

POLITECNICO DI TORINO

DENERG – Energy Department

Master of Science in Energy and Nuclear Engineering



**Politecnico
di Torino**

Master Thesis

**Riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica: dal
bando al progetto definitivo. Caso studio comune di
Villafranca Piemonte.**

Relatori:

Prof.ssa Elisa Guelpa
Prof.ssa Anna Pellegrino

Candidato:

Matteo Lubatti

29 Novembre 2021
Anno Accademico 2021/2022

Abstract

La presente tesi ha come oggetto l'analisi del progetto per il bando regionale "POR FESR 2014/2020" di riqualificazione energetica degli impianti di illuminazione pubblica di proprietà del Comune di Villafranca Piemonte, che presentano allo stato attuale diverse criticità legate principalmente alla presenza di sorgenti luminose poco efficienti prive di regolatori di flusso che determinano un consumo energetico totale molto elevato e non a norma.

L'obiettivo dell'elaborato è quello di descrivere tutti i procedimenti che hanno portato alla realizzazione del progetto definitivo, in particolar modo mettendo in luce le scelte progettuali condizionate dai requisiti del bando, dalle volontà, dalle linee guida del PRIC e dalle disponibilità economiche del comune.

La tesi, in particolar modo, analizza le scelte progettuali della messa a norma dei quadri di alimentazione, laddove necessario, della sostituzione degli apparecchi di illuminazione dotati di lampade sap, alogenuri metallici e a luce miscelata, con apparecchi equipaggiati a led ad alta efficienza completi di regolatore di flusso luminoso.

In secondo luogo, si vogliono mettere in risalto tutte le criticità legate ai processi di intervento per la riqualificazione energetica dell'illuminazione pubblica delle piccole e medie realtà comunali, evidenziando le potenzialità, i limiti e le incongruenze riscontrate in fase di progettazione per l'ammissione al bando.

Indice

INTRODUZIONE.....	1
1 CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA COMUNALE	5
1.1 STORIA DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA	5
1.2 SORGENTI/LAMPADE PER L'ILLUMINAZIONE PUBBLICA	7
1.2.1 <i>Lampade a incandescenza</i>	<i>7</i>
1.2.2 <i>Lampade a scarica.....</i>	<i>8</i>
1.2.3 <i>Lampade a stato solido.....</i>	<i>9</i>
1.3 PARAMETRI DI VALUTAZIONE DELLE SORGENTI.....	10
1.3.1 <i>Efficienza luminosa [lm/W]</i>	<i>10</i>
1.3.2 <i>Temperatura di colore correlata [K].....</i>	<i>10</i>
1.3.3 <i>Indice di resa cromatica [R_a o CRI]</i>	<i>11</i>
1.3.4 <i>Durata media [h].....</i>	<i>11</i>
1.3.5 <i>Riepilogo e analisi dei diversi parametri.....</i>	<i>12</i>
1.4 APPARECCHI PER L'ILLUMINAZIONE PUBBLICA	13
1.5 SISTEMI PER LA GESTIONE DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA	14
1.5.1 <i>I sistemi di temporizzazione.....</i>	<i>14</i>
1.5.2 <i>I sistemi di regolazione del flusso luminoso (dimmer)</i>	<i>15</i>
1.5.3 <i>Illuminazione adattiva</i>	<i>16</i>
2 NORMATIVE E LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO	19
2.1 NORMATIVE E/O DECRETI LEGISLATIVI PER L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO	19
2.1.1 <i>Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima</i>	<i>20</i>
2.1.2 <i>Criteri Minimi Ambientali di riferimento per l'illuminazione pubblica</i>	<i>21</i>
2.1.2.1 <i>CAM – Capacità del candidato.....</i>	<i>21</i>
2.1.2.2 <i>CAM – Specifiche tecniche.....</i>	<i>22</i>
2.1.2.3 <i>CAM – Criteri di sostenibilità</i>	<i>22</i>
2.2 NORMATIVE E/O DECRETI LEGISLATIVI COMPATIBILI CON IL CODICE DELLA STRADA.....	23
2.2.1 <i>UNI 11248:2016 – “Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche”</i>	<i>23</i>
2.2.2 <i>UNI EN 13201:2016 – “Illuminazione stradale”</i>	<i>28</i>
2.2.2.1 <i>UNI EN 13201-2/2016.....</i>	<i>28</i>
2.2.2.2 <i>UNI EN 13201-3/2016.....</i>	<i>29</i>
2.2.2.3 <i>UNI EN 13201-4/2016.....</i>	<i>31</i>
2.2.2.4 <i>UNI EN 13201-5/2016.....</i>	<i>31</i>
2.3 NORMATIVE E/O DECRETI LEGISLATIVI FINALIZZATI ALLA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO	32

2.3.1	UNI 10819:2021 – “Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l’alto del flusso luminoso”	32
2.3.2	Legge regionale 3/2018	34

3| IL BANDO POR-FESR: “RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI E ADOZIONE DI SOLUZIONI TECNOLOGICHE INNOVATIVE SULLE RETI DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA”

3.1	FONDO EUROPEO SVILUPPO REGIONALE	38
3.2	LO STORICO DE “BANDO PER LA RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI E ADOZIONE DI SOLUZIONI TECNOLOGICHE INNOVATIVE SULLE RETI DI IP DEI COMUNI PIEMONTESI”	39
3.3	DESCRIZIONE DEL BANDO IP	40
3.3.1	<i>Le finalità</i>	40
3.3.2	<i>I soggetti proponenti</i>	41
3.3.3	<i>Interventi ammissibili</i>	41
3.3.4	<i>Condizioni di ammissibilità degli impianti e degli interventi previsti</i>	43
3.3.5	<i>Costi ammissibili</i>	44
3.3.6	<i>Tipologia ed entità dell’agevolazione</i>	45
3.3.7	<i>Documentazione necessaria per il bando</i>	46
3.3.8	<i>Come viene valutata la domanda</i>	47

4| ANALISI DELLE FASI DEL PROGETTO DEFINITIVO DI VILLAFRANCA PIEMONTE (TO)

4.1	FASE 1: DAL RILIEVO AL CENSIMENTO DEGLI IMPIANTI IP DELLO STATO ATTUALE	50
4.1.1	<i>Approccio metodologico</i>	51
4.1.1.1	Acquisizione delle informazioni	51
4.1.1.2	GIS applicato agli impianti IP	54
4.1.2	<i>Inquadramento territoriale</i>	60
4.1.2.1	Territorio e morfologia del Comune di Villafranca	60
4.1.2.2	Situazioni critiche ed emergenti	60
4.1.2.3	Zone di protezione dall’inquinamento luminoso	64
4.1.3	<i>Analisi dello stato di fatto</i>	66
4.1.3.1	Punti di consegna	68
4.1.3.2	Punti luce	70
4.1.3.3	Documentazione fotografica	76
4.2	FASE 2: SCELTA DEI PERIMETRI E DEI PUNTI LUCE DI INTERVENTO	78
4.2.1	<i>Linee guida del PRIC</i>	78
4.2.2	<i>Volontà e disponibilità finanziarie</i>	79
4.2.3	<i>Condizioni di ammissibilità del Bando Regionale</i>	79
4.2.4	<i>Scelta finale dei perimetri d’intervento</i>	79
4.2.4.1	Esempio: Perimetro d’intervento 1 (C4)	80

4.3	FASE 3: CALCOLI ILLUMINOTECNICI	84
4.3.1	<i>Caratteristiche dell'impianto di illuminazione</i>	84
4.3.2	<i>Classificazione delle strade e categoria illuminotecnica di progetto</i>	85
4.3.2.1	Classificazione delle strade dal PRIC di Villafranca Piemonte.....	85
4.3.2.2	Classificazione delle singole strade oggetto di intervento nel progetto definitivo.....	89
4.3.2.3	Calcoli illuminotecnici DIALux Evo.....	91
4.4	FASE 4: COMPILAZIONE ALLEGATO 1B	96
4.4.1	<i>Compilazione dei fogli</i>	97
4.4.2	<i>Verifica dei requisiti</i>	97
4.5	FASE 5: COMPUTO METRICO E QUADRO ECONOMICO	98
4.5.1	<i>Computo metrico estimativo</i>	98
4.5.2	<i>Quadro economico</i>	99
4.5.3	<i>Incontro con la PA del Comune</i>	102
4.6	FASE 6: VALUTAZIONE DI POSSIBILI INTERVENTI DELLA LINEA B	102
4.7	FASE 7: DOCUMENTAZIONE IPEA E IPEI	103
4.7.1	<i>Schede dei corpi illuminanti previsti per la sostituzione</i>	103
4.7.1.1	Ampera.....	104
4.7.1.2	Isla.....	105
4.7.1.3	Neos.....	106
4.7.1.4	Arty.....	107
4.7.2	<i>Calcolo degli IPEI</i>	109
4.7.2.1	Esempio calcolo IPEI perimetro di intervento C4.....	109
4.8	FASE 8: RTES	110
4.8.1	<i>Caratteristiche tecniche del progetto</i>	111
4.8.1.1	Descrizione Ante intervento.....	111
4.8.1.2	Analisi energetica.....	111
4.8.1.3	Descrizione intervento.....	111
4.8.2	<i>Rispetto delle normative vigenti</i>	112
4.8.2.1	Conformità alle disposizioni del D.M. 27 settembre 2017 (“decreto CAM illuminazione”).....	112
4.8.2.2	Conformità alle disposizioni della l.r. 31/2000 e s.m.i.....	113
4.8.2.3	Utilizzo di materiali ecocompatibili e/o previsione di smaltimento sostenibili dei rifiuti.....	114
4.8.3	<i>Bilancio energetico e ambientale complessivo dell'intervento</i>	116
4.9	FASE 9: ELABORATO GRAFICO E COMPLETAMENTO DEGLI ALTRI ALLEGATI	118
4.10	FASE 10: COMPILAZIONE ED INVIO DELLA DOMANDA SUL PORTALE DELLA REGIONE PIEMONTE	119
4.11	FASE 11: INTEGRAZIONI	121
4.12	FASE 12: FINANZIAMENTO DEL PROGETTO	122
4.13	FASE 13: INCARICO DEL PROGETTO ESECUTIVO	124

5 CONCLUSIONI: L'ILLUMINAZIONE PUBBLICA, UN'OCCASIONE PER LE SMART CITY DEL FUTURO	126
--	------------

RINGRAZIAMENTI	129
-----------------------------	------------

ALLEGATI	130
BIBLIOGRAFIA.....	132

Indice delle figure

FIGURA 1- ESEMPIO LAMPADA A INCANDESCENZA CON DESCRIZIONE DELLE COMPONENTI (FONTE: ELEKTRO.IT)	7
FIGURA 2- ESEMPIO DI LAMPADA FLUORESCENTE (FONTE: ELEKTRO.IT)	8
FIGURA 3- PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DI UNA SORGENTE LED (FONTE WWW.PREZZOLED.IT)	9
FIGURA 4 - SCALA RESA CROMATICA IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA DI EMISSIONE	10
FIGURA 5- SCHEMA GENERALE DI UN SISTEMA DI TELEGESTIONE	17
FIGURA 6- CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE PER L'INDIVIDUAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI INGRESSO (FONTE; NORMA UNI11248).....	24
FIGURA 7- RICEVITORE GNSS - PALMARE S7-G.....	52
FIGURA 8- IL PROCESSO DI MODELLIZZAZIONE PER IL GIS	54
FIGURA 9- MODELLO CONCETTUALE PER IL PRIC E IL PROGETTO DEFINITIVO	58
FIGURA 10- MODELLO LOGICO PER LA REALIZZAZIONE DEL PRIC E DEL PROGETTO DEFINITIVO	59
FIGURA 11- VILLAFRANCA PIEMONTE- MAPPA GENERALE CON INDICAZIONE DELLE SITUAZIONI CRITICHE ED EMERGENTI (FONTE: GOOGLE)	61
FIGURA 12- VILLAFRANCA PIEMONTE- MAPPA CONCENTRICA CON INDICAZIONE DELLE SITUAZIONI CRITICHE ED EMERGENTI (FONTE: GOOGLE)	62
FIGURA 13- STRALCIO DELLA MAPPA "INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SENSIBILI AI FINI DELLA PROTEZIONE DALL'INQUINAMENTO LUMINOSO"- LEGGE REGIONALE PIEMONTE, 3/2018 "MODIFICHE ALLA LEGGE REGIONALE 31/2000"	65
FIGURA 14- STRALCIO DELLA MAPPA "DEFINIZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO AI FINI DELLA PROTEZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO" - LEGGE REGIONALE PIEMONTE, 3/2018 "MODIFICHE ALLA LEGGE REGIONALE 31/2000"	66
FIGURA 15- VILLAFRANCA PIEMONTE - TIPO DI APPLICAZIONE	71
FIGURA 16- VILLAFRANCA PIEMONTE - TIPO DI POSA	72
FIGURA 17- VILLAFRANCA PIEMONTE - TIPOLOGIA DI SUPPORTO.....	73
FIGURA 18- VILLAFRANCA PIEMONTE - MATERIALE DEL SUPPORTO	73
FIGURA 19- VILLAFRANCA PIEMONTE - TIPOLOGIA DI ARMATURE	74
FIGURA 20- VILLAFRANCA PIEMONTE - TIPOLOGIA DI SORGENTE	75
FIGURA 21- VILLAFRANCA PIEMONTE - COLORE DELLA LUCE	76
FIGURA 22- PUNTI LUCE- C4 (FONTE: ALLEGATO 1B)	82
FIGURA 23- VILLAFRANCA PIEMONTE - CLASSIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA PRIC.....	88
FIGURA 24- VILLAFRANCA PIEMONTE - CLASSIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA PRIC.....	88
FIGURA 25- PARTE DEI RISULTATI ALLEGATO 1B DI VILLAFRANCA PIEMONTE	98
FIGURA 26 - ESEMPIO ANALISI NUOVO PREZZO.....	99
FIGURA 27- QUADRO ECONOMICO PROGETTO DEFINITIVO VILLAFRANCA PIEMONTE	101

FIGURA 28- CERTIFICAZIONE IPEA.....	108
FIGURA 29- INTERVENTI PREVISTI PERIMETRO DI INTERVENTO 1 (C4).....	112
FIGURA 30- ESTRATTO DOMANDA RICHIESTA FINANZIAMENTO VILLAFRANCA PIEMONTE - INFORMAZIONI SUL PROGETTO PROPOSTO A FINANZIAMENTO.....	120
FIGURA 31- SCREENSHOT CONFERMA INVIO DOMANDA	121
FIGURA 32- VALUTAZIONE PROGETTO – VILLAFRANCA PIEMONTE.....	123

Indice delle tabelle

TABELLA 1- EFFICIENZA LUMINOSA DELLE DIVERSE SORGENTI	10
TABELLA 2- TEMPERATURA DI EMISSIONE DELLE DIVERSE SORGENTI	11
TABELLA 3- COEFFICIENTE R_A DELLE DIVERSE SORGENTI	11
TABELLA 4- DURATA MEDIA DELLE DIVERSE SORGENTI.....	12
TABELLA 5- INDICAZIONE SULLE VARIAZIONI DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA IN RELAZIONE AI PARAMETRI DI INFLUENZA	25
TABELLA 6- INDICAZIONE SULLE VARIAZIONI DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA IN RELAZIONE AI PARAMETRI DI INFLUENZA	25
TABELLA 7- RIDUZIONI OTTENIBILI DALLA CATEGORIA DI INGRESSO	26
TABELLA 8- ESEMPI DEI POSSIBILI PROVVEDIMENTI INTEGRATIVI ATTUABILI DAL PROGETTISTA.....	27
TABELLA 9 - CARATTERISTICHE DEGLI STRUMENTI.....	53
TABELLA 10- ZONA DI RISPETTO DEFINITE DALLA REGIONE PIEMONTE	64
TABELLA 11- ESEMPIO CENSIMENTO DI UN PUNTO DI CONSEGNA	70
TABELLA 12- QUADRO ELETTRICO - C4.....	82
TABELLA 13- ULTERIORI INFORMAZIONI SULL'IMPIANTO - C4.....	83
TABELLA 14- CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE E INDIVIDUAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI RIFERIMENTO (PROSPETTO 1 DELLA UNI 11248)	86
TABELLA 15- CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE DI INTERESSE PER IL PROGETTO E INDIVIDUAZIONE DELLE RELATIVE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE DI INGRESSO, IN BASE ALLA UNI 11248, E DELLE CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE DI PROGETTO, IN BASE ALL'ANALISI DEI RISCHI.	89
TABELLA 16- CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE - PROSPETTO 1	90
TABELLA 17- CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE - PROSPETTO 2	90
TABELLA 18- CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE - PROSPETTO 3	91
TABELLA 19- PARAMETRI IL CALCOLO IPEI	109
TABELLA 20- BILANCIO ENERGETICO ED AMBIENTALE DELL'INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI IP DI VILLAFRANCA PIEMONTE	117
TABELLA 21- RIEPILOGO COSTI VILLAFRANCA PIEMONTE	118
TABELLA 22- CALCOLO AGEVOLAZIONE VILLAFRANCA PIEMONTE.....	118

Introduzione

L'attenzione verso i cambiamenti climatici, causati principalmente dall'aumento dei gas serra, sta portando le persone, gli stati e gli enti internazionali ad utilizzare strategie e comportamenti che promuovano l'efficientamento energetico.

Tra le diverse cause dei cambiamenti climatici, la principale è l'effetto serra. Alcuni gas che si trovano nell'atmosfera terrestre trattengono calore del Sole impedendogli di ritornare nello Spazio, provocando così il riscaldamento globale.

Dalla rivoluzione industriale l'uomo con le sue attività ha iniziato ad emettere in atmosfera tonnellate di anidride carbonica facendo arrivare la sua concentrazione a 410-415 ppm¹, rispetto ai 200-250 ppm, che invece avevano caratterizzato gli anni antecedenti alla rivoluzione industriale.

La CO₂ non è l'unico gas responsabile dell'effetto serra, oltre a questa troviamo il metano, l'ossido di azoto e i gas fluorurati.

La concentrazione di questi gas nell'atmosfera è aumentata negli anni influenzata dalle attività umane, in particolar modo da quelle che prevedono il consumo delle fonti fossili, basti pensare che la sola produzione di elettricità dal carbone incide per il 36% sulle emissioni totali della CO₂.

Il periodo che va dal 2011-2020 è stato il decennio più caldo mai registrato, con una temperatura media di 1,1°C al di sopra dei livelli preindustriali. Un aumento di 2°C rispetto alle temperature dell'epoca preindustriale è associato a gravi impatti negativi sia sull'uomo che sul pianeta Terra.

Per questo motivo, per contrastare questa crisi climatica, 196 Stati membri della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici UNFCCC, hanno firmato nel 2015 l'Accordo di Parigi, in cui si delinea la strada per la decarbonizzazione con obiettivi a lungo termine.

Nel novembre del 2019 il Parlamento Europeo ha approvato una risoluzione che evidenzia gli effetti dei mutamenti climatici e auspica che l'Europa possa dare una risposta concreta in merito, trasformando l'UE in una società giusta e prospera, che nel 2050 non generi emissioni nette di gas a effetto serra e in cui la crescita economica non dipenda più dall'uso delle risorse.

La Commissione nel dicembre del 2019 ha pubblicato la Comunicazione sul Green Deal Europeo, in cui si è organizzata la strategia utile a fare diventare l'Europa il primo continente climaticamente neutrale entro il 2050.

¹ Unità di misura che indica "parti per milione"

Nell'ottica quindi di raggiungere la carbon neutrality entro il 2050, i singoli Stati devono iniziare a compiere una vera e propria transizione energetica, andando a limitare gli sprechi, sostituendo sistemi di produzione ormai obsoleti con sistemi di produzione a fonti rinnovabili e l'adozione di tecnologie sempre più performanti e meno impattanti a livello ambientale.

L'illuminazione pubblica, benché rappresenti solo il 2% dei consumi nazionali di energia elettrica, è sicuramente uno dei settori in cui è necessario attuare le misure sopraelencate. In Italia, in particolare, poiché il rapporto dei consumi di energia elettrica destinata al settore dell'illuminazione pubblica è in un rapporto di circa 2:1. Infatti, si stimano sprechi energetici medi quantificabili nel 30% degli attuali consumi nel settore dell'illuminazione pubblica in Italia e questo comporta ad un impatto notevole sia dal punto di vista economico che ambientale. Gli impianti italiani risultano almeno per un terzo essere obsoleti: le lampade inefficienti e gli impianti invece sovradimensionati sia in termini di potenza che di numero di punti luce rispetto a quanto prevedono le leggi e le norme del settore. Proprio per questo negli ultimi anni sia le piccole che le grandi realtà comunali si stanno muovendo per attuare processi di efficientamento energetico nell'ambito dell'IP². Tra gli interventi promossi come riqualificazione degli impianti di IP, come riportato anche all'interno de "Criteri Ambientali Minimi per il servizio di illuminazione pubblica", troviamo: tutti gli interventi di modifica di un impianto di illuminazione o di una sua parte, realizzati seguendo le normative e le leggi in vigore all'atto della redazione del bando. Gli interventi riguardano principalmente la sostituzione degli apparecchi illuminanti con apparecchi più efficienti e a norma (LED Light Emitting Diodes), l'adozione di sistemi di dimmerabili per la riduzione del flusso luminoso in determinate fasce orarie, l'adozione di sistemi smart adattivi ed infine, a livello impiantistico, l'adozione di sistemi per il telecontrollo e la telegestione degli impianti.

La combinazione di queste strategie può portare a risparmi energetici ed economici rilevanti sia a livello locale che a livello nazionale. Il costo dell'illuminazione pubblica si aggira fra il 15 ed il 25% del totale delle spese energetiche di un ente locale e se si contano solo quelle elettriche arrivano a circa il 50%. Quindi le riduzioni dei consumi di elettricità che si possono ottenere mediante queste tipologie di interventi possono essere davvero consistenti. Inoltre, la riqualificazione può consentire miglioramenti anche indiretti come, ad esempio, la riduzione degli incidenti e la riqualificazione di zone urbane.

Queste strategie per cui sono da adottare e da conseguire il prima possibile per convertire i nostri impianti di IP in modo tale da ridurre i consumi per rispecchiare quelli medi europei e tagliare le spese comunali molto elevate.

² "IP" sigla di illuminazione pubblica.

Il presente lavoro di tesi analizza le fasi progettuali della riqualificazione degli impianti di illuminazione del comune di Villafranca Piemonte (TO) per l'ammissione al bando regionali a fondi europei POR FESR 2014/2020 – Obiettivo tematico IV.4 – Azione IV.4c.1.3. Bando “Riduzione dei consumi energetici e adozione di soluzioni tecnologiche innovative sulle reti di illuminazione pubblica dei Comuni piemontesi”.

Si parte dalla caratterizzazione generale dell'impiantistica dell'illuminazione pubblica, passando per la normativa tecnica di riferimento, per una breve descrizione del bando, per poi arrivare alla parte centrale dello studio, ovvero l'analisi dettagliata delle fasi che hanno portato alla stesura del progetto definitivo di riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica presentato al bando regionale soprannominato, in seguito vengono fatte alcune considerazioni sul bando e su possibili soluzioni migliorative future, da proporre per migliorare ulteriormente i risparmi connessi agli impianti IP comunali.

Nel Capitolo 1, si descrive il settore dell'illuminazione pubblica con una digressione storica, analizzando le trasformazioni che sta subendo in correlazione all'evoluzione del concetto di smart cities. Si riporta inoltre la varietà delle tipologie di sorgenti luminose che sono state installate negli anni e i diversi tipi di apparecchi, a corredo del punto luce. Dopodiché si descrivono le modalità di gestione dell'impianto dal classico riduttore di flusso luminoso a sistemi più complessi come quelli per il controllo da remoto (telecontrollo e telegestione).

Nel Capitolo 2, si riporta la normativa tecnica di riferimento, che regola l'illuminazione pubblica comunale e la progettazione stessa degli impianti. In particolare si riporta una descrizione approfondita delle seguenti normative:

- D.M 27 settembre 2017 “Decreto CAM” e D.M 28 marzo 2018 “Decreto CAM servizio di illuminazione pubblica”;
- La normativa tecnica 10819 e la l.r 31/2000 e s.m.i, che hanno come obiettivo quello di regolamentare e contenere l'inquinamento luminoso derivante dagli impianti IP;
- Le normative tecniche UNI 11248/2016 e UNI EN 13201, per la progettazione degli impianti IP per garantire l'illuminazione necessaria per la sicurezza delle strade e dei cittadini.

Nei Capitolo 3-4 si trova la parte centrale del lavoro della tesi, ovvero si trovano le analisi di ogni singola fase della redazione del progetto definitivo presentato al bando POR FESR del comune di Villafranca Piemonte (TO). Il lavoro inizia con una descrizione critica dei punti chiave del bando (Capitolo 3) per poi passare alla prima e vera fase del progetto, il censimento degli impianti. In questa fase si riporta parte del lavoro svolto in collaborazione con i tecnici del comune del PRIC (Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale) e dell'Audit energetico sull'illuminazione pubblica comunale, in cui si pone l'attenzione sullo stato attuale degli impianti, sul censimento dei punti luce e analisi dei consumi attuali. La fase successiva invece descrive come si è arrivati a scegliere i punti luce da efficientare e da inserire a progetto, tale scelta è stata condizionata dai requisiti del bando, dalle linee guide precedentemente redatte nel PRIC e dalle disponibilità economiche comunali. La terza parte sofferma l'attenzione sui calcoli illuminotecnici, in cui si spiegano le scelte progettuali e le categorie illuminotecniche assegnate ai tratti considerati nel rispetto delle normative e delle disposizioni in vigore. In seguito, si mostra la compilazione dell'allegato 1b fondamentale ai fini del bando, in cui si va a calcolare il risparmio atteso rispetto agli interventi previsti a progetto. La fase successiva è quella in cui si descrive la fase di stesura del computo con l'analisi dei nuovi prezzi, il calcolo del finanziamento e la presentazione al comune dei numeri del progetto. Dopodiché si passa al calcolo degli IPEA e degli IPEI. Poi si passa all'analisi della stesura di uno dei documenti più importanti riguardanti il bando, ovvero la RTES (Relazione Tecnica ed Economica di Sintesi) in cui si vanno a riepilogare tutte le caratteristiche del progetto definitivo da quelle progettuali a quelle di natura economiche-ambientali. In seguito, si riportano brevemente tutti gli altri allegati che compongono il progetto definitivo con una breve descrizione. Il capitolo si conclude con la descrizione della compilazione della domanda in Regione e con l'ammissione al bando con annesso finanziamento richiesto.

Nel Capitolo 5, quello conclusivo, vengono riportate alcune criticità legate al bando e vengono descritti possibili scenari futuri per incrementare e migliorare ulteriormente gli impianti di illuminazione pubblica ed integrarli sempre più nel concetto innovativo di Smart cities.

Capitolo 1

1| Caratteristiche dell'impianto di illuminazione pubblica comunale

Gli impianti di illuminazione pubblica sono stati il primo servizio offerto dalle aziende elettriche, inizialmente la loro funzione era quella di garantire sicurezza ai cittadini. Si contano ad oggi circa un lampione ogni 6 abitanti, per un totale quindi di 10 milioni di lampioni sul suolo nazionale. Nel corso dei secoli, le Pubbliche Amministrazioni hanno esteso l'illuminazione pubblica dall'illuminazione stradale all'illuminazione anche di parchi, aree verdi, aree industriali, aree commerciali e dei centri urbani. Negli ultimi decenni il settore dell'illuminazione è entrato fortemente negli interessi principalmente per due motivi: il primo riguarda la riqualificazione degli impianti ormai obsoleti, che se rinnovati possono portare ad un notevole risparmio energetico; invece, il secondo è legato alla nascita delle Smart city, in quanto si sposa perfettamente con l'idea di sviluppo della città come centro sostenibile e interconnesso.

