30</td> <td style="text-align: center;"><b>X</b></td> <td style="text-align: center;">6,50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>X</b></td> <td style="text-align: center;">6,50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		30	<b>X</b>	6,50						<b>X</b>	6,50						<table border="1"> <thead> <tr> <th>Id_A</th> <th>Id_L</th> <th>h</th> <th>N</th> <th>W</th> <th>b</th> <th>d</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STB</td> <td>SAP</td> <td>6,0</td> <td>1</td> <td>250</td> <td>0,2</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		Id_A	Id_L	h	N	W	b	d	STB	SAP	6,0	1	250	0,2	0
30	<b>X</b>		6,50																													
	<b>X</b>	6,50																														
Id_A	Id_L	h	N	W	b	d																										
STB	SAP	6,0	1	250	0,2	0																										
id_T <b>D01</b> <b>00</b> NOTE sorgente EFFICIENTE; parametri illuminotecnici elevati; energia CONFORME; inquinamento luminoso PRESENTE.																																
id_K D01 Id_S Disposizione 1 Sx P2 Fm: 0,57 Interasse 30 Wk 275 ZonaProtetta <input type="checkbox"/> Lm 2,13 Em 33,0 Emin Uo 0,01 TI 27 Eta 12,6 Kill 4,6 Ku 72,6% Ore: 4 121 Priorità 2		ME6 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Valori Limite</th> <th>Controllo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,30</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>4,5</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>0,35</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>NO</td> </tr> </tbody> </table> Wid(Em): 327 Wid(Erif): 45		Valori Limite	Controllo	0,30	OK	4,5	OK	0,35	NO	15	NO	15	OK	3	NO															
Valori Limite	Controllo																															
0,30	OK																															
4,5	OK																															
0,35	NO																															
15	NO																															
15	OK																															
3	NO																															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Calcoli Approssimati</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Flusso:</td> <td>33 200</td> </tr> <tr> <td>Ka:</td> <td>70,0%</td> </tr> <tr> <td>Kd:</td> <td>75,0%</td> </tr> <tr> <td>Kp:</td> <td>70,0%</td> </tr> <tr> <td>Flt:</td> <td>13 247</td> </tr> <tr> <td>Fid:</td> <td>9 935</td> </tr> <tr> <td>Ffu:</td> <td>3 312</td> </tr> <tr> <td>Em:</td> <td>35,2</td> </tr> <tr> <td>Ech:</td> <td>0,031</td> </tr> <tr> <td>Ecv:</td> <td>0,012</td> </tr> <tr> <td>Eta':</td> <td>12,6</td> </tr> <tr> <td>Kill':</td> <td>3,8</td> </tr> </tbody> </table>		Calcoli Approssimati		Flusso:	33 200	Ka:	70,0%	Kd:	75,0%	Kp:	70,0%	Flt:	13 247	Fid:	9 935	Ffu:	3 312	Em:	35,2	Ech:	0,031	Ecv:	0,012	Eta':	12,6	Kill':	3,8			
Calcoli Approssimati																																
Flusso:	33 200																															
Ka:	70,0%																															
Kd:	75,0%																															
Kp:	70,0%																															
Flt:	13 247																															
Fid:	9 935																															
Ffu:	3 312																															
Em:	35,2																															
Ech:	0,031																															
Ecv:	0,012																															
Eta':	12,6																															
Kill':	3,8																															

Fig. 26 - Scheda delle caratteristiche relative alla composizione analizzata prodotta dal software Rilievo-ILL.

### 3.1.6.5 Tratto 5: Termon – Via Provinciale

Il quinto tratto analizzato è situato nella frazione di Termon, lungo Via Provinciale. In questa strada sono presenti dei corpi illuminanti di tipo stradale con sbraccio aventi lampade ai vapori di mercurio della potenza di 125 W. Le principali caratteristiche del tratto analizzato sono riassunte nella tabella seguente. La classe illuminotecnica ipotizzata per la carreggiata è la CE5.

Caratteristiche del tratto: stato di fatto		
Luogo	Termon	
Tratto	Via Provinciale	
Quadro elettrico	Q2	
Classificazione corpo illuminante	A01	
Classe illuminotecnica	CE5	
Lampada	1 x Vapori di Mercurio	
Potenza lampada	W	125
Altezza pali	m	7,5
Distanza pali	m	36
Larghezza carreggiata	m	6
Larghezza marciapiede	m	-



Tab. 26 – Principali caratteristiche del tratto 5: Termon, Via Provinciale

In base alla curva fotometrica del corpo illuminante, l'apparecchio luminoso è classificato in classe B, per cui è necessario eseguire le verifiche utilizzando l'Allegato B, compilato secondo le direttive della LP 16/07. Mediante l'ausilio del software DIALUX® è stata realizzata la modellazione illuminotecnica i cui risultati sono riportati nella pagina seguente.

Dall'analisi dei risultati emerge che il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$  risulta superiore al limite di legge ( $36 \text{ kWh}_{\text{annno}}/\text{m}^2$  rispetto al limite di  $15 \text{ kWh}_{\text{annno}}/\text{m}^2$ ); analogamente il parametro  $K_{\text{ill}}$  (pari a 13), misuratore dell'illuminamento disperso, risulta superiore a quanto imposto dalla normativa provinciale (limite superiore pari a 3). Inoltre, l'illuminamento medio mantenuto è più basso del limite minimo (5,3 Lux, quando il limite minimo è di 7,5 lux per questa tipologia di strada) e perciò non garantisce le condizioni di visibilità richiesta dalle vigenti normative stradali.



### 3.1.6.6 Tratto 6: Dercolo – Via Don Celestino Pezzi

Il tratto qui analizzato è situato lungo la SP55dir, in corrispondenza di Via Don Celestino Pezzi, strada che da accesso alla frazione di Dercolo. Lungo questa via sono presenti dei punti luce del tipo su palo con sbraccio con una lampada ai vapori di sodio della potenza di 70 W. Le principali caratteristiche del tratto analizzato sono riportate in tabella sottostante. La classe illuminotecnica ipotizzata per la strada in questione è CE5, per il marciapiede la S5.

Caratteristiche del tratto: stato di fatto		
Luogo	Dercolo	
Tratto	Via Don Celestino Pezzi	
Quadro elettrico	Q8	
Classificazione corpo illuminante	M01	
Classe illuminotecnica	CE5	
Lampada	1 x Vapori di Sodio	
Potenza lampada	W	70
Altezza pali	m	4,3
Distanza pali	m	18
Larghezza carreggiata	m	6
Larghezza marciapiede	m	1,8



Tab. 27 - Principali caratteristiche del tratto 6: Dercolo – Via Don Celestino Pezzi

In base alla curva fotometrica del corpo illuminante, l'apparecchio luminoso è classificato in classe B, per cui è necessario eseguire le verifiche utilizzando l'Allegato B, compilato secondo le direttive della LP 16/07. I parametri illuminotecnici risultanti, ottenuti anche mediante l'ausilio del software DIALUX®, sono riportati nella pagina seguente.

Dall'analisi dei risultati emerge che il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$  risulta conforme al limite di legge ( $13,5 \text{ kWh}_{\text{annno}}/\text{m}^2$  rispetto al limite di  $15 \text{ kWh}_{\text{annno}}/\text{m}^2$ ), l'illuminamento medio mantenuto è eccessivo, superiore a quasi doppio del limite previsto per questa tipologia di strada; il parametro Kill (pari a 8,8), misuratore dell'illuminamento disperso, risulta superiore a quanto imposto dalla normativa provinciale.



Fig. 28 - Scheda delle caratteristiche relative alla composizione analizzata prodotta dal software Rilievo-ILL

### 3.1.6.7 Tratto 7: Cressino – Strada Provinciale 73

Il tratto 7 è situato lungo la Strada Provinciale 73 della Val di Non, all'altezza della frazione di Cressino dove sono presenti dei punti luce del tipo testa-palo aventi lampade ai vapori di sodio della potenza di 250 W; Le principali caratteristiche del tratto analizzato sono riportate nella tabella sottostante. La classe illuminotecnica ipotizzata per la carreggiata è ME3c. Il corpo illuminante è classificato in classe A, ovvero che possiede una sorgente efficiente e non presenta inquinamento luminoso. Questo tratto stradale non è di competenza comunale ma della PAT.

Caratteristiche del tratto: stato di fatto		
Luogo	Cressino	
Tratto	Strada Provinciale 73	
Quadro elettrico	Quadro PAT	
Classificazione corpo illuminante	C01	
Classe illuminotecnica	ME3c	
Lampada	1 x Vapori di Sodio	
Potenza lampada	W	250
Altezza pali	m	7
Distanza pali	m	40
Larghezza carreggiata	m	7
Larghezza marciapiede	m	-



Tab. 28 - Principali caratteristiche del tratto 7: Cressino – SP 73

In base alla curva fotometrica del corpo illuminante, l'apparecchio luminoso è classificato in classe A, per cui è necessario eseguire le verifiche utilizzando l'Allegato A, compilato secondo le direttive della LP 16/07. La modellazione illuminotecnica, eseguita anche mediante l'ausilio del software DIALUX®, ha prodotto i risultati che vengono riportati nella pagina seguente.

Dall'analisi dei risultati emerge che il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$  risulta conforme rispetto al limite di legge ( $14,5 \text{ kWh}_{\text{anno}}/\text{m}^2$ ); il parametro Kill, misuratore dell'illuminamento disperso, risulta anch'esso verificato (corpo con ottica full cut-off). La luminanza media garantita sulla carreggiata per la tipologia di strada ME3c è conforme e pari a  $1,55 \text{ cd}/\text{mq}$  (limite inferiore di  $1,00 \text{ cd}/\text{mq}$ ).

