



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Studio di fattibilità per la integrazione tra pubblica
illuminazione e servizi smart: analisi di un caso pilota

Angelo Di Gregorio, Nicoletta Gozo, Nicola Barone, Diego Bonata



Report RdS/2011/335

STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA INTEGRAZIONE TRA PUBBLICA ILLUMINAZIONE
E SERVIZI SMART: ANALISI DI UN CASO PILOTA

Angelo Di Gregorio, Nicoletta Gozo (ENEA), Nicola Barone, Diego Bonata

Novembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia

Progetto: Tecnologie "smart" per l'integrazione della illuminazione pubblica con
altre reti di servizi energetici e loro ottimizzazione

Responsabile Progetto: Mauro Annunziato, ENEA

Sommario

| | |
|--|----|
| Presentazione della ricerca | 4 |
| 1 Lo studio di fattibilità: il modello di analisi..... | 6 |
| 1.1 Il progetto ILLUMINA..... | 6 |
| 1.2 Il modello di analisi..... | 7 |
| 1.2.1 Gli obiettivi e i presupposti del modello..... | 8 |
| 1.2.2 Parametri iniziali e calcoli preliminari | 10 |
| 1.3 Pianificazione degli interventi e acquisizione degli impianti..... | 11 |
| 1.3.1 Numero di Comuni non proprietari degli impianti e il numero di punti luce per Comune non di proprietà..... | 11 |
| 1.3.2 Costo del PRIC..... | 12 |
| 1.3.3 Costo relativo alla perizia di esproprio | 12 |
| 1.3.4 Costo dell'azione legale | 13 |
| 1.3.5 Costo di riscatto degli impianti..... | 13 |
| 1.3.6 Costo del bando gara..... | 14 |
| 1.3.7 Totale costi di PRIC e riscatto impianto..... | 15 |
| 1.4 Riqualificazione degli impianti..... | 15 |
| 1.4.1 Costi di riqualificazione elettrica | 16 |
| 1.4.2 Costi di riqualificazione illuminotecnica..... | 19 |
| 1.5 Costi energetici, manutentivi e ambientali | 24 |
| 1.5.1 Costi energetici | 24 |
| 1.5.2 Costi manutentivi | 25 |
| 1.5.3 Costi ambientali..... | 26 |
| 1.6 Risparmi energetici, manutentivi e ambientali | 27 |
| 1.6.1 Risparmi energetici..... | 27 |
| 1.6.2 Risparmi manutentivi | 32 |
| 1.6.3 Risparmi in termini di emissioni di CO ₂ | 34 |
| 1.7 Calcoli di convenienza economica..... | 38 |
| 1.7.1 Sezione di riepilogo in ipotesi di riqualificazione comprendente regolatore del flusso luminoso centralizzato e telecontrollato..... | 39 |

| | | |
|-------|--|----|
| 1.7.2 | Sezione di riepilogo in ipotesi di riqualificazione comprendente regolatore del flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato | 47 |
| 1.7.3 | Sezione di riepilogo in ipotesi di riqualificazione con regolatore del flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato combinato a illuminazione adattiva..... | 52 |
| 2 | Lo studio di fattibilità: la simulazioni di scenari di analisi | 58 |
| 2.1 | Simulazione relativa ai Comuni provincia Monza e Brianza..... | 58 |
| 2.1.1 | Parametri generali | 58 |
| 2.1.2 | Parametri relativi alla pianificazione degli interventi e acquisizione degli impianti | 59 |
| 2.1.3 | parametri relativi ai costi di riqualificazione | 60 |
| 2.1.4 | parametri costi energetico-manutentivi e CO ₂ | 65 |
| 2.1.5 | Parametri sezione risparmi energetici, manutentivi e ambientali..... | 67 |
| 2.1.6 | Parametri calcoli convenienza economica | 70 |
| 2.1.7 | Risultati provincia Monza e Brianza | 70 |
| 2.2 | Simulazione relativa ai singoli Comuni MB aderenti a Lumière..... | 73 |
| 2.2.1 | Risultati delle analisi per singolo Comune in provincia di Monza e Brianza aderente a Lumière | 74 |
| 3 | La procedura inter-organizzativa per la creazione del network..... | 89 |
| 3.1 | La procedura utilizzata | 89 |
| 3.2 | Le schede di adesione al network dei Comuni in provincia di Monza e Brianza..... | 90 |

Presentazione della ricerca

La razionalizzazione e il risparmio di energia elettrica in ambito illuminotecnico è un'attività articolata che richiede di valutare molteplici soluzioni alle quali si vanno ad aggiungere – sempre più numerose – le opportunità offerte dalle cosiddette tecnologie smart, a partire da quelle per l'integrazione con altre reti energetiche.

Nel contesto dell'illuminazione pubblica il problema si arricchisce di un'ulteriore dimensione, quella economico-organizzativa, che nel caso del decisore pubblico è di per sé una significativa fonte di complessità.

I singoli comuni, infatti, si trovano a dover affrontare sia la laboriosità del processo decisionale, che legittimamente vede coinvolti una pluralità di organismi tecnici e politici, sia i vincoli di problemi di bilancio posti dal Patto di Stabilità che vincola (se non impedisce del tutto in diversi casi) la capacità di predisporre, valutare ed effettuare investimenti ancorché destinati a produrre significativi risparmi economici.

In estrema sintesi, difficoltà tecniche (i comuni minori raramente dispongono di adeguate competenze interne sullo specifico tema), vincoli di bilancio e complessità del processo decisionale obbligano a considerare ulteriori analisi/studi in aggiunta a quelli più prettamente di natura ingegneristica.

In questo ordine di idee si colloca lo studio di fattibilità tecnico-economica, sullo specifico contesto territoriale di Monza e Brianza (55 Comuni), realizzato nell'ambito della collaborazione CRIET-ENEA. Il fine è di delineare una procedura inter-organizzativa che partendo dalla riqualificazione energetica degli impianti d'illuminazione pubblica dei Comuni della Provincia conduca all'integrazione di tecnologie smart e alla realizzazione di smart street.

Il progetto è stato chiamato **illumina** proprio per sottolineare che si tratta di un progetto pilota nel senso che l'unità di riferimento non è il singolo comune, ma una provincia.

Più in dettaglio lo studio si è articolato in tre distinte aree di attività, sviluppate in parallelo:

- A. Raccolta e analisi dei dati sugli impianti per la realizzazione di uno studio di fattibilità.
- B. Procedura inter-organizzativa per l'implementazione di una smart street quale primo passo per la smart town.
- C. Creazione del network dei comuni della provincia.

A. Raccolta e analisi dei dati sugli impianti per la realizzazione di uno studio di fattibilità

La raccolta e analisi dei dati sugli impianti per la realizzazione di uno studio di fattibilità è stata finalizzata alla predisposizione di una relazione tecnica sui dati raccolti e sulle ipotesi di soluzioni tecnico-economiche con riferimento alla provincia di Monza e Brianza (**delivery 1 dell'allegato tecnico al protocollo di intesa CRIET-ENEA**). Tale relazione presentata nel capitolo 1 del presente documento, si è sostanziata in un modello di simulazione che permette una prima ma rigorosa valutazione di diverse ipotesi di soluzioni tecnologiche per interventi di Smart Town, stimandone i costi di investimento e gestione, i vantaggi dal punto di vista del risparmio energetico, l'asset economico-finanziario possibile e, infine, il risparmio di CO₂.

L'analisi è stata condotta partendo dalla rilevazione delle principali funzioni richieste dal territorio, raccogliendo i dati relativi agli impianti d'illuminazione pubblica dei singoli comuni aderenti al network (si

veda anche il successivo punto B.) per arrivare a valutare la estrapolazione sull'intero comune e/o sull'intera provincia in termini di costi e benefici.

B. Procedura inter-organizzativa per l'implementazione di una Smart Street quale primo passo per la Smart Town

La relazione tecnica sul progetto pilota, potenzialmente replicabile, di dimostrativo territoriale di una procedura inter-organizzativa standard per l'implementazione di una Smart Street quale primo passo verso la Smart Town (**delivery 2 dell'allegato tecnico al protocollo di intesa CRIET-ENEA**) è rappresentata dai capitoli 2 e 3 del presente documento. In particolare nel capitolo 2 sono state presentate le simulazioni del modello di analisi illustrato in precedenza e nel capitolo 3 la procedura inter-organizzativa che ha portato già 15 comuni di Monza e Brianza ad aderire a Lumière e che attualmente stanno procedendo con il progetto pilota.

C. Creazione del network

In parallelo alla definizione della precedente procedura inter-organizzativa, si è proceduto a realizzare un network con il coinvolgimento sia della Provincia di Monza e Brianza e dei suoi Comuni sia dei soggetti che a vario titolo si possono configurare quali fornitori e/o finanziatori degli specifici progetti di riqualificazione verso lo sviluppo di smart town.

Al fine di consolidare il network è stato:

- a) predisposto un sito ad hoc raggiungibile direttamente al link www.illumina.criet.unimib.it oppure dal sito del CRIET
- b) organizzato il convegno *Illumina: efficienza energetica nell'illuminazione pubblica. Da Lumière alla Smart City.*

Le suindicate attività sono meglio descritte nel capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** (**delivery 3 dell'allegato tecnico al protocollo di intesa CRIET-ENEA**)

* * *

Infine, nel capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si presentano alcune prime indicazioni sviluppate a livello di Regione Lombardia e a quello nazionale utilizzando il modello di simulazione predisposto per la provincia di Monza e Brianza, ma ovviamente adeguando i parametri alle diverse situazioni.

1 Lo studio di fattibilità: il modello di analisi

1.1 Il progetto ILLUMINA

Per ciò che riguarda la concreta implementazione di Lumière, è palese che competenze manageriali ad ampio raggio si affiancano a quelle tecnico-ingegneristiche soprattutto in una dimensione, quella economico-organizzativa, che nel caso del decisore pubblico è di per sé un significativa fonte di complessità.