1.1 Storia degli impianti di illuminazione pubblica

Tornando alle origini degli impianti di illuminazione pubblica, i primi risalgono al XVIII secolo caratterizzati da un'accensione e uno spegnimento manuale con un bruciatore ad olio centralizzato. Questa tecnologia fu subito rimpiazzata dal gas combustibile, prima ottenuto dalla decomposizione delle sostanze organiche del legno, successivamente del carbon fossile. Con l'avanzare di queste tecnologie si modificarono anche i sostegni che iniziarono a somigliare sempre di più a quelli attuali. Il passaggio dall'olio combustibile al gas combustibile ha avuto come vantaggio principale quello di aver ridotto i pericoli di incendio. Una svolta decisiva nel settore dell'illuminazione è stata data dall'invenzione nel XIX secolo dal concepimento di Thomas Edison della lampada a incandescenza; il primo impianto a incandescenza in Europa fu montato proprio in Italia, a Torino nel 1884 con 12 lampade ad arco Siemens da 800 candele. Durante il XX secolo, le soluzioni ingegneristiche e tecnologiche sono state molteplici,

ma la scoperta degna di nota durante questo secolo è quella del principio di funzionamento a LED³ nel 1927 dallo scienziato russo Oleg Losev. Questa tecnologia nonostante comporti una maggiore sostenibilità ambientale dell'impianto di illuminazione, poiché caratterizzata da sorgenti a basso consumo e di conseguenza meno inquinanti, non è ancora completamente penetrata nel mercato globale; infatti, è tutt'ora impiegata nel 50% dei casi. La consapevolezza acquisita negli ultimi anni nei confronti dell'ambiente e dei problemi climatici sta ponendo l'attenzione di tutti gli enti sullo sfruttamento eccessivo delle risorse, in particolar modo sulla produzione di energia elettrica, sta portando le Pubbliche Amministrazioni a fare scelte più sostenibili anche nel settore dell'illuminazione pubblica, in quanto essa rappresenta una delle maggiori aliquote dei consumi elettrici comunali. Nell'ultimo decennio in Italia, infatti, si sta puntando e investendo molto sulla riqualificazione degli impianti di IP. Il primo passo da compiere è quello di convertire tutte le tecnologie obsolete e sovradimensionate con apparecchiature moderne a LED che rispettino le normative vigenti sull'inquinamento luminoso. Il passo successivo è quello di inserire sistemi intelligenti di regolazione del flusso luminoso, in modo da garantire l'illuminazione solo quando è necessaria. In questo modo si migliora ulteriormente l'efficienza degli impianti e si riduce drasticamente lo spreco energetico. Tra i sistemi di regolazione, l'illuminazione intelligente adattiva è la più interessante e quella che garantisce una migliore efficienza. Con il diffondersi delle Smart City e dell'IoT⁴, i lampioni si riqualificano, oltre alla loro principale funzione di illuminare e garantire la sicurezza urbana, essi diventano oggetti urbani intelligenti e connessi: diventano fondamentali per la gestione della città in quando sono distribuiti in maniera capillare sul territorio. Infatti, rappresentano oggi un'ottima opportunità per le Pubbliche Amministrazione di erogare e offrire maggiori servizi soltanto sfruttando un'infrastruttura già esistente semplicemente rinnovandola. Tra i servizi che possono essere erogati, troviamo:

- Sistemi di connessione Wi-fi o Infrastruttura ideale per l'installazione delle Small Cell necessarie per la diffusione della tecnologia del 5G;
- Dispositivi integrati per il monitoraggio della qualità dell'aria, per la raccolta dati per le previsioni meteo;
- Colonnine di ricarica per veicoli elettrici;
- Sistemi di videosorveglianza per la sicurezza urbana;
- Sistemi di tracciabilità;
- Sistemi di rilevazione antincendio.

³ LED Light Emitting Diode

⁴ IoT Internet of Things

A livello mondiale, il mercato dei lampioni e del settore dell'illuminazione pubblica in generale supererà i 3,6 miliardi di dollari nel 2023 secondo un'analisi redatta dalla IoT Analytics.

1.2 Sorgenti /lampade per l'illuminazione pubblica

L'efficienza energetica di un impianto di illuminazione pubblica si valuta su tre elementi: le sorgenti/lampade, gli apparecchi di supporto e i sistemi di gestione. Le tecnologie per la generazione della luce si classificano per la tipologia di funzionamento, per le prestazioni energetiche, per il colore della luce e per la durata di vita delle lampade. Le tecnologie utilizzate sono di due tipi: sorgenti a stato solido e a scarica. Erano presenti anche le lampade a incandescenza, le quali però sono state tolte definitivamente dal mercato a partire dal 1° settembre 2021 con la normativa europea sull'Ecodesign o Direttiva EUP⁵ 2005/32/CE, finalizzata al risparmio energetico e alla lotta contro i cambiamenti climatici.

1.2.1 Lampade a incandescenza

Sono lampade a bulbo e il loro funzionamento si basa sul passaggio della corrente elettrica nel filamento di tungsteno, il quale emette la radiazione elettromagnetica essendosi surriscaldato. Questa tecnologia come descritto precedentemente è stata rimossa dal mercato perché poco sostenibile dal punto di vista sia energetico che economico. Sono caratterizzate da un'efficienza energetica soltanto tra i 14-28 lm/W.

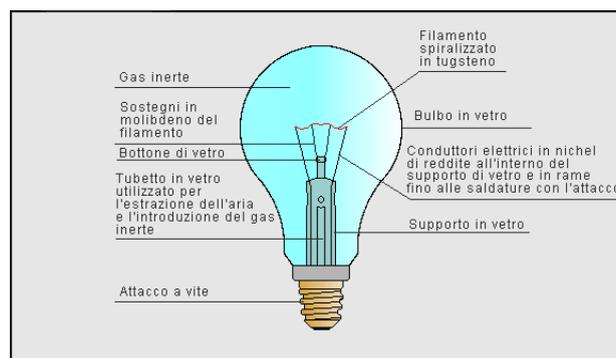


Figura 1- Esempio Lampada a incandescenza con descrizione delle componenti (Fonte: elektro.it)

⁵ Energy Using Products

In generale questa tipologia di lampade, quindi, sono caratterizzate da una breve durata di vita, elevati costi di esercizio, elevato sviluppo di calore e bassa efficienza.

1.2.2 *Lampade a scarica*

Sono lampade costituite da un involucro di vetro che può essere compatto o lineare, al cui interno è contenuto un gas. Il loro principio di funzionamento consiste nell'applicare un flusso di elettroni liberi, che urta gli atomi del gas, li ionizza e porta gli elettroni a livelli energetici superiori. Quando l'elettrone torna ad un livello energetico inferiore rilascia la radiazione elettromagnetica. In questa tipologia di lampade troviamo le sorgenti a vapori di mercurio ad alta e bassa pressione (fluorescenti), a vapori ad alta e bassa pressione di sodio, a ioduri metallici e a induzione elettromagnetica.

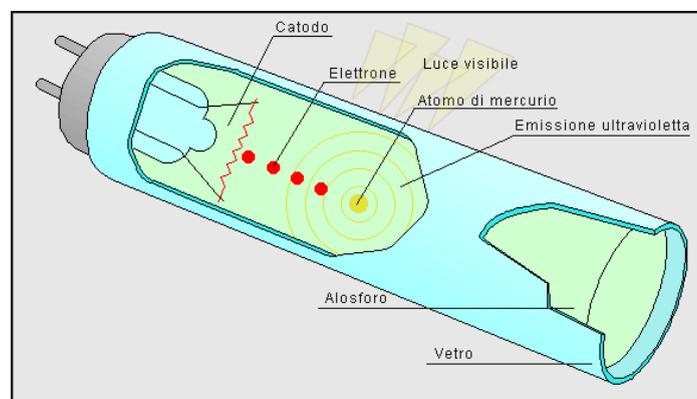


Figura 2- Esempio di lampada fluorescente (Fonte: elektro.it)

Le lampade a ioduri metallici, presentano al posto delle polveri fluorescenti nel tubo di scarica degli additivi, gli ioduri, che servono per ottenere una luce bianca ben bilanciata. Per quanto riguarda le lampade a vapori di sodio, viene vaporizzato il sodio facendo surriscaldare la lampada immettendo una scarica elettrica in una miscela composta da gas rari. Infine, le lampade a induzione elettromagnetica, simili a quelle fluorescenti, con l'unica differenza che il bulbo è completamente sigillato.

Queste tipologie di lampade hanno il vantaggio di avere un'elevata efficienza, una lunga durata di vita, costo di esercizio basso ma gli svantaggi di avere un alto costo iniziale e un alto impatto ambientale.

1.2.3 Lampade a stato solido

Quest'ultima tipologia di lampade ha come principio di funzionamento il fenomeno dell'elettroluminescenza che consiste nell'emissione di radiazione di un materiale soggetto ad un campo elettrico. Le sorgenti a stato solido comprendono i LED. Un LED è in grado di generare luce grazie a due materiali semiconduttori situati sui suoi due elettrodi, uno di tipo "n" e l'altro di tipo "p".

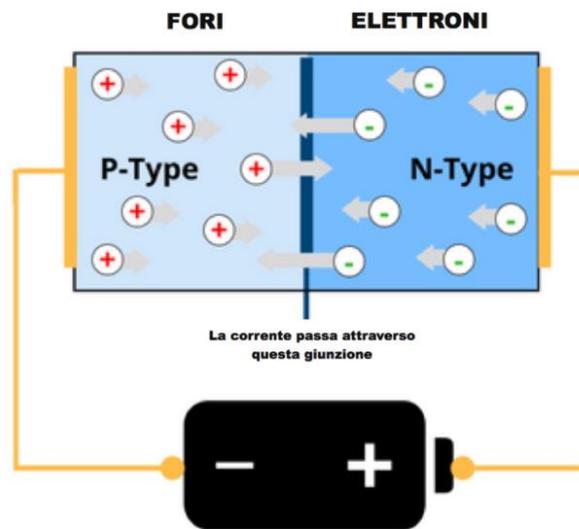


Figura 3- Principio di funzionamento di una sorgente LED (Fonte www.prezzed.it)

Uno dei principali vantaggi della tecnologia LED risiede nel fatto che per funzionare richiedono correnti ridotte, hanno una vita lunga e costi di gestione ridotti.

1.3 Parametri di valutazione delle sorgenti

Le sorgenti descritte nel capitolo precedente vengono selezionate in base agli obiettivi del progetto illuminotecnico che deve garantire le condizioni di illuminazione adeguate alle leggi e alle normative vigenti in materia. Solitamente, per rispondere a tali obiettivi si valutano determinati parametri di carattere illuminotecnico ed economico, quali l'efficienza luminosa, la temperatura di colore correlata, indice di resa cromatica, durata media e la capacità della lampada di "dimmerare" o regolare il flusso luminoso.

1.3.1 Efficienza luminosa [lm/W]

Indice che serve per valutare il rendimento della sorgente luminosa ed è il rapporto tra il flusso luminoso emesso e la potenza elettrica assorbita dalla lampada.

TIPO DI LAMPADA	EFFICIENZA LUMINOSA [lm/W]
Sodio AP	70-140
Mercurio	40-75
Ioduri metallici	80-90
LED	90-150
Induzione	60-85

Tabella 1- Efficienza luminosa delle diverse sorgenti

1.3.2 Temperatura di colore correlata [K]

Grandezza illuminotecnica che esprime la cromaticità della luce emessa dalla sorgente di luce. Nella figura successiva viene mostrata la scala cromatica.

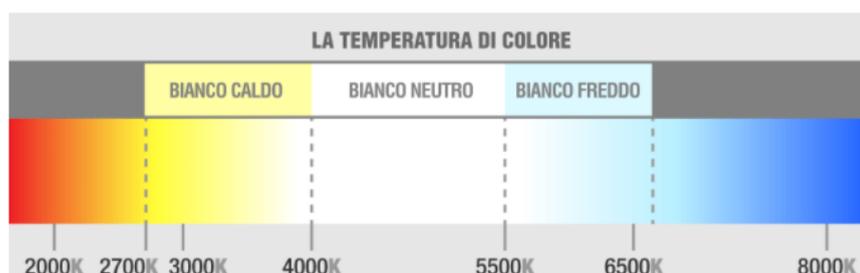


Figura 4 - Scala resa cromatica in funzione della temperatura di emissione

TIPO DI LAMPADA	TEMPERATURA DI EMISSIONE [K]
Sodio AP	1900-2500
Mercurio	3000-6500
Ioduri metallici	3000-6000
LED	2700-6500
Induzione	2700-6500

Tabella 2- Temperatura di emissione delle diverse sorgenti

1.3.3 *Indice di resa cromatica [R_a o CRI]*

Grandezza illuminotecnica che serve per descrivere il grado di veridicità nella restituzione dei colori in rapporto ad una sorgente di riferimento di analoga temperatura di colore.

TIPO DI LAMPADA	R _a o CRI [-]
Sodio AP	20-65
Mercurio	60-90
Ioduri metallici	65-95
LED	75-98
Induzione	75-80

Tabella 3- Coefficiente R_a delle diverse sorgenti

1.3.4 *Durata media [h]*

La durata media di una sorgente è un indice che valuta l'aspetto economico, esprime il periodo di funzionamento dopo il quale, in un lotto di sorgenti di prova, il 50% di esse interrompe il suo funzionamento.

TIPO DI LAMPADA	DURATA MEDIA [h]
Sodio AP	12000-45000
Mercurio	6000-10000
Ioduri metallici	4000-20000
LED	20000-100000
Induzione	50000-100000

Tabella 4- Durata media delle diverse sorgenti

1.3.5 Riepilogo e analisi dei diversi parametri

Le sorgenti più datate ed impiegate negli impianti di illuminazione pubblica comunale sono state le lampade ai vapori di mercurio (ora non più a norma), caratterizzate da prestazioni molto basse e da un difetto ulteriore quello che una volta dismesse rientrano nella categoria dei rifiuti speciali. Al posto di queste ultime erano subentrate le lampade ai vapori di sodio ad alta pressione, caratterizzate da un'ottima efficienza luminosa, da una buona durata media e costi di esercizio e manutenzione relativamente bassi. Di contro però questa tipologia di sorgente hanno una limitata capacità di dimmerare il flusso luminoso e un valore molto basso di resa cromatica; quindi, un loro plausibile utilizzo potrebbe essere finalizzato alle aree di illuminazione in cui l'obiettivo primario non sia la resa cromatica.

Ma la sorgente migliore e che si sposa meglio alle esigenze dell'illuminazione pubblica è quella a LED. I benefici di questa tecnologia sono di natura sia economica che energetica: ottima efficienza luminosa, ottima capacità di dimmerabilità, buona resa cromatica, durata media notevole, caratterizzati da un'accensione immediata e dall'assenza di sostanze tossiche. Di contro ha ancora il costo dell'apparecchio che è di media ancora più alto rispetto alle altre tecnologie e alcuni problemi di abbagliamento; infatti, è importante in fase di installazione controllare che la lampada sia installata in modo impeccabile. È opportuno anche descrivere che l'efficienza luminosa delle sorgenti a LED aumenta all'aumentare della Temperatura di colore a cui la luce viene emessa, ma non bisogna superare i 6000K poiché i LED ad alte temperature risultano dannosi per la salute umana.

1.4 Apparecchi per l'illuminazione pubblica

Il corpo illuminante è composto dalla sorgente luminosa vera e propria, dall'apparecchiatura che comprende il guscio di protezione e il supporto della lampada stessa, il sistema ottico, il sistema di alimentazione e un'eventuale sistema di regolazione o "dimmeraggio". Gli apparecchi hanno diverse funzionalità, tra le principali troviamo:

- Protezione e alimentazione della lampada;
- Ridistribuzione e schermaggio del flusso luminoso, in modo tale da reindirizzare al meglio il flusso luminoso e contenere l'inquinamento luminoso, massimizzando così l'efficienza energetica;
- Contribuiscono alla decorazione dello spazio urbano.

Per la valutazione delle prestazioni illuminotecniche degli apparecchi è fondamentale definire qualitativamente e quantitativamente la luce emessa dal dispositivo. Lo strumento utile per questa valutazione è il solido fotometrico, infatti, esso riporta le direzioni in cui viene emessa la luce con le relative intensità, espresse in candele cd^6 . Con il passare degli anni è diventata una pratica più consueta quella di mettere sul mercato insieme sia la lampada e/o l'alimentatore con l'apparecchio e in quel caso, dovrà essere specificato se il rendimento riportato nella scheda tecnica si riferisce solo all'apparecchio o al sistema complessivo. Oltre al rendimento le apparecchiature sono caratterizzate da:

- Grado di protezione IP, che fornisce indicazioni sulla protezione che la sorgente ha dalla polvere e dall'acqua;
- Classe di protezione elettrica;
- Grado di resistenza all'urto meccanico;
- Grado di protezione termica.

Un'altra parte importante dell'impianto dell'illuminazione pubblica è la struttura di sostegno del corpo illuminante. I sostegni si compongono di pali provvisti di bracci oppure no (soluzione testa palo), di bracci a muro, di cavi di sospensione e strutture a faro. La soluzione ottimale per l'illuminazione pubblica e per il contenimento dell'inquinamento luminoso

⁶ La candela, simbolo cd, unità di misura di base appartenente al Sistema Internazionale delle unità di misura. $1 \text{ cd} = 1 \text{ Lumen/Sr}$, rappresenta quindi l'unità di misura dell'intensità luminosa in uno steradiante.

sono i lampioni a schermo totale (full cut-off), ovvero sistemi di illuminazione in cui la sorgente luminosa è completamente incassata e il flusso luminoso è ben indirizzato verso le superfici da illuminare.

1.5 Sistemi per la gestione degli impianti di illuminazione pubblica

Gli impianti di illuminazione pubblica oltre ad essere caratterizzati dal corpo illuminante, dall'apparecchiatura che comprende il guscio e il supporto vero e proprio, sono dotati di sistemi di temporizzazione ed eventualmente di sistemi di regolazione del flusso luminoso emesso. Questi due sistemi garantiscono la gestione dell'impianto e giocano un ruolo fondamentale nel contenimento dei consumi energetici e delle correlate spese, oltre che a limitare di conseguenza anche l'impatto ambientale: il servizio viene erogato in quantità e negli orari stabiliti tarandolo sul profilo dell'utenza. Da questi concetti è nata l'idea dell'illuminazione adattiva, ovvero un sistema intelligente in grado di garantire un servizio razionale, autonomo, flessibile e gestibile da remoto dell'illuminazione pubblica. L'illuminazione adattiva ha dato così alla luce sistemi di telecontrollo e telegestione, sistemi che attraverso ad una sensoristica più o meno complessa legata al punto luce, ne permettono il controllo e la gestione in continuo da remoto. Negli ultimi anni questi sistemi di illuminazione intelligente stanno iniziando ad affermarsi e si prestano bene alla rivoluzione urbana di questo secolo, la rivoluzione delle Smart cities.

1.5.1 I sistemi di temporizzazione

I sistemi di temporizzazione servono ad impostare l'accensione e lo spegnimento degli impianti di illuminazione pubblica sugli orari di crepuscolo/alba civile. Naturalmente questi orari variano a seconda della latitudine/longitudine e morfologia del posto e dalla stagionalità.

Questi dispositivi vanno posizionati nei quadri elettrici di distribuzione dell'IP. Le tecnologie più datate e comuni sono due:

- L'orologio crepuscolare, composto da una sonda e da un regolatore di livello luminoso. La sonda serve a misurare l'intensità luminosa e viene solitamente posizionata esternamente al quadro mentre il regolatore serve a pilotare l'accensione e lo spegnimento dell'impianto a cui è

connesso. Questo sistema di temporizzazione è molto economico ma è soggetto a frequenti malfunzionamenti, dovuti alla sporcizia che si deposita inevitabilmente sulla sonda e risente degli effetti di ombreggiamento locale. Diventa quindi fondamentale la scelta del posto di installazione della sonda per il corretto funzionamento di tale sistema. Inoltre, sempre correlato a quanto appena descritto, questa tipologia di dispositivi necessitano di una continua manutenzione per tenerli il più a lungo possibili puliti;

- L'orologio astronomico aziona l'impianto di illuminazione pubblica in funzione delle coordinate di latitudine e longitudine del posto in cui viene installato. Esistono molteplici tipologie di orologi astronomici e in base alla loro efficienza si differenziano nel prezzo. I più economici non possiedono processori o software di bordo che gli permettano di considerare la morfologia del territorio. Generalmente, quindi, per tener conto di questi possibili errori da parte del dispositivo si programmano con un anticipo di circa 30 minuti nell'orario di accensione e 30 minuti dopo l'orario di spegnimento previsto. Di media così questo sistema garantisce un funzionamento di 4100 ore/anno di funzionamento dell'impianto IP. Come facilmente intuibile questa soluzione comporta però degli sprechi evitabili di energia.

L'innovazione di questi sistemi di temporizzazione degli impianti di illuminazione pubblica è arrivata con un sistema di tecnologia crepuscolare web, che, come i sistemi crepuscolari/astronomici, funziona con la programmazione degli orari on/off, ma attraverso un collegamento al server tramite la rete internet, riesce a conoscere la situazione in tempo reale e ad impostare accensione e spegnimento in modo più corretto, diminuendo gli sprechi energetici. Questa tecnologia assicura un funzionamento dell'impianto di circa 3950 ore/anno, e può essere incrementato con un datalogger, in modo tale da rilevare i consumi reali in bolletta, ed eventualmente tramite determinati sensori, aumentare le tipologie di monitoraggio, come ad esempio la qualità dell'aria, i dati del traffico di una determinata strada e così via.

1.5.2 I sistemi di regolazione del flusso luminoso (dimmer)

I sistemi di regolazione del flusso luminoso agiscono sulla tensione di alimentazione della sorgente riducendo così la potenza assorbita. I regolatori di flusso si distinguono in riduttori puntuali o di linea, ovvero possono ridurre la tensione di un singolo punto luce oppure a monte di una serie di punti luce. Inoltre, la loro installazione porta altri vantaggi, come:

- Stabilizzazione della tensione ai valori programmati durante il funzionamento notturno, evitando così le dannose sovratensioni, che compromettono la durata di vita della sorgente e aumentano il consumo;
- Risparmio nei costi di manutenzione come conseguenza dell'allungamento delle aspettative di vita media;
- Risparmio nei consumi, pari a circa il 5%, per la stabilizzazione della tensione di alimentazione;
- Uniformità nell'illuminamento, con correlata riduzione dell'inquinamento luminoso.

La riduzione del flusso deve comunque rispettare le normative vigenti, che garantiscono una corretta illuminazione stradale. In particolar modo è permesso ridurre il flusso quando il traffico è meno consistente. Questa condizione si ha soprattutto nelle ore notturne e si ipotizza una diminuzione dei consumi del 30%.

1.5.3 Illuminazione adattiva

L'illuminazione adattiva è stata introdotta nel 2015 dalla norma europea EN 13201-1 e in Italia dalla UNI 11248/2016. Questo sistema persegue due obiettivi principali:

- Il massimo risparmio energetico conseguibile, adattando l'intensità di illuminazione alle reali esigenze in tempo reale;
- L'aumento della sicurezza stradale, adattando l'illuminazione in maniera automatica alle condizioni di traffico veicolare, di luminanza del manto stradale e delle condizioni meteorologiche.

Purtroppo, questa tecnologia richiede ancora investimenti molto elevati, per cui è ancora opportuno valutare la fattibilità degli interventi e solitamente la priorità è ancora quella della mera sostituzione dei punti luce obsoleti con punti luce a LED.

L'illuminazione adattiva si basa sull'adattamento intelligente dell'illuminazione dall'elaborazione dei dati ricavati dai sensori. La gestione dei sensori è affidata ai sistemi di telecontrollo e telegestione. I primi sono unidirezionali poiché le informazioni partono dalla periferia del sistema per arrivare al centro di controllo del sistema di telecontrollo. Invece, nei sistemi di telegestione la comunicazione è bidirezionale. Infatti, non solo il centro di controllo riceve dati dai sensori ma è in grado con la componentistica installata nel quadro di alimentazione, di comandare l'accensione/spegnimento dell'impianto, gestire la regolazione del punto luce.

I sistemi di telegestione si dividono in sistemi “ad isola” oppure “punto a punto”. I primi monitorano i parametri elettrici all’altezza del quadro elettrico, i secondi considerano il singolo punto luce.

Il centro di controllo è localizzato negli uffici della Pubblica Amministrazione e può essere costituito o da un PC o semplicemente da un server, nel caso in cui la telegestione abbia tante unità periferiche. La trasmissione dei dati in questo sistema avviene tramite onde convogliate PLC⁷, ovvero si inserisce in un segnale elettrico a bassa frequenza un nuovo segnale, a più alta frequenza, modulato dall’informazione da trasmettere; il vantaggio di queste onde è che si possono trasmettere semplicemente sfruttando la linea elettrica già presente. Inoltre, la tecnologia PLC permette di agganciare un’ampia gamma di dispositivi sfruttando la struttura del palo della luce come supporto fisico, ma che erogano servizi per i cittadini differenti da quelli erogati dalla sola illuminazione pubblica.

Ecco perché l’illuminazione pubblica ha un ruolo di rilievo nel contesto delle smart cities e continua ad essere un argomento di estremo interesse e attualità. Prima però di arrivare alle reti intelligenti negli impianti di illuminazione pubblica sarebbe opportuno convertire a LED tutte le sorgenti, in modo tale da ridurre al massimo prima i consumi dalla sorgente per poi andare ulteriormente a minimizzarli con sistemi adattivi intelligenti.

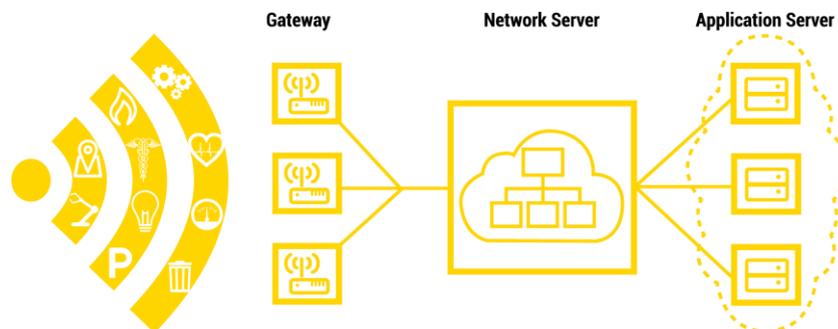


Figura 5- Schema generale di un sistema di telegestione

⁷ PLC Power Line Communication

Capitolo 2

2| Normative e legislazione di riferimento

Le normative e la legislazione che regolano la progettazione e la riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica è veramente corposa e si diversifica principalmente su tre aspetti:

1. Leggi e decreti che hanno come obiettivo quello di finalizzare la progettazione sull'efficientamento energetico, in linea con le direttive europee;
2. Leggi in compatibilità con il Codice della Strada;
3. Normative che regolano la progettazione in modo tale da limitare l'inquinamento luminoso.

Siccome la tesi ha come oggetto centrale l'analisi delle fasi progettuali dell'intervento di riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica del comune di Villafranca Piemonte (TO) per l'ammissione al bando POR FESR, di seguito vengono riportate in sintesi le normative e la legislazione a cui si è fatto riferimento, dividendole in sotto capitoli seguendo la suddivisione prima descritta. Le normative saranno comunque richiamate più nel dettaglio nelle diverse fasi progettuali che saranno descritte nel *Capitolo 3*.

2.1 Normative e/o decreti legislativi per l'efficientamento energetico

L'efficientamento energetico è diventato una delle priorità fondamentali per la comunità europea e mondiale, anche il settore dell'illuminazione pubblica non deve essere da meno e deve intraprendere un percorso di questo tipo. Questi obiettivi a livello europeo sono imposti dalla direttiva UE 2018/2002, e a livello nazionale italiano dal D.Lgs.n.73 del 14 luglio 2020. Le azioni promosse dal decreto volte all'efficientamento energetico vengono descritte nel PNIEC⁸. Alla direttiva europea UE 2018/2002 si aggiungono i CAM⁹, che sono i requisiti minimi ambientali definiti per l'acquisto di prodotti e servizi

⁸ PNIEC Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

⁹ CAM Criteri Ambientali Minimi

da parte delle Pubbliche Amministrazioni, due dei quali sono inerenti all'illuminazione pubblica comunale.

2.1.1 Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

L'efficientamento energetico è una delle armi migliori per contrastare il fenomeno del riscaldamento globale e della conseguente crisi climatica. L'adozione di queste manovre porterà ad un risparmio economico ed energetico, una riduzione di emissioni di CO₂, una maggior competitività che può portare al massimo grado di sviluppo tecnologico, una maggior indipendenza dalle importazioni estere. Per tali motivi l'efficienza energetica ha un ruolo di rilievo nelle strategie europee e nazionali: nella comunità europea la direttiva è data dalla UE 2018/2002, in Italia dal D. Lgs. N. 73 del 14 luglio 2020 e trasmessa in Commissione europea tramite la redazione del PNIEC. Ovviamente gli obiettivi sia della direttiva europea che del D. Lgs. n. 73/2020 sono in linea con quelli dell'”Agenda 30 per lo Sviluppo Sostenibile”.

Oltre a prefissare importanti obiettivi generali sull'efficientamento energetico, il PNIEC in merito alla PA¹⁰, afferma che è importante in primo luogo partire dall'illuminazione pubblica, provvedendo un set di misure finalizzate all'accelerazione del processo di sostituzione delle sorgenti luminose e all'installazione di sistemi di monitoraggio dei consumi e una conseguente riprogrammazione più efficiente delle ore di utilizzo. A tal riguardo, è e sarà importante attivare un modello di governance specifico che favorisca la partecipazione attiva di tutte le amministrazioni pubbliche dalle singole Municipalità alle Regioni per il raggiungimento degli obiettivi prefissati. Per la riuscita degli obiettivi prefissati, la Legge di Bilancio 2018 obbliga le PA a riqualificare gli impianti IP entro il 31 dicembre del 2022 al fine di poter ridurre del 50% i consumi di energia elettrica rispetto a quelli medi del 2015-2016. Le PA amministrazioni hanno a disposizione e possono usufruire di diverse agevolazioni erogate sul Fondo rotativo per il sostegno alle imprese e agli investimenti di ricerca, in cui sono stati stanziati 300 milioni di euro per la concessione di fondi a tasso agevolato. Inoltre, opere pubbliche in materia di sviluppo sostenibile e di riqualificazione energetica, compresi gli interventi sull'illuminazione pubblica, possono contare dello stanziamento dei fondi di importo pari a 500 milioni di euro, per ciascuno degli anni dal 2020 al 2024 (art. 2, comma 29, Legge di Bilancio 2020). Il fondo va assegnato a ciascun Comune sulla base della popolazione residente in esso alla data del 1° gennaio 2018 (art.1, comma 30 della legge n. 160/2019). Vi è stato un ulteriore aggiornamento con la Manovra di agosto (D. lgs. n.