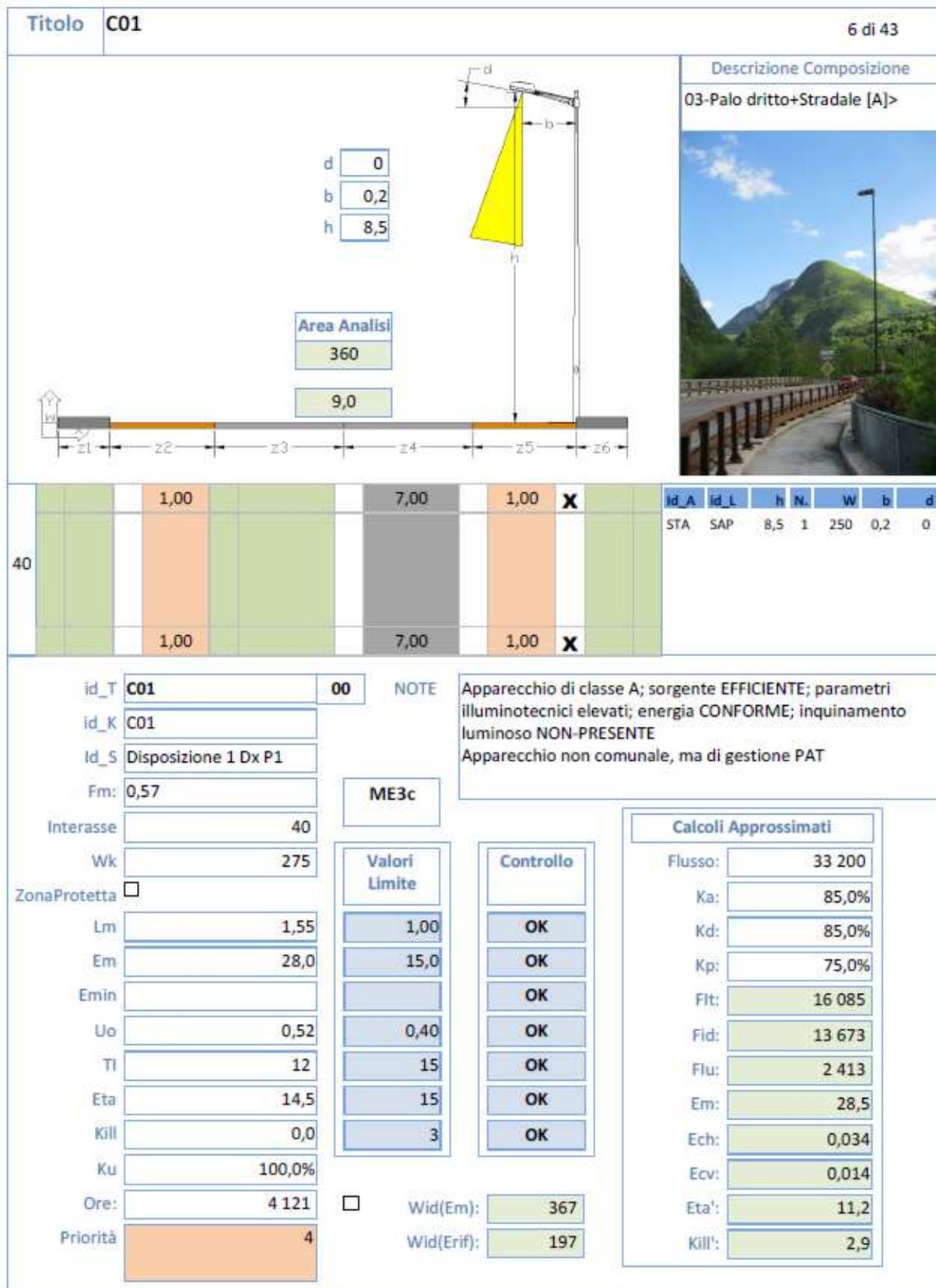


Fig. 29 - Scheda delle caratteristiche relative alla composizione analizzata prodotta dal software Rilievo-ILL

### 3.1.6.8 Tratto 8: Lover – Via Principale

L'ottavo tratto analizzato si trova lungo Via Principale, a Lover. Lungo questa strada sono presenti dei corpi illuminanti installati su palo a sbraccio con lampade ai vapori di sodio della potenza di 70 W. Le principali caratteristiche del tratto analizzato sono riportate nella tabella sottostante. La classe illuminotecnica ipotizzata per la carreggiata è CE5. Anche in questo caso si tratta di un corpo illuminante di classe A conforme, con inquinamento luminoso non presente.

Caratteristiche del tratto: stato di fatto		
Luogo	Lover	
Tratto	Via Principale	
Quadro elettrico	Q4	
Classificazione corpo illuminante	E01	
Classe illuminotecnica	CE5	
Lampada	1 x Vapori di Sodio	
Potenza lampada	W	70
Altezza pali	m	6,5
Distanza pali	m	24
Larghezza carreggiata	m	5,3
Larghezza marciapiede	m	-



Tab. 29 - Principali caratteristiche del tratto 8: Lover – Via Principale

In base alla curva fotometrica del corpo illuminante, l'apparecchio luminoso è classificato in classe A, per cui è necessario eseguire le verifiche utilizzando l'Allegato A, compilato secondo le direttive della LP 16/07. I risultati dell'analisi illuminotecnica, ottenuti anche mediante l'ausilio del software DIALUX®, sono riportati nella pagina seguente.

Dall'analisi dei risultati emerge che il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$  risulta di poco superiore al limite di legge ( $17,6 \text{ kWh}_{\text{annuo}}/\text{m}^2$ ); il parametro Kill (pari a 0), misuratore dell'illuminamento disperso, risulta verificato grazie all'ottica full cut-off. Inoltre, l'illuminamento medio garantito sulla carreggiata risulta coerente a questa tipologia di strada (10,4 lux).



Fig. 30 - Scheda delle caratteristiche relative alla composizione analizzata prodotta dal software Rilievo-ILL

### 3.1.6.9 Tratto 9: Segonzone – Via Lover

L'ultimo tratto analizzato è situato lungo Via Lover, nella frazione di Segonzone. In questa strada sono presenti dei punti luce installati su palo a sbraccio con corpi con lampade a LED della potenza di 62 W. Le principali caratteristiche del tratto analizzato sono riportate nella tabella sotto. Questo tratto presenta dei corpi illuminanti di recente installazione, con ottica full cut-off (classe A) che non determina flusso luminoso disperso verso l'alto. La classe illuminotecnica ipotizzata per la carreggiata è CE5.

Caratteristiche del tratto: stato di fatto		
Luogo	Segonzone	
Tratto	Via Lover	
Quadro elettrico	Q11	
Classificazione corpo illuminante	E03	
Classe illuminotecnica	CE5	
Lampada	LED	
Potenza lampada	W	62
Altezza pali	m	6
Distanza pali	m	25
Larghezza carreggiata	m	4
Larghezza marciapiede	m	-



Tab. 30 - Principali caratteristiche del tratto 9: Segonzone – Via Lover

In base alla curva fotometrica del corpo illuminante, l'apparecchio luminoso è classificato in classe A, per cui è necessario eseguire le verifiche utilizzando l'Allegato A, compilato secondo le direttive della LP 16/07. Mediante l'ausilio di apposito software è stata condotta un'analisi illuminotecnica i cui risultati sono riportati nella pagina seguente.

Dall'analisi dei risultati emerge che il coefficiente di efficienza normalizzato  $\eta$  ( $9 \text{ kWh}_{\text{annno}}/\text{m}^2$ ) risulta conforme, poiché inferiore al limite massimo di legge ( $15 \text{ kWh}_{\text{annno}}/\text{m}^2$ ); analogamente il parametro Kill (pari a 0), misuratore dell'illuminamento disperso, risulta corretto. L'illuminamento medio garantito è elevato, pari a 23,3 lux (limite minimo di 7,5 lux per questa tipologia di strada).

<b>Titolo</b> E03		15 di 43																											
		Descrizione Composizione E03-Palo+sbraccio+Artistico [A]V																											
25	<table border="1"> <tr> <td>4,00</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>4,00</td> <td>X</td> </tr> </table>		4,00	X	4,00	X	<table border="1"> <thead> <tr> <th>id_A</th> <th>id_L</th> <th>h</th> <th>N</th> <th>W</th> <th>b</th> <th>d</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TCA</td> <td>LED</td> <td>6,0</td> <td>1</td> <td>62</td> <td>0,8</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	id_A	id_L	h	N	W	b	d	TCA	LED	6,0	1	62	0,8	0								
	4,00	X																											
4,00	X																												
id_A	id_L	h	N	W	b	d																							
TCA	LED	6,0	1	62	0,8	0																							
id_T: <b>E03</b> 00    NOTE: CONFORME: apparecchio di classe A; sorgente EFFICIENTE; parametri illuminotecnici ELEVATI; energia CONFORME; inquinamento luminoso NON-PRESENTE.		id_K: E03 id_S: Disposizione 1 Dx P2 Fm: 0,80    CE5																											
Interasse: 25 Wk: 68 ZonaProtetta: <input type="checkbox"/>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Valori Limite</th> <th>Controllo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7,5</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>0,40</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>		Valori Limite	Controllo	7,5	OK	0,40	NO	15	OK	3	OK																
Valori Limite	Controllo																												
7,5	OK																												
0,40	NO																												
15	OK																												
3	OK																												
Lm: <input type="text"/> Em: 23,3 Emin: <input type="text"/> Uo: <input type="text"/> TI: <input type="text"/> Eta: 9,0 Kill: 0,0 Ku: 72,6% Ore: 4 121 Priorità: 0		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Calcoli Approssimati</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Flusso:</td> <td>4 740</td> </tr> <tr> <td>Ka:</td> <td>85,0%</td> </tr> <tr> <td>Kd:</td> <td>95,0%</td> </tr> <tr> <td>Kp:</td> <td>75,0%</td> </tr> <tr> <td>Fit:</td> <td>3 223</td> </tr> <tr> <td>Fid:</td> <td>3 062</td> </tr> <tr> <td>Flu:</td> <td>161</td> </tr> <tr> <td>Em:</td> <td>23,3</td> </tr> <tr> <td>Ech:</td> <td>0,006</td> </tr> <tr> <td>Ecv:</td> <td>0,003</td> </tr> <tr> <td>Eta':</td> <td>8,9</td> </tr> <tr> <td>Kill':</td> <td>2,4</td> </tr> </tbody> </table>		Calcoli Approssimati		Flusso:	4 740	Ka:	85,0%	Kd:	95,0%	Kp:	75,0%	Fit:	3 223	Fid:	3 062	Flu:	161	Em:	23,3	Ech:	0,006	Ecv:	0,003	Eta':	8,9	Kill':	2,4
Calcoli Approssimati																													
Flusso:	4 740																												
Ka:	85,0%																												
Kd:	95,0%																												
Kp:	75,0%																												
Fit:	3 223																												
Fid:	3 062																												
Flu:	161																												
Em:	23,3																												
Ech:	0,006																												
Ecv:	0,003																												
Eta':	8,9																												
Kill':	2,4																												
Wid(Em): 115 Wid(Erif): 37																													

Fig. 31 - Scheda delle caratteristiche relative alla composizione analizzata prodotta dal software Rilievo-ILL

### **3.1.7 Considerazioni generali sullo stato degli apparecchi illuminanti**

Riassumiamo di seguito le criticità individuate nella fase di analisi dello stato di fatto, così da stabilire un ordine di priorità degli interventi da effettuare, che saranno poi discussi in dettaglio nel capitolo successivo.

Come previsto dal Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso, gli interventi individuati dal presente P.R.I.C. verranno analizzati dall'Agenda Provinciale per l'Energia e suddivisi in urgenti e ordinari, in base al prodotto dei valori degli indici rilevati ( $K_{ILL}$  e  $\eta$ ) per ciascun intervento, moltiplicato per le relative aree efficaci  $A_{eff}$  (tali prodotti sono infatti maggiori per gli impianti più inquinanti, meno efficienti e più estesi).

Gli interventi urgenti, a seguito dell'approvazione dei piani di intervento del Bando Provinciale, potranno godere di incentivi economici provinciali per buona parte della spesa ammessa, nel caso di richiesta da parte di enti pubblici. Gli interventi ordinari potranno invece essere realizzati compatibilmente con la disponibilità tecnica e finanziaria dei soggetti coinvolti.

#### **3.1.7.1 Criticità nell'illuminazione stradale**

Le criticità maggiori riscontrate durante la modellazione dei vari tratti sono di seguito riassunte:

- presenza di numerose lampade a mercurio: queste lampade presentano una scarsa efficienza luminosa rispetto ad altre tipologie sul mercato, nonché problemi legati allo smaltimento a fine vita;
- presenza di ottiche (globi, soprattutto) che determinano inquinamento luminoso, ossia apparecchi che, nelle loro posizione di installazione, presentano un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore del 30%: tali apparecchi sono vietati in base alla L.P. 16/07;
- presenza di lampade che non garantiscono il rispetto dei requisiti minimi di illuminamento delle carreggiate e/o dei marciapiedi;
- presenza di punti luce che non garantiscono uniformità nella distribuzione della luce sulla sede stradale (causando l'alternanza di zone eccessivamente illuminate e di zone buie, anche a causa del funzionamento tutta notte/mezza notte);
- presenza di corpi illuminanti con lampade sovradimensionate rispetto all'area e alla tipologia di carreggiata da illuminare.