I singoli comuni, infatti, si trovano a dover affrontare sia la laboriosità del processo decisionale, che legittimamente vede coinvolti una pluralità di organismi tecnici e politici, sia i vincoli di problemi di bilancio posti dal Patto di Stabilità che vincola (se non impedisce del tutto in diversi casi) la capacità di predisporre, valutare ed effettuare investimenti ancorché destinati a produrre significativi risparmi economici.

In estrema sintesi, difficoltà tecniche (i comuni minori raramente dispongono di adeguate competenze interne sullo specifico tema), vincoli di bilancio e complessità del processo decisionale obbligano a considerare ulteriori analisi e studi in aggiunta a quelli più prettamente di natura ingegneristica.

In questo ordine di idee si colloca il progetto ILLUMINA, realizzato nell'ambito della collaborazione CRIET-ENEA, con fine ultimo lo studio di fattibilità tecnico-economica, sullo specifico contesto territoriale di Monza e Brianza (55 Comuni).

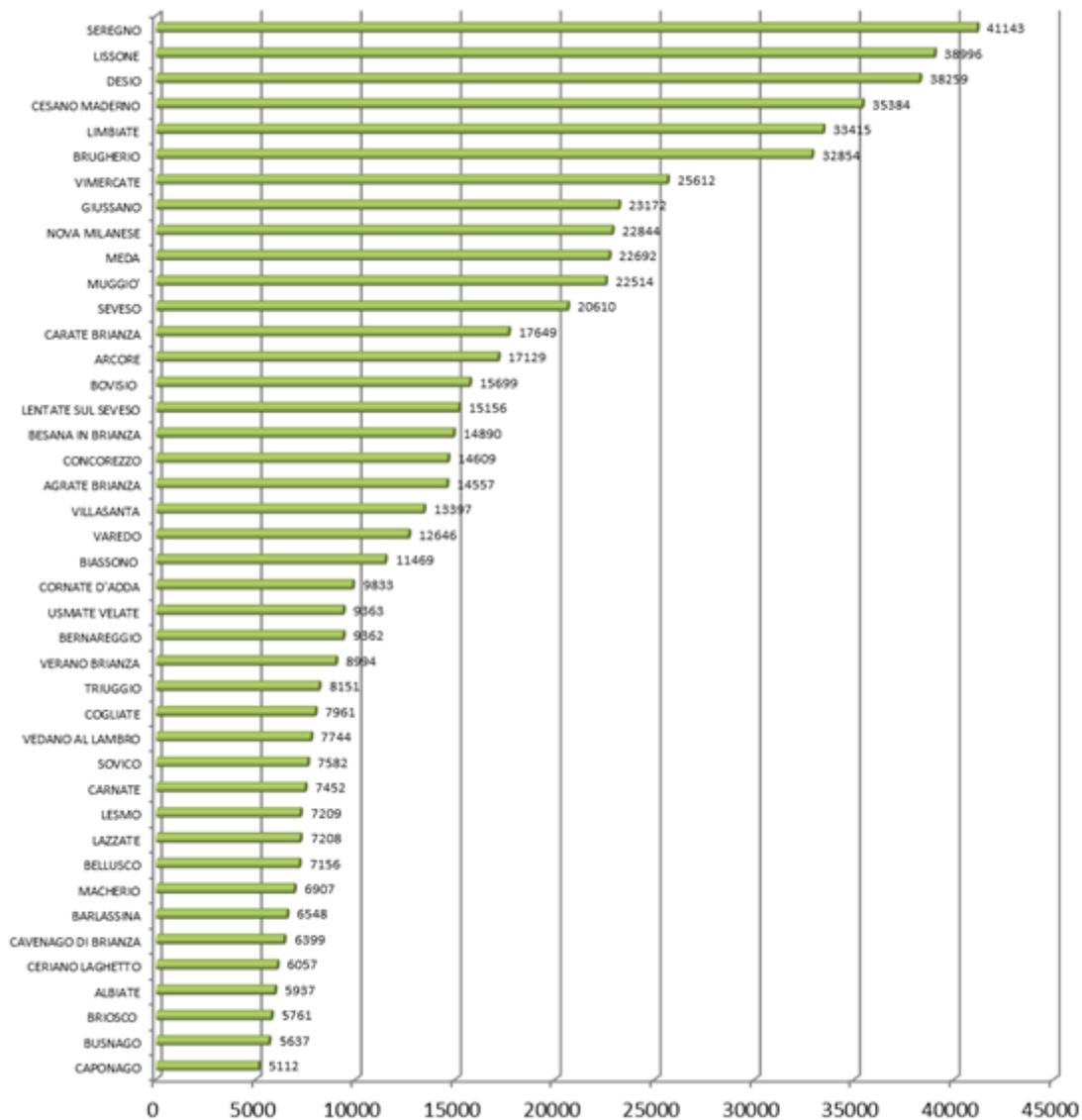
In particolare, ILLUMINA si propone di arrivare ad un'analisi economico-tecnica per la messa in efficienza dell'illuminazione pubblica e il risparmio energetico nel territorio della provincia di Monza e Brianza. Il progetto per la provincia di Monza e Brianza si configura come una fase pilota di una analisi/metodologia che potrà essere estesa all'intero territorio nazionale.

La scelta è ricaduta su questo contesto territoriale per tre ordini di motivi:

1. Il territorio di Monza Brianza si caratterizza per essere un contesto ad alta densità demografica e con un complesso tessuto imprenditoriale. Per questo motivo, esso risulta particolarmente significativo sul fronte dei consumi e dei bisogni di energia.
2. In questo territorio sono già state avviate una serie di attività di ricerca e di consulenza dedicate al tema della sostenibilità ambientale e del risparmio energetico. Si pensi, ad esempio, al nascente distretto *Green District*, al comparto high-tech e alle sue imprese dedicate alle energie rinnovabili, o ancora, al progetto per la costituzione di un Osservatorio sulla Green Economy e la competitività territoriale, promosso da CRIET in collaborazione con la Camera di Commercio e la Provincia di Monza Brianza.
3. La presenza stabile di CRIET su questo territorio, testimoniata dalla sua sede presso l'ospedale San Gerardo di Monza, unita alle attività già svolte in questo contesto, le ha permesso di sviluppare negli anni una vasta rete di relazioni collaborative con i principali policy makers, imprenditori, associazioni di categoria, banche ed enti locali. Vi erano quindi tutte le premesse per positivi risvolti in termini di partecipazione e collaborazione dei soggetti locali.

ILLUMINA prevede un'analisi su un campione di Comuni con bacini demografici compresi tra i 5.000 e i 50.000 abitanti.

Figura 1 – I Comuni della Provincia di Monza Brianza con più di 5.000 abitanti



Fonte: dati provinciali aggiornati al 2006

Concretamente, dunque, il progetto ILLUMINA si propone di definire un protocollo che standardizzi procedure e comportamenti tra i Comuni che intendano riqualificare il proprio apparato di illuminazione pubblica partendo dalle analisi e valutazioni necessarie per il territorio di Monza e Brianza.

1.2 Il modello di analisi

Il fulcro del progetto Illumina è rappresentato dal modello di analisi e finalizzato a comprendere la dimensione economica e finanziaria degli interventi di riqualificazione illuminotecnica

1.2.1 Gli obiettivi e i presupposti del modello

Il modello di seguito proposto è dunque stato creato al fine di creare un *tool* per simulare diverse soluzioni di efficientamento illuminotecnico e *smart-town* a livello sia di singolo comune, sia di aggregazioni di comuni della Provincia di Monza e Brianza.

L'obiettivo di fondo è dunque quello di fornire un quadro di valutazione economica generale riguardo all'adeguamento di un sistema di illuminazione pubblica comunale alle disposizioni tecnico-legislative, mirando perciò a costituire concreto supporto alle decisioni di investimento a riguardo da parte degli Enti locali, per i Comuni della suddetta area.

Tuttavia, poiché la realtà di Monza e Brianza è, come più volte specificato, una realtà pilota, è stato ritenuto opportuno creare uno strumento che permettesse l'estensione dell'analisi a livello territoriale più ampio, nazionale in ultima istanza. L'utilizzatore ipotizzato è dunque qualsiasi Comune, Provincia, Regione o ente istituzionale e *policy-maker* interessato. Infatti nel capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** del presente lavoro si presenterà una prima applicazione del modello a livello di Regione Lombardia e di intera Nazione.

Presupposti del lavoro sono stati i dati e le rilevazioni effettuate tramite schede ENEA sui 15 Comuni Lumière (si veda il paragrafo 3.2), interviste a tecnici e sindaci dei Comuni interessati a Lumière e metodologie di lavoro derivanti dalla casistica e dall'esperienza professionale degli autori.

Si sono quindi considerate le seguenti fasi per l'elaborazione del modello:

- ✓ comprensione dello stato dell'arte del sistema attuale, ovvero stimare i costi energetici e manutentivi necessari al funzionamento del sistema ora vigente;
- ✓ pianificazione dell'intervento di riqualificazione, tramite redazione del Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale, per ciascun Comune;
- ✓ acquisizione degli impianti di illuminazione, ove necessario, poiché la proprietà degli impianti da parte dei Enti Locali è indispensabile al fine di poter implementare pienamente gli interventi e le iniziative *smart street/smart city*;
- ✓ riqualificazione degli impianti, comprendente entrambe le operazioni di messa a norma elettrica e messa a norma elettrotecnica. La prima consiste nell'intervento strutturale, ovvero rifacimento delle linee elettriche di collegamento dei punti luce e sostituzione dei sostegni ammalorati e obsoleti, l'altra consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti e nell'installazione di dispositivi di regolazione del flusso luminoso che consentono utilizzo più efficiente e longevo dell'impianto;
- ✓ calcolo risparmi energetico-manutentivi derivanti dall'implementazione dell'intervento pianificato;
- ✓ comprensione dell'ammontare delle esternalità ambientali, in termini di CO₂ emessa e di inquinamento luminoso generato, emesse sia prima che dopo la riqualificazione.