¹⁰ PA Pubblica Amministrazione

104/2020) è stato introdotto il comma 29-bis, che nel solo anno del 2021 ha portato alla dotazione di ulteriori 500 milioni di fondi aggiuntivi.

2.1.2 Criteri Minimi Ambientali di riferimento per l'illuminazione pubblica

Per quanto concerne l'illuminazione pubblica i Criteri Ambientali Minimi a cui fare riferimento sono due:

- 1) CAM per “L’acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l’acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l’affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica”;
- 2) CAM per “Servizio di illuminazione pubblica”.

I CAM servono per verificare che in fase di gara per l’assegnazione di un appalto, i progetti ricevuti rispettino i criteri base contenuti nei CAM.

La rispondenza ai criteri dei CAM si divide su tre livelli, il primo riguarda la capacità del concorrente di eseguire il contratto di fornitura/servizio, il secondo stabilisce il livello da garantire in relazione ai più significativi impatti ambientali e il terzo riguarda dei parametri di sostenibilità che l’appaltatore deve garantire durante il contratto. I criteri CAM di tutti i tre livelli a loro volta si suddividono in quattro sottolivelli ovvero: CAM – sorgenti, CAM – apparecchi, CAM – Impianti, CAM – Servizi.

2.1.2.1 CAM – Capacità del candidato

- CAM- Sorgenti/apparecchi: il candidato deve avere le competenze per l’installazione delle sorgenti/apparecchi;
- CAM- Impianti: il progettista deve avere le competenze per poter scegliere, dimensionare ed infine progettare correttamente l’impianto;
- CAM- Servizi: al candidato è richiesto il rispetto dei diritti umani e delle condizioni lavorative.

2.1.2.2 CAM – Specifiche tecniche

- CAM- Sorgenti: devono essere definite le caratteristiche illuminotecniche delle sorgenti scelte a progetto, quali le efficienze luminose, il rendimento degli alimentatori da adottare, i fattori di mantenimento del flusso luminoso e i fattori di sopravvivenza;
- CAM- Apparecchi: vengono definiti i valori minimi per il grado di protezione IP, l'indice IPEA, per il tasso di guasto e altri ancora;
- CAM- Impianti: sono definiti gli indici IPEI, se presenti, le caratteristiche dei sistemi per la telegestione e il telecontrollo;
- CAM- Servizi: Consegna del progetto definitivo ed esecutivo entro i 12 mesi dall'aggiudicazione.

2.1.2.3 CAM – Criteri di sostenibilità

- CAM- Sorgenti: dichiarazioni di conformità UE e dei requisiti tecnici e la gestione dei rifiuti;
- CAM- Apparecchi: come per le sorgenti;
- CAM- Servizi: la gestione dell'impianto, la fornitura di energia elettrica, i rapporti periodici sul servizio.

2.2 Normative e/o decreti legislativi compatibili con il Codice della Strada

Fanno parte di questa macrocategoria di normative e/o decreti legislativi come, ad esempio, la UNI 11248 e la UNI EN 13201. Esse dettano le regole e le linee guida su come progettare un impianto tenendo conto delle esigenze visive degli utenti della strada.

2.2.1 UNI 11248:2016 – “Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche”

La UNI 11248 ha come obiettivo principale quello di garantire la sicurezza degli utenti della strada. Siccome l'illuminazione stradale può essere destinata a parti di strada differenti, la UNI 11248 stabilisce sei zone di studio, caratterizzate in base alla tipologia di traffico e alla necessità di illuminazione richiesta:

- 1) Strade a traffico veicolare;
- 2) Strade con limite di velocità 30 km/h;
- 3) Piste ciclabili e zone pedonali;
- 4) Zone commerciali;
- 5) Zone per dispositivi rallentatori;
- 6) Attraversamenti pedonali.

Spetta al progettista stabilire la categoria illuminotecnica caratteristica partendo dai seguenti parametri:

- La classe della strada nella zona di studio;
- La geometria della zona di studio;
- L'utilizzazione della zona di studio;
- Il traffico della zona di studio;
- L'ambiente circostante.

La prima categoria illuminotecnica è quella di ingresso/riferimento che si trova solo in funzione della zona di studio e del tipo di strada.

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità [km/h]	Categoria illuminotecnica di ingresso
A₁	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	Da 70 a 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	M2
D	Strade extraurbane di scorrimento	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	DA 70 A 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
30		C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare	30	

Figura 6- Classificazione delle strade per l'individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso (Fonte; Norma UNI11248)

Dopo questa prima categoria illuminotecnica, secondo un'analisi del rischio e seguendo una metodologia di tipo sottrattiva, il progettista deve definire altre due categorie, una detta di progetto e l'altra di esercizio.

La categoria illuminotecnica di progetto è quella a cui il progettista fa fede durante il dimensionamento dell'impianto. Per determinare questa categoria, il progettista deve valutare diversi parametri, detti "parametri di influenza", che si mantengono costanti nel periodo e sono elencati nella tabella sottostante.

PARAMETRO DI INFLUENZA	RIDUZIONE MASSIMA DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
Assenza di svincoli e/o intersezioni a raso	1
Assenza di attraversamenti pedonali	1

Tabella 5- Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica in relazione ai parametri di influenza

La categoria illuminotecnica di esercizio invece specifica sia le condizioni istantanee di funzionamento dell'impianto sia quelle previste dal progettista, che variano a seconda dei parametri di influenza variabili come da tabella.

PARAMETRO DI INFLUENZA	RIDUZIONE MASSIMA DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA
Flusso orario di traffico <50%, rispetto alla portata di servizio	1
Flusso orario di traffico <25%, rispetto alla portata di servizio	2
Flusso orario di traffico <12,5%, rispetto alla portata di servizio (previsto solo per gli impianti con regolazione adattiva FAI)	2

Tabella 6- Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica in relazione ai parametri di influenza

In generale quindi, la norma UNI 11248 consente il decremento della categoria illuminotecnica di riferimento a quella di progetto fino a 2 classi e ancora di una classe da quella di progetto a quella di esercizio. L'unico caso in cui si può scendere complessivamente di quattro classi è nel caso degli impianti FAI¹¹, in cui i sensori monitorano in tempo reale le condizioni del traffico, meteorologiche e la luminanza del manto stradale.

¹¹ FAI Full Adaptive Installation 1

Impianto	Riduzione per la cat. Ill. di progetto rispetto a quella di ingresso	Riduzione max adottata per la cat. Ill. di esercizio	Riduzione max della cat. di esercizio rispetto all'ingresso
Normale	0	0	0
		1	1
		2	2
	1	0	1
		1	2
		2	3
	2	0	2
		1	3
		2	3
Condizioni di traffico stabilmente minori rispetto alla portata max	1 (flusso di traffico stabilmente minore del 50%)	0	1
		1	2
		2	3
	2 (flusso di traffico stabilmente minore del 25%)	0	2
		1	3
		2	3
Impianti adattivi FAI	0	0	0
		1	1
		2	2
		3 (flusso < 12,5%)	3
	1	0	1
		1	2
		2	3
		3(flusso < 12,5%)	4
	2	0	2
		1	3
		2(flusso < 12,5%)	4
		3	4

Tabella 7- Riduzioni ottenibili dalla categoria di ingresso

In alternativa il progettista può decidere, in base alle problematiche riscontrate, di adottare alcuni accorgimenti integrativi all'impianto esistente senza così dover declassare le categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio.

Condizione	Rimedio
Prevalenza di precipitazioni meteoriche	Ridurre l'altezza e l'interdistanza tra gli apparecchi di illuminazione e l'inclinazione massima delle emissioni luminose rispetto alla verticale in modo da evitare il rischio di riflessioni verso l'occhio dei conducenti degli autoveicoli
Riconoscimento dei passanti	Verificare che l'illuminamento verticale all'altezza del viso sia sufficiente
Luminosità ambientale elevata (ambiente urbano)	Adottare segnaletica stradale attiva e/o a riflessione catadiottrica di classe adeguata a mantenere la condizioni di cospicuità
Intersezioni, svincoli, rotonde (in particolare se con traffico intenso e/o di elevate velocità)	
Curve pericolose in strade con elevata velocità degli autoveicoli	
Elevata probabilità di mancanza di alimentazione	
Elevati tassi di malfunzionamento	
Presenza di rallentatori di velocità	
Attraversamenti pedonali in zone con flusso orario di traffico e/o velocità elevate	
Programma di manutenzione inadeguato	Ridurre il fattore di manutenzione inserito nel calcolo illuminotecnico

Tabella 8- Esempi dei possibili provvedimenti integrativi attuabili dal progettista

La norma UNI 11248 nelle diverse appendici inserisce delle raccomandazioni riguardanti il trattamento di punti luce isolati, l'illuminazione di rotatorie, illuminazione di intersezioni stradali, illuminazione di marciapiedi, illuminazione di piste ciclabili ed infine con l'Appendice D raccomandazioni sull'illuminazione adattiva.

2.2.2 UNI EN 13201:2016 – “Illuminazione stradale”

La norma UNI EN 13201 ha adottato le parti 2,3,4,5 della norma europea CEN 13201. La norma così si divide in:

- La UNI EN 13201-2: Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali;
- La UNI EN 13201-3: Illuminazione stradale – Parte 2: Calcolo delle prestazioni;
- La UNI EN 13201-4: Illuminazione stradale – Parte 2: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche;
- La UNI EN 13201-5: Illuminazione stradale – Parte 2: Indicatori delle prestazioni energetiche.

2.2.2.1 UNI EN 13201-2/2016

Questa parte della normativa UNI EN 13201 si occupa di individuare i requisiti prestazionali per le diverse zone di studio individuate dalle UNI 11248.

I requisiti prestazionali ottenuti sono i seguenti:

- Per il traffico motorizzato (categoria M) si considerano la luminanza del manto stradale della carreggiata sia in condizioni di asciutto che di bagnato e i parametri sono da rispettare tramite valori minimi di luminanza media del manto stradale¹², di uniformità generale¹³ e longitudinale¹⁴; inoltre, si considera anche l'abbagliamento debilitante, espresso da limiti massimi per il fattore di incremento di soglia.

¹² Luminanza media del manto stradale: Valore medio della luminanza del manto stradale calcolato sulla carreggiata. u.d.m cd/m²

¹³ Uniformità generale: Rapporto tra il valore minimo e il valore medio della caratteristica considerata.

¹⁴ Uniformità longitudinale: Rapporto tra il valore minimo e il valore massimo

-
- Per il traffico nelle zone di conflitto (categoria C) i requisiti valutano l'illuminamento orizzontale del manto stradale della carreggiata, definendo anche in questo caso valori minimi però non più per la luminanza bensì per l'illuminamento medio¹⁵ mantenuto e uniformità generale di luminanza;
 - Per i pedoni (categorie P) si valuta l'illuminamento orizzontale, assegnando i valori minimi di illuminamento medio e minimo mantenuto e se previsto il riconoscimento facciale la norma prevede anche dei valori minimi per l'illuminamento verticale;
 - Per i ciclisti (Categorie HS) si valuta l'illuminamento emisferico medio ed uniformità generale di illuminamento del manto stradale;
 - Per zone SC, ovvero dove è importante il riconoscimento facciale e l'aumento della sensazione di sicurezza, si valutano i requisiti minimi per l'illuminamento semicilindrico mantenuto, da valutare su un piano posto a 1,5m sopra il livello della strada;
 - Per categorie EV, ovvero dove è importante il riconoscimento di superfici verticali come nelle zone di intersezione e di conseguenza il requisito minimo da garantire è sul valore dell'illuminamento minimo del piano verticale.

2.2.2.2 *UNI EN 13201-3/2016*

Questa parte della norma descrive le convenzioni e gli algoritmi da implementare per il calcolo delle caratteristiche illuminotecniche degli impianti di illuminazione pubblica progettati in conformità alla UNI EN 13201-2. Stabilisce il numero delle cifre decimali da riportare nei calcoli delle diverse grandezze illuminotecniche:

- 2 cifre decimali per la luminanza media, l'uniformità generale e longitudinale di luminanza, il rapporto di bordo e l'illuminamento medio quando inferiore a 10 lx;
- 1 cifra decimale per l'illuminamento medio quando è tra 10 e 20 lx;
- 0 cifre decimali per il TI¹⁶ e per l'illuminamento medio superiore a 20 lx.

¹⁵ Illuminamento medio: Valore medio dell'illuminamento. u.d.m lx

¹⁶ TI o incremento di soglia: misura della perdita di visibilità causata dall'abbagliamento debilitante degli apparecchi

Per valutare questi parametri degli impianti sono necessari i dati fotometrici relativi alle sorgenti impiegate, che vengono ricavati mediante l'adozione di tabelle di intensità (I-table) e del coefficiente ridotto di luminanza (r-table).

Inoltre, la UNI EN 13201-3 definisce la procedura per il calcolo dell'illuminamento e della luminanza. In direzione longitudinale, la distanza tra i punti di calcolo delle grandezze fotometriche è valutata nel modo seguente:

$$D = \frac{S}{N}$$

In cui:

- D è la distanza tra i punti di calcolo espressa in m;
- S è la distanza tra due sorgenti appartenenti alla stessa linea espressa in m;
- N è il numero di punti di calcolo ed è pari a 10 per distanze S minori di 30 m, mentre per S maggiori di 30 m assume il valore pari al più piccolo intero che fa risultare D minore o uguale a 3 m.

Per quanto riguarda la distanza trasversale essa viene calcolata nel seguente modo:

$$d = \frac{W}{3}$$

In cui:

- W è la larghezza della corsia in m.

Con una differenza però per il calcolo della distanza trasversale dell'illuminamento, ovvero al posto del 3 si inserisce un valore maggiore o uguale a 3 ed è il più piccolo valore per cui d sia minore o uguale a 1,5 m.

Infine, la norma UNI EN 13201-3 definisce le caratteristiche qualitative della luminanza, dell'illuminamento, della luminanza media, dell'uniformità generale, dell'uniformità longitudinale, l'incremento di soglia e il rapporto di bordo.

2.2.2.3 *UNI EN 13201-4/2016*

La norma UNI-EN 13201-4/2016 definisce le linee guida al progettista per la prescrizione di un report che deve contenere le informazioni necessarie che chiariscano le condizioni di verifica e di collaudo per valutare le prestazioni fotometriche degli impianti di illuminazione pubblica progettati secondo la UNI EN 13201-2. In particolar modo il report deve contenere:

- Gli obiettivi delle misurazioni;
- Dettagli sugli strumenti di misura utilizzati;
- Dettagli sulle condizioni climatiche;
- Dettagli sulle condizioni ambientali;
- Dettagli sulle condizioni dell'alimentazione elettrica;
- Una descrizione della procedura adottata sia per la misurazione che per l'elaborazione dei dati, dal 2016 anche il metodo utilizzato per il calcolo delle incertezze;
- I risultati ottenuti con le relative incertezze;
- La giustificazione che ha portato alla considerazione di una determinata porzione del sistema;
- Le azioni per controllare la luce diretta o riflessa dal contorno.

2.2.2.4 *UNI EN 13201-5/2016*

La norma UNI EN 13201-5 definisce due indicatori idonei che permettono di valutare in modo adeguato le prestazioni energetiche degli impianti e inoltre di poter comparare anche differenti soluzioni tecnologiche e progettuali ad uno stesso sistema di illuminazione.

Questi due parametri sono il D_P ¹⁷ e il D_E ¹⁸, il primo misura la quantità di energia necessaria al sistema di illuminazione per rispettare i requisiti previsti dalla UNI EN 13201-2, mentre il secondo indica il consumo annuale di potenza dell'impianto.

Questi due indicatori in coppia determinano la performance energetica di un sistema di illuminazione.

2.3 Normative e/o decreti legislativi finalizzati alla riduzione dell'inquinamento luminoso

Le normative presenti in questa parte dell'elaborato sono quelle che descrivono come progettare gli impianti di illuminazione pubblica nel pieno rispetto dell'ambiente, cercando di limitare il più possibile l'inquinamento luminoso. In questo capitolo vengono descritte la UNI 10819/2021 e la Legge regionale 3/2018.

2.3.1 *UNI 10819:2021 – “Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso”*

La norma UNI 10819 è stata aggiornata nel marzo del 2021 per limitare l'inquinamento luminoso nella difesa della volta celeste. Il problema dell'inquinamento luminoso è la diretta conseguenza della cattiva progettazione illuminotecnica, sia sotto un punto di vista di un sovradimensionamento vero e proprio della sorgente che per una scelta inopportuna dell'apparecchio, per cui la luce diretta è

¹⁷ D_P Indice di densità di potenza. u.d.m $W/(lx \cdot m^2)$

¹⁸ D_E Indice del consumo energetico annuale. u.d.m $(W \cdot h) / m^2$

irradiata al di fuori delle aree a cui essa è dedicata e, in particolare il problema si ha quando è irradiata verso la volta celeste.

La norma UNI 10819 prescrive i metodi di calcolo e verifica per valutare il flusso luminoso disperso verso l'alto.

Se l'impianto è di modesta entità deve soddisfare queste due caratteristiche:

- 1) Flusso luminoso totale emesso dalla sorgente non superiore a 1800 lm;
- 2) Flusso luminoso emesso verso l'alto dall'insieme di apparecchi di illuminazione non superiore a 2250 lm.

In alternativa se l'impianto non è di modesta entità, i parametri di verifica sono:

- Il rapporto medio di emissione R_n dato dal rapporto tra il flusso totale emesso dall'apparecchio di illuminazione e il flusso luminoso emesso nell'emisfero superiore;
- L'intensità luminosa caratteristica in valore assoluto I_A e l'intensità luminosa caratteristica riferita a un flusso luminoso di 1000 lm I_{fn} .
- L'illuminamento massimo E_{max} ;
- L'indice spettale I_{sg} , importante per capire la quantità di luce blu emessa rispetto alla totale;
- Il fattore di illuminazione dell'impianto q_{inst} definito in accordo alla UNI EN 13201-5/2016.

Per verificare questi requisiti, la norma prevede quattro tipologie di verifiche:

- 1) Verifica istruttoria documentale, inerente tutte le attività atte a constatare la conformità documentale del progetto dell'impianto di illuminazione alla norma UNI 10819/2021;
- 2) Verifica geometrica sul campo;
- 3) Verifica fotometrica sul campo;
- 4) Caratterizzazione dell'impianto.

Per definire le linee guida per fare le misurazioni sul campo, la norma fa riferimento alla UNI EN 13201-4/2016.

2.3.2 Legge regionale 3/2018

Oltre alla norma UNI 10819, le Regioni italiane hanno emanato leggi regionali per contenere l'inquinamento luminoso e promuovere il risparmio energetico, non essendovi attualmente leggi nazionali in materia.

Quella della regione Piemonte è la legge n.3 del 09 febbraio 2018 recante "Modifiche alla legge regionale del 24 marzo 2000, n.31 (Disposizione per la prevenzione e lotta all'inquinamento luminoso e per il corretto impiego delle risorse energetiche)".

Gli obiettivi che la regione Piemonte vuole perseguire con la legge 3/2018:

- Contenere l'inquinamento luminoso ed ottico, attraverso una riduzione dei consumi energetici e un contestuale efficientamento degli impianti destinati all'IP;
- Salvaguardare i bioritmi naturali della flora e della fauna;
- Conservare gli equilibri ecologici dell'ambiente;
- Ridurre i fenomeni di abbagliamento molesto;
- Tutelare i siti degli osservatori astronomici, i belvedere e i punti panoramici, la qualità della vita e le condizioni di fruizione dei centri urbani.

I requisiti tecnici minimi, per l'installazione o la modifica degli impianti di illuminazione già esistenti prevedono:

- Per gli apparecchi illuminanti un valore di intensità luminosa che varia tra 0 e 0,49 cd/klm, per gli angoli γ maggiore o uguale a 90° , ciò vuol dire che sono ammesse emissioni verso l'alto fino a 0,49 cd/klm;
- Per le sorgenti con valori di efficienza luminosa maggiori o uguali a 90 lm/W e di temperatura di colore correlata minore o uguale a 3500K, questo per evitare i rischi legati alle emissioni blu del LED dannose per la salute dell'uomo;
- Per gli apparecchi e gli impianti, valori di efficienza uguali o superiori a quelli prescritti dal CAM;

-
- Per garantire la sicurezza degli utenti senza contribuire all'inquinamento luminoso la luminanza media o l'illuminamento delle superfici di calcolo deve rispettare i requisiti minimi previsti dalle normative tecniche UNI prima descritte;
 - I rapporti tra l'interdistanza e l'altezza delle sorgenti maggiori o uguali a 3,7m;
 - Sistemi in grado di regolare e ridurre il flusso luminoso in misura uguale o superiore al 30% rispetto alla piena operatività dell'impianto di illuminazione.

Un altro punto importante della legge regionale del Piemonte è che i Comuni che presentano una popolazione superiore ai 30000 abitanti, devono approvare il PRIC¹⁹.

Il PRIC è redatto per censire la consistenza e lo stato di manutenzione degli impianti di illuminazione pubblica del territorio comunale. Il fine è quello di redigere le linee guida per le modalità di intervento prossime per la riqualificazione e l'efficientamento degli impianti di illuminazione pubblica. Il comune di Villafranca Piemonte, anche se conta meno di 30000 abitanti, in vista del bando POR FESR ha fatto redigere il PRIC, indi per cui nel capitolo successivo ci sarà un approfondimento su questo strumento propedeutico alla progettazione e alla riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica.

¹⁹ PRIC Piano Regionale per l'Illuminazione Comunale



Capitolo 3

3| Il bando POR-FESR: “Riduzione dei consumi energetici e adozione di soluzioni tecnologiche innovative sulle reti di illuminazione pubblica”

Il Bando POR-FESR 2014/2020 – Obiettivo tematico IV.4 – Azione IV.4 c – Azione IV.4c.1.3 – “Riduzione dei consumi energetici e adozione di soluzioni tecnologiche innovative sulle reti di illuminazione pubblica” rientra nel Programma Operativo Regionale “Competitività regionale e occupazione” FESR 2014/2020. Questo Bando fa parte della sezione “Obiettivo tematico IV.4 – Sostenere la transizione verso un’economia a basse emissioni di carbonio in tutti i settori” e nella sottosezione “Obiettivo specifico IV.4c.1 – Riduzione dei consumi energetici negli edifici e nelle strutture pubbliche o ad uso pubblico, residenziali e non residenziali e integrazione di fonti rinnovabili”. Il Bando in questione è finalizzato a promuovere interventi di efficientamento energetico delle reti di IP per consentire una significativa riduzione dei consumi con una conseguente diminuzione dei costi energetici sostenuti dagli Enti locali, nonché interventi volti a fornire maggiori servizi agli utenti ed in grado di aumentare la conoscenza da parte delle amministrazioni dei propri territori su particolari ambiti quali ad esempio gestione del traffico, sicurezza urbana e monitoraggio ambientale. In questo capitolo si approfondirà l’origine di questo fondo europeo che ha permesso l’apertura di questo bando e di altri ancora, si descriverà il successo del bando sull’efficientamento degli impianti di illuminazione riportando gli andamenti dei fondi stanziati su di esso e la volontà di partecipare di diverse realtà comunali e si spiegherà nel dettaglio il materiale richiesto per essere ammessi al finanziamento.

3.1 Fondo Europeo Sviluppo Regionale

Il Fondo Europeo Sviluppo regionale (FESR) è il principale strumento utilizzato dall'UE per consolidare la coesione economica e sociale. La finalità di questo fondo è quella di sostenere lo sviluppo intelligente e sostenibile dei territori tramite co-finanziamenti per interventi nell'ambito dell'innovazione e della ricerca, del sostegno alle piccole alle medie imprese, nell'ambito della decarbonizzazione e della realizzazione dell'agenda digitale europea. Infatti, sostiene principalmente interventi in favore di un'economia basata sulla sostenibilità, innovazione e conoscenza. Gli obiettivi tematici a cui il fondo è interessato sono:

- OT²⁰ 1 – Ricerca, Sviluppo Tecnologico e Innovazione;
- OT 2 - Agenda digitale;
- OT 3 – Competitività dei sistemi produttivi;
- OT 4 – Energia sostenibile e qualità della vita;
- OT 6 – Tutela dell'ambiente e qualità della vita;
- OT 2/4/6 – Sviluppo Urbano Sostenibile.

In Piemonte, il POR²¹ nel periodo 2014-2020 gestisce e ha gestito 965 milioni di euro. La Regione ha delineato la strategia di sviluppo da assumere con il POR FESR 2014-2020, focalizzandosi sugli interventi che potrebbero garantire il miglior valore aggiunto in linea alla strategia dell'UE per appunto una crescita sostenibile e inclusiva. In particolar modo concentrar le risorse sull'innovazione industriale, sull'innovazione digitale, sulla ricerca, sulla valorizzazione del territorio e sul settore della salute. In conclusione, i campi d'azione principali del Programma riguardano il supporto all'innovazione, le tecnologie digitali, la riduzione dei consumi di energia tramite una riqualificazione ed un efficientamento degli impianti esistenti e l'aumento di produzione di energia da fonti rinnovabili.

²⁰ Obiettivo tematico

²¹ POR Programma Operativo Regionale

Nel paragrafo successivo si analizza il percorso adottato dalla regione Piemonte per lo stanziamento di questi fondi per l'efficientamento e la riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica comunale.

3.2 Lo storico de “Bando per la riduzione dei consumi energetici e adozione di soluzioni tecnologiche innovative sulle reti di IP dei Comuni piemontesi”

Il bando “Riduzione consumi energetici e adozione soluzioni tecnologiche innovative su reti illuminazione pubblica dei Comuni piemontesi di cui alla d.g.r. n. 30-7603 del 28/09/2018” in oggetto sull'efficientamento e la riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica ha aperto il suo primo sportello il 10 ottobre 2018 e la regione Piemonte aveva scelto di stanziare 10.000.000 euro inizialmente. Siccome le amministrazioni locali parteciparono numerosamente, prima il 14 dicembre 2018 e poi l'8 novembre 2019 stanziarono ulteriori fondi, corrispettivamente 6.000.000 di euro e 3.940.000 di euro. Lo sportello del Bando sopra citato ha chiuso il 29 maggio 2019 e tutte le risorse disponibili sono state impiegate a favore dei beneficiari selezionati a seguito di regolare istruttoria.

Tenuto conto del successo che ha riscontrato questa iniziativa e delle richieste pervenute dai potenziali nuovi beneficiari sono stati stanziati dal Programma Operativo Regionale FESR 2014/2020 8.715.942,60 euro sul nuovo sportello aperto alle 9:00 del 27 maggio 2021.

Questo secondo sportello ha subito alcune puntuali variazioni, non di aspetto tecnico ma funzionali a consentire la rendicontazione delle spese e i relativi controlli entro le scadenze. Le variazioni sono:

- L'affidamento dei lavori è fissato entro 6 mesi dalla concessione e l'ultimazione dei lavori entro 12 mesi;
- l'importo dell'anticipo concesso è stato elevato al 50%;
- La percentuale massima delle spese inerenti alle opere accessorie e strettamente connesse alla realizzazione degli interventi è aumentata al 20%;

-
- Semplifica la documentazione richiesta al beneficiario all'atto di presentazione della domanda.

Questo secondo sportello del Bando “Riduzione consumi energetici e adozione soluzioni tecnologiche innovative su reti illuminazione pubblica dei Comuni piemontesi” è quello a cui il comune di Villafranca Piemonte (TO) ha partecipato con il progetto argomento di questa tesi.

Per comodità d'ora in avanti il bando in oggetto per essere richiamato verrà abbreviato come bando IP.

3.3 Descrizione del Bando IP

In questo paragrafo si descriverà nel dettaglio il bando IP per il quale è stato redatto il progetto definitivo, oggetto della tesi, per ottenere il finanziamento con il comune di Villafranca Piemonte (TO). Si discuteranno brevemente le finalità, i soggetti proponenti, gli interventi ammissibili, le condizioni di ammissibilità, i costi ammissibili, tipologia ed entità dell'agevolazione, la documentazione da presentare, la presentazione della domanda e il metodo di valutazione della domanda del bando IP.

3.3.1 *Le finalità*

La finalità di questo secondo sportello del bando IP è quello di sfruttare i fondi messi a disposizione del POR FESR 2014-2020 per continuare la riqualificazione degli impianti IP dei comuni piemontesi. Questo non solo per ridurre l'impatto ambientale tramite un utilizzo intelligente dell'energia, gli interventi devono assumere carattere dimostrativo in termini di efficacia delle iniziative, sotto il profilo formativo e dalla riproducibilità in contesti analoghi.

3.3.2 I soggetti proponenti

I soggetti che possono presentare la domanda si distinguono in due categorie:

- 1) I Comuni piemontesi ad eccezione dei Capoluogo di Provincia;
- 2) Le Unioni di Comuni della Regione Piemonte. L'Unione di Comuni può presentare la domanda per tutti o solo per alcuni. I Comuni appartenenti all'Unione ma non coinvolti nel progetto, possono comunque partecipare in maniera autonoma.