Per determinare una scala di criticità degli interventi necessari per la riqualificazione dell'illuminazione pubblica è stata realizzata la tabella con i tratti analizzati nel quale viene indicato l'ordine di priorità attribuito (tabella "Stato di fatto" visibile nella sezione allegati).

In questa tabella nella parte destra, in corrispondenza di ogni corpo illuminante presente è riportato un numero da 0 a 4 che indica la criticità del tratto in termini di inquinamento ed inefficienza luminosa e quindi la priorità di intervento per migliorarne lo stato attuale. 1 sta a significare priorità alta, 4 priorità bassa, mentre 0 esprime assenza di criticità. Tale numerazione è

visibile anche nelle schede precedenti, relative ai tipologici maggiormente diffusi nel sul territorio comunale.

Così, si può notare che l'intervento più urgente riguarda i tratti che presentano corpi a globo, sia privi di ottiche sia con lamelle deflettrici, e che quindi determinano una quantità di luce proiettata al di sopra del piano dell'orizzonte non trascurabile; inoltre presentano anche valori di efficienza molto scadenti.

In generale, un problema comune a numerosi tratti con impianto di illuminazione realizzato con questi corpi, emerso dall'analisi dello stato di fatto, è quello della scarsità dell'illuminamento garantito sul piano stradale (come visibile dai parametri  $E_m$  e  $L_m$  nelle schede precedenti, quasi sempre al di sotto del limite minimo); questo aspetto, considerato assieme alle elevate potenze installate per singolo punto luce (80 W, 125 W), determina di conseguenza una scarsa efficienza luminosa: il parametro  $\eta$  (eta) risulta raramente verificato.

Inoltre, laddove sono montate lampade ai vapori di mercurio si ritiene urgente la sostituzione con lampade più efficienti (al sodio, ioduri metallici o a tecnologia LED), indipendentemente dalla bontà dell'ottica montata.

In conclusione si è riscontrato che la maggior parte degli apparecchi illuminanti, a causa della loro età e della tecnologia utilizzata nella loro progettazione, non sono conformi alla Legge PAT del 3 ottobre 2007 n.16 e alle successive linee guida di applicazione. Inoltre è emerso che nella maggior parte dei casi la sede stradale risulta scarsamente e non uniformemente illuminata.

Ciò è maggiormente riscontrabile negli abitati di Campodenno e Termon, dove sono presenti parecchi tratti con impianti aventi apparecchi molto datati, privi di ottica, con sostegni in cemento e lampade per lo più a vapori di mercurio (analogamente alla componentistica dei quadri e delle linee di distribuzione).

Nelle frazioni di Lover e Segonzone sono invece presenti corpi con ottiche non inquinanti, lampade efficienti (a LED o ai vapori di sodio) e regolatori di flusso luminoso che permettono il rispetto dei requisiti in termini di illuminazione garantita ed efficienza energetica.

## 3.2 Proposte progettuali

Come detto in precedenza, si sono valutate alcune proposte per migliorare la situazione attuale dell'illuminazione pubblica sia dal punto di vista del rispetto dei requisiti illuminotecnici, sia da quello dell'efficienza energetica, previsti dalle norme in materia.

Tali proposte sono state realizzate non per il singolo tratto analizzato, ma secondo le principali tipologie di punti luce presenti sul territorio comunale, dal momento che, come si è visto nel capitolo precedente riguardo allo stato di fatto, i vari punti luce presenti sul territorio comunale sono riconducibili più o meno alle stesse tipologie di lampione/ottica.

### 3.2.1 Proposta d'intervento per tipologie

Nello specifico le tipologie per cui si sono considerate le proposte di intervento sono quelle analizzate in precedenza, relative ai tipologie dello stato di fatto, ossia:

- Punto luce di tipo A01-A02, con lampada a mercurio da 125 W - 80 W;
- Punto luce di tipo B01-B02, con lampada a mercurio da 125 W - 80 W;
- Punto luce di tipo D01-D02, con lampada a sodio da 250 W;
- Punto luce di tipo I (da I01 fino a I06), con lampade a mercurio da 80 W;
- Punto luce di tipo M01, con lampada a sodio da 70 W;
- Punti luce di tipo N01-N02, con lampade a sodio da 70 W.

Per tutte le tipologie si è proposta la sostituzione dell'ottica con una nuova, avente lampade con tecnologia a LED dal momento che solo questa tipologia permette di verificare tutti i requisiti illuminotecnici previsti dalla norma UNI EN 13201 sull'illuminazione stradale.

Vi è da dire che, tra le tipologie sopra elencate, è sicuramente prioritaria la sostituzione dei punti luce con lampade a mercurio, che tra l'altro sono quelli che presentano le ottiche più obsolete e che determinano maggior inquinamento luminoso.

Nella formulazione delle proposte, per motivi di semplicità e di omogeneità, si è scelto di limitare la varietà di corpi illuminanti utilizzati: ne sono state individuate tre tipologie, uno stradale, uno da arredo urbano ed uno tecnico, le cui caratteristiche fotometriche risultassero funzionali al contesto d'installazione. Tali soluzioni sono puramente esemplificative e non vogliono vincolare la scelta fatta riguardo agli specifici prodotti.

Le tre modellazioni dello stato di progetto sono state eseguite per i tipologie maggiormente diffusi e riferite, nello specifico, alle configurazioni seguenti:

- tipologia stradale per A01;
- tipologia da arredo urbano (con il corpo già installato sul territorio, p.es. a Segonzone) per A02 – B01 – B02;
- tipologia tecnica per tutte le rimanenti.

Per una sostituzione puntuale nelle singole vie e strade, la potenza di ciascuna sorgente luminosa andrà scelta di volta in volta in modo da garantire il rispetto dei parametri illuminotecnici e dei criteri di efficienza energetica, a seconda di ogni singolo tratto analizzato.



Fig. 32 – Corpo illuminante di tipo stradale, da arredo urbano e tecnico proposti in alcuni tratti; lampade a LED.

In aggiunta al cambio delle ottiche, si è previsto di dotare ogni corpo illuminante di regolatore di flusso, in modo da poter modulare il flusso luminoso (e regolare di conseguenza l'energia assorbita) in funzione di specifici orari, scelti in base al maggior o minor traffico veicolare sulla sede stradale di cui è visibile un profilo orario tipico, nel grafico seguente. In alternativa il regolatore può essere installato nel quadro, a monte dei vari punti luce.

In linea generale si è pensato di mantenere l'interasse attuale tra i pali esistenti, in modo da limitare gli interventi all'impianto elettrico: rispetto ad una realizzazione ex novo ciò può rappresentare un vincolo in termini di performance luminosa, anche se una scelta oculata delle nuove ottiche può consentire facilmente il raggiungimento di risultati illuminotecnici efficaci.

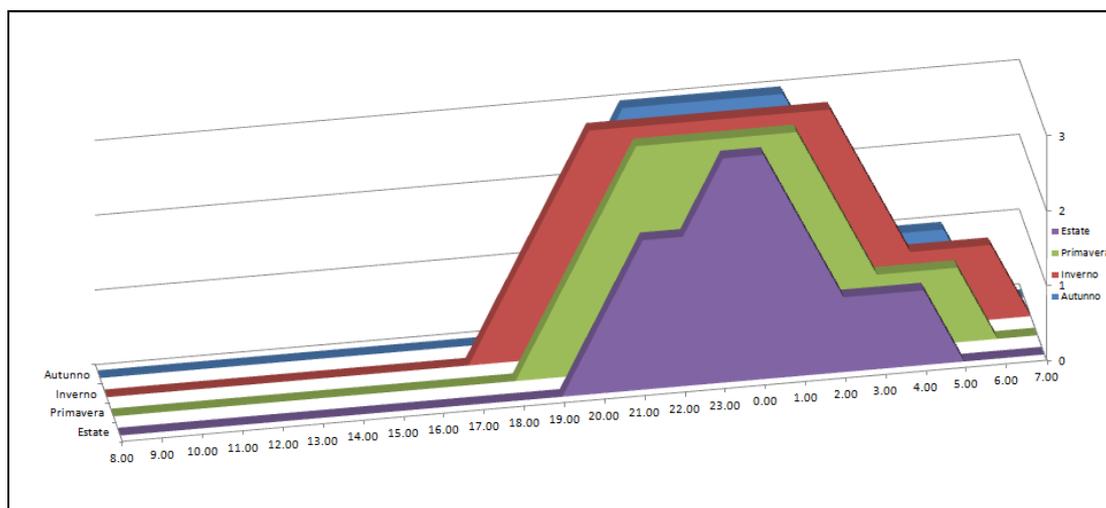


Grafico 2 – Profilo di funzionamento di un regolatore di flusso in funzione dell'ora e della stagione.

Di seguito si presentano alcune tabelle in cui si mette a confronto lo stato attuale con quello della proposta migliorativa, dove tra i vari parametri si possono apprezzare (in grassetto) i benefici conseguibili in termini di consumo energetico, consumo in bolletta e durata della lampada per punto luce.

### 3.2.1.1 Proposta per punti luce di tipologia stradale

A seguire si riporta la tabella relativa al confronto tra lo stato attuale e la proposta di miglioramento per i tratti con punti luce con ottica stradale (di tipo A01, presenti per esempio, in Strada Principale, Via Belvedere, Via del Giaz, Via Salvez).

Si nota come la potenza installata dal nuovo punto luce sia sensibilmente minore rispetto allo stato attuale e di conseguenza l'energia assorbita in un anno risulta di parecchio inferiore rispetto al caso attuale (169 kWh/anno per punto luce, rispetto a 425 kWh/anno); questo grazie anche ad un'accensione globale con regolatore di flusso in sostituzione dell'attuale funzionamento tutta notte – mezza notte. A fronte di un maggiore costo di acquisto della piastra a LED rispetto ad una lampada a mercurio (si è stimato un prezzo di 302,5 € solo per l'ottica a LED) si nota come la durata di vita della lampada LED sia notevolmente maggiore dell'altra (100.000 ore contro 20.000 che si traducono in circa 20 anni contro 6) e quindi il costo unitario di esercizio si attesta a circa 46 €/anno rispetto agli attuali 95 €/anno. Per l'ammodernamento complessivo del punto luce (installazione di corpo luminoso + posa del palo di sostegno) si è ipotizzato un costo di 1.089 €.

Caratteristiche del punto luce: confronto stato di fatto/proposta d'intervento			
Descrizione		Stato attuale - Lampade a Mercurio	LED + regolatore di flusso
Potenza nominale della lampada	W	125	57
Potenza assorbita dal punto luce	W	138	57
Ore di accensione equivalenti di ogni punto luce	h/anno	2992	2885
Consumo di energia annuo per punto luce	kWh/anno	<b>425</b>	<b>169</b>
Costo unitario energia da bolletta (2012)	€/kWh	0,22	0,22
Costo dell'energia per punto luce	€	93,56	37,26
Durata di una lampada	h	<b>20 000</b>	<b>100 000</b>
Costo di sostituzione di una lampada	€	10,89	302,50
Costo unitario di esercizio a punto luce	€/anno	<b>95,19</b>	<b>45,99</b>
Costo ammodernamento del punto luce		€	1 089,00

Tab. 31 – Confronto tra lo stato attuale e proposta con LED per un punto luce di tipo stradale.