Alla luce di questo schema logico, l'obiettivo concreto del modello di calcolo doveva essere quello di stimare, a seconda della realtà locale considerata:

- ✓ I costi di pianificazione dell'intervento e acquisizione degli impianti;
- ✓ I costi di riqualificazione e messa a norma degli stessi;
- ✓ I costi in termini di energia, manutenzione e quantità di CO₂ emessa dall'attuale configurazione degli impianti;
- ✓ I risparmi ottenibili tramite la riqualificazione in termini economici e di emissioni di anidride carbonica.

Si rendevano, inoltre, necessarie ai fini della valutazione dell'opportunità dell'intervento:

- ✓ la comparazione delle grandezze sopra esposte nelle tre diverse alternative di regolazione del flusso luminoso ritenute più efficaci dal punto di vista illuminotecnico, che consistono in installazione di regolatore centralizzato e telecomandato, installazione di regolatore 'punto-a-punto' e telecomandato e installazione di dispositivi di illuminazione adattiva combinata con regolazione 'punto-a-punto'.
- ✓ La predisposizione di una sezione riassuntiva come base per la valutazione della convenienza economica di quanto esposto tramite appositi indicatori economico-finanziari.

Tuttavia, l'intento voleva essere non quello di creare uno strumento troppo analitico o troppo vincolato alla realtà pilota, bensì, come già accennato, uno strumento che permettesse di estendere l'analisi a realtà territoriali diverse. A corollario di questa affermazione possiamo individuare tre peculiarità che contribuiscono a rendere il modello in oggetto particolarmente adatto allo scopo.

Innanzitutto è un modello che si basa su parametri, i cui valori sono, a larga maggioranza, inseriti dall'utente anche con lo scopo di simulare ipotesi alternative.

Quello che il modello permette, dunque, è di implementare un'analisi cosiddetta *what-if*, in cui in corrispondenza di valori di input diversi si ottiene una *range* di scenari differenti, permettendo all'utente di prendere decisioni su un ampio ventaglio di configurazioni d'investimento e risultati attesi.

Come secondo punto, diretta conseguenza del primo, vi è il fatto che il modello consente di suddividere l'analisi per classi di Comuni, in base alla popolazione degli stessi; tale suddivisione è assolutamente facoltativa e lascia all'utente libertà di scegliere gli estremi delle classi da considerare. Ciò permette dunque di elaborare scenari di calcolo di investimenti e risparmi sia per aggregazione di Comuni ma anche per singolo Comune, in una sorta di analisi individuale. Ciò conferisce all'analisi condotta dall'utente contemporaneamente analiticità, completezza e visione d'insieme.

Terzo e ultimo punto, il modello mira ad offrire un quadro completo ma approssimato delle grandezze-obiettivo sopra descritte. I passaggi di calcolo e i valori attribuibili ai parametri, infatti, come vedremo nel capitolo 3, si basano per forza di cose su stime e semplificazioni.

Tra queste, possiamo preliminarmente citare le seguenti:

- ✓ Nell'analisi non vengono considerate i Comuni con popolazione superiori ai 100.000 abitanti, in quanto realtà troppo peculiari e complesse, i cui risultati andrebbero considerati in maniera puntuale, più che aggregata;
- ✓ Non viene considerata la distinzione tra Comuni di montagna e di pianura.

Tuttavia, come si vedrà a breve, il risultato complessivo può considerarsi decisamente adeguato.

Al fine di una migliore comprensione del testo e delle formule di seguito esposte, si ritiene opportuno effettuare delle precisazioni:

- ✓ i parametri che nel modello di calcolo hanno valore dipendente dall'analista avranno, di seguito, la dicitura "parametro inserito dall'utente", ove non diversamente specificato;
- ✓ tali parametri, ove non diversamente specificato, potranno assumere valori diversi da classe a classe, lasciando quindi all'utente la più assoluta varietà di configurazione e di elaborazione di scenari;
- ✓ i nomi che identificano i parametri nelle formule sono univoci; ne consegue che se un parametro è ripetuto in due o più diverse formule, si intende che in tutte le suddette formule verranno utilizzati gli stessi valori del parametro, correlandoli con le rispettive classi.

1.2.2 Parametri iniziali e calcoli preliminari

I parametri iniziali richiesti all'utente all'avvio sono gli estremi delle classi di popolazione di suddivisione dei Comuni e il numero dei Comuni appartenenti a ciascuna classe.

Per quanto riguarda gli estremi delle classi di popolazione dei comuni, l'utente è tenuto a inserire i limiti di popolazione inferiori e superiori per ciascuna classe di Comuni e, di conseguenza, il numero delle classi di Comuni in cui intende suddividere la propria analisi. Ai fini della trattazione, è importante specificare che, se l'utente configura più classi di Comuni, i risultati delle varie operazioni che seguono saranno di volta in volta tanti quanti le rispettive classi. Nella configurazione qui proposta, al fine di un'analisi per macro-aree, una suddivisione significativa potrebbe essere la seguente, ovvero 4 classi con:

- ✓ Comuni con popolazione inferiore ai 5.000 ab;
- ✓ Comuni con popolazione compresa tra i 5.001 e i 15.000 ab.
- ✓ Comuni con popolazione compresa tra 15.001 e 50.000 ab.
- ✓ Comuni con popolazione compresa tra i 50.001 e 100.000 ab.

Come detto, non vengono presi in considerazione i Comuni con più di 100.000 ab.

Per ciò che riguarda invece il numero dei Comuni appartenenti a ciascuna classe, l'utente dovrà, appunto, specificare all'avvio il numero dei Comuni coinvolti nello scenario della riqualificazione in oggetto; a seconda del loro numero di abitanti reale, essi andranno suddivisi nelle rispettive classi di popolazione, andando così a comporre la base dello scenario. Di seguito, il numero dei Comuni in ciascuna classe sarà definito con il nome del rispettivo parametro nelle formule di calcolo, cioè **num_com**. È opportuno ricordare che non vi sono limiti né restrizioni a tale parametro, per cui sono possibili elaborazioni di scenari da un Comune soltanto fino a migliaia.

Volgiamo ora l'attenzione ai calcoli preliminari svolti dal modello, in fase di avvio dell'elaborazione. Automaticamente il sistema calcolerà la popolazione media per ciascuna classe di Comuni, che servirà come basi per calcoli futuri. Molto semplicemente, per ciascuna classe:

$$[1] \quad ab_med = (ab_sup - ab_inf) / 2$$

Dove:

- ✓ **ab_med** è la popolazione media della classe;
- ✓ **ab_sup** è il limite superiore di popolazione della classe, ed è, come detto, un parametro inserito dall'utente;
- ✓ **ab_inf** è il limite inferiore di popolazione della classe, anch'esso parametro inserito dall'utente.

Successivamente, viene determinato il numero medio di punti luce per Comuni, utilizzando la popolazione media per Comune calcolata in precedenza; il sistema calcolerà il numero di punti luce mediamente presenti in ogni Comune delle varie classi, in questo modo:

$$[2] \quad num_pl = ab_med * pl_ab$$

dove:

- ✓ **Num_pl** è il numero medio di punti luce presenti per Comune;

- ✓ **ab_med** è la popolazione media per classe calcolata nella [1];
- ✓ **pl_ab** è un parametro inserito dall'utente rappresentante una stima, per ciascuna classe, del numero di punti luce per singolo abitante.

Tale valore sarà fondamentale per i calcoli nelle altre sezioni.

1.3 Pianificazione degli interventi e acquisizione degli impianti

Nella prima sezione, il modello di calcolo computa il costo dell'investimento necessario alla pianificazione del processo di riqualificazione degli impianti di illuminazione e l'importo dell'acquisizione degli stessi, per quegli impianti di cui i Comuni non sono proprietari.

Il processo di pianificazione e acquisizione degli impianti riassume i seguenti costi, che i Comuni sostengono durante la procedura di pianificazione e di esproprio dei punti luce, descritta nel capitolo 0:

- ✓ Redazione del PRIC (Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale);
- ✓ Costo della perizia di esproprio dei punti luce non di proprietà dei Comuni;
- ✓ Eventuale azione legale contro ENEL, a causa di rimostranze per l'esproprio dei punti luce;
- ✓ Costo di riscatto degli impianti, ovvero l'importo da pagare a ENEL per il riscatto dei punti luce.

Preliminarmente, si ritiene però opportuno esplicitare il modo in cui il sistema determini due grandezze necessarie al calcolo dei costi nelle diverse fasi: esse sono il numero di Comuni non proprietari degli impianti e il numero di punti luce per Comune non di proprietà.

1.3.1 Numero di Comuni non proprietari degli impianti e il numero di punti luce per Comune non di proprietà

Il numero dei Comuni non proprietari degli impianti è un valore che rappresenta, all'interno di ogni classe, quanti sono i Comuni che non sono titolari al 100% degli impianti di illuminazione posti sul loro territorio; è un parametro fondamentale per i successivi calcoli dei totali di classe per quanto riguarda il costo perizia di esproprio, il costo dell'azione legale contro ENEL e il costo di riscatto degli impianti.

La formula è la seguente:

$$[3] \quad \text{num_com_non.prop} = \text{num_com} * \%_com_non.prop$$

dove:

- ✓ **num_com_non.prop** è il numero di Comuni che non possiedono il 100% degli impianti di illuminazione sul proprio territorio, per classe;
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nella sezione 1.2.2;
- ✓ **%_com_non.prop** è la percentuale di Comuni che non possiedono la proprietà degli impianti sul numero di Comuni per ogni classe; è un parametro inserito dall'utente.

Per quel che riguarda invece il numero di punti luce non di proprietà per Comune, esso rappresenta una stima media per Comune del numero di impianti illuminanti non di proprietà presenti sul rispettivo territorio; è un parametro fondamentale per quantificare i costi per Comune di redazione della perizia di esproprio e di calcolo del prezzo di riscatto.