Inoltre, Comuni diversi, non appartenenti a nessuna Unione, possono presentare la domanda di agevolazione in forma aggregata, mediante anche raggruppamenti temporanei. In questo caso l'accordo sottoscritto deve obbligatoriamente:

- Indicare come finalità quella o quelle previste dal progetto presentato;
- Indicare il soggetto capofila, al quale spetterà la rappresentanza esclusiva dei mandati nei confronti della Regione Piemonte per tutte le operazioni e gli atti di qualsiasi natura fino all'estinzione di ogni rapporto.

3.3.3 Interventi ammissibili

Gli interventi ammissibili al bando si dividono in due linee di intervento:

- Linea A – Interventi di riqualificazione energetica
- Linea B – Servizi tecnologici integrati

Ciascuna domanda può interessare uno o più perimetri di intervento²², e l'intervento può avvenire in tutto il perimetro o solo in parte del perimetro.

²² Perimetro d'intervento: si intendono tutte le linee dell'impianto che fanno capo ad un solo punto di prelievo dell'energia elettrica

Per tutti i perimetri di intervento, a pena di esclusione, devono obbligatoriamente essere presenti uno o più interventi appartenenti alla categoria linea A, ovvero:

- Sostituzione di sorgenti luminose con sorgenti più efficienti;
- Sostituzione di apparecchi di illuminazione con più efficienti;
- Retrofitting a led;
- Installazione di regolatori di flusso conformi alla normativa tecnica vigente;
- Installazione di sistemi di telecontrollo, telecomando o telegestione;
- Sostituzione di quadri elettrici o semplice messa a norma, sostituzione di supporti/pali o qualsiasi opera connessa al miglioramento dell'efficienza energetica.

Per quanto concerne invece per la linea B, gli interventi sono ammissibili unicamente se associati ad uno più interventi della linea A, ovvero solo se realizzati nei perimetri oggetti di interventi di riqualificazione energetica. Questa linea, comunque sia prevede gli interventi che possiamo etichettare come ottimizzazioni dell'utilizzo dell'infrastruttura dell'IP al fine di erogare servizi orientati alle smart city ai cittadini attraverso installazione di:

- Sistemi di controllo del traffico e/o videosorveglianza di edifici o strutture pubbliche;
- Sistemi monitoraggio condizioni meteorologiche o dell'inquinamento atmosferico;
- Sistemi smart parking;
- Pannelli informativi elettronici;
- Sistemi per la messa a disposizione di servizi di connessione gratuita wi-fi.

Ad ogni modo questi interventi devono essere integrati nell'infrastruttura dell'IP, ovvero soddisfare almeno una di queste tre condizioni:

- a) Sono alimentati dalla linea dell'impianto IP comunale;
- b) Sono collocati fisicamente sui pali/supporti dell'IP;
- c) Utilizzano la linea dell'IP per la trasmissione dei dati.

I servizi tecnologici integrati dovranno risultare in funzione per almeno i prossimi cinque anni.

In aggiunta agli interventi ammissibili alle due linee sono ammissibili, nel rispetto del limite percentuale massimo che verrà specificato nei paragrafi successivi, realizzazioni di opere accessorie e strettamente connesse, come ad esempio:

-
- Opere finalizzate all'esclusione dell'alimentazione di carichi elettrici di tipo esogeno²³ (obbligatorio se presenti nei quadri dei perimetri oggetti di intervento);
 - Opere murarie;
 - Pozzetti e scavi;
 - Parziali rifacimenti di manto stradale;
 - Allacciamento e installazione di elementi aggiuntivi come cablaggi per la trasmissione dati.

3.3.4 *Condizioni di ammissibilità degli impianti e degli interventi previsti*

Tutti gli interventi devono riguardare solo ed esclusivamente gli impianti di illuminazione pubblica esistente; infatti, non è ammessa la realizzazione di nuovi tratti di impianti. Tuttavia, è ammissibile la realizzazione di nuovi punti luce nei perimetri di intervento nella misura massima del 10% del numero totale dei punti luce oggetto di intervento, fermo restando che essi siano necessari per esigenze di adeguamento alla normativa vigente.

Tutti gli impianti di illuminazione pubblica oggetto di intervento devono rispettare le seguenti condizioni:

- Essere localizzati sul territorio del Comune/dei Comuni proponenti;
- Essere di proprietà comunale, e la proprietà deve estendersi a tutti i componenti dell'impianto.
- Contratto di fornitura dell'energia elettrica in capo al Comune/Comuni proponente/i;
- Non essere destinati all'illuminazione di gallerie, aree commerciali, parcheggi privati, campi sportivi, edifici, monumenti o segnaletica luminosa;

Inoltre, gli interventi previsti, a pena di esclusione, dovranno garantire:

²³ Cariche esogeni di tipo elettrico:

-
- 1) A seguito degli interventi totali conseguire un risparmio di energia elettrica connesso di almeno il 40% rispetto alla situazione ante intervento, percentuale determinata attraverso la metodologia di calcolo dei risparmi energetici previsto dall'allegato 1b che sarà descritto successivamente;
 - 2) Il beneficio economico derivante dal risparmio energetico conseguito sia unicamente a favore del soggetto proponente;
 - 3) Rispettare il quanto più è possibile il “decreto CAM illuminazione”;
 - 4) Conseguimento, per tutti gli apparecchi di una classe relativa all'indice IPEA più performante di almeno una classe rispetto a quanto previsto dal “decreto CAM illuminazione”;
 - 5) Osservazione della normativa tecnica vigente naturalmente;
 - 6) Osservanza della normativa regionale in materia di illuminazione pubblica L.R. 31/2000 e s.m.i;
 - 7) Non devono essere avviati precedentemente alla data di pubblicazione del Bando (Sportello 2021).

3.3.5 Costi ammissibili

Gli interventi considerati ammissibili alla richiesta di agevolazione sono le seguenti voci spesa:

- a) Opere necessarie alla realizzazione degli interventi della linea A, comprensive degli oneri della sicurezza;
- b) Opere necessarie alla realizzazione degli interventi della linea B, comprensive degli oneri della sicurezza;
- c) “opere accessorie e strettamente connesse” definite nel capitolo 3.3.3 alla realizzazione degli interventi inerenti alla linea A e linea B, comprensive degli oneri della sicurezza;
- d) Spese tecniche di progettazione, direzioni lavori e/o collaudo ecc...;
- e) Cartellonistica per la pubblicazione dell'agevolazione (Limite di 500€, iva inclusa);

Sono anche stabilite delle percentuali massime di spesa:

- Le spese di cui alla lettera b) non possono superare il 20% di quelle alla lettera a);

-
- Le spese di cui alla lettera c) non possono superare il 20% del totale della somma di quelle alla lettera a) e b);
 - Le spese di cui alla lettera d) non possono superare il 10% del totale delle spese di cui a), b), c) ed e).

Per quanto riguarda la voce spesa alla lettera d), non sono considerate ammissibili le spese previste per l'attività di RUP.

In ogni caso, i costi ammissibili non potranno superare i seguenti importi:

COSTO AMMISSIBILE MASSIMO: 800€/Punto Luce sostituito;

Nel caso in cui si eccedano le percentuali elencate prima o costi ammissibili riportati in domanda siano superiori al costo massimo ammissibile sopra definito, in fase di istruttoria si procederà a rideterminare l'agevolazione concedibile.

I costi ammissibili dovranno essere quantificati sulla base del prezzario regionale delle OO.PP vigente. Per le voci non previste dal prezzario regionale, potrà farsi ricorso a “nuovi prezzi” determinati sulla base di una specifica analisi prezzi.

Tutte le spese si intendono al lordo dell'IVA.

3.3.6 Tipologia ed entità dell'agevolazione

Il progetto è ammesso se risultano verificati i costi ammissibili precedentemente descritti e se rispettano i seguenti minimi:

- 50.000 € per le Unioni di Comuni o raggruppamenti o singoli Comuni che non superano i 5.000 abitanti;
- 100.000 € per le Unioni di Comuni o raggruppamenti o singoli Comuni che superano i 5.000 abitanti;

L'agevolazione concessa è pari all' 80% delle spese ammissibili. La massima agevolazione consentita è di 400.000 €. Il cofinanziamento da parte del beneficiario, dunque, non può essere minore del 20% dei costi ammissibili.

Nel caso in cui, a seguito dell'aggiudicazione e/o in sede di rendicontazione, l'importo dei costi ammissibili dovesse risultare inferiore a quello ammesso in sede di concessione, l'agevolazione verrà ricalcolata.

3.3.7 Documentazione necessaria per il bando

Alla domanda dovrà essere allegata, a pena di esclusione, la seguente documentazione obbligatoria:

- 1) Documento d'identità del legale rappresentante o del soggetto delegato firmatario della domanda;
- 2) Se c'è un soggetto delegato il documento di delega;
- 3) In caso di raggruppamento temporaneo: la dichiarazione di intenti a costituirsi sottoscritta da ognuno dei Comuni e bozza di accordo approvata da tutti i Comuni con l'individuazione del capofila mandatario;
- 4) Relazione Tecnico Economica di Sintesi (RTES) con firma digitale del tecnico abilitato, a pena di esclusione; deve contenere l'Allegato 1b in formato *.pdf;
- 5) Progetto definitivo o esecutivo sottoscritto con firma digitale, a pena di esclusione, comprensivo del progetto illuminotecnico ai sensi della L.R 31/2000 e s.m.i, del computo metrico estimativo coerente con i costi riportati nell'RTES e di adeguate planimetrie;
- 6) Dichiarazione, redatta secondo il modello di cui all'Allegato 4 e sottoscritta con firma digitale da un tecnico abilitato, a pena di esclusione, attestante che il progetto è rispondente ai requisiti previsti dal "decreto CAM illuminazione";
- 7) Provvedimento dell'organo decisionale del soggetto proponente riguardanti l'approvazione del progetto, ivi inclusa la disponibilità delle risorse complessivamente previste per la realizzazione del progetto;
- 8) Dichiarazione del Responsabile dei servizi finanziari che attesti la posizione del soggetto/i proponente/i in merito al regime IVA;

-
- 9) Se l'intervento supera i 100.000 € è richiesta la dichiarazione sostitutiva del Responsabile dell'area lavori pubblici che l'intervento trova è inserito nel piano triennale delle opere pubbliche;
- 10) Dichiarazione sostitutiva del Responsabile dell'area servizi finanziari che tutte le spese trovano copertura in apposito capitolo di bilancio ai sensi di quanto previsto dalla normativa vigente.

Qualora la dimensione degli allegati superi i 5 MB, dovranno essere inviati entro 5 giorni lavorativi mediante messaggio di posta elettronica certificata all'indirizzo: sviluppoenergetico@cert.piemonte.it. Il file dell'Allegato 1b in formato *.xls dovrà essere inviato tramite posta elettronica all'indirizzo settore.sviluppoenergetico@regione.piemonte.it riportando come oggetto "Bando IP – Comune di xxxx – Invio allegato 1b".

3.3.8 *Come viene valutata la domanda*

Entro novanta giorni dall'invio della domanda viene effettuata la valutazione del progetto. La selezione delle operazioni si divide in due parti:

- La verifica della ricevibilità della domanda e le condizioni di ammissibilità del soggetto proponente e del progetto;
- Valutazione tecnico/finanziaria e di merito del progetto.

Le verifiche sono svolte dal Settore Sviluppo energetico sostenibile. Per la parte tecnico/finanziaria si avvale di una Commissione di valutazione, composta da funzionari e tecnici della Regione Piemonte.

I progetti presentati vengono sottoposti ad un percorso istruttorio diretto a verificare:

- A. Ricevibilità: inoltro della domanda nei termini e nelle forme previste dal Bando e completezza e regolarità della domanda;
- B. Ammissibilità: presenza dei requisiti del Bando da parte dell'ente proponente, tipologia e localizzazione dell'intervento coerenti con le prescrizioni, compatibilità del cronoprogramma

-
- con i termini del Bando, compatibilità del progetto con le limitazioni del Bando e dalla normativa nazionale o unionale ed infine impegno e disponibilità finanziaria del beneficiario;
- C. Valutazione Tecnico/Finanziaria: idoneità tecnica del beneficiario, congruità e pertinenza dei costi, auto sostenibilità dell'intervento e adeguatezza della struttura patrimoniale del beneficiario;

Se il progetto nella fase "C" ottiene almeno 4 punti su 8 si procede con:

- D. Valutazione di merito: qualità della RTES, complementarietà con altri progetti inerenti all'IP del soggetto proponente, grado innovazione della proposta progettuale, apparecchi con indice IPEA/IPEI più performanti, diffusione servizi smart ed innovativi forniti, rapporto numero punti luce sostituiti e numero di abitanti, valutazione del risparmio energetico e tempo di ritorno dell'intervento, fattore di mantenimento del flusso luminoso, Comune dotato di PAES²⁴ e/o PRIC, uso di materiali ecocompatibili ed infine modalità di smaltimento dei rifiuti.

Ai fini dell'ammissibilità all'agevolazione è fondamentale ottenere un punteggio minimo di almeno 40 punti sui 100 disponibili, oltre che l'invio di tutta la documentazione nel rispetto delle tempistiche.

Inoltre, è possibile che dopo una prima valutazione la Commissione possa chiedere alcune integrazioni per ulteriori approfondimenti o maggiori chiarimenti sul progetto presentato.

Dopo il controllo delle integrazioni la Commissione comunicherà il responso finale.

Se l'esito è positivo il Comune, può commissionare in un primo momento la realizzazione del progetto esecutivo, poi la gara d'appalto ed infine iniziare i lavori.

La fine lavori deve essere programmato entro e non oltre dodici mesi dalla conferma dell'ammissione al finanziamento.

²⁴ Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile

Capitolo 4

4| Analisi delle fasi del progetto definitivo di Villafranca Piemonte (TO)

In questo quarto capitolo si descrivono le diverse fasi che hanno portato alla realizzazione del progetto definitivo e della documentazione tecnica (RTES e Allegato 1b). Per ognuna di queste fasi si descrive il risultato ottenuto, i passaggi e le decisioni prese in quella fase. Il processo che ha portato alla stesura del progetto e all'invio della domanda per l'ammissione al Bando, descritto nel Capitolo 3, è stato diviso in questo capitolo in tredici fasi. Si parte dalla prima, che descrive il rilievo, la redazione del PRIC e quindi il censimento degli impianti IP della situazione attuale per terminare con l'assegnazione dell'incarico del progetto esecutivo.

4.1 Fase 1: Dal rilievo al censimento degli impianti IP dello stato attuale

La prima fase per la realizzazione del progetto è il rilievo in situ in cui si va così a raccogliere tutti i dati necessari a censire al meglio lo stato attuale degli impianti di illuminazione pubblica del comune e un inquadramento generale del territorio comunale. Nel caso studio in considerazione di Villafranca Piemonte (TO), in accordo con la Pubblica Amministrazione del Comune, si è deciso di redigere il PRIC e l'AUDIT per un'analisi completa e precisa dello stato attuale degli impianti, in modo da ottenere un maggiore punteggio del progetto da presentare in Regione per il Bando sulla riqualificazione degli impianti.

In questa fase si riporta l'analisi dello stato di fatto degli impianti IP di Villafranca Piemonte portata a termine con la realizzazione del PRIC e dell'AUDIT. In particolare, si pone l'attenzione su:

approccio metodologico, inquadramento territoriale e l'analisi vera e propria degli impianti IP del Comune.

4.1.1 Approccio metodologico

In questa sezione si descrive l'approccio metodologico che è stato scelto per l'elaborazione del PRIC e del progetto per il Bando, in particolar modo, si pone l'attenzione sulla parte relativa alla raccolta dei dati che hanno permesso di compiere il censimento e l'analisi dello stato attuale. Infatti, per l'acquisizione di queste informazioni si è cercato di procedere tramite un metodo innovativo, al fine di ottenere informazioni precise, complete e il più possibile rapide, pensando non solo come scopo finale la redazione del PRIC, ma al fine ultimo ovvero il progetto da consegnare in Regione. L'approccio metodologico scelto per la raccolta dei dati e l'analisi dello stato di fatto è essenzialmente composto da:

- Un rilievo in situ tramite strumentazione GNSS (Global Navigation Satellite System);
- Un'elaborazione dei dati tramite un Sistema Informativo Territoriale (SIT, in inglese invece noto come Geographical Information System, GIS).

Questo metodo di rilievo e la successiva rielaborazione dei dati tramite il programma GIS sono dei punti di forza per un ordinato e preciso censimento degli impianti. Di seguito si descrive il processo utilizzato dall'acquisizione all'elaborazione dei dati nel GIS.

4.1.1.1 Acquisizione delle informazioni

Per il rilievo dello stato di fatto, come anticipato in precedenza, si è deciso di utilizzare un ricevitore GNSS, così da ottenere in maniera precisa la posizione dell'elemento di interesse. In più, dal momento che oltre la posizione dell'oggetto è necessario rilevare anche le caratteristiche del punto, si è fatto ricorso ad uno strumento GNSS dotato di software GIS, che consente di memorizzare gli attributi del punto contemporaneamente alla registrazione della posizione.

Della strumentazione utilizzata si riportano le caratteristiche principali, estratte dalla scheda tecnica, e si descrive brevemente il software GIS utilizzato per l'analisi dello stato di fatto.

GLI STRUMENTI



Figura 7- Ricevitore GNSS - Palmare S7-G

Caratteristiche tecniche S7-G	
Windows Mobile 6.5 Pro	
Modem GSM integrato	
Wi-Fi e Bluetooth integrati	
Camera digitale 5 Megapixel con autofocus	
GNSS	
Ricezione	120 Canali GNSS
Precisione GNSS	

Antenna interna	Decimetrica
Antenna esterna	Centimetrica

Tabella 9 - Caratteristiche degli strumenti

I SOFTWARE

I software che si sono utilizzati per l'analisi dello stato di fatto, in abbinamento allo strumento detto, sono della famiglia di Stonex e più precisamente il GeoGIS per la fase di rilievo e il GeoGIS Office per le operazioni d'ufficio. Per la fase di restituzione dei dati, dopo l'utilizzo dei programmi della Stonex, si è fatto ricorso all' open source QGIS. Più nel dettaglio si descrivono ora le potenzialità e gli utilizzi che se ne sono fatti per la redazione del PRIC e del progetto definitivo.

GeoGis Office

Nelle operazioni d'ufficio, ovvero nella fase di preparazione al rilievo e nella successiva, si è utilizzato il software GeoGIS Office. Nella fase antecedente il rilievo, il software è stato utilizzato per la preparazione della base cartografica e per la creazione del database in funzione dei modelli precedentemente creati. Tali informazioni risultano la base per il rilievo e sono quindi state trasferite sul palmare prima di iniziare e visualizzate tramite GeoGIS. Nella fase successiva al rilievo GeoGIS Office è invece stato utilizzato per visualizzare ed estrarre le informazioni.

GeoGis

Nella fase di rilievo il palmare utilizza il software GeoGIS, che consente di valutare e memorizzare la posizione GNSS e aggiungere degli attributi e delle immagini ai punti individuati. Il tutto viene eseguito sulla base delle mappe e del database precedentemente creati in GeoGIS Office.

QGis

Nella fase successiva allo scaricamento dei dati, che avviene tramite il GeoGIS Office, si è fatto ricorso all'open source software QGIS. Tramite tale programma è possibile visualizzare, analizzare, integrare ed estrarre le informazioni di interesse.

4.1.1.2 GIS applicato agli impianti IP

LA PROGETTAZIONE DEL GIS

La progettazione di un GIS, come la progettazione di un database, è un processo di modellizzazione che permette di descrivere la realtà osservata in un linguaggio utilizzabile dai computer tramite fasi successive di approfondimento – formalizzazione. Il processo di modellazione può essere semplificato come riportato nella seguente figura:

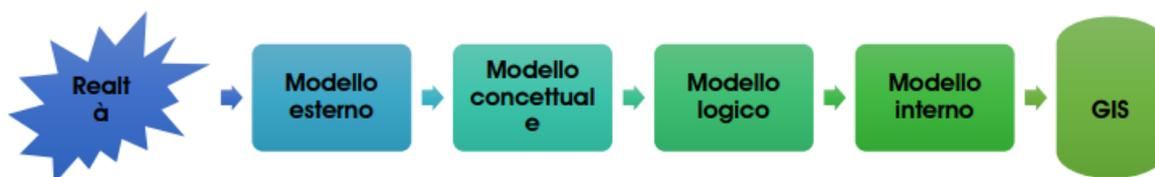


Figura 8- Il processo di modellizzazione per il GIS

Tali modelli verranno ora brevemente definiti, anche se non si entrerà troppo nel dettaglio in quanto questo non è il fine ultimo dell'elaborato, e dopodiché si passerà alla descrizione dei loro contenuti, che risulta invece il punto di partenza per l'analisi dello stato di fatto.

- Modello esterno, è il primo passaggio nella progettazione del Sistema, ovvero è l'analisi dei requisiti con l'esplicitazione delle condizioni di partenza, delle proprietà e funzionalità, dei dati necessari per descrivere gli oggetti, disponibili o da ricavare, e delle operazioni da effettuare su di essi. In questa prima semplificazione della realtà si procede con una descrizione completa, ma ancora informale, in linguaggio corrente, sotto forma di testo;
- Modello concettuale, è la seconda fase della progettazione del GIS, nella quale si traducono le specifiche informali della realtà in una descrizione formalizzata e completa, ancora

indipendente dagli aspetti implementativi e dai criteri di rappresentazione utilizzati nei sistemi di gestione di basi di dati. I costrutti principali del modello concettuale sono:

- Entità: classi di oggetti con proprietà comuni ed esistenza autonoma ai fini dell'applicazione: oggetti del mondo reale, di cui si vogliono registrare delle informazioni;
 - Relazioni: legami logici, significativi per l'applicazione di interesse, tra due o più entità. Le relazioni tra le entità sono caratterizzate dalle cardinalità, che descrivono il numero minimo e massimo di possibili occorrenze. Normalmente sono utilizzati i valori 0, 1 o N;
 - Attributi: proprietà elementari delle entità.
- Modello logico, è la terza fase della realizzazione del GIS e consiste nella schematizzazione del modello concettuale in un modello logico: una struttura dei dati traducibile in modo semplice in un linguaggio comprensibile all'elaboratore. In questo momento si definiscono le modalità con cui memorizzare i dati (numeri, stringhe, identificatori) e come collegare fra loro i vari dati;
 - Modello interno, è la quarta fase della realizzazione del sistema e prevede la traduzione del modello logico nel linguaggio macchina dell'elaboratore, ovvero è il momento in cui si memorizzano fisicamente i dati all'interno del software di gestione del database.

MODELLI GIS PER GLI IMPIANTI IP

Per la stesura, sia del PRIC che del progetto definitivo, il modello è stato costruito in base alle indicazioni stabilite dalle Linee Guida della Regione Piemonte e agli obiettivi preposti sono stati redatti i seguenti modelli in materia di Illuminazione Pubblica. In generale, si specifica che i modelli successivi sono completi, ovvero si sono riportati tutti gli attributi utili in ambito illuminotecnico; alcuni degli stessi, in fase esecutiva, potranno risultare incompleti a causa della mancanza di informazioni, ma sarà comunque possibile integrare nel tempo i dati mancanti.

Modello esterno

L'elenco delle entità previste con i relativi attributi, tra i quali individuato l'elemento identificativo, e una breve descrizione vengono ora riportati.

Quadro elettrico:

- ✓ ID_Quadro;
- ✓ Codice POD;
- ✓ Posizione (Coordinate nella proiezione WGS 84/UTM 32N);
- ✓ Indirizzo;
- ✓ Proprietario;
- ✓ Note.

L'entità è stata inserita al fine di identificare tutti quei punti di consegna dell'energia elettrica all'interno del territorio comunale, ovvero quei punti preposti al comando e alla protezione delle linee elettriche che a loro volta alimentano i punti luce. L'identificativo di tale entità corrisponde ad una sigla composta dall'espressione "C_" seguita da un numero progressivo.

Circuito:

- ✓ ID_Circuito;
- ✓ ID_Quadro;
- ✓ Proprietario;
- ✓ Tipo di posa;
- ✓ Numero di punti luce;
- ✓ Anno installazione;
- ✓ Tipo conduttore;
- ✓ Corrente nominale;
- ✓ Sezione conduttore;
- ✓ Note.

L'entità è stata individuata in modo tale da definire il "percorso" dell'energia all'interno del Comune, vale a dire il tragitto che l'energia deve fare dal quadro elettrico al punto luce. Al fine di identificare tale entità si è deciso di utilizzare la dicitura "TRATTO_C_XX", dove XX è un numero crescente,

che corrisponde al numero del punto di consegna (se il contatore ha come identificativo “C_1” allora il tratto avrà come identificativo “TRATTO_C_1”).

Punto luce:

- ✓ ID_Punto luce;
- ✓ Posizione (Est, Nord);
- ✓ Proprietario;
- ✓ ID_Circuito;
- ✓ Tipo di applicazione;
- ✓ Produttore;
- ✓ Modello;
- ✓ Anno installazione;
- ✓ Presenza riduttore di flusso;
- ✓ Tipo di posa;
- ✓ Tipo di supporto;
- ✓ Materiale del supporto;
- ✓ Tipo di armatura;
- ✓ Numero di lampade;
- ✓ Tipo di lampada;
- ✓ Schermatura;
- ✓ Colore della luce;
- ✓ Flusso luminoso dispersione verso l’alto;
- ✓ Illuminamento della sorgente luminosa;
- ✓ Potenza della sorgente luminosa;
- ✓ Altezza del punto luce;
- ✓ Sbraccio del punto luce;
- ✓ Inclinazione dello sbraccio;
- ✓ Nome della strada;
- ✓ Note.

L'entità è stata inserita al fine di individuare tutti quegli elementi che compongono l'oggetto che presenta delle sorgenti luminose. In particolare, il rilievo è pensato in corrispondenza dei supporti dei vari elementi e ciò significa che in alcune situazioni i punti luce saranno caratterizzati da una sola lampada mentre in altri casi si potranno presentare più sorgenti. L'identificativo di tale entità è stabilito con la dicitura "PLXXX", dove XXX è un numero crescente, indipendentemente dal proprietario dello stesso (spesso i comuni suddividono la numerazione in base a proprietario Comune o Enel Sole).

Modello concettuale

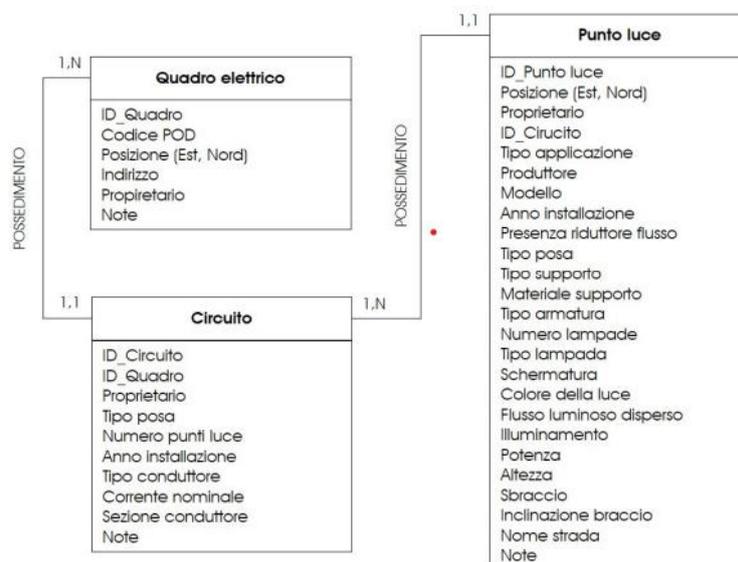
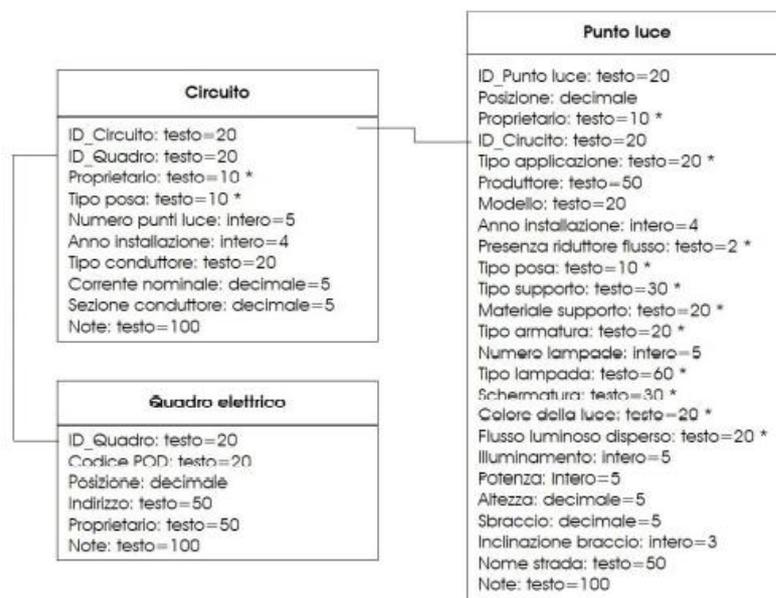


Figura 9- Modello concettuale per il PRIC e il progetto definitivo

Modello logico



<p>Colore della luce</p> <p>Luce bianca Luce bianca calda Altro</p>	<p>Presenza riduttore flusso</p> <p>SI NO</p>	<p>Tipo applicazione</p> <p>Area pedonale e/o pedonale Attraversamento pedonale Cartello Edificio e/o monumento Parcheggio Strada Altro</p>	<p>Tipo lampada</p> <p>Alogena Alogenuri metallici Fluorescente Incandescenza Ioduri metallici LED Miscelata SAP Vapori di mercurio Altro</p>
<p>Flusso luminoso disperso</p> <p>Minore del 3% Dal 3% al 5% Dal 5% al 15% Dal 15% al 20% Maggiore del 20%</p>	<p>Proprietario</p> <p>Comune ENEL Altro</p>	<p>Tipo armatura</p> <p>A plafone A terra Fungo Globo Lanterna (artistica) Proiettore Sfera Stradale Altro</p>	<p>Tipo supporto</p> <p>A parete A sospensione/ a tesata A terra Palo a frusta Palo con sbraccio Su braccio/mensola a muro Testa palo Altro</p>
<p>Materiale supporto</p> <p>Cemento Legno Materiale metallico Vetroresina Altro</p>	<p>Schermatura</p> <p>Nulla (tipo sfere) Scarsa (non cut-off) Buona (semi cut-off) Ottima (sistema cut-off)</p>		
	<p>Tipo posa</p> <p>Aerea A parete Interata</p>		

Figura 10- Modello logico per la realizzazione del PRIC e del progetto definitivo

4.1.2 Inquadramento territoriale

In questo capitolo, come indicato dalle Linee Guida della Regione Piemonte, si riportano le caratteristiche morfologiche e gli aspetti tipici del territorio, che sono stati raccolti dal sito internet del Comune stesso e dall'enciclopedia di Wikipedia.