Come visibile dalla tabella seguente l'intervento di sostituzione con LED permette di verificare tutti i parametri normativi previsti per una strada del tipo CE5, in particolare l'uniformità globale sul suolo stradale, come risulta dai due rendering seguenti.

Verifiche illuminotecniche: confronto stato di fatto/proposta d'intervento						
Verifiche secondo norma L. P. 16/2007		Requisiti	Stato attuale		Progetto con LED	
Illuminamento orizzontale medio mantenuto ( $E_m$ )	lux	7,5 ÷ 8,625	5,27	✗	8,50	✓
Uniformità globale minima di luminanza ( $U_0$ )	-	≥ 0,4	0,18	✗	0,44	✓
Efficienza dell'impianto ( $\eta$ )	kWh anno/m <sup>2</sup>	≤ 15	36	✗	9,00	✓
Indice di illuminazione dispersa ( $k_{ill}$ )	-	< 3	13,00	✗	Full cut off	✓

Tab. 32 – Confronto dei parametri illuminotecnici tra lo stato attuale e proposta con LED per un punto luce di tipo stradale.

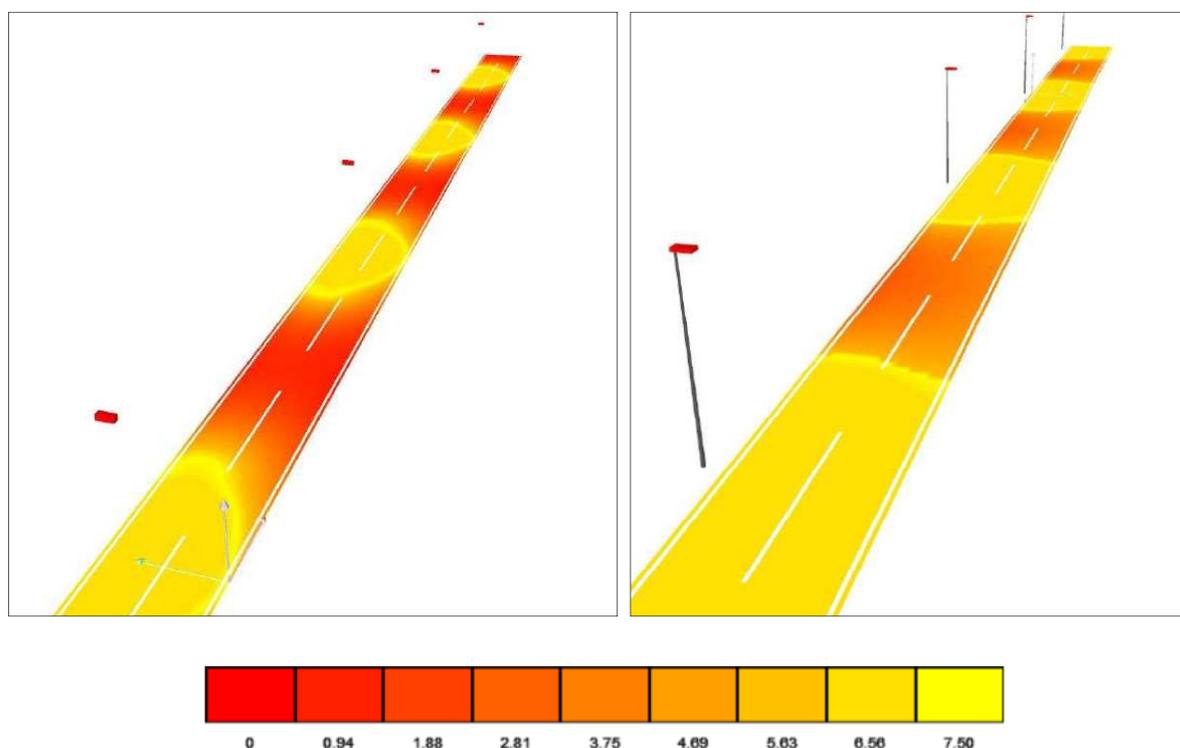


Fig. 33 – Confronto dei rendering a colori sfalsati dello stato attuale e della soluzione a LED proposta (scala colori espressa in lux).

### 3.2.1.2 Proposta per punti luce di tipologia da arredo urbano

Di seguito si riporta la tabella relativa al confronto tra lo stato attuale e la proposta di miglioramento per i tratti con punti luce con ottica da arredo urbano (di tipo A02, B02 posizionati a parete nei centri abitati).

Anche in questo caso, si osserva come la potenza installata sul punto luce sia sensibilmente minore rispetto allo stato attuale (44 W rispetto ad 80 W) e di conseguenza l'energia assorbita in un anno risulta sensibilmente inferiore al caso in esame (131 kWh/anno per punto luce, rispetto a 271 kWh/anno). A fronte di un maggiore costo di acquisto della piastra a LED rispetto ad una lampada a mercurio (si è stimato un prezzo di 242 € per l'ottica a LED) si nota come la durata di vita della lampada LED sia notevolmente maggiore e quindi il costo unitario di esercizio sia di circa 40 €/anno rispetto agli attuali 61 €/anno. Per l'ammodernamento complessivo del punto luce (installazione di corpo luminoso e posa del nuovo palo di sostegno) si è ipotizzato un costo di 950 €.

Caratteristiche del punto luce: confronto stato di fatto/proposta d'intervento			
Descrizione		Stato attuale - Lampade a Mercurio	LED + regolatore di flusso
Potenza nominale della lampada	W	80	44
Potenza assorbita dal punto luce	W	88	44
Ore di accensione equivalenti di ogni punto luce	h/anno	2992	2885
Consumo di energia annuo per punto luce	kWh/anno	<b>271</b>	<b>131</b>
Costo unitario energia da bolletta (2012)	€/kWh	0,22	0,22
Costo dell'energia per punto luce	€	59,66	28,76
Durata di una lampada	h	<b>18 000</b>	<b>60 000</b>
Costo di sostituzione di una lampada	€	9,68	242,00
Costo unitario di esercizio a punto luce	€/anno	<b>61,27</b>	<b>40,40</b>
Costo ammodernamento del punto luce		€	950,00

Tab. 33 – Confronto tra lo stato attuale e proposta con LED per un punto luce di tipo da arredo urbano.

Come visibile dalla tabella seguente l'intervento di sostituzione con LED permette di verificare tutti i parametri normativi previsti per una strada del tipo CE5.

Verifiche illuminotecniche: confronto stato di fatto/proposta d'intervento						
Verifiche secondo norma L. P. 16/2007		Requisiti	Stato attuale		Progetto con LED	
Illuminamento orizzontale medio mantenuto ( $E_m$ )	lux	7,5 ÷ 8,625	2,33	✗	7,90	✓
Uniformità globale minima di luminanza ( $U_0$ )	-	≥ 0,4	1,13	✓	0,40	✓
Efficienza dell'impianto ( $\eta$ )	kWh anno/m <sup>2</sup>	≤ 15	99	✗	11,80	✓
Indice di illuminazione dispersa ( $k_{III}$ )	-	< 3	56,00	✗	Full cut off	✓

Tab. 34 – Confronto dei parametri illuminotecnici tra lo stato attuale e proposta con LED per un punto luce di tipo da arredo urbano.

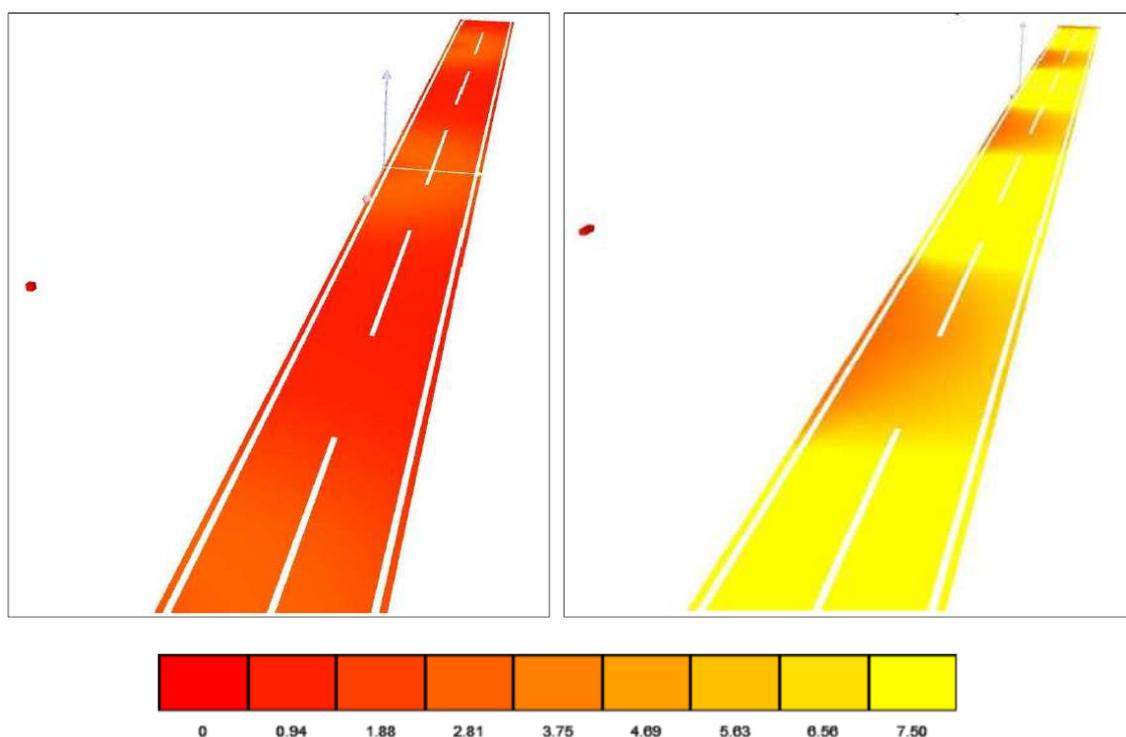


Fig. 34 – Confronto dei rendering a colori sfalsati dello stato attuale e della soluzione a LED proposta (scala colori espressa in lux).

### 3.2.1.3 Proposta per punti luce di tipologia tecnica

Di seguito si riporta la tabella relativa al confronto tra lo stato attuale e la proposta di miglioramento per i tratti con punti luce con ottica di tipo tecnico (I01, I06 ed i globi in genere con schermatura in vetro o plastica, dotati di alette o meno).

Anche in questo caso è possibile notare come la potenza installata dal punto luce sia minore rispetto allo stato attuale e di conseguenza l'energia assorbita in un anno risulta inferiore rispetto allo stato di fatto (122 kWh/anno per punto luce, rispetto a 271 kWh/anno). A fronte di un maggiore costo di acquisto della lampada a LED rispetto a quella a mercurio (si è stimato un prezzo di 302,5 € per l'ottica a LED) si nota come la durata di vita della lampada LED sia notevolmente maggiore (100.000 ore contro 18.000) e quindi il costo unitario di esercizio sia di circa 36 €/anno rispetto agli attuali 61 €/anno. Per l'ammodernamento complessivo del punto luce (installazione di ottica e posa del palo di sostegno) si è ipotizzato un costo di 944 €.