La formula è la seguente:

$$[4] \quad \text{num_pl_non.prop} = \text{num_pl} * \%_pl_non.prop$$

dove:

- ✓ **num_pl_non.prop** è il numero di punti luce non comunali presenti sul territorio;
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella sezione 1.2.2;
- ✓ **%_pl_non.prop** è la percentuale di punti luce non di proprietà comunale; questo parametro rappresenta dunque la frazione di punti luce comunali non di proprietà sul totale. È un parametro inserito dall'utente.

1.3.2 Costo del PRIC

Poiché il costo del PRIC è influenzato dal numero di punti luce per abitante, il costo del PRIC per Comune si ottiene moltiplicando il costo della pianificazione di un singolo punto luce (unitario, inserito dall'utente) per il numero dei punti luce calcolati in precedenza:

$$[5] \quad \text{c_PRIC_com} = \text{c_PRIC_pl} * \text{num_pl}$$

Dove:

- ✓ **C_PRIC_com** è il costo del PRIC per Comune;
- ✓ **c_PRIC_pl** è il costo del PRIC a punto luce, e consiste in una stima del costo di redazione del PRIC a livello di singolo punto luce; è un parametro inserito dall'utente.
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2].

A questo punto, il sistema perverrà alla determinazione del costo della redazione del PRIC totale per ciascuna classe di Comuni.

La formula è la seguente:

$$[6] \quad \text{c_PRIC_cls} = \text{c_PRIC_com} * \text{num_com}$$

dove:

- ✓ **c_PRIC_cls** è il costo totale della pianificazione PRIC per ogni classe;
- ✓ **c_PRIC_com** è il costo della redazione del PRIC per ogni singolo Comune, determinato nella [5];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nella sezione 1.2.2.

1.3.3 Costo relativo alla perizia di esproprio

Per quanto riguarda il costo della perizia di esproprio, il relativo costo per Comune è calcolato nel seguente modo:

$$[7] \quad \text{c_perizia_com} = \text{c_perizia_pl} * \text{num_pl_non.prop}$$

Dove

- ✓ **c_perizia_com** è il costo per Comune della perizia di esproprio;
- ✓ **c_perizia_pl** è costo della perizia per punto luce è un parametro inserito dall'utente che rappresenta una stima del costo unitario della perizia di esproprio per singolo punto luce;
- ✓ **num_pl_non.prop** è numero dei punti luce del Comune non di proprietà, è un parametro calcolato nella [4].

Una volta calcolato il costo della perizia di esproprio per singolo Comune, il sistema lo moltiplicherà per il numero dei Comuni di ciascuna classe che non possiedono la proprietà degli impianti ottenendo così l'importo totale del costo della perizia per ciascuna classe:

$$[8] \quad c_perizia_cls = c_perizia_com * num_com_non.prop$$

dove:

- ✓ **c_perizia_cls** è il costo della perizia di esproprio per classe di Comuni ;
- ✓ **c_perizia_com** è il costo della perizia per singolo Comune calcolato con la [7];
- ✓ **num_com_non.prop** il numero di Comuni non proprietari di impianti, determinato in precedenza nella formula [3].

1.3.4 Costo dell'azione legale

Il costo totale dell'azione legale Comuni contro ENEL, per ciascuna classe di Comuni, è così ottenuto:

$$[9] \quad c_az.legale_cls = c_az.legale_com * num_com_non.prop$$

Dove:

- ✓ **c_az.legale_cls** è il costo dell'azione legale contro ENEL per ciascuna classe di Comuni;
- ✓ **num_com_non.prop** è il numero dei Comuni non proprietari degli impianti è il dato già ottenuto in precedenza nella [3];
- ✓ **c_az.legale_com** è il costo dell'azione legale per singolo Comune è un parametro inserito dall'utente e che rappresenta una stima di tutte le spese che, mediamente, i Comuni all'interno una classe sosterebbero individualmente.

1.3.5 Costo di riscatto degli impianti

Analogamente al procedimento visto in precedenza riguardante il costo della perizia di esproprio, per calcolare il costo di riscatto degli impianti il sistema procede dapprima quantificando il costo medio di riscatto per singolo Comune nelle varie classi, e poi moltiplicando il valore così ottenuto per il numero di Comuni non proprietari degli impianti delle rispettive classi arrivando così al costo totale per ogni classe.

Quindi, il primo passo è:

$$[10] \quad c_riscatto_com = c_riscatto_pl * num_pl_non,prop$$

Dove:

- ✓ **c_riscatto_com** è il costo del riscatto per singolo Comune;
- ✓ **c_riscatto_pl** è il costo del riscatto a punto luce è un parametro inserito dall'utente, diverso a seconda della classe di Comuni a cui si riferisce, che rappresenta una stima del costo per singolo punto luce;
- ✓ **num_pl_non.prop** è il n° dei punti luce per Comune non di proprietà è lo stesso dato già trovato nella [4].

Il totale per classe di Comuni è da qui derivato:

$$[11] \quad c_riscatto_cls = c_riscatto_com * num_com_non.prop$$

Dove:

- ✓ **c_riscatto_cls** è il costo del riscatto degli impianti totale per ciascuna classe di Comuni
- ✓ **c_riscatto_com** è il costo del riscatto degli impianti per singolo Comune, appena calcolato;
- ✓ **num_com_non.prop** è il numero dei Comuni non proprietari degli impianti è, ancora una volta, il dato computato nella [3].

1.3.6 Costo del bando gara

In questa sezione il sistema computa il costo sostenuto dai Comuni per la redazione del bando di gara necessario a implementare le iniziative di riqualificazione degli impianti. Il procedimento è il seguente; dapprima viene computato il costo del bando gara per Comune:

$$[12] \quad c_b.g_com = c_b.g_pl * num_pl$$

dove:

- ✓ **c_b.g_com** è il costo del bando di gara per singolo Comune;
- ✓ **c_b.g_pl** è il costo del bando di gara per punto luce: è un parametro inserito dall'utente e rappresenta una stima a livello di unità di punto luce del costo del bando; è un valore che può essere diverso da classe a classe.
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2].

Successivamente, il sistema calcola il costo totale per classe:

$$[13] \quad c_b.g_cls = c_b.g_com * num_com$$

dove:

- ✓ **c_b.g_cls** è il costo totale per classe della redazione del bando di gara;
- ✓ **c_b.g_com** è il costo per singolo Comune della redazione del bando di gara, calcolato appena sopra;
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nella sezione 1.2.2.

1.3.7 Totale costi di PRIC e riscatto impianto

A questo punto il sistema per ogni classe di Comuni calcola il totale dei costi della procedura di acquisizione degli impianti, sommando orizzontalmente i totali di classe trovati in precedenza: al costo del PRIC e del bando di gara calcolati per tutti i Comuni vengono aggiunti i totali di costo della perizia, costo dell'azione legale e costo di riscatto calcolati per i Comuni che non hanno proprietà degli impianti.

Si perviene perciò ai totali di classe nel seguente modo:

$$[14] \quad c_{\text{pian.acq_cls}} =$$

$$c_{\text{PRIC_cls}} + c_{\text{b.g_cls}} + c_{\text{perizia_cls}} + c_{\text{az.legale_cls}} + c_{\text{riscatto_cls}}$$

dove:

- ✓ $c_{\text{pian.acq_cls}}$ è il costo totale per classe del processo di pianificazione dell'intervento e di acquisizione degli impianti non di proprietà;
- ✓ $c_{\text{PRIC_cls}}$ è il costo totale per classe della redazione del PRIC, determinato nella [6];
- ✓ $c_{\text{b.g_cls}}$ è il costo totale per classe della redazione del bando gara per gli interventi di riqualificazione, determinato nella [13];
- ✓ $c_{\text{perizia_cls}}$ è il costo totale per classe dell'elaborazione della perizia di esproprio, determinato nella [8];
- ✓ $c_{\text{az.legale_cls}}$ è il costo totale per classe dell'azione legale contro ENEL, calcolato nella [9];
- ✓ $c_{\text{riscatto_cls}}$ è il costo totale per classe del procedimento di riscatto, determinato nella [11].

1.4 Riqualificazione degli impianti

Il secondo momento del processo di efficientamento degli impianti di illuminazione pubblica comunale consiste nella loro 'messa a norma', dal duplice punto di vista elettrico e illumino-tecnico.

Nel modello di calcolo si ipotizza che, dal punto di vista elettrico, la riqualificazione si articola nelle tre seguenti categorie di costi:

- ✓ Costi per la sostituzione dei sostegni ammalorati o obsoleti, compresi eventuali sbracci, o sostituzione dei soli sbracci testa-palo o a parete, il tutto comprensivo di rifacimento collegamenti elettrici e manodopera;
- ✓ Costi per il rifacimento delle linee elettriche, siano esse interrate o aeree, comprensivo anche qui di manodopera;
- ✓ Costi degli scavi necessari per l'opera, asfaltatura e risistemazione del manto stradale e urbano.

Dal punto di vista illumino-tecnico, invece, la riqualificazione consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti, ovvero, banalmente, delle lampade cui si aggiunge, alternativamente, l'installazione dei seguenti dispositivi volti al più efficiente utilizzo del flusso luminoso:

- ✓ Installazione di regolatore del flusso luminoso centralizzato e telecontrollato;
- ✓ Installazione di regolatore del flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato;
- ✓ Installazione di dispositivi di illuminazione adattiva, che presuppone l'installazione combinata di un sistema regolatore 'punto-a-punto'.

Vediamo dunque più nel dettaglio i vari elementi.

1.4.1 Costi di riqualificazione elettrica

Per ogni classe di Comuni il modello, come accennato sopra, calcola il costo totale per la sostituzione di sbracci e sostegni, il costo totale di rifacimento linee elettriche compreso il costo relativo costo degli scavi e del riassetamento del manto stradale.