4.1.2.1 Territorio e morfologia del Comune di Villafranca

Il Comune di Villafranca Piemonte è situato a Sud – Ovest di Torino e confina con i comuni di Barge, Cardè, Cavour, Faule, Moretta, Pancalieri e Vigone. Il territorio comunale suddivide la sua estensione tra il concentrico e le frazioni principali quali Bussi, Cantogno, Madonna Orti, Mottura, San Giovanni, San Luca, San Michele e San Nicola, si trova ad un'altitudine media di 253 metri sul livello del mare e ha un'estensione di circa 50,79 km².

4.1.2.2 Situazioni critiche ed emergenti

Per situazioni critiche e/o emergenti si intendono le aree a particolare destinazione nonché le zone e gli edifici che sono critici per il contesto in cui sono inseriti o perché ritenuti interessanti e meritevoli di attenzione, vista la forte caratterizzazione e destinazione che hanno. Per questo motivo, l'individuazione di tali contesti all'interno del territorio comunale risulta fondamentale in quanto, in corrispondenza di tali situazioni, bisognerà adottare criteri attenti e mirati per rispondere ai requisiti di sicurezza o di valorizzazione contestualmente al contenimento dei consumi. In generale, risulteranno elementi oggetto di "particolare attenzione" i seguenti elementi: parchi pubblici, impianti sportivi, palazzetti comunali, edifici scolastici, piazze e luoghi di aggregazione, edifici storici o di rilevante valore artistico ed architettonico, ospedali, edifici per l'ordine pubblico ecc. Alla luce di quanto appena detto, si analizzano ora le situazioni critiche all'interno del territorio comunale senza però entrare nel merito delle effettive esigenze e problemi legati all'illuminazione, che verranno richiamati in seguito.

Le situazioni critiche nel Comune di Villafranca Piemonte vengono indicate nelle mappe successive e meglio definite nel seguito del presente paragrafo.



Figura 11- Villafranca Piemonte- Mappa generale con indicazione delle situazioni critiche ed emergenti (Fonte: Google)

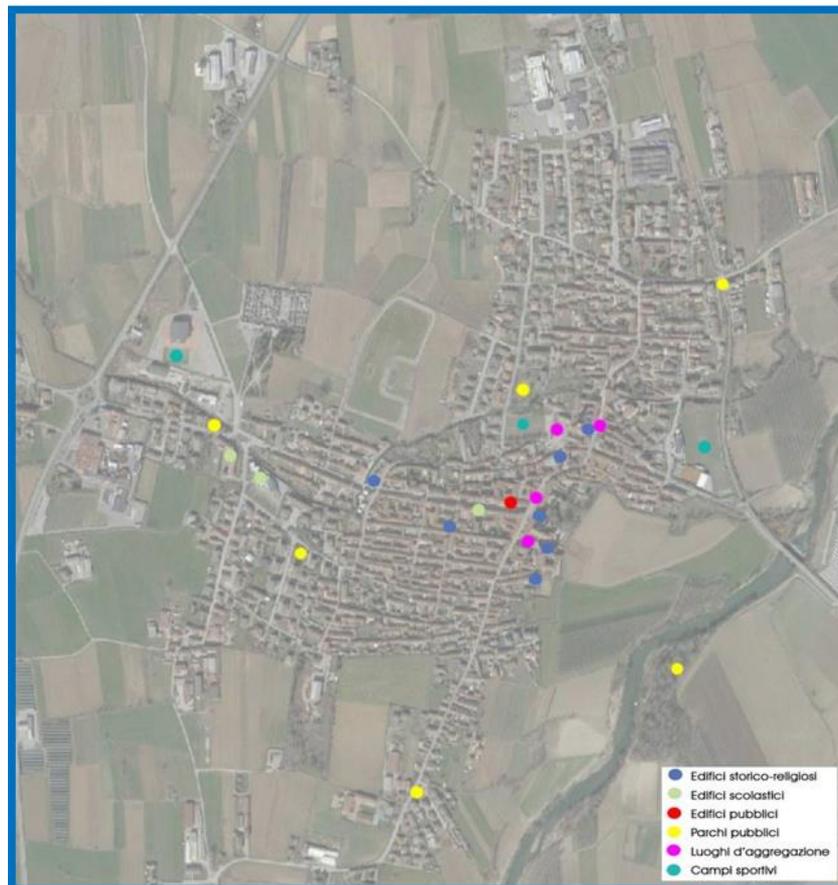


Figura 12- Villafranca Piemonte- Mappa concentrica con indicazione delle situazioni critiche ed emergenti (Fonte: Google)

Edifici di culto, storici o di rilevante valore artistico ed architettonico

Nel territorio comunale di Villafranca Piemonte si mettono in evidenza, tra i luoghi di culto, i seguenti edifici:

- La Chiesa Santa Maria Maddalena, situata nel centro del paese nella omonima piazza;
- La Chiesa dei SS. M Maddalena e Stefano, che si trova in Piazza Santo Stefano;
- La Chiesa dell'ex monastero, in Via San Francesco d'Assisi;
- La Chiesa dell'Annunziata, in Via SS. Annunziata;
- La Chiesa di san Bernardino, nell'omonima via;
- La Chiesa di san Giovanni Battista, situata nell'omonima frazione;
- La Chiesa di Sant'Antonio, situata in Corso Wuillermin;
- La cappella di Missione, immersa nel verde nella Frazione di San Giovanni, notevole soprattutto per gli affreschi del XV secolo;

-
- Il Santuario Madonna del Buon Rimedio, in Frazione Cantogno.

Inoltre, si segnala la presenza di numerose cappelle minori all'interno del territorio comunale.

Edifici scolastici

Nel territorio comunale in esame sono presenti i seguenti edifici scolastici:

- La Scuola dell'Infanzia, in Via Badariotti;
- La Scuola Primaria, in Via Cavour;
- La Scuola Secondaria di Primo Grado in Via Campra.

Impianti sportivi

Sul territorio comunale si trovano diversi impianti sportivi, quali:

- Il palazzetto polivalente in Via Brigata Taurinense;
- Campi da calcio e da tennis in Via Aldo Moro;
- Un campo da calcio in Piazza Vittorio Veneto.

Parchi pubblici ed aree verdi

Nel Comune in esame sono presenti diverse aree verdi attrezzate, anche con giochi per bambini, tutte di modeste dimensioni. In particolare, se ne segnala una in prossimità del concentrico, in Via fratelli Carando, ma anche il parco fluviale sul lungo Po. Inoltre, si evidenzia come infrastruttura di particolare interesse la pista ciclabile Airasca-Moretta che attraversa il territorio comunale.

Piazze e luoghi di aggregazione

Nel Comune in esame si individua come ulteriore luogo di aggregazione Piazza Santo Stefano, Piazza Camillo Benso di Cavour, Piazza del Gesù e Piazza Santa Maria Maddalena.

4.1.2.3 Zone di protezione dall'inquinamento luminoso

L'identificazione delle zone di protezione dall'inquinamento luminoso risulta fondamentale dal momento che comportano particolari restrizioni dal punto di vista illuminotecnico. Infatti, la presenza di tali zone, che vengono individuate in relazione alla vicinanza ai siti di osservazione astronomica, comporta il rispetto dei valori di rapporto medio di emissione superiore "Rn" all'interno delle aree stesse o, in alternativa, il rispetto dei valori di intensità luminosa, che vengono, in entrambi i casi, definiti in relazione all'importanza dell'osservatorio stesso. Infatti, a tale proposito e in conformità a quanto previsto dall'art. 8 della Legge Regionale Piemonte, 9 febbraio 2018, n. 3 "Modifiche alla legge regionale 24 marzo 2000, n. 31, la Regione Piemonte "individua le aree del territorio regionale che presentano caratteristiche di più elevata sensibilità all'inquinamento luminoso e redige l'elenco dei comuni ricadenti in tali aree particolarmente sensibili ai fini dell'applicazione della presente legge". Nella redazione di questo elenco la Regione tiene conto della presenza di osservatori astronomici e di aree protette e divide pertanto il territorio in tre zone a diversa sensibilità e con diverse fasce di rispetto.

ZONA 1	Zona altamente protetta ad illuminazione limitata (per esempio: osservatori astronomici o astrofisici di rilevanza internazionale). Raggio dal centro di osservazione $r = 5$ km. Siti Natura 2000 (estensione reale).
ZONA 2	Zona protetta intorno alla Zona 1 o intorno ad osservatori ad uso pubblico. Raggio dal centro di osservazione $r = 5$ km e 10 km, in funzione dell'importanza del centro. Aree Naturali Protette (estensione reale).
ZONA 3	Zona intorno ad osservatori a carattere privato. Territorio non classificato in Zona 1 e 2.

Tabella 10- Zona di rispetto definite dalla Regione Piemonte

Nelle figure successive si riportano gli stralci delle mappe contenute nella LR suddetta, in base alle quali è possibile fare le considerazioni in seguito riportate.

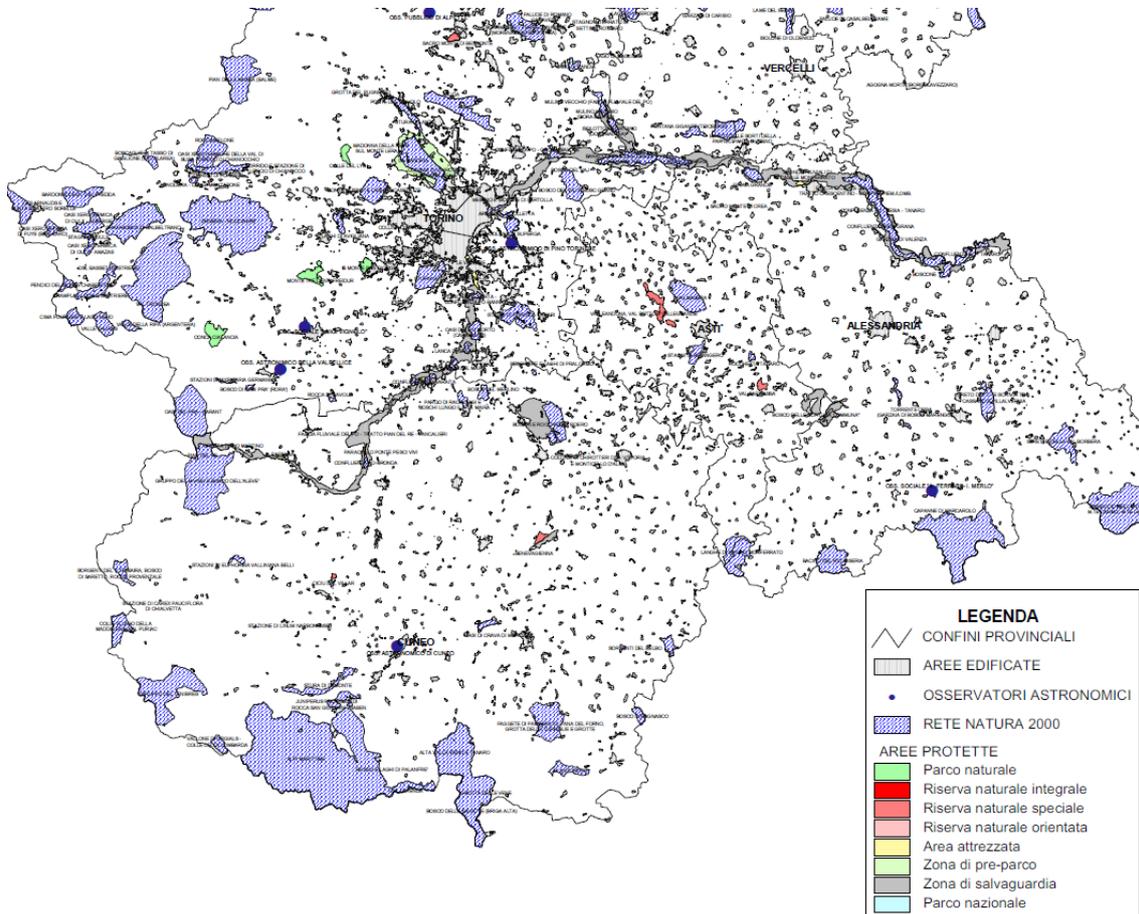


Figura 13- Stralcio della mappa "Individuazione delle aree sensibili ai fini della protezione dall'inquinamento luminoso"- Legge Regionale Piemonte, 3/2018 "Modifiche alla legge regionale 31/2000"

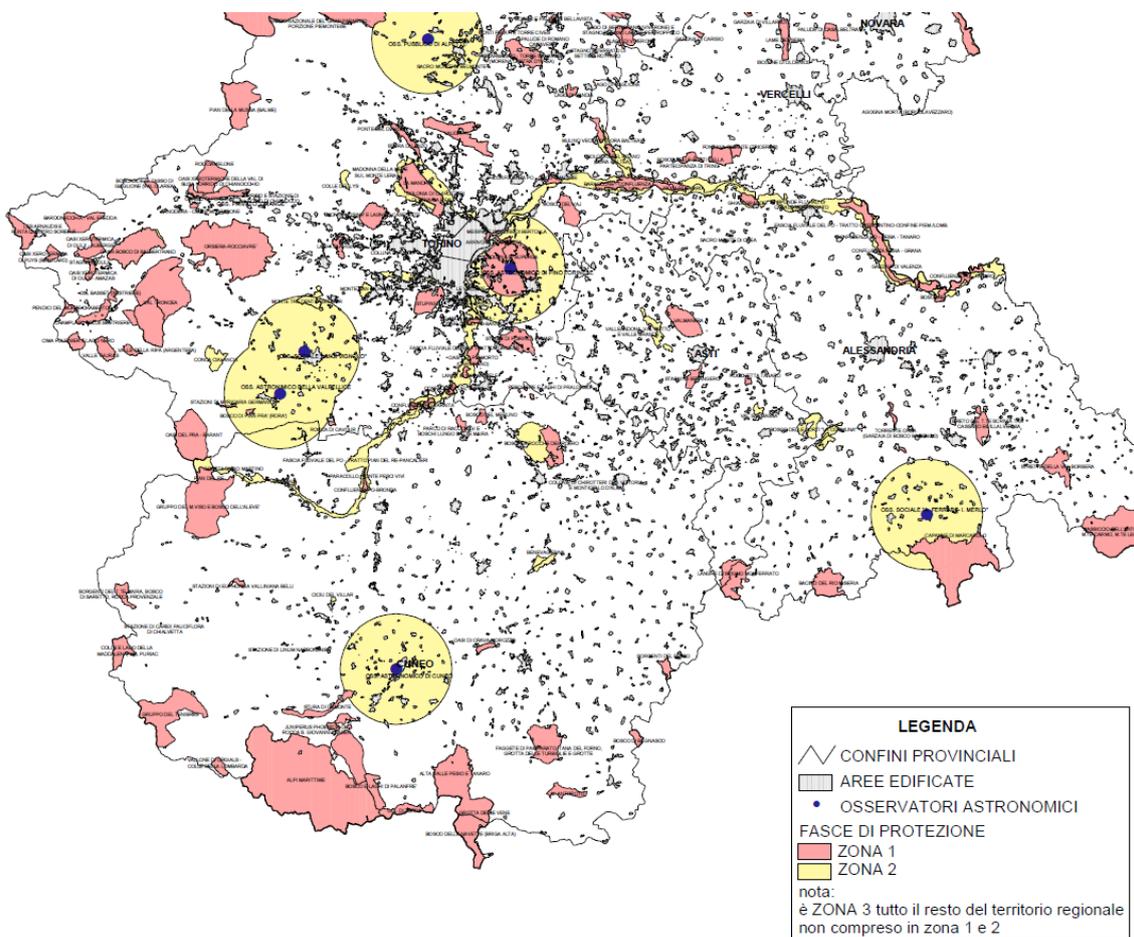


Figura 14- Stralcio della mappa “Definizione delle fasce di rispetto ai fini della protezione dell’inquinamento luminoso” - Legge Regionale Piemonte, 3/2018 “Modifiche alla legge regionale 31/2000”.

In base alle indicazioni fornite dalla Legge Regionale Piemonte, 3/2018 “Modifiche alla legge regionale 31/2000” il Comune di Villafranca Piemonte ricade in minima parte in zona 2, mentre la maggior parte del territorio non presenta aree particolari, vale a dire aree sensibili ai fini della protezione dall’inquinamento luminoso.

4.1.3 *Analisi dello stato di fatto*

Individuate le aree omogenee e le situazioni emergenti all’interno del territorio comunale, si procede con l’analisi dello stato di fatto degli impianti dell’illuminazione pubblica, ovvero si riportano i dati relativi alla consistenza degli impianti come l’ubicazione e le caratteristiche intrinseche dei singoli

punti luce. Per il rilievo dello stato di fatto degli impianti di illuminazione esterna si è proceduto, durante il rilievo vero e proprio, tramite strumentazione GPS, che ha consentito di individuare l'esatta posizione del punto e di inserire nel sistema GIS le principali caratteristiche. In un secondo momento mediante una fase di completamento dello stesso rilievo, in merito agli aspetti più tecnici, come ad esempio il modello, il tipo ecc. Il censimento dello stato di fatto è stato eseguito solo su impianti di illuminazione costantemente accesi nelle ore prestabilite, mentre si sono tralasciati gli impianti dedicati ad accensioni temporanee, come ad esempio gli impianti di illuminazione sportiva e gli spazi dotati di illuminazione occasionale. I rilievi sono stati eseguiti con il supporto dell'ufficio tecnico comunale e della ditta manuttrice degli impianti di illuminazione pubblica. In particolare, le principali aree tematiche sulle quali si è deciso di soffermare l'attenzione, nonostante siano state rilevate più informazioni, sono:

- La proprietà degli impianti.
- La destinazione di impiego, ovvero la tipologia di applicazione dei punti luce.
- Le proprietà intrinseche dei punti luce, quali:
 - Il tipo di posa della linea.
 - La tipologia e i materiali del supporto.
 - La tipologia dell'armatura.
 - La tipologia della sorgente luminosa e quindi il colore della luce.

Nel territorio comunale di Villafranca Piemonte si sono individuati 1299 punti luce, di cui 1016 di proprietà comunale, 12 di proprietà della Provincia e 271 di proprietà Enel Sole.

Nei paragrafi successivi si riportano i risultati ottenuti dai rilievi eseguiti sul territorio comunale di Villafranca Piemonte. Parallelamente al sopralluogo è stato possibile confrontarsi con il tecnico comunale e con il manutentore degli impianti di illuminazione pubblica in merito alla dislocazione dei punti di consegna e dei punti luce e alla tipologia di sorgente e di potenza installata. Di seguito vengono riportati i risultati dei rilievi, tramite grafici a torta e mappe del territorio comunale, in merito

alla proprietà degli impianti, alla destinazione di impiego dei punti luce e alle proprietà intrinseche degli stessi (tipologia di supporto, tipologia di apparecchio, tipologia di sorgente ecc).

4.1.3.1 *Punti di consegna*

Nel territorio comunale di Villafranca Piemonte si sono individuati 34 punti di consegna (di cui 1 di proprietà della Provincia), le cui informazioni, per i perimetri oggetto di intervento, relative al tipo di protezione, al tipo di accensione ecc.

Un esempio del censimento di un quadro è il seguente:

ANAGRAFICA QUADRO ELETTRICO	
Numero progressivo	1 (C4)
Indirizzo	VIA CAMPRA
Punto di fornitura di energia elettrica (POD)	IT001E02114058
Codice del quadro (COD)	12E5G5321 N. 00380478
Potenza contrattuale	1,7 kW

Foto QE



DATI TECNICI QUADRO ELETTRICO

Contenitore in posizione meccanicamente protetta contro gli urti	SI
Contenitore in materiale isolante integro in tutte le sue parti	SI, CONTATORE E QUADRO ELETTRICO IN CONCHIGLIA
Contatore Enel installato nel quadro o a meno di 3 m dal quadro elettrico	SI
Tensione di alimentazione	400 V

Numero di fasi	TRIFASE
Numero circuiti in uscita	UNA LINEA
Tipo di protezione generale	MAGNETOTERMICO
Tipo di accensione	CREPUSCOLARE
Ore annue di accensione	4200
Tipo e modalità di regolazione attuate	ASSENTE
Stato del quadro elettrico	DA MANUTENERE
Tipo di linea	INTERRATA
Presenza carichi esogeni	NO

Tabella 11- Esempio censimento di un punto di consegna

4.1.3.2 *Punti luce*

Nel territorio in esame, come detto precedentemente, si sono individuati 1016 punti luce comunali (n.8 fotovoltaici).

Di seguito sono classificati per: tipologia di applicazione, tipo di posa, tipologia e materiali di supporto, tipologia di armature, tipologia delle sorgenti e colore della luce.

Tipologia di applicazione

Durante il sopralluogo sono state analizzate le applicazioni dei punti stessi; si è stabilito per ciascun punto luce se è a servizio di un'area verde, di un'area pedonale, di un edificio o di un monumento, di un parcheggio oppure di una strada (nella quale rientrano quelle situazioni in cui il punto luce sia a servizio della carreggiata, come ovvio, di incroci o svincoli e di eventuali marciapiedi e/o parcheggi a bordo del tratto stradale). Per quanto riguarda il territorio comunale di Villafranca Piemonte si può constatare che la maggior parte dei punti luce presenti sono a servizio di strade (79%) e a seguire di aree pedonali e/o aree verdi (13%), di parcheggi (7%) e di edifici e/o monumenti (1%).



Figura 15- Villafranca Piemonte - Tipo di applicazione

Tipologia di posa

La tipologia della posa della linea all'interno del Comune risulta per il 57% "Interrata", per il 22% "Aerea" e per il restante 21% "A parete" (sono esclusi da questo conteggio 8 punti luce fotovoltaici).

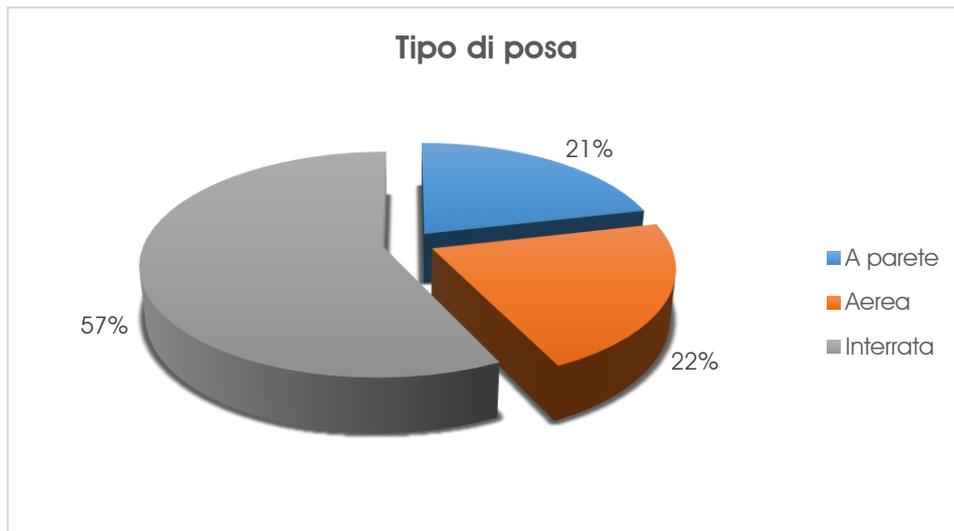


Figura 16- Villafranca Piemonte - Tipo di posa

Tipologia e materiali dei supporti

Per quanto riguarda la tipologia dei supporti sono presenti per il 49% sostegni tipo “Palo con sbraccio”, per il 22% “Sbraccio/Mensola a muro”, per il 16% “Testa palo”, per l’8% “A parete” e per il rimanente 5% “A sospensione/tesata”.

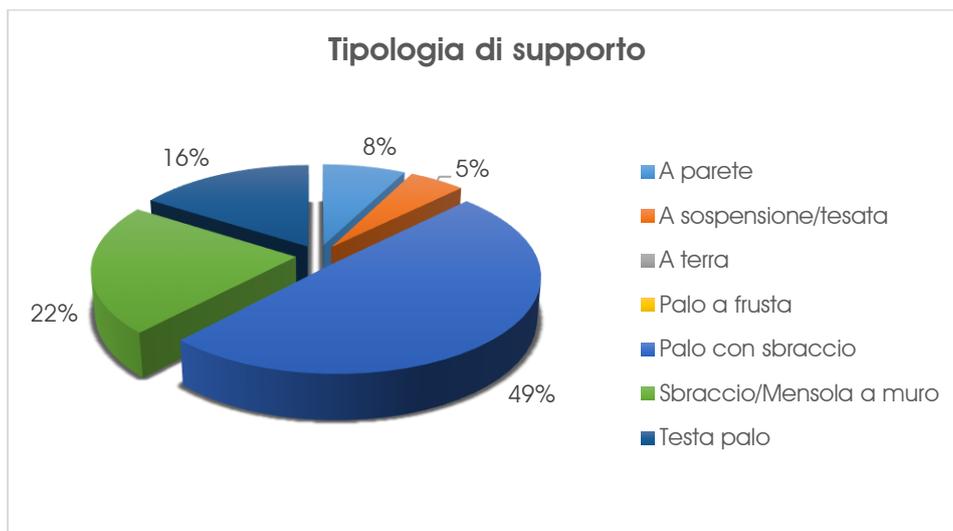


Figura 17- Villafranca Piemonte - Tipologia di supporto

Per quanto concerne i materiali dei supporti la situazione risulta così definita: per il 90% sostegni in “Materiale metallico” e per il rimanente 10% in “Cemento”.

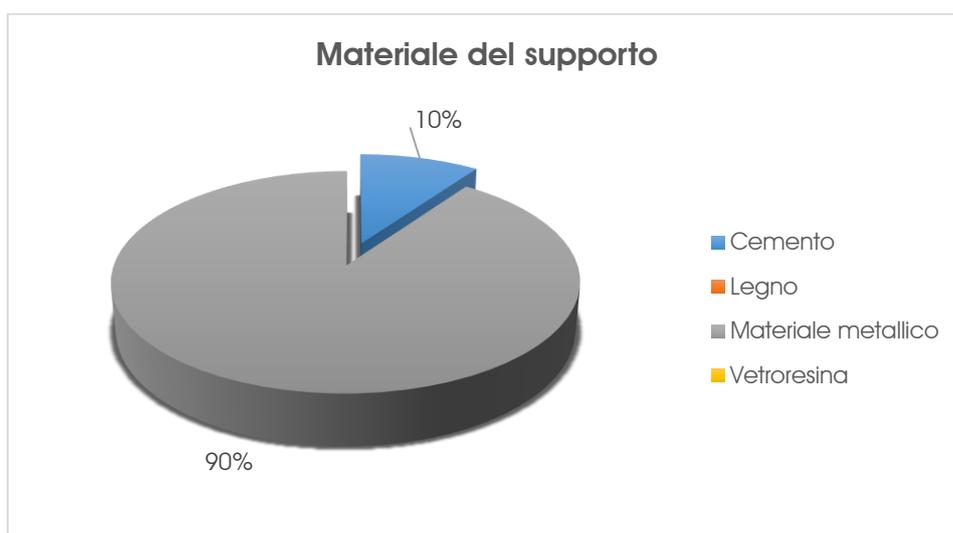


Figura 18- Villafranca Piemonte - Materiale del supporto

Tipologia delle armature

In merito alla tipologia di apparecchi presenti sul territorio si evidenziano per il 72% armature di tipo “Stradale”, per il 17% “Globo”, per il 6% “Proiettore” e per il 5% “Lanterna”. Sono presenti anche due armature “A plafone”.