Caratteristiche del punto luce: confronto stato di fatto/proposta d'intervento			
Descrizione		Stato attuale - Lampade a Mercurio	LED + regolatore di flusso
Potenza nominale della lampada	W	80	41
Potenza assorbita dal punto luce	W	88	41
Ore di accensione equivalenti di ogni punto luce	h/anno	2992	2885
Consumo di energia annuo per punto luce	kWh/anno	<b>271</b>	<b>122</b>
Costo unitario energia da bolletta (2012)	€/kWh	0,22	0,22
Costo dell'energia per punto luce	€	59,66	26,80
Durata di una lampada	h	<b>18 000</b>	<b>100 000</b>
Costo di sostituzione di una lampada	€	9,68	302,50
Costo unitario di esercizio a punto luce	€/anno	<b>61,27</b>	<b>35,53</b>
Costo ammodernamento del punto luce		€	944

Tab. 35 – Confronto tra lo stato attuale e proposta con LED per un punto luce di tipo tecnico.

Come visibile dalla tabella seguente l'intervento di sostituzione con LED permette di verificare tutti i parametri normativi previsti per una strada del tipo CE5, garantendo così le condizioni di sicurezza e di efficienza richieste; inoltre la presenza di un corpo illuminante full cut-off garantisce la totale riduzione dell'inquinamento luminoso.

Verifiche illuminotecniche: confronto stato di fatto/proposta d'intervento						
Verifiche secondo norma L. P. 16/2007		Requisiti	Stato attuale		Progetto con LED	
Illuminamento orizzontale medio mantenuto	lux	<b>7,5 ÷ 8,625</b>	1,24	✗	8,40	✓
Uniformità globale minima di luminanza ( $U_0$ )	-	<b>≥ 0,4</b>	0,38	✗	0,56	✓
Efficienza dell'impianto ( $\eta$ )	kWh anno/m <sup>2</sup>	<b>≤ 15</b>	124	✗	10	✓
Indice di illuminazione dispersa ( $k_{ill}$ )	-	<b>&lt; 3</b>	16,00	✗	Full cut off	✓

Tab. 36 – Confronto dei parametri illuminotecnici tra lo stato attuale e proposta con LED per un punto luce di tipo tecnico.

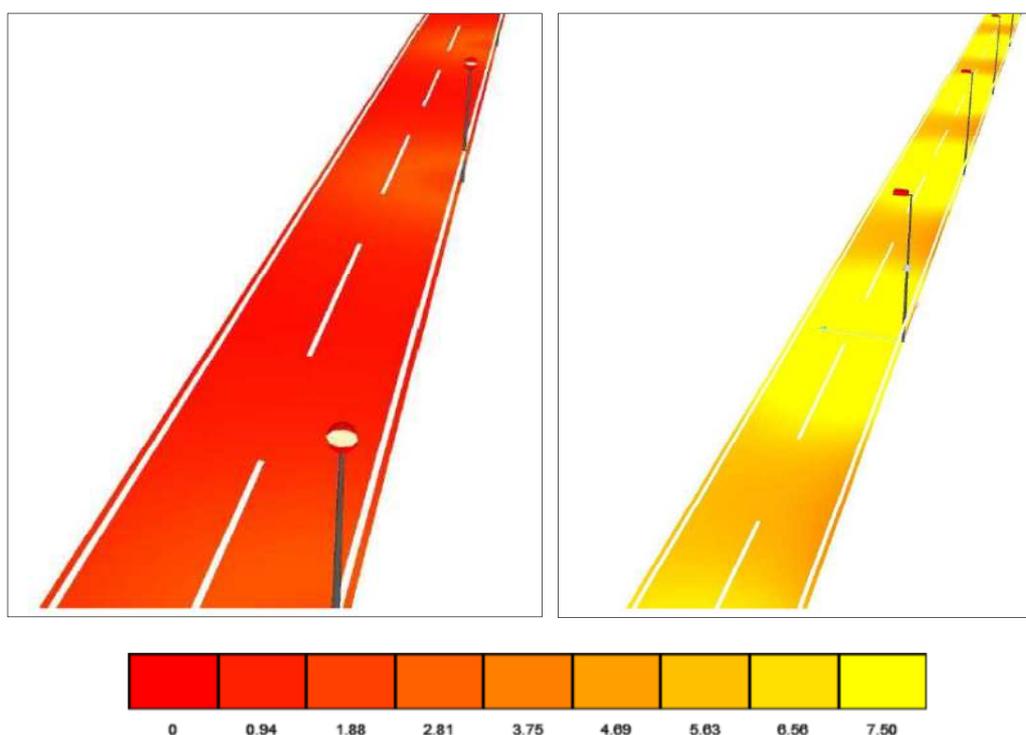


Fig. 35 – Confronto dei rendering a colori sfalsati dello stato attuale e della soluzione a LED proposta (scala colori espressa in lux).

### **3.2.2 Impianti di nuova realizzazione**

Per quanto riguarda gli impianti di nuova realizzazione che si andranno a progettare per le aree di espansione o per il completamento dell'impianto esistente, si consiglia di prendere a modello una delle soluzioni appena proposte in base alla tipologia di carreggiata e marciapiede presenti ed in base al tipo traffico veicolare che si ipotizza circolerà sulla sede stradale.

In linea di principio, per non creare disuniformità con i punti luce di recente realizzazione nelle frazioni minori, è consigliabile prevedere le nuove installazioni con i medesimi modelli eventualmente variando il numero e la forma delle lenti dei vari moduli a LED in funzione delle caratteristiche di carreggiata e marciapiede e comunque secondo le direttive di un progetto illuminotecnico ad hoc, che resta comunque necessario, in base a quanto descritto da norme e leggi vigenti.

### **3.2.3 Proposta di retrofit con lampade al sodio**

In conclusione, si riportano alcune tabelle relative alle tre tipologie di corpo illuminante maggiormente presenti nel territorio comunale ed aventi lampade a mercurio (pali a sbraccio tipo A01 - B01 e lanterne tipo I01 - I06) con potenza di 125 W e 80 W.

Per queste tipologie si è ipotizzato il retrofit delle lampade ai vapori di mercurio con lampade al sodio ad alta pressione da 100 W e 70 W rispettivamente (con l'eventuale cambio degli ausiliari se dovuto). Ciò per via del fatto che le lampade al sodio garantiscono un flusso luminoso maggiore, a fronte di una minor potenza installata e quindi di un minore assorbimento di energia durante l'anno.

Un intervento simile può essere preso in considerazione solamente in concomitanza dell'ordinaria sostituzione delle lampade a mercurio per fine vita delle stesse, dal momento che quelle al sodio presentano minori consumi di energia con rese superiori alle lampade a mercurio come visibile nella tabella seguente. E' bene ricordare che questa soluzione non sempre consente di rispettare i requisiti previsti dalle norme in materia (parametri illuminotecnici,  $\eta$ ,  $K_{ill}$ ), soprattutto in impianti già esistenti, come visibile in tabella 39; quindi, in caso di messa a norma dei vari tratti, si devono scegliere soluzioni diverse, come quelle elencate in precedenza, e comunque secondo le disposizioni di un progetto illuminotecnico realizzato ad hoc.

TIPO	CDO 70W	HPL 80W	SON 50W	SON 70W	SON 100W
Flusso Luminoso (lm)	5.600	3.600	3.400	6.000	9000
Effic. Luminosa (lm/W)	80	45	68	86	90
Temp. di Colore (K)	2.800	4.200	2.000	2.000	2000
Resa Cromatica (Ra)	78	48	25	25	25
Vita media (al 50%)	18.000	16.000	24.000	24.000	28.000
Vita economica	12.000	8.000	16.000	16.000	24.000

Tab. 37 – Confronto fra le caratteristiche delle lampade per il retrofit dello stato attuale di lampade a mercurio: alogenuri metallici (CDO), mercurio (HPL) e sodio (SON).

Si riporta di seguito la tabella con il confronto tra lo stato attuale di una lampada a mercurio da 80 W ed il retrofit proposto con una al sodio da 70 W.

Come si vede dalla tabella, il costo unitario di esercizio di un punto luce a seguito della sostituzione risulta essere di circa 45 €/anno, rispetto ai 54 €/anno della situazione con lampada a mercurio: questa diminuzione è dovuta al minor consumo di energia per via della minor potenza installata e alla maggior durata di vita della lampada (28.000 ore rispetto alle 16.000), sebbene il costo d'acquisto delle lampada al sodio sia leggermente più elevato di quelle a mercurio.

Caratteristiche del punto luce: confronto stato di fatto/proposta d'intervento				
Descrizione		Stato attuale - Lampade a Mercurio	Retrofit - Lampade al sodio	
Potenza nominale della lampada	W	80	70	
Potenza assorbita dal punto luce	W	88	77	
Ore di accensione medie di ogni punto luce (TN/MN)	h/anno	3036	3036	
Consumo di energia annuo per punto luce	kWh/anno	<b>275</b>	<b>241</b>	
Costo unitario energia (2011)	€/kWh	0,1799	0,1799	
Costo dell'energia per punto luce	€	49,51	43,32	
Durata di una lampada	h	<b>16.000</b>	<b>28.000</b>	
Costo di sostituzione di una lampada	€	10,89	13,31	
Costo unitario di esercizio a punto luce	€/anno	<b>53,64</b>	<b>44,76</b>	
Costo ammodernamento del punto luce		€	13,31	
Pay back time		anni	<b>1,50</b>	

Tab. 38 – Confronto tra lo stato attuale e proposta di retrofit con lampade a sodio da 70 W.

Come detto in precedenza, la soluzione del retrofit non va a migliorare la situazione attuale in termini di parametri illuminotecnici: come mostrato di seguito infatti, tutti i valori previsti per una strada di tipo CE5 non sono rispettati. Tale soluzione permette però di ridurre sensibilmente i consumi energetici, infatti come si può vedere dalle tabelle, il valore di efficienza  $\eta$  passa rispettivamente da 147 kWh/m<sup>2</sup> a circa 72 kWh/mq a parità di ore di funzionamento.

Verifiche illuminotecniche: confronto stato di fatto/proposta d'intervento						
Verifiche secondo norma L. P. 16/2007		Requisiti	Stato attuale		Retrofit con sodio	
Illuminamento orizzontale medio	lux	7,5 ÷ 8,625	1,83	✘	3,29	✘
Illuminamento orizzontale minimo mantenuto ( $E_{min}$ )	lux	-	0,31	-	1,21	-
Uniformità globale minima di luminanza ( $U_0$ )	-	≥ 0,4	0,37	✘	0,37	✘
Efficienza dell'impianto ( $\eta$ )	kWh <sub>anno</sub> /m <sup>2</sup>	≤ 15	147	✘	71,50	✘
Indice di illuminazione dispersa ( $k_{ill}$ )	-	< 3	App. vietato	✘	App. vietato	✘

Tab. 39 – Confronto dei parametri illuminotecnici tra lo stato attuale e proposta di retrofit con lampade a sodio da 70 W, per le tipologie A02, B02 e la serie dei globi attualmente con lampada a mercurio da 80 W.

## 4 Analisi dei risparmi ottenibili su scala comunale

In riferimento alle utenze pubbliche destinate all'illuminazione stradale, è stata effettuata un'analisi di quelli che potrebbero diventare i consumi elettrici a seguito della realizzazione degli interventi di miglioramento ipotizzati per la messa a norma dei vari tratti. Tale dato è stato confrontato con lo stato di fatto in modo da poter avere una stima dei risparmi ottenibili.