Calcoli preliminari: le percentuali di sostituzione

Si ritiene opportuno, in questa sezione, esplicitare la maniera in cui vengono computati 4 parametri di fondamentale importanza per il proseguo dei calcoli riguardante la riqualificazione elettrica degli impianti luminosi. Tale approfondimento riguarda la percentuale di sostituzione di sostegni da sostituire, la percentuale di sbracci da sostituire, la percentuale di linee elettriche da sostituire e la percentuale di scavi e asfaltature da realizzare.

La ratio di ciò sta nel fatto che, secondo la casistica, nei Comuni che non hanno proprietà degli impianti di illuminazione (della quale è titolare nella maggior parte dei casi ENEL-Sole), sono presenti strutture (tra cui sostegni, sbracci e linee elettriche) significativamente più logori e obsoleti rispetto a quei Comuni che invece sono proprietari di impianti. Poiché, come più volte specificato, il modello ha come obiettivo la determinazione di risultati medi per classe, il sistema è perciò tarato in maniera tale da parametrizzare le percentuali sopra citate inserite inizialmente dall'utente in funzione del parametro, anch'esso inserito dall'utente, "percentuale di punti luce per Comune non di proprietà".

La percentuale di sostegni da sostituire è così determinata:

$$[15] \quad \%_{\text{sost_sostegni_p}} = 3\% + (\%_{\text{sost_sostegni}} - 3\%) * \%_{\text{pl_non.prop}}$$

Dove:

- ✓ $\%_{\text{sost_sostegni_p}}$ è la percentuale di sostegni parametrizzata;
- ✓ $\%_{\text{sost_sostegni}}$ è la percentuale di sostituzione di sostegni, inserita dall'utente, per ogni classe;
- ✓ $\%_{\text{pl_non.prop}}$ è la percentuale di punti luce non di proprietà comunale; questo parametro rappresenta dunque la frazione di punti luce comunali non di proprietà sul totale. È un parametro inserito.

La percentuale di sbracci da sostituire è, analogamente:

$$[16] \quad \%_{\text{sost_sbracci_p}} = 3\% + (\%_{\text{sost_sbracci}} - 3\%) * \%_{\text{pl_non.prop}}$$

Dove:

- ✓ $\%_{\text{sost_sbracci_p}}$ è la percentuale di sbracci parametrizzata;
- ✓ $\%_{\text{sost_sbracci}}$ è la percentuale di sostituzione di sbracci, inserita dall'utente, per ogni classe;
- ✓ $\%_{\text{pl_non.prop}}$ è la percentuale di punti luce non di proprietà comunale; questo parametro rappresenta dunque la frazione di punti luce comunali non di proprietà sul totale. È un parametro inserito dall'utente e ovviamente può essere diverso da classe a classe.

La percentuale di linee elettriche da sostituire è così determinata:

$$[17] \quad \%_{\text{sost_lin.el_p}} = 3\% + (\%_{\text{sost_lin.el}} - 3\%) * \%_{\text{pl_non.prop}}$$

Dove:

- ✓ $\%_{\text{sost_lin.el_p}}$ è la percentuale di sostegni parametrizzata;
- ✓ $\%_{\text{sost_lin.el}}$ è la percentuale di sostituzione di sostegni, inserita dall'utente, per ogni classe;
- ✓ $\%_{\text{pl_non.prop}}$ è la percentuale di punti luce non di proprietà comunale; questo parametro rappresenta dunque la frazione di punti luce comunali non di proprietà sul totale. È un parametro inserito dall'utente e ovviamente può essere diverso da classe a classe.

La percentuale di scavi da realizzare, è, infine, la seguente:

$$[18] \quad \%_{\text{real_scavi_p}} = 3\% + (\%_{\text{real_scavi}} - 3\%) * \%_{\text{pl_non.prop}}$$

Dove:

- ✓ $\%_{\text{real_scavi_p}}$ è la percentuale di sostegni parametrizzata;
- ✓ $\%_{\text{real_scavi}}$ è la percentuale di sostituzione di sostegni, inserita dall'utente, per ogni classe;
- ✓ $\%_{\text{pl_non.prop}}$ è la percentuale di punti luce non di proprietà comunale; questo parametro rappresenta dunque la frazione di punti luce comunali non di proprietà sul totale. È un parametro inserito dall'utente e ovviamente può essere diverso da classe a classe.

Sostituzione di sostegni e sbracci

Per quanto riguarda sbracci e sostegni, il modello determina inizialmente, classe per classe, il costo unitario per Comune della loro sostituzione, in questo modo:

$$[19] \quad c_{\text{sost_sostegni_com}} = \text{num_pl} * \%_{\text{sost_sostegni_p}} * c_{\text{sost_sostegni}}$$

Dove:

- ✓ $c_{\text{sost_sostegni_com}}$ è il costo per singolo Comune della sostituzione dei sostegni;
- ✓ num_pl è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2]
- ✓ $\%_{\text{sost_sostegni_p}}$ è la percentuale di sostegni da sostituire, determinata nella [15];
- ✓ $c_{\text{sost_sostegni}}$ è il costo unitario di sostituzione di un sostegno: è anch'esso un parametro inserito dall'utente.

Discorso analogo vale per il costo totale di sostituzione degli sbracci, il cui calcolo, classe per classe, è così impostato:

$$[20] \quad c_{\text{sost_sbracci_com}} = \text{num_pl} * \%_{\text{sost_sbracci_p}} * c_{\text{sost_sbracci}}$$

Dove:

- ✓ $c_{\text{sost_sbracci_com}}$ è il costo per singolo Comune della sostituzione degli sbracci;
- ✓ num_pl è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2]

- ✓ **%_sost_sbracci_p** è la percentuale di sbracci da sostituire, determinata nella [16];
- ✓ **c_sost_sbracci** è il costo unitario di sostituzione di uno sbraccio: è anch'esso un parametro inserito dall'utente.

Il costo medio per Comune della sostituzione di sbracci e sostegni è ottenuto sommando le grandezze sopra determinate:

$$[21] \quad \mathbf{c_sbr.sos_com = c_sost_sbracci_com + c_sost_sostegni_com}$$

Dove:

- ✓ **c_sbr.sos_com** è il costo per Comune della sostituzione di sbracci e sostegni;
- ✓ **c_sost_sbracci_com** è il costo per Comune per la sostituzione dei soli sbracci, determinato nella [20];
- ✓ **c_sost_sostegni_com** è il costo per Comune per la sostituzione dei soli sostegni, determinato nella [19].

Infine, il sistema perviene ai totali di classe moltiplicando i costi medi per Comune appena trovati per il numero dei Comuni di ciascuna classe:

$$[22] \quad \mathbf{c_sbr.sos_cls = c_sbr.sos_com * num_com}$$

Dove:

- ✓ **c_sbr.sos_cls** è il costo della sostituzione di sbracci e sostegni per classe;
- ✓ **c_sbr.sos_com** è il costo della sostituzione di sbracci e sostegni per Comune, determinate nella [21];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

Rifacimento linee elettriche

Seguendo la stessa impostazione procedurale del punto precedente, il costo di rifacimento delle linee elettriche viene dapprima computato come costo medio per Comune, per ciascuna classe, e successivamente vengono calcolati i totali di classe.

Quindi:

$$[23] \quad \mathbf{c_lin.el_com = num_pl * \%_sost_lin.el_p * c_sost_lin.el}$$

Dove:

- ✓ **c_lin.el_com** è il costo per singolo Comune della sostituzione delle relative linee elettriche;
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2];
- ✓ **%_sost_lin.el_p** è la percentuale di linee elettriche da sostituire, determinata nella [17] : rappresenta la frazione di linee elettriche da sostituire sul totale;

- ✓ **c_sost_lin.el** è il costo unitario di rifacimento di una linea elettrica: è anch'esso un parametro inserito dall'utente.

Il sistema perviene dunque ora al totale di classe:

$$[24] \quad c_{lin.el.cls} = c_{lin.el.com} * num_{com}$$

Dove:

- ✓ **c_lin.el.cls** è il costo totale per ogni classe del rifacimento delle linee elettriche;
- ✓ **c_lin.el.com** è il costo del rifacimento delle linee elettriche per Comune, determinato nella [23];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

Scavi per cavidotti e asfaltatura

Analogamente a sopra in termini di impostazione concettuale del problema, viene ricavato inizialmente il costo per scavi e asfaltatura medio per Comune, per ciascuna classe:

$$[25] \quad c_{real.scavi.com} = num_{pl} * \%_{real.scavi.p} * c_{real.scavi}$$

Dove:

- ✓ **c_real.scavi.com** è il costo per singolo Comune per la realizzazione di scavi e asfaltature necessarie;
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2];
- ✓ **%_real.scavi.p** è la percentuale di scavi e asfaltature da realizzare sul totale dei punti luce comunali, determinata nella [18];
- ✓ **c_real.scavi** è il costo unitario di rifacimento di realizzazione di un singolo scavo e relativa asfaltatura: è anch'esso un parametro inserito dall'utente.

Il totale di classe è di conseguenza determinato:

$$[26] \quad c_{real.scavi.cls} = c_{real.scavi.com} * num_{com}$$

Dove:

- ✓ **c_real.scavi.cls** è il costo totale per ogni classe della realizzazione di scavi e asfaltature;
- ✓ **c_real.scavi.com** è il costo della realizzazione di scavi e asfaltature medio per Comune, determinato nella [25];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

1.4.2 Costi di riqualificazione illuminotecnica

Come introdotto in precedenza, la riqualificazione illumino-technica degli impianti di illuminazione si articola nella sostituzione dei corpi illuminanti e nella regolazione del flusso luminoso. Il modello mira dunque al calcolo del costo totale per classe di Comuni della sostituzione dei corpi illuminanti, sia illuminanti stradali che illuminanti arredo, e di entrambe le ipotesi, alternative, della regolazione del flusso luminoso, ovvero

regolazione centralizzata e regolazione 'punto-a-punto'. Viene inoltre computata una terza ipotesi, rappresentante la stima dei costi di installazione di dispositivi di illuminazione adattiva combinata con regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecomandato.