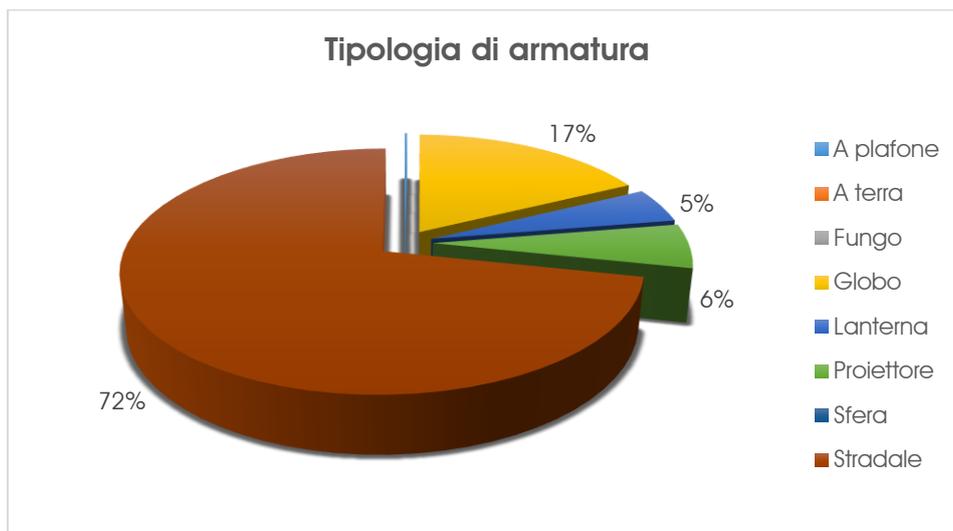


Figura 19- Villafranca Piemonte - Tipologia di armature

Tipologia delle sorgenti e colore della luce

In riferimento alla tipologia di sorgente presente sul territorio di Villafranca Piemonte la percentuale prevalente è relativa ai “LED”, che ricoprono il 74%, e a seguire si hanno sorgenti tipo “Alogenuri metallici” (13%), “SAP” (10%). Sono presenti inoltre 3 sorgenti “Miscelata”, 1 sorgente “Alogena” e una sorgente “Fluorescente”; del restante 3% non si hanno informazioni in merito.

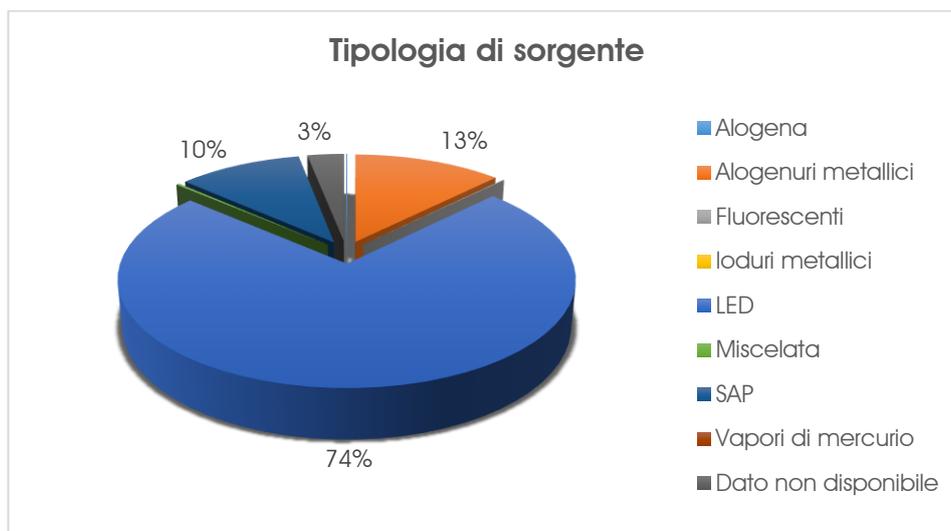


Figura 20- Villafranca Piemonte - Tipologia di sorgente

Dalle tipologie di sorgenti appena individuate discende immediatamente il colore della luce (luce bianca per lampade alogene, fluorescenti, a LED e luce miscelata e luce bianca calda per lampade a vapori di sodio): l'87% della luce è bianca e il 10% è bianca calda; del restante 3%, dal momento che non si conosce la sorgente, non si hanno informazioni.

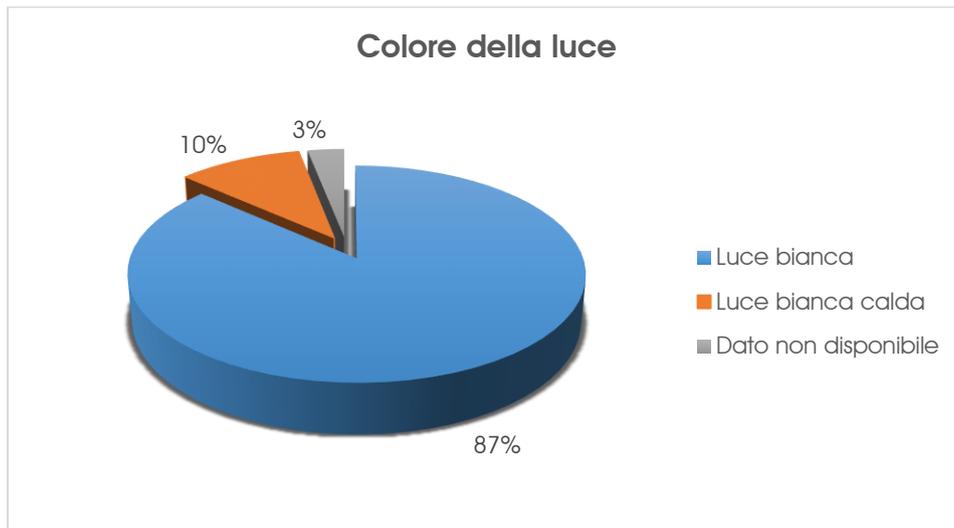


Figura 21- Villafranca Piemonte - Colore della luce

4.1.3.3 Documentazione fotografica



Armaturo tipo Globo



Armaturo tipo Globo



Armatura tipo Stradale



Armatura tipo Lanterna



Armatura tipo Stradale



Armatura tipo Proiettore

4.2 Fase 2: Scelta dei perimetri e dei punti luce di intervento

In questo capitolo si descrive quali sono state le direttive che hanno portato alla scelta dei perimetri di intervento per il progetto da presentare al Bando Regionale ed esse sono state principalmente tre:

- Linee guida del PRIC;
- Volontà e disponibilità finanziarie del Comune di Villafranca Piemonte;
- Condizioni di ammissibilità del Bando Regionale.

4.2.1 Linee guida del PRIC

Il PRIC del Comune di Villafranca Piemonte, che è stato realizzato nel giugno 2021 prima della realizzazione del progetto definitivo, ha stabilito in merito alla sostituzione degli apparecchi di illuminazione di prevedere gli interventi su tre step, in base all'importanza degli stessi. In particolar le lavorazioni previste risultano:

- 1) STEP 1: eliminazione di tutte le armature non schermanti, al fine di diminuire l'inquinamento luminoso;
- 2) STEP 2: sostituzione delle lampade scarsamente efficienti, con altre più efficienti, al fine di ridurre i consumi elettrici;
- 3) STEP 3: sostituzione delle altre armature non comprese nei punti precedenti, ovvero lavorazioni a lungo termine che dovranno essere attivate su apparecchi che attualmente, anche se non dotati di LED, risultano a norma ed efficienti.

Per quanto concerne invece i punti di consegna si sono individuate essenzialmente due azioni:

- 1) Risistemazione dello stesso qualora il quadro elettrico si trovi in una situazione di obsolescenza e scarsa sicurezza, al fine di attemperare i minimi requisiti di sicurezza;
- 2) Accorpamento degli stessi, nelle situazioni in cui i punti di consegna si presentino numerosi rispetto alla conformazione del territorio, al fine di abbattere un costo fisso di gestione e manutenzione.

Questi interventi sono stati determinati nell'ottica di una riqualificazione, messa a norma e ammodernamento tecnologico degli impianti di illuminazione pubblica, vale a dire alla riduzione dei consumi energetici e alla loro razionalizzazione, con conseguente abbattimento dell'immissione di CO2 nell'ambiente, nonché gli interventi di realizzazione di nuovi tratti di illuminazione pubblica.

Queste linee guida del PRIC sono stato il punto di partenza per la scelta degli interventi da inserire nel progetto definitivo.

4.2.2 *Volontà e disponibilità finanziarie*

La volontà del Comune Villafranca è stata quella di voler fortemente riqualificare e completare l'efficientamento dei punti luce a partire dal centro storico, per estendersi poi verso gli ingressi del comune fino alla massima disponibilità finanziaria, in accordo con quanto prestabilito dal PRIC.

4.2.3 *Condizioni di ammissibilità del Bando Regionale*

Le condizioni di ammissibilità, vedi paragrafi 3.3.3 Interventi ammissibili e 3.3.4 Condizioni di ammissibilità degli impianti e degli interventi previsti, hanno condizionato fortemente la scelta dei perimetri di intervento. In particolar modo, la condizione maggiormente vincolante nella scelta, è stata quella di dover stare al di sopra del 40% del risparmio energetico dell'intero intervento, siccome il Comune di Villafranca allo stato attuale era già dotata di una buona parte dei punti luce con sorgente di tipo "LED".

4.2.4 *Scelta finale dei perimetri d'intervento*

La scelta infine è ricaduta su 6 perimetri di intervento, per un totale di 182 punti luce, 225 apparecchi di illuminazione. La scelta di questi sei perimetri è stata condizionata dai punti precedentemente descritti ed essi sono i seguenti: perimetro di intervento 1 (C4), perimetro di intervento 2 (C16), perimetro di intervento 3 (C18), perimetro di intervento 4 (C20), perimetro di intervento 5 (C21), perimetro di intervento 6 (C26).

A titolo di esempio nel paragrafo sottostante viene riportato come i perimetri di intervento vengono riportati nella RTES.

4.2.4.1 Esempio: Perimetro d'intervento 1 (C4)

I punti luce presenti nel perimetro di intervento risultano di proprietà comunale e a servizio dell'illuminazione stradale.

Dal rilievo eseguito, si evince che il perimetro conta:

- n. 1 quadro elettrico
- n. 6 punti luce

ANAGRAFICA QUADRO ELETTRICO	
Numero progressivo	1 (C4)
Indirizzo	VIA CAMPRA
Punto di fornitura di energia elettrica (POD)	IT001E02114058
Codice del quadro (COD)	12E5G5321 N. 00380478
Potenza contrattuale	1,7 kW

Foto QE



DATI TECNICI QUADRO ELETTRICO

Contenitore in posizione meccanicamente protetta contro gli urti	SI
Contenitore in materiale isolante integro in tutte le sue parti	SI, CONTATORE E QUADRO ELETTRICO IN CONCHIGLIA
Contatore Enel installato nel quadro o a meno di 3 m dal quadro elettrico	SI
Tensione di alimentazione	400 V

Numero di fasi	TRIFASE
Numero circuiti in uscita	UNA LINEA
Tipo di protezione generale	MAGNETOTERMICO
Tipo di accensione	CREPUSCOLARE
Ore annue di accensione	4200
Tipo e modalità di regolazione attuate	ASSENTE
Stato del quadro elettrico	DA MANUTENERE
Tipo di linea	INTERRATA
Presenza carichi esogeni	NO

Tabella 12- Quadro elettrico - C4

PUNTI LUCE

Nr. punti luce	Descrizione sorgenti luminose	Potenza unitaria nominale [W]	Regolatore di flusso
6	SAP Sodio Alta Pressione	70	No

Figura 22- Punti luce- C4 (Fonte: Allegato 1b)

Ulteriori informazioni sull'impianto

Presenza di servizi tecnologici integrati	Non sono presenti servizi tecnologici
Modalità di gestione e regolazione	Non sono presenti sistemi di gestione e regolazione
Criticità legate alla manutenzione e gestione degli impianti	Non si riscontrano particolari criticità
Rispondenza alle normative in vigore	Sul perimetro di intervento sono presenti n. 6 punti luce SAP, che risultano a norma, ma poco efficiente.

Tabella 13- Ulteriori informazioni sull'impianto - C4

4.3 Fase 3: Calcoli illuminotecnici

Una volta stabiliti i perimetri di intervento, in accordo con la Pubblica Amministrazione del Comune di Villafranca Piemonte, il passo successivo è quello in un primo momento di assegnare in modo corretto le categorie illuminotecniche alle carreggiate in cui è previsto l'intervento, dopodiché lo svolgimento dei calcoli in modo tale da rispettare le normative precedentemente descritte nel capitolo 2| Normative e legislazione di riferimento. Di seguito vengono descritte in ordine le caratteristiche dell'impianto di illuminazione, classificazione delle strade e categoria illuminotecnica di progetto ed infine viene riportato a titolo di esempio il calcolo per la verifica illuminotecnica di un tratto di impianto

4.3.1 *Caratteristiche dell'impianto di illuminazione*

La principale funzione di un impianto di illuminazione stradale è quella di garantire, durante le ore serali e notturne, delle buone condizioni di visibilità, sia per quanto riguarda il traffico motorizzato che il traffico pedonale. Nel caso di traffico motorizzato i principali requisiti che l'impianto di illuminazione deve soddisfare sono:

- Permettere di percepire distintamente e localizzare con certezza e in tempo utile tutti i dettagli dell'ambiente necessari alla condotta del suo automezzo;
- Permettere di seguire l'andamento della strada;
- Permettere di localizzare i segnali stradali, sia verticali che orizzontali;
- Permettere di localizzare gli altri automezzi presenti o che stanno per immettersi sulla sua carreggiata;

Nel caso dei pedoni invece, specialmente in corrispondenza degli attraversamenti stradali, l'impianto di illuminazione deve permettere di localizzare gli autoveicoli in transito, permettere di valutarne la velocità di marcia e la distanza, nonché garantire quella sicurezza psicologica creata dalla luce. I parametri e i requisiti per una buona visibilità, relativamente alle strade con traffico motorizzato, sono i seguenti:

- La luminanza media delle pavimentazioni;
- L'uniformità della sua distribuzione;
- La limitazione dell'abbagliamento provocato dai centri luminosi;

-
- L'illuminazione degli immediati dintorni della strada;
 - La guida visiva.

4.3.2 Classificazione delle strade e categoria illuminotecnica di progetto

Per questa sezione si è partiti dalla classificazione delle strade che era stata fatta al momento della realizzazione del PRIC, per poi andare ad analizzare ad una ad una ogni singola strada di interesse, verificare se fossero presenti limiti di velocità, individuare la categoria illuminotecnica di ingresso e infine individuare la categoria illuminotecnica di progetto.

4.3.2.1 Classificazione delle strade dal PRIC di Villafranca Piemonte

Per l'individuazione delle classi di illuminazione per tutte le aree pubbliche adibite alla circolazione, destinate al traffico motorizzato, ciclabile o pedonale, e quindi per la scelta dei requisiti illuminotecnici si deve fare riferimento alla Norma UNI 11248 e alla UNI EN 13201-2. In particolare, all'atto pratico, il processo parte con la classificazione, ovvero con l'individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento, che viene determinata come conseguenza del tipo di strada precedentemente definito. Tale classificazione avviene in base ai valori definiti dal prospetto 1 della norma UNI 11248, che vengono riportati nella tabella seguente

Classificazione delle strade e Individuazione della categoria Illuminotecnica di Ingresso per l'analisi dei rischi

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h ⁻¹]	Categoria Illuminotecnica di ingresso
A ₁	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) ¹⁾	Da 70 a 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento ²⁾	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F ³⁾	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) ¹⁾	Da 70 a 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
30		C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ⁴⁾	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	30	
<p>1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792^[10].</p> <p>2) Per le strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile con questa (prospetto 6).</p> <p>3) Vedere punto 6.3.</p> <p>4) Secondo la legge 1 agosto 2003 N° 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 2003 N° 151, recante modifiche e integrazioni al codice della strada".</p>			

Tabella 14- Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento (Prospetto 1 della UNI 11248)

In base alla UNI EN 13201-2, i significati delle categorie vengono attribuiti nel seguente modo:

- M → categorie che fanno riferimento a strade a traffico motorizzato dove è applicabile il calcolo della luminanza. Il parametro di riferimento quindi risulta la luminanza;
- C → categorie che si applicano ad aree a traffico motorizzato in cui non è possibile ricorrere al calcolo della luminanza in quanto “zone di conflitto”, come ad esempio: incroci, rotatorie, sottopassi, strade

commerciali, corsie di incolonnamento e decelerazione ecc.; il parametro di riferimento è l'illuminamento orizzontale;

- P → categorie che fanno riferimento ad ambienti a carattere ciclopedonale o di secondaria importanza. Ad esempio, vengono utilizzati per i parcheggi a raso, per i marciapiedi o per le piste ciclabili. Anche in questo caso il parametro di riferimento risulta l'illuminamento orizzontale.

A questo punto, definita la categoria illuminotecnica di riferimento, che viene anche definita come categoria illuminotecnica di ingresso, è possibile procedere con l'analisi dei rischi, che consiste "...nella valutazione dei parametri di influenza al fine di individuare la categoria illuminotecnica che garantisce la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne, minimizzando al contempo i consumi energetici, ..." ²⁵. L'analisi dei rischi, e quindi la definizione della categoria illuminotecnica di progetto, deve essere eseguita in base a quanto indicato dalla UNI 11248 ed in particolare dal Prospetto 2.

Nel PRIC non si è scesi in una classificazione illuminotecnica di progetto, in quanto si sarebbe dovuto scendere nel dettaglio per tutte le strade del Comune ma ci si è limitate a classificarle al livello di ingresso attraverso la UNI EN 13201-2.

²⁵ Definizione fornita dalla UNI 11248

Il risultato dell'analisi svolta nel PRIC è la seguente:

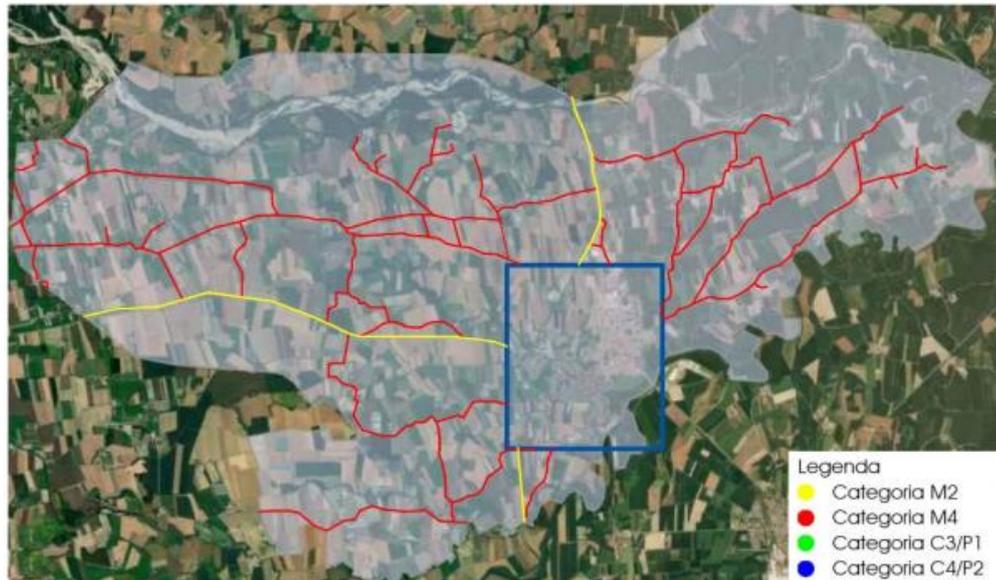


Figura 23- Villafranca Piemonte - Classificazione illuminotecnica PRIC

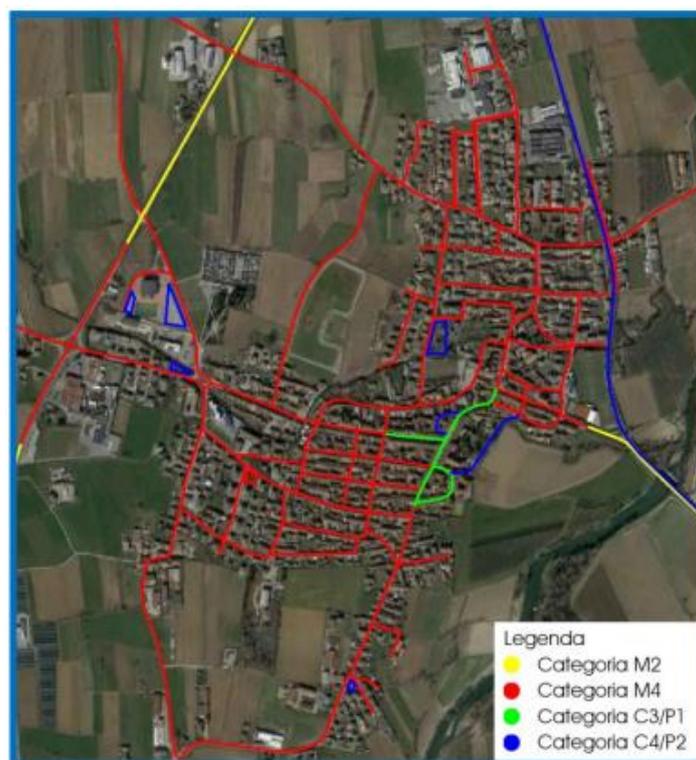


Figura 24-Villafranca Piemonte - Classificazione illuminotecnica PRIC

4.3.2.2 Classificazione delle singole strade oggetto di intervento nel progetto definitivo

Nel progetto definitivo da presentare al Bando una volta ripresa la categoria illuminotecnica di ingresso dal PRIC, si è stabilita la categoria illuminotecnica di progetto attraverso l'analisi dei rischi, come indicato al punto 8.1 della UNI 11248 precedentemente descritto. In particolare, considerando i parametri di influenza, le caratteristiche della strada e la volontà della PA²⁶ locale, con riferimento al punto 8.3 della UNI 11248 si è giunti alle categorie illuminotecniche di progetto riportate nella tabella seguente:

Strade di interesse	Descrizione del tipo di strada	Limiti di velocità [km/h]	Categoria illuminotecnica di ingresso	Categoria illuminotecnica di progetto
Piazza Camillo Benso	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici	5	C4/P2	P2
Portici	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici	5	C4/P2	P3
Via Caduti per la Libertà/Via Roma	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali	30	C3	C3
Via Francesco d'Assisi	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali	30	C3/P1	C3
Area pedonale Via Piave	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici	5	C4/P2	P3
Via Piave	Strade locali urbane	50	M4	C3
Via Gramsci	Strade locali urbane	50	M4	C4
Rotonda Corso Wullermin	Strade locali urbane	50	M4	C3

Tabella 15- Classificazione delle strade di interesse per il progetto e individuazione delle relative categorie illuminotecniche di ingresso, in base alla UNI 11248, e delle categorie illuminotecniche di progetto, in base all'analisi dei rischi.

Relativamente ai marciapiedi dei diversi tratti, quando presenti, si è fatto riferimento alle indicazioni riportate al punto 9.7 della UNI 11248, che fornisce la connessione tra le diverse categorie illuminotecniche e consente di individuare la categoria illuminotecnica comparabile a quella scelta per la carreggiata. In relazione alla

²⁶ PA sigla per Pubblica Amministrazione

categoria illuminotecnica, con l'ausilio della norma UNI EN 13201-2/2016, è possibile stabilire i parametri illuminotecnici che l'impianto di illuminazione dovrà garantire, che vengono di seguito riportati:

- **Categorie illuminotecniche M**

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità	
	Asciutto		Bagnato			Asciutto
	\bar{L} [minima mantenuta] cd × m ²	U_o [minima]	$U_l^{a)}$ [minima]	$U_{ow}^{b)}$ [minima]	$f_{Tl}^{c)}$ [massima] %	$R_{Ei}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

a) L'uniformità longitudinale (U_l) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.

b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Esso può essere applicato in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

c) I valori indicati nella colonna f_{Tl} sono quelli massimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia, possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

d) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti illuminotecnici propri adiacenti alla carreggiata. I valori indicati sono in via provvisoria e possono essere modificati quando sono specificati gli specifici requisiti nazionali o i requisiti dei singoli schemi. Tali valori possono essere maggiori o minori di quelli indicati, tuttavia si dovrebbe aver cura di garantire che venga fornito un illuminamento adeguato delle zone.

Tabella 16- Categorie illuminotecniche - Prospetto 1

- **Categorie illuminotecniche C**

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	\bar{E} [minimo mantenuto] lx	U_o [minimo]
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20,0	0,40
C3	15,0	0,40
C4	10,0	0,40
C5	7,50	0,40

Tabella 17- Categorie illuminotecniche - Prospetto 2

- **Categorie illuminotecniche P**

Categoria	Illuminamento orizzontale		Requisito aggiuntivo se è necessario il riconoscimento facciale	
	\bar{E} a) [minimo mantenuto] lx	E_{min} [mantenuto] lx	$E_{v,min}$ [mantenuto] lx	$E_{sc,min}$ [mantenuto] lx
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2
P7	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata		

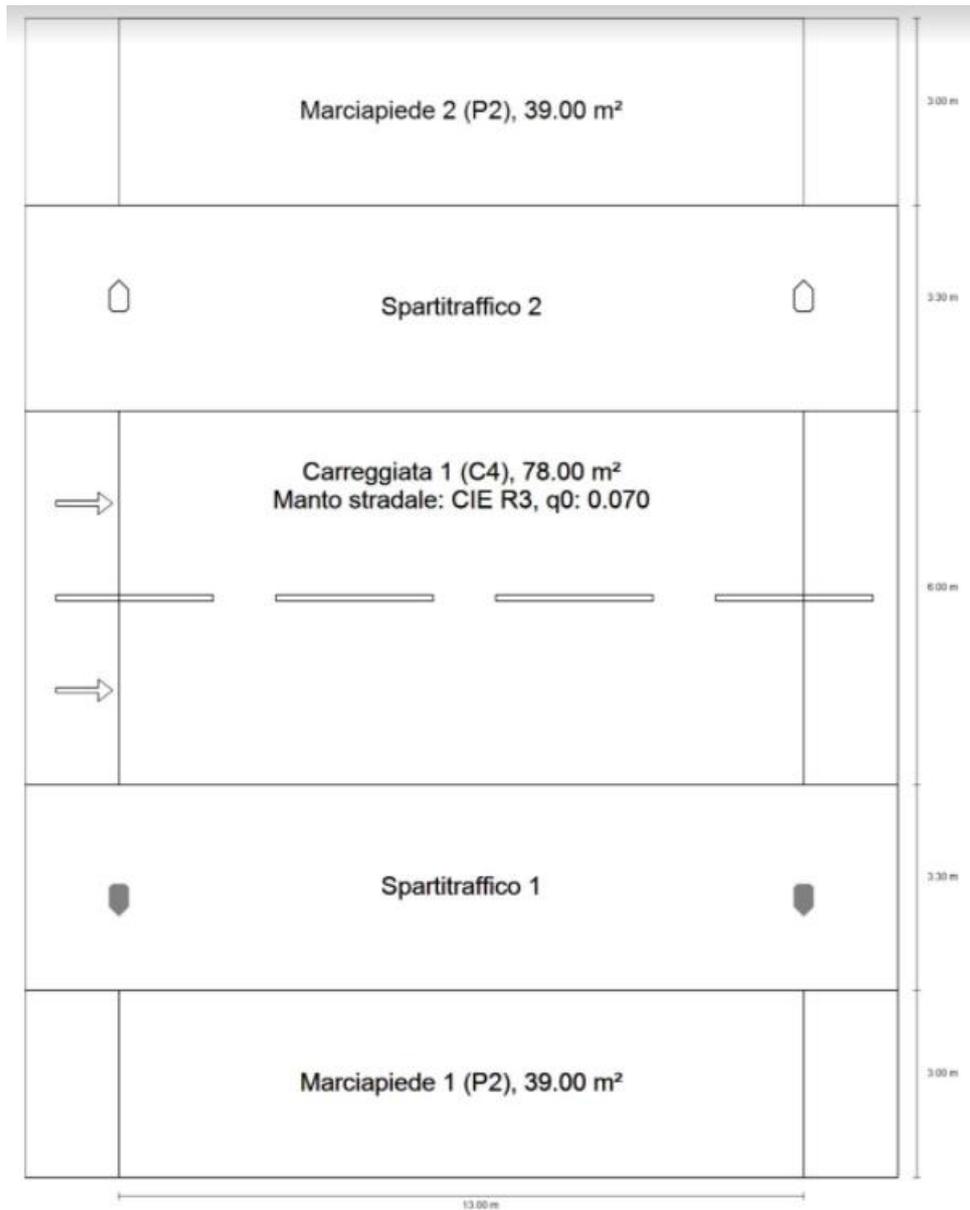
a) Per ottenere l'uniformità, il valore effettivo dell'illuminamento medio mantenuto non deve essere maggiore di 1,5 volte il valore minimo di \bar{E} indicato per la categoria.