### 4.1 Risparmi ottenibili dalla realizzazione delle proposte d'intervento

Si è considerato l'adeguamento di tutti i tipologici modellati, secondo quanto illustrato nel capitolo 3.2: gli interventi ipotizzati prevedono l'utilizzo di sorgenti luminose a LED, ciascuna dotata di un riduttore di flusso stand-alone, per garantire l'attenuazione del flusso luminoso nelle ore notturne. La potenza di progetto e la tipologia di corpo illuminante sono state determinate raggruppando i vari punti luce in tre macro settori (arredo urbano, tecnico, stradale) ai quali è stata assegnata una potenza a seconda dei tipologici attuali maggiormente diffusi nel territorio comunale. I punti luce attualmente conformi alla normativa in termini di parametri illuminotecnici, energia assorbita ed inquinamento luminoso sono stati mantenuti tali anche nella soluzione di progetto. Di seguito è visibile la tabella riassuntiva di confronto tra lo stato di fatto e quello di progetto ipotizzato.

Confronto stato di fatto/stato di progetto			
Stato attuale	Numero sostegni	[n]	635
	Numero apparecchi	[n]	660
	Potenza installata	[kW]	67,30
	Energia assorbita annua	[kWh]	198 649
	Eta medio	[kWh <sub>anno</sub> /mq]	49,3
	Kill medio	-	17,4
Stato di progetto	Numero sostegni	[n]	635
	Numero apparecchi	[n]	642
	Potenza installata	[kW]	39,1
	Energia assorbita annua	[kWh]	115 981
	Eta medio	[kWh <sub>anno</sub> /mq]	12,5
	Kill medio	-	0,6
	Spesa media per punto luce	[€]	639
	Spesa complessiva	[€]	305 156
Confronto	Risparmio energia annuo	[kWh]	82 668
	Costo energia elettrica (2012)	[€/kWh]	0,220
	Risparmio economico annuo	[€]	18 187,0
	Pay back semplice	[anni]	17

Tab. 40 – Tabella di confronto tra lo stato di fatto e di progetto.

La precedente tabella evidenzia come a seguito degli interventi sia possibile ottenere una riduzione di potenza installata di circa il 40%, da 67,30 kW a 39,1 kW che consentirebbe tra l'altro di stipulare contratti con il fornitore di energia elettrica per minori potenze, con conseguente beneficio sui costi.

Sul fronte dei consumi la riduzione dell'energia elettrica assorbita annua sarebbe di circa il 30% dell'attuale, grazie alla diminuzione della potenza installata delle nuove lampade e alla presenza dei regolatori di flusso nei nuovi lampioni. Un altro vantaggio è dovuto alla riduzione delle perdite: queste infatti sono proporzionali all'energia che transita all'interno dell'impianto elettrico; a seguito della diminuzione dei consumi dovuta ai fattori sopra citati, si ha una riduzione delle perdite e quindi un'ulteriore diminuzione dei consumi totali.

Ciò considerato, consente, a fronte di un costo dell'energia elettrica pagato in bolletta pari a 0,220 €/kWh (prezzo desunto dalle bollette del 2012), un risparmio economico pari a circa 18.187 € all'anno rispetto ai consumi attuali; la spesa per una riqualificazione complessiva degli impianti di illuminazione pubblica è stata stimata in circa 305.156 €, con un costo medio per la riqualificazione del singolo punto luce di circa 639 €, come riassunto nella tabella in allegato.

#### 4.2 Risparmi conseguenti al retrofit delle lampade al mercurio

In seguito alla simulazione degli interventi per la messa a norma e la riqualificazione dei vari tratti di illuminazione pubblica, è stata realizzata anche un'analisi di quali sarebbero i risparmi ottenibili ed i costi necessari per la sostituzione di tutte lampade al mercurio, attualmente molto diffuse sul territorio comunale, con lampade al sodio ad alta pressione.

Data la maggiore efficienza delle nuove lampade, a seguito della sostituzione, si riesce ad ottenere un aumento del flusso luminoso irradiato dal singolo punto luce a fronte di una riduzione della potenza installata. Come già illustrato in precedenza tale diminuzione si riflette positivamente sulle perdite della rete elettrica, portano ad una ancora maggiore riduzione dei consumi. Nella seguente tabella si riportano le caratteristiche delle lampade installate attualmente e di quelle che si ipotizza vengano utilizzate per la sostituzione.

Modalità di sostituzione			
Lampada in uso (mercurio)		Lampada nuova (ai vapori di sodio)	
[W]	[lm]	[W]	[lm]
80	3600	70	6000
125	6200	100	9000

Tab. 41 – Caratteristiche delle lampade in uso e di quelle previste per la sostituzione.

La minore resa cromatica delle lampade ai vapori di sodio può rendere la loro installazione non indicata per illuminare zone di elevato pregio architettonico, dove risulta di maggiore interesse la valorizzazione dell'ambiente che la funzionalità e l'economicità. In tali situazioni si consiglia quindi di optare per lampade agli ioduri metallici che presentano delle caratteristiche di resa cromatica e temperatura di colore molto più gradevoli all'occhio umano; in modo analogo, per ottenere un'uniformità luminosa, si consiglia questa tipologia di lampada laddove vi siano numerosi punti luce che già montano lampade di questo tipo.

Questo tipo di lampada ha tuttavia dei costi maggiori e una durata di vita minore rispetto a quelle ai vapori di sodio, quindi, qualora si optasse per l'applicazione di questa alternativa per una determinata porzioni di punti luce, i dati di risparmio contenuti nell'analisi effettuata verrebbero ridimensionati in proporzione. Rimane il fatto che tali lampade risultano comunque più efficienti di quelle a mercurio.

<b>Sostituzione lampade a vapori di mercurio con sodio alta pressione</b>				
		Numero	Potenza installata	Energia consumata
			[kW]	[kWh]
<b>Stato attuale</b>	Lampada mercurio 80 W	145	12,8	40 087
	Lampada mercurio 125 W	101	13,9	43 788
	<b>Totale lampade a mercurio</b>	<b>246</b>	<b>26,7</b>	<b>83 874</b>
<b>Intervento di retrofit con Sodio</b>	Lampada sodio 70 W	145	11,2	35 076
	Lampada sodio 100 W	101	11,1	34 903
	<b>Totale lampade sostituite</b>	<b>246</b>	<b>22,3</b>	<b>69 979</b>
Riduzione energia assorbita a seguito degli interventi				17%
Risparmi in bolletta a seguito dell'intervento				€ 3 056,97
Costo dell'intervento su scala comunale				€ 3 380,74
Tempo di ritorno semplice dell'investimento [anni]				1,1

Tab. 42 – Riepilogo dei dati riguardanti l'ipotesi di sostituzione delle lampade al mercurio

Nella tabella precedente vengono riportati i dati ottenuti dall'analisi effettuata che evidenziano come, sostituendo le 246 lampade al mercurio con quelle al sodio, sia ottenibile una diminuzione dell'energia assorbita del 17%, il che porterebbe ad un risparmio di circa 3.057 € sulla bolletta elettrica annua.

Nell'analisi si è ipotizzato di sostituire le attuali lampade da 80 W al mercurio con nuove al sodio ad alta pressione da 70 W e analogamente quelle da 125 W con nuove da 100 W.

Nell'analisi si sono considerate le stesse ore di funzionamento all'anno attuali (tenendo conto del funzionamento tutta notte/mezza notte), la presenza degli ausiliari e il 5% di perdite sulla rete.

Considerando dei prezzi medi di mercato delle lampade al sodio ad alta pressione, la spesa per la sostituzione di tutte le lampade al mercurio si aggirerebbe sui 3.380 €. A fronte dei risparmi ottenibili, tale investimento ha un tempo di ritorno semplice di poco superiore ad un anno.

Se quindi l'amministrazione comunale non avesse intenzione di intervenire a breve termine nell'ammodernamento o nel rifacimento degli impianti di illuminazione pubblica, può trovare in quest'analisi uno strumento utile per valutare la possibilità di realizzare un intervento temporaneo che presenta vantaggi sia dal punto di vista delle prestazioni illuminotecniche che dell'economicità di esercizio, pur non garantendo gli standard di sicurezza e di qualità luminosa imposti dalle normative per le nuove realizzazioni.

### **4.3 Nota al paragrafo 4.2**

Nel periodo luglio/agosto 2013, l'amministrazione comunale ha aderito ad un progetto europeo per la riqualificazione di alcuni punti luce pubblici situati nel centro storico di Campodenno e Termon secondo le modalità indicate al paragrafo precedente.

Tale progetto prevede la sostituzione delle lampade a mercurio da 80 W e 125 W dei punti luce più obsoleti (con palo a sbraccio) con nuove ai vapori di sodio di potenza minore e l'installazione di dimmer stand-alone per la regolazione del flusso luminoso punto per punto.

Il progetto attualmente non è ancora concluso e non si è a conoscenza dell'entità e delle caratteristiche delle sostituzioni previste e già realizzate. Si può tuttavia confermare che la scelta intrapresa va nella direzione giusta per il contenimento dei consumi energetici ed il miglioramento delle performance illuminotecniche dei punti luce, così come evidenziato al punto precedente.

Una volta concluso il progetto sarà possibile inserire i nuovi punti luce all'interno del database del programma Rilievo-ill, in modo da aggiornare il programma di gestione con questa significativa modifica.

## 5 Aree omogenee di interesse

Accanto all'analisi dei principali tratti stradali è stata eseguita anche la valutazione di particolari parti di impianti a servizio di aree di interesse architettonico, culturale o sportivo, così come richiesto esplicitamente al capo VI della LP 16/07. In particolare, la normativa stabilisce di prendere in considerazione l'inquinamento luminoso prodotto dai corpi luminosi destinati all'illuminazione di edifici storici e monumenti, impianti sportivi, aree verdi, impianti di illuminazione esterna in zone coperte (ad esempio portici, sottopassi, ecc.), fasci di luce, insegne luminose, ecc.

### 5.1 Verifica degli apparecchi illuminanti in aree omogenee di interesse

Si è cercato in questo capitolo di analizzare le situazioni più significative dal punto di vista illuminotecnico, per poter stabilire quali necessitino eventualmente di un intervento di sistemazione o di adeguamento. Le casistiche più rilevanti, riscontrate in fase di sopralluogo, sono principalmente dovute a proiettori installati per illuminare facciate di edifici storico-artistici o zone di interesse collettivo quali piazze, campi da gioco.

Per quanto riguarda l'illuminazione di facciate di edifici storici e monumenti, la LP 16/07 stabilisce che la luminanza media deve essere inferiore a  $0,8 \text{ cd/m}^2$  sulla superficie illuminata ovvero (nel caso di forme da illuminare) sul rettangolo circoscritto alla figura stessa. Inoltre, è necessario che, nel caso si utilizzino proiettori, i fasci di luce da essi prodotti siano mantenuti rigorosamente all'interno della sagoma da illuminare.

#### 5.1.1 Campodenno – Campo sportivo via Salvez

Il campo sportivo di Campodenno (figura 33) è attualmente illuminato utilizzando alcuni punti luce posti su torri-faro in prossimità dei quattro vertici del campo. In particolare, sono presenti:

- 4 torri-faro con 4 proiettori ciascuna, ognuno della potenza di 2.000 W. Questi fari sono orientati in maniera differente in modo tale da cercare di illuminare uniformemente la superficie dell'impianto sportivo.

Il campo sportivo è stato modellato utilizzando il software DIALUX®, in modo da poter avere un riscontro visivo di quanto rilevato in situ e per riuscire a stimare il livello di illuminamento del manto erboso. Il rendering tridimensionale e a colori sfalsati della modellazione sono presentati in figura 29, mentre in tabella 31 è riportata la verifica dei parametri imposti dalla normativa vigente nella Provincia Autonoma di Trento.