Sostituzione dei corpi illuminanti

I corpi illuminanti installati in territorio comunale si dividono in due categorie, illuminanti stradali e illuminanti per arredo urbano; il modello perciò procede determinando, per ogni classe di Comuni, il costo medio per Comune della sostituzione di ciascuno dei due tipi, arrivando poi alla loro aggregazione e al calcolo del totale per classe.

Il costo per comune per la sostituzione dei soli illuminanti stradali è così determinato:

$$[27] \quad c_sost_ill.strd_com = num_pl * \%_sost_ill.strd * c_sost_ill.strd$$

Dove:

- ✓ **c_sost_ill.strd_com** è il costo per singolo Comune della sostituzione dei corpi illuminanti stradali;
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2];
- ✓ **%_sost_ill.strd** è la percentuale di corpi illuminanti stradali da sostituire e consiste in una frazione del numero dei punti luce per Comune. È un parametro inserito dall'utente.
- ✓ **c_sost_ill.strd** è il costo unitario sostituzione di corpi illuminanti stradali: è anch'esso un parametro inserito dall'utente.

Il costo per comune per la sostituzione dei corpi illuminanti arredo è computato secondo il medesimo principio:

$$[28] \quad c_sost_ill.arr_com = num_pl * \%_sost_ill.arr * c_sost_ill.arr$$

Dove:

- ✓ **c_sost_ill.arr_com** è il costo per singolo Comune della sostituzione dei corpi illuminanti arredo;
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2];
- ✓ **%_sost_ill.arr** è la percentuale di corpi illuminanti arredo da sostituire e consiste in una quota dei corpi illuminanti arredo da sostituire sul totale dei punti luce per Comune. È un parametro inserito dall'utente.
- ✓ **c_sost_ill.arr** è il costo unitario sostituzione di corpi illuminanti arredo: è anch'esso un parametro inserito dall'utente.

Al costo totale medio di sostituzione dei corpi illuminanti per singolo Comune si perviene nel seguente modo; per ogni classe si ha quindi:

$$[29] \quad c_sost_ill_com = c_sost_ill.strd_com + c_sost_ill.arr_com$$

Dove:

- ✓ **c_sost_ill_com** è il costo per singolo Comune della sostituzione dei corpi illuminanti sia illuminanti che arredo;
- ✓ **c_sost_ill.strd_com** è il costo per singolo Comune della sostituzione dei corpi illuminanti stradali, determinato nella [27];
- ✓ **c_sost_ill.arr_com** è il costo per singolo Comune della sostituzione dei corpi illuminanti arredo, determinato nella [28];

Il totale per classe quindi sarà:

$$[30] \quad c_sost_ill_cls = c_sost_ill_com * num_com$$

Dove:

- ✓ **c_sost_ill_cls** è il costo totale per classe della sostituzione dei corpi illuminanti sia illuminanti che arredo;
- ✓ **c_sost_ill_com** è il costo per singolo Comune della sostituzione dei corpi illuminanti sia illuminanti che arredo, trovato poc'anzi nella formula [29];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

Regolazione del flusso luminoso e illuminazione adattiva

Come accennato in precedenza, la regolazione del flusso luminoso dei corpi illuminanti può avvenire secondo tre modalità:

- ✓ Regolazione centralizzata e telecontrollata;
- ✓ Regolazione 'punto per punto' e telecontrollata;
- ✓ Regolazione 'punto-a-punto' e telecontrollata unita a illuminazione adattiva, per una percentuale dell'impianto;

Il modello permette di ottenere una stima dei costi medi per singolo Comune e per la totalità dei Comuni di ciascuna classe in tutte le ipotesi di regolazione, di modo da offrire all'utente un utile strumento di comparazione delle alternative e, di conseguenza, supporto decisionale.

Lo schema di calcolo del costo della regolazione del flusso luminoso, tuttavia, è di fatto il medesimo per tutte le prime due opzioni, ciò che determina diversi risultati di costo sono solo due tipi di parametri inseriti dall'utente. La differenza riguardante il merito delle due configurazioni verrà dunque esposta nel capitolo 3, con l'ausilio di prove di simulazioni del modello.

Procedimento più particolare è invece richiesto per l'ipotesi concernente l'illuminazione adattiva, in quanto si tratta, in concreto, di dispositivi aggiuntivi a una configurazione-base che presuppone un sistema di regolazione 'punto-a-punto', per questo motivo, dunque, i calcoli risulteranno più complessi delle precedenti ipotesi.

Regolazione flusso luminoso centralizzata e telecontrollata

Il costo medio della regolazione centralizzata del flusso luminoso per Comune è, per ogni classe, così determinato:

$$[31] \quad c_reg.centri_com = num_pl * \%_pl_reg.centri * c_reg.centri_pl$$

Dove:

- ✓ **c_reg.centri_com** è il costo per singolo Comune regolazione del flusso luminoso tramite regolatore centralizzato e telecontrollato;
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2];
- ✓ **%_pl_reg.centri** è la percentuale punti luce da regolare per l'applicazione del regolatore di flusso luminoso centralizzato, e rappresenta la porzione di punti luce sul totale su cui installare il dispositivo di regolazione del flusso luminoso; è un parametro inserito dall'utente.
- ✓ **c_reg.centri_pl** è il costo della regolazione centralizzata a punto luce, e rappresenta appunto una stima unitaria del costo sostenuto per rendere ogni singolo punto luce idoneo alla regolazione in questione. È un parametro inserito dall'utente.

Utilizzando la grandezza appena ricavata è calcolato anche il costo totale per ogni classe di Comuni:

$$[32] \quad c_reg.centri_cls = c_reg.centri_com * num_com$$

Dove:

- ✓ **c_reg.centri_cls** è il costo totale per ogni classe dell'installazione di apparecchi di regolazione del flusso luminoso centralizzata e telecontrollata;
- ✓ **c_reg.centri_com** è il costo per singolo Comune regolazione del flusso luminoso tramite regolatore centralizzato e telecontrollato, appena determinato nella [31];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

Regolazione flusso luminoso punto a punto e telecontrollata

Come detto in precedenza, il processo di calcolo è del tutto uguale rispetto all'altra opzione. Il sistema determina dapprima il costo medio della regolazione punto a punto del flusso luminoso per Comune, per ogni classe:

$$[33] \quad c_reg.pp_com = num_pl * \%_pl_reg.pp * c_reg.pp_pl$$

Dove:

- ✓ **c_reg.pp_com** è il costo per singolo Comune regolazione del flusso luminoso tramite regolatore "punto a punto" e telecontrollato;
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2];
- ✓ **%_pl_reg.pp** è la percentuale punti luce da regolare per l'applicazione del regolatore di flusso luminoso punto a punto e rappresenta la porzione di punti luce sul totale su cui installare il dispositivo di regolazione del flusso luminoso: è un parametro inserito dall'utente.
- ✓ **c_reg.pp_pl** è il costo della regolazione punto a punto per singolo punto luce, e rappresenta appunto una stima unitaria del costo sostenuto per rendere ogni punto luce idoneo alla regolazione in esame. È un parametro inserito dall'utente.

Esattamente come sopra, utilizzando il risultato appena ricavato e il parametro generale "n° Comuni", è calcolato anche il costo totale per ogni classe di Comuni:

$$[34] \quad c_{\text{reg.pp.cls}} = c_{\text{reg.pp.com}} * \text{num_com}$$

Dove:

- ✓ **c_{reg.pp.cls}** è il costo totale per ogni classe della regolazione del flusso luminoso punto a punto e telecontrollata;
- ✓ **c_{reg.pp.com}** è il costo per singolo Comune regolazione del flusso luminoso tramite regolatore punto a punto e telecontrollato, appena determinato nella [33];
- ✓ **num_{com}** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei “parametri generali” (sezione 1.2.2).

Regolazione del flusso luminoso ‘punto-a-punto’ e telecontrollata combinata con Illuminazione adattiva

Come detto in precedenza, il processo di calcolo per i costi d’investimento relativi all’illuminazione adattiva è diverso rispetto ai due metodi precedenti, pur conservando la stessa divisione per fasi distinte, a livello prima di singolo Comune, per ogni classe, e poi per totale di classe.

Ai fini della maggior comprensione del processo di calcolo, è utile premettere la formula di rilevazione della percentuale di punti luce da regolare per il sistema ‘punto-a-punto’ in caso di installazione di dispositivi di illuminazione adattiva; in particolare, tale percentuale sarà inferiore rispetto a quella utilizzata nella [33], è cioè:

$$[35] \quad \%_{\text{pl.reg.pp.adatt}} = \%_{\text{pl.reg.pp}} - \%_{\text{pl.reg.adatt}}$$

Dove:

- ✓ **%_{pl.reg.pp.adatt}** è la percentuale di punti luce da regolare per la regolazione del flusso luminoso ‘punto-a-punto’ in caso di installazione di illuminazione adattiva;
- ✓ **%_{pl.reg.pp}** è la percentuale punti luce da regolare per l’applicazione del regolatore di flusso luminoso punto a punto: è un parametro inserito dall’utente, lo stesso utilizzato nella [33];
- ✓ **%_{pl.ill.adatt}** è la percentuale punti luce da regolare per l’applicazione dei dispositivi di illuminazione adattiva, ovvero la porzione di punti luce sul totale su cui installare tali dispositivi: è un parametro inserito dall’utente.