Tabella 18- Categorie illuminotecniche - Prospetto 3

4.3.2.3 Calcoli illuminotecnici DIALux Evo

Per il presente progetto, ai fini della verifica illuminotecnica, si è utilizzato il software DIALux Evo, in quanto consente di verificare il rispetto dei requisiti illuminotecnici, riportati dalla norma UNI EN 13201-2/2016, in relazione alla categoria illuminotecnica di progetto e alle caratteristiche intrinseche ed estrinseche degli apparecchi; gli apparecchi di illuminazione previsti, come meglio riportato di seguito, rispettano i requisiti dei CAM 2017 e della LR 3/2018.

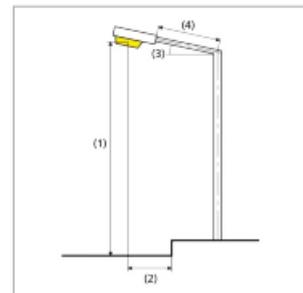
ESEMPIO APPLICATIVO: VIA A. GRAMSCI



Produttore	SCHREDER	P	18.0 W
Nome articolo	ISLA LED / 5117 / 16 LEDs 350mA WW / 34420S	$\Phi_{\text{Lampadina}}$	2832 lm
		Φ_{Lampada}	1992 lm
Dotazione	1x 16 LEDs 350mA WW	η	70.34 %

ISLA LED / 5117 / 16 LEDs 350mA WW / 34420S (su un lato sotto)

Distanza pali	13.000 m
(1) Altezza fuochi	3.500 m
(2) Distanza fuochi	-1.850 m
(3) Inclinazione braccio	0.0°
(4) Lunghezza braccio	0.000 m
Ore di esercizio annuali	4000 h: 100.0 %, 18.0 W
Consumo	1386.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. intensità luminose Per tutte le direzioni che, per le lampade installate e utilizzabili, formano l'angolo indicato con le verticali inferiori.	$\geq 70^\circ$: 382 cd/klm $\geq 80^\circ$: 33.6 cd/klm $\geq 90^\circ$: 2.02 cd/klm
Classe intensità luminose I valori intensità luminosa in [cd/klm] per calcolare la classe intensità luminosa si riferiscono, conformemente alla EN 13201:2015, al flusso luminoso lampade.	G*3
Classe indici di abbagliamento	D.6



Risultati per i campi di valutazione

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Marciapiede 2 (P2)	E_m	11.59 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	6.26 lx	≥ 2.00 lx	✓
Carreggiata 1 (C4)	E_m	12.40 lx	≥ 10.00 lx	✓
	U_o	0.69	≥ 0.40	✓
Marciapiede 1 (P2)	E_m	11.59 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	6.26 lx	≥ 2.00 lx	✓

Per l'installazione è stato previsto un fattore di manutenzione di 0.85.

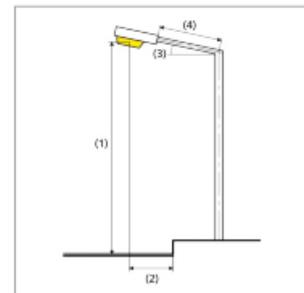
Risultati per gli indicatori dell'efficienza energetica

	Unità	Calcolato	Consumo
Via A.Gramsci	D_p	0.010 W/lx*m ²	-
ISLA LED / 5117 / 16 LEDs 350mA WW / 34420S (su un lato sotto)	D_e	0.5 kWh/m ² anno,	72.0 kWh/anno
ISLA LED / 5117 / 16 LEDs 350mA WW / 34420S (su un lato sopra)	D_e	0.5 kWh/m ² anno,	72.0 kWh/anno

Produttore	SCHREDER	P	18.0 W
Nome articolo	ISLA LED / 5117 / 16 LEDs 350mA WW / 34420S	$\Phi_{Lampadina}$	2832 lm
		$\Phi_{Lampada}$	1992 lm
Dotazione	1x 16 LEDs 350mA WW	η	70.34 %

ISLA LED / 5117 / 16 LEDs 350mA WW / 34420S (su un lato sopra)

Distanza pali	13.000 m
(1) Altezza fuochi	3.500 m
(2) Distanza fuochi	-1.850 m
(3) Inclinazione braccio	0.0°
(4) Lunghezza braccio	0.000 m
Ore di esercizio annuali	4000 h: 100.0 %, 18.0 W
Consumo	1386.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. intensità luminosa Per tutte le direzioni che, per le lampade installate e utilizzabili, formano l'angolo indicato con le verticali inferiori.	$\geq 70^\circ$: 382 cd/klm $\geq 80^\circ$: 33.6 cd/klm $\geq 90^\circ$: 2.02 cd/klm
Classe intensità luminosa I valori intensità luminosa in [cd/klm] per calcolare la classe intensità luminosa si riferiscono, conformemente alla EN 13201:2015, al flusso luminoso lampade.	G*3
Classe indici di abbagliamento	D.6



4.4 Fase 4: Compilazione Allegato 1b

L'Allegato 1b è file in formato *.xls costituito da un foglio denominato "Riepilogo" e da una serie di fogli di lavoro, a due a due uguali, denominati "dati generali perimetro n" e "dati tecnici perimetro n", in cui n è il numero del n-esimo perimetro di intervento oggetto della domanda.

La compilazione dell'Allegato 1b è il primo vero punto di verifica del progetto definitivo, in quanto dalla sua compilazione, si ha un riscontro su due fronti:

- 1) Conferma delle potenze delle sorgenti censite nello stato attuale.
- 2) Risparmio energetico atteso

La conferma delle potenze delle sorgenti censite si ha andando a confrontare il consumo reale del perimetro d'intervento negli ultimi due anni (richieste per la compilazione dell'Allegato 1b) con il consumo teorico nella situazione ante intervento, calcolando moltiplicando la potenza nominale installata per 4.200 ore di funzionamento annuali per il fattore correttivo delle perdite in rete poste convenzionalmente pari al 5% e diviso per 0,85 che rappresenta l'assorbimento degli ausiliari e le perdite di potenza reattiva. Se il risultato ottenuto non si scosta più del 20% dei consumi in bolletta, il censimento delle potenze nello stato ante intervento.

Il risparmio energetico, come descritto nel paragrafo "3.3.4 Condizioni di ammissibilità degli impianti e degli interventi previsti", deve essere maggiore al 40%. Questo parametro viene determinato confrontando il consumo teorico ante-intervento e il consumo teorico post-intervento.

Inoltre, in una fase successiva si inserisce all'interno dei fogli dei singoli perimetri anche il costo degli interventi compreso di IVA del perimetro in considerazione.

Infine, inserire nella scheda di riepilogo i costi relativi alla cartellonistica e alle spese tecniche, in modo tale che il foglio riesca a calcolare l'agevolazione richiesta.

Queste ultime due fasi sono da compilare in seguito all'approvazione da parte della PA del computo metrico e del quadro economico.

4.4.1 *Compilazione dei fogli*

Per la compilazione dei fogli in collaborazione con la PA del Comune di Villafranca Piemonte è stato opportuno recuperare le seguenti informazioni sull'impianto IP:

- Abitanti relativi al perimetro di intervento;
- Indirizzo di riferimento del POD;
- Tipologia di sorgente luminosa installata nella situazione ante intervento;
- Potenza nominale della sorgente ante-intervento;
- Tipologia di sorgente luminosa nella situazione post-intervento;
- Potenza nominale della sorgente post-intervento;
- Presenza o meno di regolatori di flusso, nella situazione pre e/o post-intervento;
- La classe relativa all'indice IPEA dei nuovi apparecchi di illuminazione installati ai sensi del D.M. 27/07/2017 "Criteri Ambientali Minimi".

4.4.2 *Verifica dei requisiti*

Una volta terminata la compilazione di ogni singolo perimetro di intervento, si procede alla compilazione del foglio di "Riepilogo" e si riscontra che il risparmio energetico ipotizzato con gli interventi previsti sia maggiore del 40%.

INDICATORI CARATTERISTICI	
Parametro	Valore
Numero complessivo di punti luce oggetto di intervento	182
Numero di punti luce di nuova installazione	0
Rapporto abitanti dei perimetri di intervento/punti luce oggetto di sostituzione della sorgente luminosa	7,95
Consumo energetico totale nella situazione ante intervento Energia _{ante} [kWh]	170.634,83
Consumo energetico totale nella situazione post intervento Energia _{post} [kWh]	75.985,86
Risparmio di energia elettrica connesso all'intervento (Rel) [kWh]	94.648,98
Risparmio di energia elettrica connesso all'intervento (Rel) [%]	55,47%
Conseguimento di un indice IPEA migliorativo rispetto a quello minimo stabilito dal decreto CAM (numero di classi superiore ai CAM ponderato sul numero dei pali)	2,00

Figura 25- Parte dei risultati Allegato 1b di Villafranca Piemonte

4.5 Fase 5: Computo metrico e quadro economico

In questo capitolo si descrive la realizzazione del computo metrico estimativo e del quadro economico.

4.5.1 Computo metrico estimativo

Dopo aver verificato che gli interventi previsti rispettassero la percentuale minima di risparmio energetico ipotetico, si è proceduto con la realizzazione del computo metrico al netto dell'IVA pari al 22%.

Il computo metrico è stato realizzato utilizzando il software Primus e si sono divise le voci del computo in:

- Super categorie: Linea A o Linea B;
- Categorie: perimetri di intervento, quindi sei in totale;
- Subcategorie: Tipologia di intervento, ovvero se la voce appartiene alla “Messa a norma ed efficientamento quadri di alimentazione”, oppure “Sostituzione apparecchi di illuminazione” oppure “Retrofitting led” o ancora “Oneri sicurezza”.

Per le voci degli interventi si è fatto riferimento al Prezzario Regionale 2020 e al Prezzario C.C.I.A.A 2020 mentre per le voci dei nuovi apparecchi da installare è stata fatta un'analisi dei prezzi fino ad arrivare ad un “Prezzo di applicazione” inserito nel computo. Nella figura seguente viene mostrato un esempio di un nuovo prezzo:

Tariffa di Elenco Prezzi

NP_F_AMPERA_32

Apparecchio di illuminazione tipo Ampera della Schröder equipaggiato con 32 LED, aventi temperatura di colore 3000 K, e relativi ausiliari elettronici dotato di dimming personalizzato (o equivalente).

Voce NP_F_AMPERA_32	Art.	U.M.	Prezzo unitario	Quantità	Sconto	Importo
Apparecchio di illuminazione tipo Ampera della Schröder 32 LED dotato di dimming personalizzato (o equivalente).		cadauno	€ 565,00	1		€ 565,00
Sconto su prezzo di listino		cadauno			48,5%	€ 274,03
Prezzo scontato		cadauno			48,5%	€ 290,98
Spese generali e utile d'impresa 24,30%		cadauno				€ 70,71
Prezzo finito		cadauno		1		€ 361,68
PREZZO DI APPLICAZIONE		cadauno		1		€ 362,00

Figura 26 - Esempio analisi nuovo prezzo

4.5.2 Quadro economico

In seguito alla conclusione del computo metrico estimativo, si è preparato il quadro economico del progetto.

Il quadro economico è la somma dei costi dei lavori da appaltare, dei lavori in economia, dei rilievi, degli allacciamenti ai pubblici servizi, imprevisti (che possono essere fino ad un massimo del 5% del costo dei lavori), degli espropri, dell'accantonamento revisione prezzi, delle spese tecniche amministrative, delle spese amministrative connesse alla progettazione, delle spese per commissioni giudicatrici, delle spese per la pubblicazione del bando, delle spese per la cartellonistica e dell'IVA.

Nella pagina successiva viene riportato il quadro economico del progetto definitivo di Villafranca Piemonte.

Comune di Villafranca Piemonte

PROGETTO DEFINITIVO - RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA

A) LAVORI	IMPORTO	TOTALE
A1.1) Lavori a corpo riqualificazione energetica IP	115.587,00	
A2) di cui Oneri di sicurezza speciali non soggetti a ribasso d'asta	3.921,48	
TOTALE LAVORI DA APPALTARE	115.587,00	115.587,00
TOTALE LAVORI SOGGETTI A RIBASSO	111.665,52	
B) SOMME A DISPOSIZIONE		
B1) Lavori in economia	0,00	
B2) Rilevi, accertamenti ed indagini	0,00	
B3) Allacciamenti ai pubblici servizi	0,00	
B4) Imprevisti (5% su A)	0,00	
B5) Espropri, acquisizioni bonarie, frazionamenti catastali	0,00	
B6) Accantonamento revisione prezzi (art. 133 c 3, 5 D.Lgs n° 163/06)	0,00	
B7) Spese tecnico amministrative		
b7-1) Spese polizze assicurative dipendenti e spese strumentali della stazione appaltatrice (artt. 90 c 5 e 92 c 7bis D.Lgs n° 163/06)	0,00	
b7-2) Contspettivi R.U.P. 2 %	2.311,74	
b7-3) Spese Tecniche per Progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, Direzione Lavori e Contabilità	9.246,00	
b7-3-1) InArcassa 4% su Spese Tecniche per Progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, Direzione Lavori e Contabilità (b7-3)	369,84	
b7-4) Spese Tecniche per Coordinatore della Sicurezza in Fase Progettuale ed Esecutiva (D.Lgs n°81/08)	2.311,00	
b7-4-1) InArcassa 4% su Spese Tecniche per Coordinatore della Sicurezza in Fase Progettuale ed Esecutiva (D.Lgs n°81/08) (b7-4)	92,44	
B8) Spese per attività tecnico amministrative connesse alla progettazione, di supporto al R.U.P. , di verifica e validazione	1.000,00	
B9) Spese per commissioni giudicatrici	600,00	
B10) Spese per pubblicazione bando	250,00	
B11) Spese per accertamenti di laboratorio, collaudo tecnico amministrativo, statico e specialistico, Cartellonistica	409,84	
B12) I.V.A.		
b12-1) I.V.A. 22% su lavori e oneri sicurezza (A1+A2)	25.429,14	
b12-2) I.V.A. % su lavori in economia (B1)	0,00	
b12-3) I.V.A. 22 % su rilievi accertamenti ed indagini (B2)	0,00	
b12-4) I.V.A. 22 % su Spese Tecniche per Progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, Direzione Lavori e Contabilità (B7-3) e InArcassa (7-3-1)	2.115,48	
b12-5) I.V.A. 22 % su Spese Tecniche per Coordinatore della Sicurezza in Fase Progettuale ed Esecutiva (B7-4) e InArcassa (7-4-1)	528,76	
b12-6) I.V.A. 22 % su Spese per attività tecnico amministrative connesse alla progettazione, di supporto al R.U.P. , di verifica e validazione (B8)	220,00	
b12-6) I.V.A. 22 % su Spese per accertamenti di laboratorio, collaudo tecnico amministrativo, statico e specialistico (B11)	90,16	
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE	44.974,40	44.974,40
IMPORTO COMPLESSIVO OPERA		160.561,40

Figura 27- Quadro economico progetto definitivo Villafranca Piemonte

4.5.3 *Incontro con la PA del Comune*

Dopo aver verificato che i calcoli illuminotecnici rispettassero le normative vigenti, che gli interventi superassero il 40% del risparmio energetico e aver terminato il quadro economico, si è fatto un incontro con la PA del Comune di Villafranca Piemonte per discutere del progetto.

Si è valutato insieme se le scelte degli interventi andassero bene e se il costo del progetto potesse essere finanziariamente sostenibile, in modo tale da poter confermare il tutto e completare la compilazione degli ultimi allegati rimasti per l'invio della domanda in Regione.

Durante l'incontro è nata l'idea di studiare la fattibilità di poter inserire a progetto e sfruttare il bando per inserire in uno o più perimetri di intervento un sistema di monitoraggio delle autovetture (Linea B), di questo se ne parla nel capitolo successivo.

4.6 Fase 6: Valutazione di possibili interventi della Linea B

Come accennato nel paragrafo 4.5.3 Incontro con la PA del Comune, è nata durante l'incontro con la PA l'idea di inserire un varco di lettura targhe all'interno di un perimetro di intervento.

Per lo studio di fattibilità di questo intervento appartenente agli interventi ammissibili dal bando per linea B, si è studiato un sistema di lettura targhe con la ditta Tecno World, che purtroppo però non è stato inserito per motivi economici. Siccome, purtroppo, questa tipologia di interventi anche se ammissibili da bando, erano ancora poco agevolati. Infatti, la misura, che rende i costi dei lavori della linea B ammissibili e quindi cofinanziabili da bando, è che essi non superino il 20% delle spese per i lavori della linea A, quindi un budget di spesa molto basso.

4.7 Fase 7: Documentazione IPEA e IPEI

In seguito alla decisione di non aggiungere interventi legati alla Linea B, il successivo procedimento è stato quello di raccogliere la documentazione necessarie e richiesta delle apparecchiature per interventi di riqualificazione ed efficientamento energetico.

In questa ottica si è contattata la casa produttrice delle apparecchiature e ci si è fatto trasmettere la documentazione IPEA. La scelta dei nuovi apparecchi di illuminazione è discesa da un'analisi delle varie armature presenti in commercio, delle primarie marche e produttori, confrontando le prestazioni illuminotecniche, le garanzie e i costi e verificando il rispetto legislativo e normativo degli stessi. In particolare, si è posta attenzione alla Legge Regionale del Piemonte n. 31/2000 e successiva n. 3/2018, in merito all'efficienza energetica, alla temperatura di colore e alla riduzione del flusso luminoso, al Decreto CAM Illuminazione 2017, in relazione a quanto indicato del par. 4.2.3, nonché a quanto previsto dalla Norma UNI 11248/2016 e dalla Norma UNI EN 13201-2/2016. Si precisa che, al fine di ottemperare a quanto indicato dalla Legge Regionale del Piemonte n. 3/2018, tutti gli apparecchi di illuminazione previsti a progetto saranno dotati di dimming puntuale se non diversamente specificato; infatti, in accordo alla Legge suddetta, tale dispositivo permette di ridurre il flusso luminoso in misura pari al 30% rispetto al pieno regime di operatività a partire dalle ore 24 fino allo spegnimento.

4.7.1 Schede dei corpi illuminanti previsti per la sostituzione

Nella presente progettazione sono stati previste quattro tipologie corpi illuminanti: Ampera, Isla, Neos della Schreder e Retrofit Arty della Miled.

4.7.1.1 *Ampera*

Dimensioni

Mini	583 x 340 mmh	90 mm
Midi	674 x 436 mmh	132 mm



Peso

Mini	7,8 kg
Midi	11,5 kg

Materiali

Corpo in alluminio pressofuso

Protettore in vetro

Ermeticità blocco ottico IP 66

Ermeticità vano ausiliari IP 66

Resistenza agli urti IK 09

Classe elettrica I o II

Temperature di colore Bianco freddo, neutro o caldo (nello specifico, in accordo a quanto stabilito dalla Legge Regionale del Piemonte n. 3/2018, si prevede una temperatura di colore pari 3'000 K).

In merito agli apparecchi di illuminazione tipo Ampera della Schröder, come si evince dalla documentazione tecnica fornita dalla casa costruttrice, si può affermare che l'indice IPEA* risulta superiore di due o più classi rispetto a quanto indicato dai CAM.

4.7.1.2 *Isla*

Dimensioni

Diametro 647 mm h 636 mm

Peso

9,5 kg



Materiali

Corpo in alluminio

Protettore in vetro

Ermeticità blocco ottico IP 66

Resistenza agli urti IK 08

Classe elettrica I o II

Temperature di colore Bianco freddo, neutro o caldo (nello specifico, in accordo a quanto stabilito dalla Legge Regionale del Piemonte n. 3/2018, si prevede una temperatura di colore pari 3'000 K).

In merito agli apparecchi di illuminazione tipo Isla della Schröder, come si evince dalla documentazione tecnica fornita dalla casa costruttrice, si può affermare che l'indice IPEA risulta superiore di due o più classi rispetto a quanto indicato dai CAM.

4.7.1.3 Neos

Dimensioni

Neos 2 398 x 325 (360) mm h 140 mm



Peso

Neos 2 5 kg

Materiali

Corpo in alluminio pressofuso

Protettore in vetro

Ermeticità blocco ottico IP 66

Resistenza agli urti vetro IK 08

Classe elettrica I o II

Temperature di colore Bianco freddo, neutro o caldo (nello specifico, in accordo a quanto stabilito dalla Legge Regionale del Piemonte n. 3/2018, si prevede una temperatura di colore pari 3'000 K).

In merito agli apparecchi di illuminazione tipo Neos della Schröder, come si evince dalla documentazione tecnica fornita dalla casa costruttrice, si può affermare che l'indice IPEA* risulta superiore di due o più classi rispetto a quanto indicato dai CAM.

4.7.1.4 *Arty*

Dimensioni 250x250 mm

Altezza 12 mm

Peso 7 kg

Materiali Piastra in estruso di alluminio

Ottica in silicone

Colore Argento



IP65, Classe II, gel-box di sicurezza

Classe elettrica II

Temperature di colore 2'200, 2'700, 3'000 o 4'500 K (nello specifico, in accordo a quanto stabilito dalla Legge Regionale del Piemonte n. 3/2018, si prevede una temperatura di colore pari 2'200 K).

In merito ai retrofit LED tipo Arty della MiLED, come si evince dalla documentazione tecnica fornita dalla casa costruttrice, si può affermare che l'indice IPEA* risulta superiore di due o più classi rispetto a quanto indicato dai CAM.

ESEMPIO CERTIFICAZIONE IPEA: AMPERA MIDI 32 LED 450mA WW730 lente 5117



INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE (DM 27 settembre 2017)

IPEA*

<i>Applicazione:</i>	illuminazione stradale
<i>Modello e caratteristiche apparecchio:</i>	AMPERA MIDI 32 LED 450mA WW730 lente 5117
<i>Flusso luminoso apparecchio nominale iniziale [lm]:</i>	5.691
<i>Potenza attiva totale assorbita dall'apparecchio [W]:</i>	45,50
<i>Efficienza luminosa apparecchio [lm/W]:</i>	125,08
<i>ULOR[%]:</i>	0,00%
<i>Dff:</i>	100,00%
<i>Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]:</i>	73,00
IPEA*	1,71

Classe energetica	A6+
--------------------------	------------

An+	$1,10 + (0,10 \times n) \leq \text{IPEA}^*$
A++	$1,30 \leq \text{IPEA}^* < 1,40$
A+	$1,20 \leq \text{IPEA}^* < 1,30$
A	$1,10 \leq \text{IPEA}^* < 1,20$
B	$1,00 \leq \text{IPEA}^* < 1,10$
C	$0,85 \leq \text{IPEA}^* < 1,00$
D	$0,70 \leq \text{IPEA}^* < 0,85$
E	$0,55 \leq \text{IPEA}^* < 0,70$
F	$0,40 \leq \text{IPEA}^* < 0,55$
G	$\text{IPEA}^* < 0,40$

Figura 28- Certificazione IPEA

4.7.2 *Calcolo degli IPEI*

L'intero impianto di pubblica illuminazione, in funzione della classe di illuminazione individuata per il compito visivo (UNI 11248) e le relative prescrizioni illuminotecniche minime indicate per garantire sicurezza agli utenti (UNI EN 13201-2), deve possedere un Indice Parametrizzato di Efficienza dell'Impianto di illuminazione (IPEI) maggiore o uguale alla classe A.

In questo caso per il calcolo dell'IPEI si è utilizzata la seguente formula:

$$IPEI = \frac{DP}{DP,R} = P_{app} / (E_i \times k_c \times A_i)$$

P_{app}	Potenza apparecchio
E_i	Illuminamento orizzontale medio mantenuto
k_c	Coefficiente di correzione, di manutenzione
A_i	Area illuminata
DP	Densità di potenza di progetto
DP, R	Densità di potenza di riferimento

Tabella 19- Parametri il calcolo IPEI

4.7.2.1 *Esempio calcolo IPEI perimetro di intervento C4*

Perimetro di intervento 1 (C4)

Perimetro di intervento	Indice IPEI*	Classe energetica impianto
1 (C4)	0,80	A

CALCOLO IPEI* RELATIVO AI CALCOLI ILLUMONOTECNICI N. 12			
P_{app}	Potenza apparecchio	45,50	W
E_i	Illuminamento orizzontale medio mantenuto	21,00	lx
k_c	Coefficiente di correzione, di manutenzione	0,85	-
l	Larghezza carreggiata	6,00	m

i	Interdistanza	13,00	m
Ai	Area i-esima illuminata	78,00	m ²
DP	Densità di potenza di progetto	0,030	W / lux / m2
DP, R	Densità di potenza di riferimento	0,037	W / lux / m2
IPEI*	(DP/DP, R)	0,80	A

4.8 Fase 8: RTES

Dopo aver portato a termine le fasi precedentemente descritte e aver terminato la compilazione dell'Allegato 1b, si è potuto procedere con la stesura della Relazione Tecnico Economica di Sintesi (RTES).

Lo scopo di tale documento è quello di descrivere in modo esaustivo gli interventi oggetto della richiesta di contributo e consenta di riepilogare in chiave energetica, ambientale ed economica tutti gli interventi sugli impianti IP inclusi nel progetto.

In particolar modo, nella RTES è necessario giustificare con adeguato livello di dettaglio:

- 1) Le caratteristiche tecniche del progetto;
- 2) Rispetto delle normative vigenti;
- 3) Il bilancio energetico e ambientale complessivo dell'intervento;
- 4) I benefici attesi dal punto di vista economico
- 5) Il quadro dei costi previsti.

4.8.1 *Caratteristiche tecniche del progetto*

La descrizione delle caratteristiche tecniche di intervento è stata strutturata in tre fasi che rispecchiano l'iter della progettazione dell'intervento di efficientamento di ogni singolo perimetro di intervento, ovvero si è partiti con una descrizione del perimetro dello stato attuale, in seguito con un'analisi energetica del perimetro ed infine una descrizione accurata dell'intervento scelto.

4.8.1.1 *Descrizione Ante intervento*

In questa prima parte vi è stata una descrizione dettagliata del perimetro oggetto di intervento, in cui si è evidenziato lo stato del quadro elettrico del perimetro ed è stato realizzato un dettagliato censimento dei punti luce appartenente ad esso, ponendo l'attenzione sulle sorgenti e apparecchiature obsolete e non a norma. Un esempio di questa descrizione è stato inserito nel paragrafo "4.2.4.1 Esempio: Perimetro d'intervento 1 (C4)".

4.8.1.2 *Analisi energetica*

In seguito all'accurata descrizione dello stato di fatto dei perimetri oggetto di intervento, è svolta un'analisi energetica dei perimetri, in cui, come già era stato fatto nella compilazione dell'Allegato 1b, si confrontano i valori dei consumi teorici ottenuti con le potenze delle sorgenti censite con i consumi reali forniti dalle bollette e si verifiche che questa differenza non risulti superiore al 20%. Se così fosse, si cerca di giustificare lo scarto elevato facendo un'analisi più approfondita insieme alla PA comunale per verificare che nell'arco di tempo considerato non ci fossero stati guasti e/o malfunzionamenti di lunga durata nel perimetro dell'IP considerato.

Nel caso studio riportato questo scarto era stato superato in due perimetri, perimetro 1 e il perimetro 4, ed insieme alla PA del comune e alla ditta che si occupa della manutenzione degli impianti si è riscontrato che in questi due perimetri erano presenti dei punti luce non correttamente funzionanti.

4.8.1.3 *Descrizione intervento*

In questa terza fase si è descritto nel dettaglio, per ogni perimetro di intervento, gli interventi previsti e il risparmio di energia elettrico atteso connesso (calcolato come descritto nel capitolo “4.4 Fase 4: Compilazione Allegato 1b”).

A titolo di esempio si riporta il Perimetro di intervento 1 (C4)

Nella presente progettazione sono previsti i seguenti interventi tecnici:

- Sostituzione n. 6 apparecchi di illuminazione con nuovi apparecchi tipo Ampera della Schröder da 32 LED completi di regolatore di flusso.
- Messa a norma del quadro di alimentazione.

Potenza totale nominale delle lampade del perimetro di intervento nella situazione post intervento - $P_{nom,per1}$	[kW]	0,30
Consumo energetico del perimetro di intervento nella situazione post intervento - E_{per1}	[kWh]	1298,76
Risparmio di energia elettrica connesso all'intervento (Rel)	[kWh]	20491,82
Risparmio di energia elettrica connesso all'intervento (Rel)	[%]	94,04%

Figura 29- Interventi previsti perimetro di intervento 1 (C4)

4.8.2 *Rispetto delle normative vigenti*

Come descritto in parte nelle sezioni precedenti dell’elaborato, anche nella RTES è richiesto di confermare il rispetto delle normative vigenti in materia, in particolare il progetto deve risultare conforme:

- Alle disposizioni del D.M. 27 settembre 2017 (“decreto CAM illuminazione”);
- Alle disposizioni della l.r. 31/2000 e s.m.i.;
- Utilizzo di materiali ecocompatibili e/o previsione di smaltimento sostenibili dei rifiuti.

4.8.2.1 *Conformità alle disposizioni del D.M. 27 settembre 2017 (“decreto CAM illuminazione”)*

Nel progetto sono stati inseriti apparecchi di illuminazione conformi a quanto indicato dai CAM, nello specifico si è fatto riferimento a quanto indicato al par. 4.2.3 “Apparecchi di illuminazione per illuminazione pubblica – Specifiche tecniche”, ovvero si è prestata particolare attenzione nella scelta dell’apparecchio di

illuminazione tipo alle proprietà dell'apparecchio di illuminazione (ip vano ottico, ip vano cablaggi, resistenza agli urti ecc), in relazione al suo utilizzo, all'indice di prestazione energetica degli apparecchi stessi (Indice IPEA), al fattore di mantenimento del flusso luminoso e tasso di guasto (schede descritte nel capitolo "4.7.1 Schede dei corpi illuminanti previsti per la sostituzione").