Fig. 36 – Tipologie di corpi illuminanti utilizzati per l'illuminazione del campo sportivo di Campodenno: torri-faro con proiettori agli ioduri metallici di potenza pari a 2.000 W.

Verifiche illuminotecniche			
Verifiche secondo norma L. P. 16/2007		Requisiti	Stato attuale
Indice di illuminazione dispersa nel caso di nuove realizzazioni e rifacimenti ( $k_{III}$ )	-	$\leq 3$	7,0
Indice di illuminazione dispersa nel caso di adeguamenti con sistemi meccanici come visiere o alette ( $k_{III}$ )	-	$\leq 4$	7,0
Valore suggerito di illuminamento medio per aree ricreative con modesta affluenza di pubblico	[lux]	$\leq 100$	104,0

Tab. 43 – Risultati illuminotecnici per il Campo Sportivo di Campodenno.

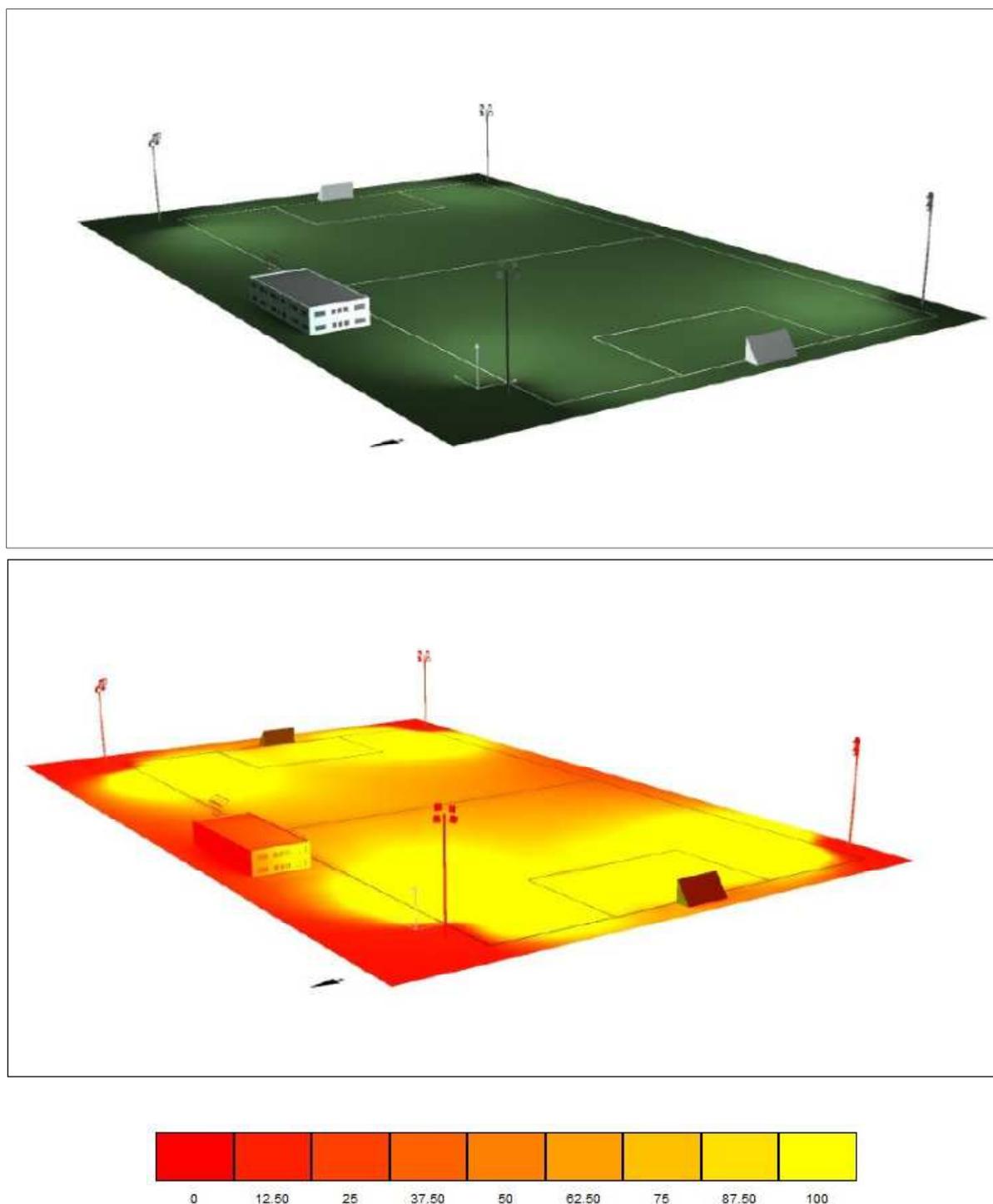


Fig. 37 – Rendering tridimensionale del Campo Sportivo di Campodenno e della simulazione che riporta l'illuminamento sul piano di gioco (scala colori espressa in lux).

Dal rendering si nota che il campo sportivo è illuminato in modo disuniforme, a causa della disposizione puntuale dei corpi illuminanti; comunque a livello del piano da gioco è risultato esservi un livello di luminosità abbastanza conforme con quanto previsto dalla normativa. E' bene sottolineare che solitamente un campo da gioco per incontri dilettantistici dovrebbe presentare un

illuminamento medio di 100 lux; dai risultati della modellazione si riscontra un illuminamento pari a 104 lux. La verifica illuminotecnica, limitata in questo caso alla valutazione dell'indice di illuminazione dispersa  $K_{ILL}$ , (pari a 7) evidenzia come non sia rispettato il limite imposto dalla normativa vigente, presumibilmente a causa dell'errato orientamento dei fasci luminosi, indice di una quantità di luce diretta/riflessa verso l'alto.

### 5.1.2 Termon - Campo da tennis

Il campo da tennis analizzato è situato sulle pendici del Monte Alto a monte dell'abitato di Termon. Esso è servito da un impianto di illuminazione composto da quattro torri faro, su ciascuna delle quali sono montati due proiettori con lampada agli ioduri metallici della potenza di 400 W. La potenza complessiva installata risulta essere di 3.328 W, considerando anche gli assorbimenti degli ausiliari.

Tramite modellazione tridimensionale, eseguita con software illuminotecnico, è stata simulata la diffusione del flusso luminoso emesso dagli 8 proiettori presenti, per rendere possibile il calcolo del coefficiente di illuminamento disperso, secondo quanto previsto dalla normativa provinciale, tramite il calcolo dell'illuminamento medio mantenuto sul campo da gioco e l'illuminamento medio disperso ad un'altezza di 20 metri.

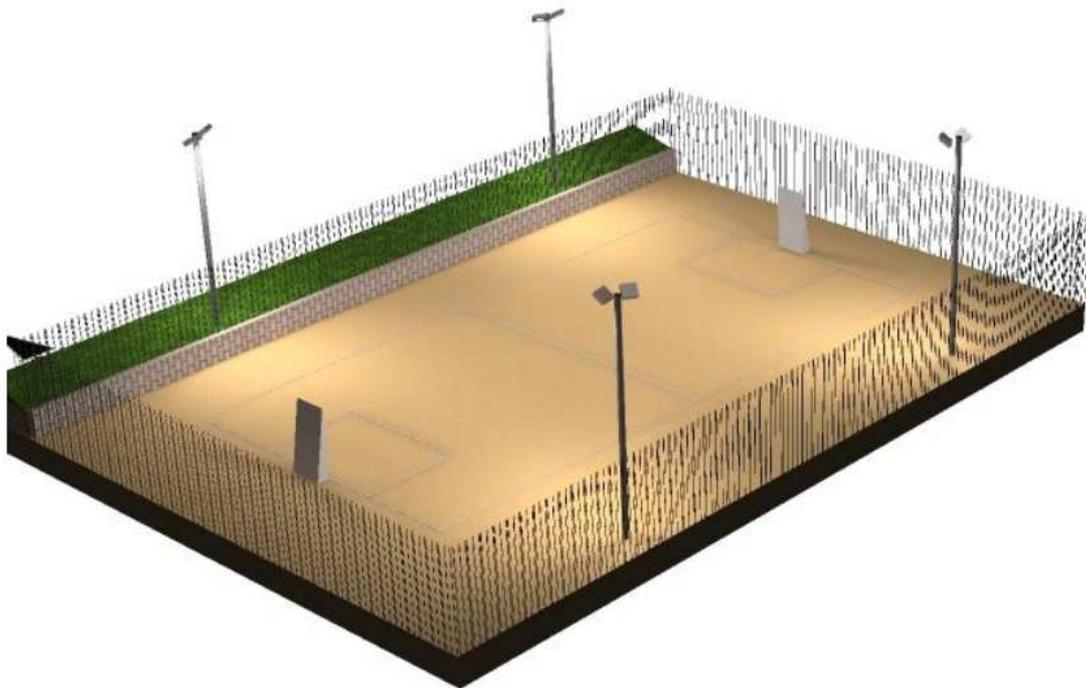


Fig. 38 - Rendering tridimensionale del campo da tennis di Termon

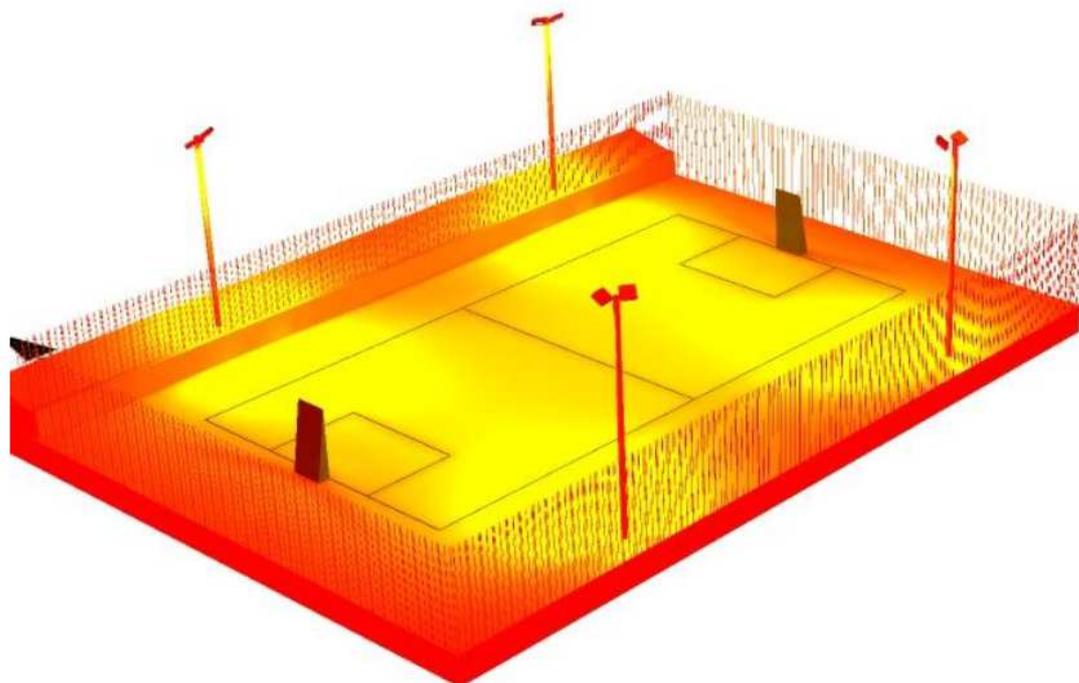


Fig. 39 - Rappresentazione tridimensionale del campo da tennis di Termon; raffigurazione a colori sfalsati

Sono riportati qui sopra i rendering ottenuti a seguito della modellazione, il secondo dei quali utilizza una scala di gradazioni del rosso per rendere all'occhio l'effetto che le sorgenti luminose producono. Nella seguente tabella sono invece indicati i valori numerici ottenuti dalla modellazione e i risultati dei calcoli effettuati per la verifica dei parametri richiesta dalla L.P. 16/2007.