Il costo dell’applicazione dell’illuminazione adattiva, unita alla regolazione ‘punto-a-punto’ come configurazione base necessaria, a livello di singolo Comune, è il seguente; per ogni classe:

$$[36] \quad c_{\text{ill.adatt.com}} = (\text{num_pl} * \%_{\text{pl.ill.adatt}} * c_{\text{ill.adatt.pl}}) + (\text{num_pl} * \%_{\text{pl.reg.pp.adatt}} * c_{\text{reg.pp.pl}})$$

Dove:

- ✓ **c_{ill.adatt.com}** è il costo per singolo Comune regolazione del flusso luminoso tramite regolatore “punto a punto” e telecontrollato;
- ✓ **num_{pl}** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2];

- ✓ **%_pl_ill.adatt** è la percentuale punti luce da regolare per l'applicazione dei dispositivi di illuminazione adattiva, ovvero la porzione di punti luce sul totale su cui installare tali dispositivi: è un parametro inserito dall'utente.
- ✓ **c_ill.adatt_pl** è il costo dell'installazione di dispositivi per illuminazione adattiva per singolo punto luce, e rappresenta appunto una stima unitaria del costo sostenuto per rendere ogni punto luce idoneo alla regolazione in esame. È un parametro inserito dall'utente.
- ✓ **%_pl_reg.pp.adatt** è la percentuale di punti luce da regolare per la regolazione del flusso luminoso 'punto-a-punto' in caso di installazione di illuminazione adattiva, appena determinato nella [35];
- ✓ **c_reg.pp_pl** è il costo della regolazione punto a punto per singolo punto luce, e rappresenta appunto una stima unitaria del costo sostenuto per rendere ogni punto luce idoneo alla regolazione in esame. È un parametro inserito dall'utente.

Esattamente come sopra, utilizzando il risultato appena ricavato e il parametro generale "n° Comuni", è calcolato anche il costo totale per ogni classe di Comuni:

$$[37] \quad c_ill.adatt_cls = c_ill.adatt_com * num_com$$

Dove:

- ✓ **c_ill.adatt_cls** è il costo totale per ogni classe della configurazione di un sistema di illuminazione adattiva, con regolazione 'punto-a-punto' preliminare;
- ✓ **c_ill.adatt_com** è il costo per singolo della configurazione di un sistema di illuminazione adattiva, con regolazione 'punto-a-punto' preliminare, appena determinato nella [36];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

1.5 Costi energetici, manutentivi e ambientali

Nella sua terza sezione, il modello determina una stima dei costi che i Comuni oggetto di analisi sostengono allo stato attuale, cioè prima di un qualsiasi intervento. Tali costi sono stati riassunti in tre aree:

- ✓ Costi energetici, legati alla spesa per elettricità necessaria per l'effettuazione del servizio di illuminazione pubblica;
- ✓ Costi manutentivi, che si riferiscono alla manutenzione annua degli impianti di illuminazione;
- ✓ Costi ambientali, espressi in termini di CO₂ emessa nell'atmosfera, relativi appunto al non indifferente impatto socio-ambientale dell'attività di illuminazione pubblica.

Analizziamo ora per ciascuna categoria i processi di calcolo proposti dal modello.

1.5.1 Costi energetici

Al fine di ottenere una stima, per ogni classe di Comuni, dei costi energetici totali da essi sostenuti, il modello procede nella maniera di seguito esposta.

Dapprima vengono calcolati, per ogni classe, i kW medi di potenza installati presso ciascun Comune, considerando la totalità degli impianti di illuminazione pubblica ivi installati. La formula utilizzata è la seguente:

$$[38] \text{tot_kW_com} = (\text{pot.med_pl} * \text{num_pl} * (1 + \%_perd_alim.fm)) / 1.000$$

Dove:

- ✓ **tot_kW_com** è il numero dei kilowatt di potenza installati per Comune;
- ✓ **pot.med_pl** è la potenza media a punto luce: è un parametro inserito dall'utente e rappresenta, per ciascuna classe di Comuni, la potenza media installata presso un singolo punto luce da essi utilizzato.
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2];
- ✓ **%_perd_alim.fm** è la perdita, in percentuale, degli alimentatori elettromagnetici: è un parametro inserito dall'utente, e rappresenta la dispersione di energia causata dagli alimentatori elettromagnetici installati presso gli impianti.

A questo punto il sistema elabora, per ogni classe, il costo medio energetico per Comune:

$$[39] \quad c_energ_com = tot_kW_com * num_ore.ann_acc * c_€.kW$$

Dove:

- ✓ **c_energ_com** è la spesa annua media per Comune per l'energia elettrica utilizzata per l'illuminazione pubblica;
- ✓ **tot_kW_com** è il consumo totale di kilowatt per Comune destinato all'energia elettrica per illuminazione; è stato determinato nella [38];
- ✓ **num_ore.ann_acc** è il numero di ore annue accensione lampade è un parametro inserito dall'utente;
- ✓ **c_€.kW** è il costo unitario di un kWh è il prezzo per un kilowattora di energia elettrica; è anch'esso un parametro inserito dall'utente.

Grazie al costo medio per Comune appena determinato, viene infine calcolato il costo annuo energetico totale per ciascuna classe di Comuni, moltiplicando il suddetto valore ottenuto per il numero di Comuni di ciascuna classe:

$$[40] \quad c_energ_cls = c_energ_com * num_com$$

Dove:

- ✓ **c_energ_cls** è il costo totale per ogni classe del consumo di energia elettrica per illuminazione pubblica;
- ✓ **c_energ_com** è la spesa annua media per Comune per l'energia elettrica utilizzata per l'illuminazione pubblica, appena determinata nella [39];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

1.5.2 Costi manutentivi

In questa sezione viene spiegato come il modello di analisi calcoli il costo manutentivo medio annuo per Comune dovuto alla manutenzione degli impianti di illuminazione pubblica, e come aggreghi conseguentemente gli importi pervenendo ai totali di classe. Il costo manutentivo annuo medio per Comune è così ottenuto:

$$[41] \quad c_manut_com = num_pl * c_manut_pl$$

Dove:

- ✓ **c_manut_com** è il costo manutentivo annuo per singolo Comune;
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2];
- ✓ **c_manut_pl** è una stima di costo manutentivo unitario a livello di singolo punto luce; esso rappresenta la spesa media annua sostenuta da un Comune per la manutenzione di un singolo impianto illuminante. È un parametro inserito dall'utente.

Il totale per classe è ottenuto moltiplicando il costo medio per Comune per il numero dei Comuni oggetto di analisi di ogni classe:

$$[42] \quad c_manut_cls = c_manut_com * num_com$$

Dove:

- ✓ **c_manut_cls** è il costo totale per ogni classe della manutenzione annua degli impianti di illuminazione;
- ✓ **c_manut_com** è il costo manutentivo annuo per singolo Comune, appena determinato nella [41];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

1.5.3 Costi ambientali

Il sistema procede ora al calcolo dei costi ambientali dell'apparato di illuminazione pubblica considerato, in termini di emissione di CO₂ in atmosfera. La metodologia di calcolo segue la stessa impostazione dei costi di altra natura visti in precedenza, ovvero viene calcolato per ogni classe dapprima il costo medio per Comune (in termini di tonnellate di CO₂) e successivamente vengono calcolati i totali di classe.

La quantità di emissioni medie per Comune è data dalla seguente formula:

$$[43] \quad t_emiss.CO2_com =$$

$$(num_pl * pot.med_pl * kg_emiss.CO2_kWh * num_ore.ann_acc) / 1.000^2$$

Dove:

- ✓ **t_emiss.CO2_com** è il totale delle emissioni di CO₂ per Comune espresso in tonnellate;
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2];
- ✓ **pot.med_pl** è la potenza media a punto luce: è un parametro inserito dall'utente e rappresenta, per ciascuna classe di Comuni, la potenza media installata presso un singolo punto luce da essi utilizzato.
- ✓ **kg_emiss.CO2_kWh** rappresenta i kg di CO₂ riversa in atmosfera per kWh; è la misura dell'inquinamento atmosferico generato per la produzione di un singolo kilowattora. È un parametro inserito dall'utente.

- ✓ **num_ore.ann_acc** è il numero di ore annue accensione lampade è un parametro inserito dall'utente.

Il modello perviene ora alla determinazione della quantità totale (espressa in tonnellate) di CO₂ emessa per ogni classe di Comuni:

$$[44] \quad t_emiss.CO2_cls = t_emiss.CO2_com * num_com$$

Dove:

- ✓ **t_emiss.CO2_cls** è il totale delle emissioni di CO₂ per classe, espresso in tonnellate;
- ✓ **t_emiss.CO2_com** è il totale delle emissioni di CO₂ per Comune espresso in tonnellate, determinato nella [43];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

1.6 Risparmi energetici, manutentivi e ambientali

Nell'ultima sezione del modello, la più significativa e interessante, il modello di calcolo si occupa del calcolo dei risparmi di costo conseguibili in ipotesi di attuazione degli investimenti esaminati nei punti precedenti.

Tali risparmi vengono classificati in tre tipologie, a ciascuna delle quali è dedicata un'apposita sezione che esaminiamo di seguito:

- ✓ Risparmi energetici;
- ✓ Risparmi manutentivi;
- ✓ Risparmi 'ambientali', in termini di minori emissioni di CO₂ in atmosfera.

1.6.1 Risparmi energetici

A seguito dell'intervento di riqualificazione sopra esaminato, l'impianto di illuminazione permetterà di conseguire sostanziali risparmi energetici. I risparmi dal punto di vista energetico sono ipotizzati derivare da due fonti, ovvero:

- ✓ Risparmi derivanti da interventi di adeguamento apparecchi illuminanti;
- ✓ Risparmi derivanti dalla regolazione del flusso luminoso e dall'installazione di dispositivi di illuminazione adattiva.

Per quanto attiene ai risparmi derivanti dalla regolazione del flusso luminoso e dall'illuminazione adattiva, essi rappresentano risparmi aggiuntivi a quelli derivanti dall'adeguamento degli apparecchi illuminanti, e sono ovviamente tra di loro alternativi, come alternativa è l'opzione di regolazione del flusso luminoso che li genera. Analogamente a quanto già esposto nella sezione 0 riguardo gli investimenti di efficientamento, infatti, il sistema computa i risparmi derivanti dalla regolazione del flusso in tutte e tre le modalità, conferendo così all'utente i risultati di entrambe le alternative.