In particolare, in merito all'indice di prestazione energetica si sono previsti apparecchi di illuminazione con minimo due classi superiori a quella indicata al par. 4.2.3.8²⁷ dei CAM 2017 e in relazione fattore di mantenimento del flusso luminoso e tasso di guasto si sono scelti apparecchi che consentissero il soddisfacimento del parametro L80B10 superiore alle 80.000 ore, quale criterio premiante ai fini del Bando.

Inoltre, si precisa che il progetto ha tenuto conto delle indicazioni fornite dal D.M. 28 marzo 2018 "decreto CAM servizio di illuminazione pubblica", ovvero delle indicazioni contenute nella scheda 10 dello stesso.

4.8.2.2 Conformità alle disposizioni della l.r. 31/2000 e s.m.i

Gli impianti osservano contemporaneamente i seguenti requisiti tecnici minimi previsti dall'Allegato A:

- sono costituiti da apparecchi illuminanti aventi, nella posizione di installazione, un'intensità luminosa massima compresa fra 0 e 0.49 candele (cd) per 1000 lumen (lm) di flusso luminoso totale emesso per angoli gamma maggiori o uguali a 90 gradi;
- sono equipaggiati con sorgenti luminose ad elevata tecnologia led, superiore ai 90 lumen su watt (lm/W) e una temperatura di colore uguale o inferiore a 3500 Kelvin (K);

²⁷ "...Gli apparecchi d'illuminazione impiegati nell'illuminazione stradale, di grandi aree, rotatorie e parcheggi debbono avere l'indice IPEA* maggiore o uguale a quello della classe B fino all'anno 2019 compreso, a quello della classe A+ fino all'anno 2021 compreso, a quello della classe A++ fino all'anno 2023 compreso a quello della classe A+++ a partire dall'anno 2024..."

-
- mantengono una luminanza media delle superfici da illuminare o illuminamenti non superiori ai livelli minimi previsti dalle normative tecniche di sicurezza con le relative tolleranze di misura;
 - hanno l'efficienza minima prescritta dai presenti criteri, ed in particolare:
 - sono realizzati con apparecchi che garantiscono, a parità di luminanza o illuminamento, impegni ridotti di potenza elettrica, e ridotti costi manutentivi, con indice parametrizzato di efficienza dell'apparecchio illuminante (IPEA) superiore a quello minimo prescritto dai criteri minimi ambientali ministeriali (CAM);
 - perseguono un indice parametrizzato di efficienza dell'impianto di illuminazione (IPEI) uguale o superiore a quello minimo prescritto al par. 4.3.3.3²⁸ dei CAM, così come dimostrato nei calcoli illuminotecnici.
 - sono provvisti di sistemi in grado di ridurre e controllare il flusso luminoso in misura uguale o superiore al 30 per cento rispetto al pieno regime di operatività entro le ore 24, oppure ne prevedono lo spegnimento entro le ore 24 o la gestione per tutta la notte con sensore di movimento; tali prescrizioni non si applicano se gli impianti sono dotati di sistemi di illuminazione adattiva, funzionanti secondo le prescrizioni delle norme tecniche e di sicurezza.

4.8.2.3 *Utilizzo di materiali ecocompatibili e/o previsione di smaltimento sostenibili dei rifiuti*

Il progetto prevede utilizzo di materiali ecocompatibili come da certificazioni allegate e per quanto riguarda lo smaltimento sostenibile dei rifiuti si fa riferimento alle seguenti normative:

- D.Lgs 25 luglio 2005 n. 151 “Attuazione delle direttive 2002/95/CE, 2002/96/CE e 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché allo smaltimento dei rifiuti”;

²⁸ “...l'impianto di illuminazione pubblica deve avere l'indice IPEI*maggiore o uguale di quello corrispondente alla classe B fino all'anno 2020 compreso, a quello della classe A fino all'anno 2025 compreso e a quello della classe A+ a partire dall'anno 2026...”

-
- D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152 “Norme in materia ambientale”, Parte terza - Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati;
 - D.Lgs 20 novembre 2008, n. 188 “Attuazione della direttiva 2006/66/CE concernente pile, accumulatori e relativi rifiuti e che abroga la direttiva 91/157/CEE”;
 - D.Lgs. 14 marzo 2014, n. 49 “Attuazione della direttiva 2012/19/UE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE)”;

Il materiale smontato sarà raccolto ed avviato alle operazioni di recupero e smaltimento ai sensi D.Lgs. n° 4/2008 e modificato l'art. 183 comma 1 lett. m punto 2 del D.Lgs. 152/06, secondo una delle seguenti modalità alternative, a scelta del produttore:

- con cadenza almeno trimestrale indipendentemente dalla quantità in deposito;
- quando il quantitativo di rifiuti in deposito raggiunga complessivamente 10 mc nel caso di rifiuti pericolosi o 20 mc nel caso di rifiuti non pericolosi.

In ogni caso, allorché il quantitativo di rifiuti pericolosi non superi i 10 mc/anno e il quantitativo di rifiuti non pericolosi non superi i 20 mc/anno, il deposito temporaneo non può avere durata superiore ad un anno.

- il deposito temporaneo deve essere effettuato per categorie omogenee di rifiuti e nel rispetto delle relative norme tecniche, nonché, per i rifiuti pericolosi, nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in essi contenute;
- devono essere rispettate le norme che disciplinano l'imballaggio e l'etichettatura dei rifiuti pericolosi;

Il materiale di risulta adeguatamente differenziato sarà etichettato con i nuovi codici CER, decisione 2014/955/UE, in vigore dal 01.06.2015 in base alla categoria di rifiuto e destinato alla discarica autorizzata per il trattamento.

Si differenzieranno in particolare oltre ai rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione e ai rifiuti di imballaggio, i rifiuti provenienti da apparecchiature elettriche ed elettroniche contraddistinti con i seguenti codici CER:

- 160209*trasformatori e condensatori contenenti PCB,

-
- 160210*apparecchiature fuori uso contenenti PCB o da essi contaminate, diverse da quelle di cui alla voce 16 02 09
 - 160211*apparecchiature fuori uso, contenenti clorofluorocarburi, HCFC, HFC
 - 160212*apparecchiature fuori uso, contenenti amianto in fibre libere
 - 160213*apparecchiature fuori uso, contenenti componenti pericolosi
 - 160214* apparecchiature fuori uso, diverse da quelle di cui alle voci da 160209 a 160213
 - 160215*componenti pericolosi rimossi da apparecchiature fuori uso.

4.8.3 Bilancio energetico e ambientale complessivo dell'intervento

In questa sezione si è messo in evidenza il risparmio di energia connesso all'intero intervento di riqualificazione degli impianti IP e all'effetto positivo di cui l'ambiente beneficerà a seguito degli interventi previsti.

Nel caso in esame questo è stato il risultato ottenuto:

Consumo energetico totale nella situazione ANTE intervento [KWh]	170634,83
Consumo energetico totale nella situazione POST intervento [KWh]	75985,86
Risparmio di energia connesso all'intervento [KWh]	94648,98
Risparmio di energia connesso all'intervento [%]	55,47
Emissioni annue di CO2 ANTE [ton CO2eq]	73,91
Emissioni annue di CO2 POST [ton CO2eq]	32,91
Emissioni annue di CO2 evitate [ton CO2eq]	41,00

Emissioni annue di NOx ANTE [Kg]	40,54
Emissioni annue di NOx POST [Kg]	18,05
Emissioni annue di NOx evitate [Kg]	22,49
Emissioni annue di PM10 ANTE [Kg]	0,51
Emissioni annue di PM10 POST [Kg]	0,23
Emissioni annue di PM10 evitate [Kg]	0,28

Tabella 20- Bilancio energetico ed ambientale dell'intervento di riqualificazione degli impianti IP di Villafranca Piemonte

4.8.4 *Benefici attesi dal punto di vista economico*

Questa sezione è strettamente legata alla precedente, in quanto il previsto risparmio energetico degli interventi a progetto possono essere facilmente tradotti in una pari quota di risparmio economico presunta sulla spesa annuale. Inoltre, un ulteriore risparmio legato agli interventi di sostituzione dei corpi illuminanti e all'installazione di dimmer è legato alla limitazione degli interventi di manutenzione.

Nel caso studio di Villafranca Piemonte, il comune investendo una quota pari al 20% delle spese ammissibili dal bando otterrà un tempo di ritorno dell'intervento previsto pari a soli 7 anni, calcolato come rapporto tra costi ammissibili totali e risparmio economico atteso.

4.8.5 *Il quadro dei costi previsti e calcolo dell'agevolazione richiesta*

Sezione fondamentale della RTES è il riepilogo dei costi di intervento previsti e il calcolo dell'agevolazione richiesta. I dati che si riportano in questa sezione sono coincidenti con quelli riportati nell'Allegato 1b "Schede tecniche riepilogative" ovvero al lordo essendo l'IVA un costo per l'amministrazione comunale, mentre gli importi riportati nel computo metrico estimativo del progetto, allegato alla domanda di agevolazione, risultano al netto dell'IVA pari al 22%.

Si riporta in seguito il riepilogo dei dati del progetto in esame del Comune di Villafranca Piemonte:

	Intervento	Costo [€]
A	Interventi miglioramento efficienza energetica	€ 141.016,15

B	Opere accessorie	
C	Spese tecniche	€ 14.101,62
D	Cartellonistica	€ 500,00
	Totale Linea A	€ 155617,77
	Altre spese previste nel quadro economico e non ammesse a contributo	€ 4.943,63
	Totale quadro economico progetto approvato	€ 160.561,40

Tabella 21- Riepilogo Costi Villafranca Piemonte

Calcolo agevolazione	
Totale costi ammissibili	€ 155.617,77
Costo massimo unitario	€ 800,00
Costo effettivo unitario	€ 855,04
Sovvenzione	€ 116.480,00

Tabella 22- Calcolo agevolazione Villafranca Piemonte

4.9 Fase 9: Elaborato grafico e completamento degli altri allegati

Successivamente all'elaborazione della RTES, non resta che compilare gli allegati rimanenti per la chiusura del progetto definitivo, ovvero:

- L'elenco dei prezzi unitari, il quadro di incidenza della manodopera, entrambi facilmente esportabili dal software utilizzato per il computo metrico estimativo Primus;
- Il cronoprogramma, tenendo in considerazione le tempistiche previste dal bando sulla realizzazione del progetto una volta finanziato;
- L'allegato de "Prime indicazioni sulla sicurezza", in cui si vanno a descrivere e a contabilizzare, in maniera preliminare e da approfondire in fase di progettazione esecutiva, oneri sulla sicurezza;
- L'allegato "Disciplinare tecnico e prestazionale e condizioni di contratto", in cui si vanno a fornire, in maniera preliminare e da approfondire in fase di progettazione esecutiva, le linee guida dell'appalto dei lavori della riqualificazione energetica degli impianti di illuminazione pubblica.

Tutti questi documenti si trovano in allegato al seguente elaborato, così come quelli descritti in precedenza.

4.10 Fase 10: Compilazione ed invio della domanda sul portale della Regione Piemonte

Questa fase è prettamente burocratica, si accede alla pagina del portale dei servizi della Regione Piemonte e si vanno ad inserire prima i dati anagrafici dell'ente/impresa richiedente il cofinanziamento, poi la struttura organizzativa e la capacità finanziaria, dopodiché le informazioni sul progetto proposto con una descrizione sintetica dell'intervento.

ESEMPIO CASO STUDIO

C. INFORMAZIONI SUL PROGETTO PROPOSTO A FINANZIAMENTO

C.1 Caratteristiche del progetto

Tipologia di beneficiario **Comune**

Tipologie di intervento	
<input checked="" type="checkbox"/>	LINEA A – Azione IV.4c.1.3. Interventi di riqualificazione energetica
<input type="checkbox"/>	LINEA B – Azione IV.4c.1.3 Servizi tecnologici integrati

C.2 Abstract del progetto

Acronimo progetto **VILLALUX**

Titolo **RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA COMUNALE**

Descrivere sinteticamente il progetto
(max 1300 caratteri, spazi inclusi)

Il progetto prevede l'efficientamento energetico dell'illuminazione pubblica del comune di Villafranca Piemonte, che presenta allo stato attuale alcune aree con diverse criticità legate principalmente alla necessità di efficientare i corpi illuminanti esistenti, al fine di ottenere sia un vantaggio ambientale ed economico che un miglioramento della qualità dell'illuminazione con ricadute positive in termini di sicurezza stradale e riqualificazione urbana e di adeguamento dei quadri elettrici esistenti. Gli interventi previsti sono sintetizzabili in: • la messa a norma dei quadri che presentano criticità; • sostituzione delle sorgenti poco efficienti con sorgenti Led per un totale di 182 punti luce.

Durata prevista per la completa realizzazione del progetto
(espressa in mesi)

12

Figura 30- Estratto domanda richiesta finanziamento Villafranca Piemonte - Informazioni sul progetto proposto a finanziamento

Successivamente viene richiesto di compilare le spese previste a progetto, la tipologia di aiuto e agevolazione richiesta.

Infine, viene richiesto di allegare i documenti elencati nel paragrafo “3.3.7 Documentazione necessaria per il bando”.

Al termine dell'invio della domanda il portale restituisce il seguente messaggio:

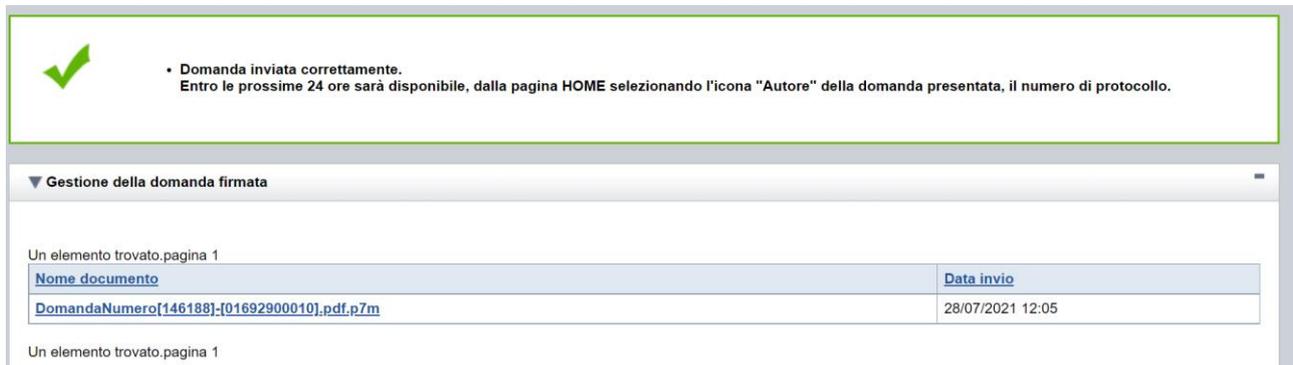


Figura 31- Screenshot conferma invio domanda

4.11 Fase 11: Integrazioni

Inviata la domanda, come descritto in maggiore dettaglio nel paragrafo “3.3.8 Come viene valutata la domanda”, la commissione entro sessanta giorni lavorativi provvede a valutare il progetto presentato ed eventualmente può richiedere integrazioni, a cui bisogna rispondere tassativamente entro trenta giorni dall’eventuale ricevuta.

Nel caso di Villafranca Piemonte è stato richiesto di descrivere in maggiore dettaglio il contratto di manutenzione in essere e quello che si pensava di adottare al termine della riqualificazione energetica degli impianti IP del comune. In collaborazione con la PA di Villafranca Piemonte, si è deciso mantenere la tipologia di contratto in essere, ovvero la gestione in forma diretta a mezzo di una ditta specializzata.

4.12 Fase 12: Finanziamento del progetto

Al termine della verifica delle integrazioni, la Commissione di Valutazione esprime la valutazione complessiva del progetto, scaturita dai parametri descritti nel paragrafo “3.3.8 Come viene valutata la domanda”. Se la valutazione complessiva è superiore a 40 punti su 100 si accede al cofinanziamento. La Commissione di Valutazione trasmette la sua valutazione tramite PEC al comune interessato.

ESEMPIO PEC RICEVUTA DELLA VALUTAZIONE DEL PROGETTO DI VILLAFRANCA PIEMONTE



Direzione Ambiente, Energia e Territorio

Settore Sviluppo Energetico Sostenibile
sviluppoenergetico@cert.regione.piemonte.it

Data (*) e il Protocollo (*)(*): segnatura di protocollo
riportato nei metadati di DoQui ACTA

Classificazione 13.170.20, 80/37/2021A/A1600A

Al Comune di Villafranca Piemonte
PEC: protocollo@pec.comune.villafrancapiemonte.to.it

Oggetto: POR FESR 2014/2020 - Priorità di Investimento IV.4c. obiettivo IV.4c.1 – Azione IV.4c.1.3. Bando riduzione dei consumi energetici e adozione di soluzioni tecnologiche innovative sulle reti di illuminazione pubblica dei Comuni piemontesi ed. 2021.
Ammissione ad agevolazione regionale.

In riferimento alla domanda n. **146188 del 27/07/2021**, si comunica che la Commissione di Valutazione nella seduta del 30 settembre 2021 ha ritenuto la domanda **ammissibile** a contributo con un punteggio complessivo pari a **68 punti**.

Il piano finanziario del progetto viene rideterminato in relazione all'investimento come segue:

Titolo del progetto		Intervento riqualificazione impianto illuminazione pubblica, servizi tecnologici			
Ammissibile Linea A (€)	Agevolazione Linea A (€)	Ammissibile Linea B (€)	Agevolazione Linea B (€)	Totale ammissibile (€)	Totale agevolazione (€)
145.600,00	116.480,00	0,00	0,00	145.600,00	116.480,00

Le spese ammissibili sono state rideterminate rispetto agli importi presentati nella domanda in quanto i medesimi sono risultati superiori agli importi massimi ammessi, secondo quanto previsto dal par. 1.6 del Bando e come dettagliato nel documento allegato alla presente

La Determinazione dirigenziale di concessione verrà predisposta nel minor tempo possibile, sulla base delle tempistiche imposte dal bilancio regionale. Considerati gli stanziamenti di risorse da parte dell'Ente, si raccomanda fin da ora l'avvio del progetto secondo le indicazioni contenute nel bando.

Per consentire gli impegni sulle relative annualità 2021-2022 da parte del Settore scrivente, si prega di inoltrare un **cronoprogramma aggiornato a livello trimestrale delle attività e della spesa entro 10 giorni lavorativi dal ricevimento della presente**, anche a conferma della volontà dell'Ente di dare attuazione al progetto.

Si ricorda che il Settore scrivente è disponibile a fornire eventuali informazioni in merito alla presente comunicazione.

C.so R. Margherita, 174
10152 Torino
Tel. 011/432 1411
Fax 011/432 4961

Figura 32- Valutazione Progetto – Villafranca Piemonte

4.13 Fase 13: Incarico del progetto esecutivo

Una volta ottenuta l'ammissione al finanziamento, bisogna riaggiornare il cronoprogramma secondo le direttive del bando e iniziare il prima possibile il progetto esecutivo.

A differenza del progetto definitivo, all'interno del progetto esecutivo si rianalizzano gli interventi proposti e si scende più nel dettaglio nella stesura degli allegati riguardanti il contratto di appalto, il piano della manutenzione e il piano di sicurezza e coordinamento lavori.

Capitolo 5

5| Conclusioni: L'illuminazione pubblica, un'occasione per le smart city del futuro

A seguito del lavoro svolto, risulta evidente come il settore dell'illuminazione pubblica si presenti come un'ottima sfida presente e futura per intraprendere azioni di riqualificazione e innovazione impiantistica, al fine di ridurre drasticamente gli sprechi energetici e le relative spese che gravano notevolmente sull'economie delle PA locali. Basti pensare che l'illuminazione pubblica incide per circa il 14% sul consumo di energia elettrica nell'Unione Europea e a livello nazionale è responsabile del 20-30% delle spese delle Pubbliche Amministrazioni. La principale causa di questa situazione è la obsoleta tecnologia che caratterizza gli impianti di illuminazione pubblica in Italia. Gli impianti di IP sul suolo italiano sono per la maggior parte basati su tecnologie superate e su sistemi di gestione poco smart, basati su una programmazione che non segue le reali esigenze di illuminazione dei cittadini. Negli ultimi anni per fortuna, anche grazie all'erogazione di fondi tramite bandi a sportello come quello oggetto di analisi nella presente tesi, si sta avendo un'inversione di rotta, necessaria ai fini del raggiungimento degli obiettivi fissati dalle politiche europee recenti, come quella della decarbonizzazione degli impianti e del risparmio energetico. Proprio per questo è opportuno che ci sia un'inversione di rotta nel settore e che a partire dalle piccole realtà comunali ci sia la volontà di riqualificare gli impianti. Un esempio positivo è la realtà di Villafranca Piemonte (TO) che ha sfruttato il bando POR-FESR: "Riduzione dei consumi energetici e adozione di soluzioni tecnologiche innovative sulle reti di illuminazione pubblica" per completare quasi al 100% la sostituzione delle sorgenti di loro proprietà con sorgenti di tipo LED. E' importante che le realtà comunali sfruttino a pieno queste opportunità per stare al passo con i tempi e garantire maggiori confort ai propri cittadini, oltre che a tutelare l'ambiente circostante.

In questa ottica nel settore dell'IP sono ipotizzabili tre diversi step per raggiungere un ottimo risparmio energetico.

Il primo step è la sostituzione delle sorgenti obsolete, sovradimensionate e retrograde installate, dotando tutti gli impianti di illuminazione pubblica di sorgenti LED con riduttore di flusso incorporato, in modo tale da ottenere il primo grande risparmio energetico (già stimabile ad un risparmio superiore al 50-60%) e da garantire il rispetto delle normative illuminotecniche vigenti (garantendo così anche un maggiore confort e una maggiore sicurezza). Questo tipo di riqualificazione è la più semplice e la più economica. Questo primo step è fondamentale per raggiungere ciò che era stato prefissato nella Legge di Bilancio 2018, in cui si obbligano le PA a riqualificare gli impianti IP entro il 31 dicembre del 2022 al fine di poter ridurre del 50% i consumi di energia elettrica rispetto a quelli medi del 2015-2016.

Il secondo step è quello di inserire sistemi di regolazione di tipo di telecontrollo, telecomando o telegestione. Questi sistemi di regolazione porterebbero un ulteriore risparmio energetico e efficientamento dell'impianto di illuminazione pubblica, in quanto si riuscirebbe a seguire in maniera più precisa la richiesta reale di illuminazione, andando così a minimizzare gli sprechi energetici. Questo tipo di investimento è sicuramente più oneroso rispetto al primo.

Il terzo step, invece, è da considerarsi come una sfida futura, come un intento di rendere l'illuminazione pubblica uno dei punti centrali per la nascita e la crescita delle città smart. Questo step consiste nel rendere l'illuminazione adattiva e interconnetterla ad altri sistemi, in grado non solo di portare a dei risparmi sfruttando un intelligente sistema di gestione dell'energia, ma con il vantaggio aggiuntivo di poter rendere al cittadino servizi a valore aggiunto.

La sfida per un futuro più efficiente, digitale e meno energivoro è ormai lanciata.

Ringraziamenti

Eccomi giunto alla fine di questo percorso e di questi anni di Università, nei quali credo di essere maturato come persona e come professionista. Sono tante le conoscenze che ho fatto durante questo percorso, le amicizie che ho coltivato e i rapporti che ho stretto. Vorrei dedicare queste ultime frasi alle persone che hanno sempre creduto in me e che non hanno mai smesso di sostenermi, senza farmi mancare mai nulla. Parto con il ringraziare la mia famiglia, che non cambierei mai con nessuna al mondo, che mi è sempre stata accanto e non mi ha fatto mai mancare il suo sostegno e il suo aiuto in tutti questi anni. Senza di loro non sarei mai diventato quello che sono e non avrei mai potuto gettare le basi per il mio futuro. Grazie a papà Roberto, a mamma Anna e a mio fratello Filippo. Continuo con il ringraziare il mio migliore amico ormai da una vita Federico, che mi è stato sempre vicino, con cui ho condiviso momenti felici e momenti meno sereni, a mille di questi altri momenti insieme, sei ormai come un fratello per me. Grazie a tutti i miei amici e colleghi con cui ho condiviso i classici momenti della vita da universitari, che purtroppo sono stati interrotti anticipatamente dalla pandemia globale. Vi ringrazio dal primo all'ultimo, perché ognuno di voi mi ha insegnato qualcosa e mi ha aiutato a crescere. Spero di aver lasciato qualcosa di mio anche io in voi. Grazie a tutte le persone che fanno parte dello studio Spazio Ku'Bo, che mi hanno accolto a braccia aperte in questa mia prima esperienza lavorativa iniziata ormai sei mesi fa e mi hanno aiutato a crescere. Un grazie anche alla Pubblica Amministrazione del comune di Villafranca Piemonte che mi ha permesso di utilizzare come oggetto della tesi il loro progetto definitivo. Infine, ringrazio tutti i professori che ho incontrato e il Politecnico di Torino per avermi istruito e dato tutti i mezzi necessari per affrontare a testa alta il mondo del lavoro. In particolar modo, porgo i miei più sentiti ringraziamenti alla professoressa Guelpa, alla professoressa Pellegrino e al Professor Verda per avermi accompagnato in questo mio ultimo passo della carriera universitaria.

Allegati

PROGETTO DEFINITIVO:

Relazione tecnica e specialistica	All. 1
Calcolo degli impianti	All. 2
Censimento impianti	All. 3
Censimento impianti-Quadri di alimentazione	All. 3.1
Censimento impianti-Punti luce	All. 3.2
Elaborato grafico di progetto	All. 4
Computo metrico estimativo	All. 5
Elenco prezzi unitari	All. 6
Analisi nuovi prezzi	All. 7
Quadro incidenza manodopera	All. 8
Quadro economico	All. 9
Disciplinare tecnico e prestazionale e condizioni di contratto	All. 10
Prime indicazioni sulla sicurezza	All. 11
Cronoprogramma	All. 12
RTES_Villafranca_rev2 INTEGRAZIONI	
ALL 1b_Schede_tecniche_riepilogative_2021 INTEGRAZIONI	

PRIC e AUDIT:

Relazione tecnica e linee guida (PRIC)	All. 1
Relazione DI AUDIT	All. 2
Fascicolo degli apparecchi	All. 3
Contatori e quadri elettrici	All. 4
Punti luce – Sorgenti e potenze	All. 5

Elaborati grafici

Stato attuale: tipologia dei supporti	All. 6.1
Stato attuale: tipologia delle armature	All. 6.2
Stato attuale: tipologia delle sorgenti	All. 6.3
Stato attuale: colore della luce	All. 6.4
Stato attuale: Contatori, linee e punti luce	All. 6.5

Bibliografia

- AEC Illuminazione, “Illuminazione pubblica smart e connessa”, 2020.
- B. M. Eula, “I CAM per l’illuminazione pubblica – Bando per la riduzione dei consumi energetici e l’adozione di soluzioni tecnologiche innovative sulle reti di illuminazione pubblica dei Comuni piemontesi – Prospettive 2021 per la riapertura dello sportello”, in Regione Piemonte, Torino, 2021.
- CAM per “L’acquisizione di sorgenti luminose per l’illuminazione pubblica, l’acquisizione di apparecchi per l’illuminazione pubblica, l’affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica”, 2017.
- CAM per “Servizio di illuminazione pubblica”, 2018.
- Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti, “Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima”, Dicembre 2019.
- Regione Piemonte, “Documento Strategico Unitario per la Programmazione 2014-2020 dei Fondi Europei a Finalità Strutturale”, 2014.
- F. Moretti, M. Annunziato, S. Panzieri, “Sviluppo di un sistema di controllo integrato ed adattivo per l’illuminazione pubblica”, 2010.
- Regione Piemonte, “Documento Strategico Unitario della Regione Piemonte per la Programmazione dei Fondi 2021-2027”, 9 luglio 2021.
- Light-is, “UNI 11248 – Parte 2 – Illuminazione adattiva: le nuove frontiere dell’illuminazione ecosostenibile”, 2016.
- Legge Regionale 3/2018, “Modifiche alla legge regionale 24 marzo 2000, n. 31 (Disposizioni per la prevenzione e lotta all’inquinamento luminoso e per il corretto impiego delle risorse energetiche), 2018.
- UNI 10819, “Luce e illuminazione – Impianti di illuminazione esterna – grandezza illuminotecnica e procedure di calcolo per la valutazione della dispersione verso l’alto del flusso luminoso”, 2021.
- UNI 11248, “Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecnica”, 2016.
- UNI EN 13201 – 2, “Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali”, 2016.
- UNI EN 13201 – 3, “Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni”, 2016.
- UNI EN 13201 – 4, “Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche”, 2016.
- UNI EN 13201 – 5, “Illuminazione stradale – Parte 5: Indicatori delle prestazioni energetiche”, 2016.