Verifiche illuminotecniche			
Verifiche secondo norma L. P. 16/2007		Requisiti	Stato attuale
Indice di illuminazione dispersa nel caso di nuove realizzazioni e rifacimenti ( $k_{III}$ )	-	$\leq 3$	5,7
Indice di illuminazione dispersa nel caso di adeguamenti con sistemi meccanici come visiere o alette ( $k_{III}$ )	-	$\leq 4$	
Valore suggerito di illuminamento medio per aree ricreative con modesta affluenza di pubblico	[lux]	$\leq 100$	142,0

Tab. 44 - Risultati illuminotecniche relativi al campo di tennis di Termon

Come emerge dai dati ripostati in tabella, l'illuminamento medio mantenuto è eccessivo per la tipologia di gioco e di pubblico a cui la struttura si rivolge; Allo stesso modo anche l'indice di illuminazione dispersa risulta eccessivo. Per ovviare a queste criticità si consiglia di razionalizzare la i punti luce presenti e di procedere ad una loro corretta orientazione, in modo da eliminare la criticità dal punto di vista dell'inquinamento luminoso.

### 5.1.3 Quetta - Chiesa di Sant'Egidio

La chiesa di Sant'Egidio è situata nella parte orientale Piazza Cardinal Ruffini a Quetta. L'impianto di illuminazione a suo servizio è composto da quattro proiettori, ciascuno dei quali monta una lampada a scarica alogene ioduri metallici della potenza di 70 W. I proiettori sono orientati in modo da fornire un'uniformi illuminazione della facciata.

Secondo la normativa provinciale, per quando riguarda l'illuminazione di edifici e monumenti storici, il valore di luminanza della facciata non può superare le  $0,8 \text{ cd/m}^2$ , ed i fasci luminosi non possono uscire dal perimetro della facciata stessa.

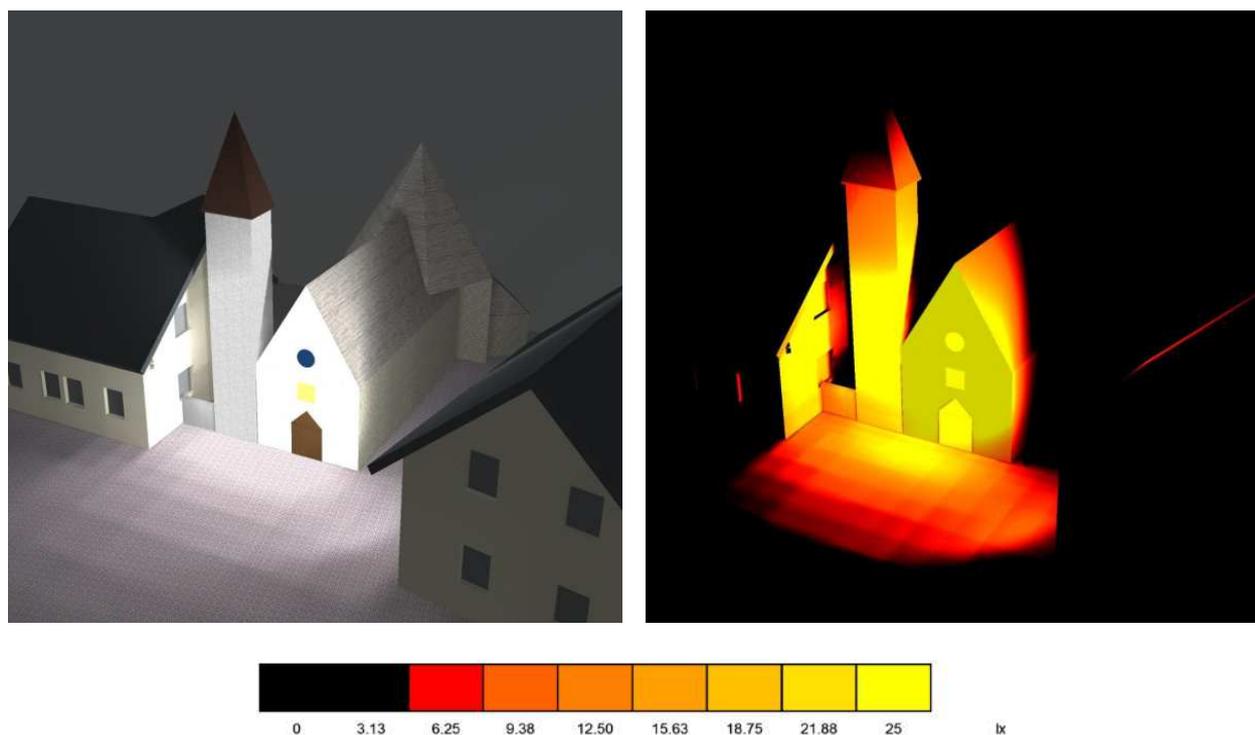


Fig. 40 - Rendering tridimensionali della Chiesa di Sant'Egidio

Anche in questo caso, con l'ausilio di apposito software, è stata eseguita la modellazione tridimensionale della scena esterna, andando a verificare il rispetto del limite sopra citato e quello relativo al coefficiente di illuminazione disperso. Nella precedente figura sono riportate le rappresentazioni grafiche della diffusione luminosa, mentre nella seguente tabella si elencano i parametri ottenuti dai risultati del calcolo.

Verifiche illuminotecniche			
Verifiche secondo norma L. P. 16/2007		Requisiti	Stato attuale
Luminanza media della facciata della chiesa ( $L_m$ )	$cd/m^2$	$\leq 0,8$	4,1
Luminanza media della facciata del campanile ( $L_m$ )	$cd/m^2$	$\leq 0,8$	12,2
Indice di illuminazione dispersa ( $k_{ill}$ )	-	$\leq 3$	7,7

Tab. 45 - Risultati illuminotecnici ottenuti tramite modellazione della Chiesa di Sant'Egidio

Dai risultati riportati nella precedente tabella si può vedere come il limite di luminanza media delle facciate sia ampiamente superato, così come il parametro per la misura dell'illuminamento disperso. Sarà quindi necessario procedere ad una diminuzione della potenza installata e ad un migliore orientamento dei fasci luminosi.

## 6 Considerazioni sugli impianti di illuminazione privati

Accanto agli impianti già analizzati, dediti all'illuminazione stradale, a quella di impianti sportivi, aree verdi e all'illuminazione di facciate di edifici storici, all'interno del territorio comunale sono presenti impianti privati, utilizzati principalmente per l'illuminazione di giardini, viali di accesso e parcheggi. Il Piano Regolatore per l'Illuminazione Comunale prevede che vengano individuate in questo senso le situazioni più rilevanti e che vengano così descritte le principali criticità presenti, anche se è necessario tenere in considerazione che non è stato possibile avere a disposizione le reali potenze installate e, in alcuni casi, nemmeno risalire alla tipologia di lampada presente. Si ritiene tuttavia che nella maggior parte dei casi siano installate lampade fluorescenti, che presentano potenze abbastanza contenute (circa 20-30 W), mentre per quanto riguarda i proiettori l'incertezza risulta maggiore. Si riportano nei paragrafi seguenti le rilevazioni più significative dal punto di vista illuminotecnico.

### 6.1.1.1 Villette e abitazioni private

Prendendo in considerazione le villette e le abitazioni private, è emerso che vi sono alcune situazioni in cui sono installati corpi illuminanti del tipo a globo classificati come apparecchi vietati (classe E) secondo la normativa vigente in Provincia Autonoma di Trento. Nelle figure successive sono presentate alcune foto generiche di questi impianti, utilizzati principalmente per l'illuminazione di giardini, viali e strade di accesso.





Fig. 41 – Punti luce dedicati all'illuminazione privata

### 6.1.2 Criticità nell'illuminazione privata

Per quanto riguarda la tipologia di apparecchi presenti, si è riscontrato che il tipo di lampada più diffusa e utilizzata per l'illuminazione di giardini privati e vialetti di accesso è del tipo a globo, con sfera trasparente od opalina, il più delle volte senza alette, vietato dalla L.P. 16/2007.

Sono stati inoltre censiti nel paese di Campodenno alcuni impianti che montano fari per l'illuminazione parcheggi e viali di transito mezzi (p.es stabilimento Melinda); ad un esame visivo è risultato che le lampade installate possano essere a scarica di discreta potenza.

## 6.2 Proposte per gli impianti privati che presentano criticità evidenti

Con riferimento agli impianti appartenenti a privati cittadini o comunque di non diretta competenza del Comune, si consiglia innanzitutto l'introduzione di politiche di sensibilizzazione ed eventualmente di incentivazione alla sostituzione del materiale fuori norma attualmente installato.

La sostituzione delle lampade a globo risulta in linea generale prioritaria a causa dell'elevato inquinamento luminoso che producono, nonostante la scarsa potenza installata. Quest'ultima andrebbe comunque verificata nei casi visti in precedenza per poter proporre soluzioni conformi.

## 7 Normativa di riferimento

Si riporta di seguito l'elenco della normativa e delle leggi di riferimento:

- P.A.T. - Legge provinciale 3 ottobre 2007, n. 16 (Risparmio energetico e inquinamento luminoso).
- UNI 11248 : Illuminazione stradale: selezione delle categorie illuminotecniche;
- UNI EN 13201-2: Illuminazione stradale - requisiti prestazionali;
- UNI EN 13201-3: Illuminazione stradale – Parte 3: calcolo delle prestazioni;
- Norma CIE 154 del 2003 - Manutenzione dei sistemi di illuminazione elettrici per esterni;
- Norma CEI 64/7 - Impianti elettrici di illuminazione pubblica;
- Legge n° 186 01/03/68 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchine e impianti elettrici ed elettronici;
- Legge n° 791 18/10/77 Attuazione direttiva 73/23/CEE relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione;
- D.M. 37/08 22/01/08 Norme per la sicurezza degli impianti;
- Guida CEI 0-2 fascicolo 2459G - Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;
- Norme CEI applicabili alla tipologia di impianti elettrici e ai luoghi di installazione previsti;
- Norme UNI e UNEL per i materiali unificati.

## 8 Allegati

### ***Elaborati prodotti dal programma di gestione Rilievo-ILL***

- Allegato A - Elenco Composizioni con Vie;
- Allegato B - Analisi Tipologici - Rilievo;
- Allegato C - Modelli A e B;
- Allegato D - Quadri Elettrici;
- Allegato E - Costi di Manutenzione stato di Fatto;
- Allegato F - Elenco Stato di Fatto;
- Allegato G - Elenco Stato di Progetto;
- Allegato H - Elenco Stato di Intervento;
- Allegato I - Analisi Tipologici - Progetto.

### ***Elaborati grafici***

- Tavola 1: Tavola Dislocazione Quadri di Illuminazione Pubblica;
- Tavola 2: Numerazione Progressiva dei Punti Luce Comunali;
- Tavola 3: Tipologie di Corpi Illuminanti Presenti sul Territorio Comunale;
- Tavola 4: Potenze e Tipologie delle Lampade per Illuminazione Pubblica.