Risparmi derivanti da adeguamento apparecchi illuminanti

I risparmi derivanti dagli interventi di adeguamento apparecchi sono generati dall'utilizzo, nella nuova configurazione del sistema di illuminazione, di corpi illuminanti più efficienti, cioè che necessitano meno Watt di potenza installata, e dall'utilizzo di alimentatori elettronici al posto dei più obsoleti ferromagnetici, che riducono significativamente la dispersione di energia.

Analizziamo ora i passaggi cruciali del modello relativi a questo punto; per prima cosa, il sistema computa automaticamente la (ridotta) potenza media dei nuovi corpi illuminanti installati:

$$[45] \text{ pot.media_pl_post} = \text{pot.media_pl} - \text{pot_media_pl} * \%_risp_adeg.app$$

Dove:

- ✓ **pot.media_pl_post** è la potenza media a punto luce dopo l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti, ed è un parametro espresso in Watt;
- ✓ **pot.med_pl** è la potenza media a punto luce: è un parametro inserito dall'utente e rappresenta, per ciascuna classe di Comuni, la potenza media installata presso un singolo punto luce da essi utilizzato.
- ✓ **%_risp_adeg.app** è la percentuale di risparmio conseguibile, per punto luce, dall'intervento di adeguamento degli apparecchi illuminanti; in sostanza, esprime la percentuale di energia risparmiabile grazie all'uso del nuovo apparecchio rispetto alla situazione precedente. È un parametro inserito dall'utente.

Proseguiamo ora con il calcolo dei risparmi per singolo Comune:

$$[46] \text{ risp_adeg.app_com} =$$

$$(\text{pot.med_pl} * (1 + \%_perd_alim.fm) - \text{pot.med_pl_post} * (1 + \%_perd_alim.el)) * \text{num_pl} * \text{num_ore.ann_acc} * \text{c_€.kW} / 1.000$$

Dove:

- ✓ **risp_adeg.app_com** è il risparmio medio per Comune derivante dalla sostituzione dei corpi illuminanti;
- ✓ **pot.med_pl** è la potenza media a punto luce: è un parametro inserito dall'utente e rappresenta, per ciascuna classe di Comuni, la potenza media installata presso un singolo punto luce da essi utilizzato.
- ✓ **%_perd_alim.fm** è la perdita, in percentuale, degli alimentatori elettromagnetici: è un parametro inserito dall'utente, e rappresenta la dispersione di energia causata dagli alimentatori elettromagnetici installati presso gli impianti;
- ✓ **pot.media_pl_post** è la potenza media a punto luce dopo l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti, ed è un parametro espresso in Watt, appena determinata nella [45].
- ✓ **%_perd_alim.el** è la percentuale di perdita degli alimentatori elettronici, ovvero è la percentuale, inserita dall'utente, che rappresenta la perdita di energia dei nuovi alimentatori elettronici, installati insieme ai nuovi corpi illuminanti;
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2]
- ✓ **num_ore.ann_acc** è il numero di ore annue accensione lampade, è un parametro inserito dall'utente.
- ✓ **c_€.kW** è il costo unitario di un kWh è il prezzo per un kilowattora di energia elettrica; è anch'esso un parametro inserito dall'utente. Ovviamente, affinché l'approssimazione del risparmio ottenibile

sia comparabile, tale valore deve essere uguale al quello già utilizzato in precedenza nella sezione riguardante il calcolo dei costi energetici.

A questo punto, è possibile calcolare il totale di classe moltiplicando l'importo appena trovato per il numero di Comuni di ciascuna classe:

$$[47] \quad \text{risp_adeg.app_cls} = \text{risp_adeg.app_com} * \text{num_com}$$

Dove:

- ✓ **risp_adeg.app_cls** è il risparmio totale per classe derivante dalla sostituzione degli apparecchi illuminanti;
- ✓ **risp_adeg.app_com** è il risparmio medio per Comune derivante dalla sostituzione dei corpi illuminanti, appena determinato nella [46];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

Risparmi derivanti dalla regolazione centralizzata e telecontrollata del flusso luminoso

I risparmi aggiuntivi medi per Comune derivanti dalla regolazione del flusso luminoso centralizzata e telecontrollata sono calcolati, in ciascuna classe, con la seguente formula:

$$[48] \quad \text{risp_reg.centri_com} =$$

$$\text{pot.med_pl_post} * (1 + \%_perd_alim.el) * \%_risp_reg.centri_pl * \text{num_ore.ann_acc} * \\ \text{c_€.kWh} * (\text{num_pl} * \%_pl_reg.centri) / 1.000$$

Dove:

- ✓ **risp_reg.centri_com** è il risparmio aggiuntivo per Comune derivante dall'installazione del dispositivo di regolazione centralizzata del flusso luminoso;
- ✓ **pot.media_pl_post** è la potenza media a punto luce dopo l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti, ed è un parametro espresso in Watt, appena determinata nella [45];
- ✓ **%_perd_alim.el** è la percentuale di perdita degli alimentatori elettronici, ovvero è la percentuale, inserita dall'utente, che rappresenta la perdita di energia dei nuovi alimentatori elettronici, installati insieme ai nuovi corpi illuminanti;
- ✓ **%_risp_reg.centri_pl** è il risparmio per punto luce da regolatore di flusso luminoso centralizzato: è un parametro, espresso in percentuale, inserito dall'utente, che rappresenta la percentuale aggiuntiva di risparmio di Watt dovuta al regolatore centralizzato.
- ✓ **num_ore.ann_acc** è il numero di ore annue accensione lampade, è un parametro inserito dall'utente.
- ✓ **c_€.kW** è il costo unitario di un kWh è il prezzo per un kilowattora di energia elettrica; è anch'esso un parametro inserito dall'utente. Ovviamente, affinché l'approssimazione del risparmio ottenibile sia comparabile, tale valore deve essere uguale al quello già utilizzato in precedenza nella sezione riguardante il calcolo dei costi energetici;
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2];

- ✓ **%_pl_reg.centri** è la percentuale punti luce da regolare per l'applicazione del regolatore di flusso luminoso centralizzato, e rappresenta la porzione di punti luce sul totale su cui installare il dispositivo di regolazione del flusso luminoso; è un parametro inserito dall'utente.

A questo punto, il sistema perviene al totale di classe nella seguente maniera:

$$[49] \quad \text{risp_reg.centri_cls} = \text{risp_reg.centri_com} * \text{num_com}$$

Dove:

- ✓ **risp_reg.centri_cls** è il risparmio totale per classe derivante dall'installazione di apparecchi per la regolazione del flusso luminoso centralizzata e telecomandata;
- ✓ **risp_reg.centri_com** è il risparmio aggiuntivo per Comune derivante dall'installazione del dispositivo di regolazione centralizzata del flusso luminoso, appena determinato nella [48];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

Risparmi derivanti dalla regolazione punto-a-punto e telecomandata del flusso luminoso

Tramite metodologia analoga al punto precedente, vengono qui computati i risparmi aggiuntivi prodotti dalla regolazione del flusso luminoso tramite tecnologia 'punto-a-punto' e telecomandata. Dapprima si perviene al computo del risparmio medio per Comune, in ciascuna classe:

$$[50] \quad \text{risp_reg.pp_com} =$$

$$\text{pot.med_pl_post} * (1 + \%_perd_alim.el) * \%_risp_reg.pp_pl * \text{num_ore.ann_acc} * \text{c_€ kWh} \\ * (\text{num_pl} * \%_pl_reg.pp) / 1.000$$

Dove:

- ✓ **risp_reg.pp_com** è il risparmio aggiuntivo per Comune derivante dall'installazione del dispositivo di regolazione punto-a-punto e telecomandata del flusso luminoso;
- ✓ **pot.media_pl_post** è la potenza media a punto luce dopo l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti, ed è un parametro espresso in Watt, appena determinata nella [45];
- ✓ **%_perd_alim.el** è la percentuale di perdita degli alimentatori elettronici, ovvero è la percentuale, inserita dall'utente, che rappresenta la perdita di energia dei nuovi alimentatori elettronici, installati insieme ai nuovi corpi illuminanti;
- ✓ **%_risp_reg.pp_pl** è il risparmio per punto luce da regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto': è un parametro, espresso in percentuale, inserito dall'utente, che rappresenta la percentuale aggiuntiva di risparmio di Watt dovuta al regolatore punto-a-punto.
- ✓ **num_ore.ann_acc** è il numero di ore annue accensione lampade, è un parametro inserito dall'utente.
- ✓ **c_€.kW** è il costo unitario di un kWh è il prezzo per un kilowattora di energia elettrica; è anch'esso un parametro inserito dall'utente. Ovviamente, affinché l'approssimazione del risparmio ottenibile sia comparabile, tale valore deve essere uguale al quello già utilizzato in precedenza nella sezione riguardante il calcolo dei costi energetici;

- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2].
- ✓ **%_pl_reg.pp** è la percentuale punti luce da regolare per l'applicazione del regolatore di flusso luminoso punto a punto e rappresenta la porzione di punti luce sul totale su cui installare il dispositivo di regolazione del flusso luminoso: è un parametro inserito dall'utente.

A questo punto, il sistema perviene al risparmio aggiuntivo da regolazione del flusso luminoso punto a punto e telecomandato, totale per ogni classe:

$$[51] \quad \text{risp_reg.pp_cls} = \text{risp_reg.pp_com} * \text{num_com}$$

Dove:

- ✓ **risp_reg.pp_cls** è il risparmio totale per classe derivante dall'installazione di apparecchi per la regolazione del flusso luminoso punto-a-punto e telecomandato;
- ✓ **risp_reg.pp_com** è il risparmio aggiuntivo per Comune derivante dall'installazione del dispositivo di regolazione punto-a-punto del flusso luminoso, appena determinato nella [50];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

Risparmi derivanti da regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva

I risparmi derivanti dall'installazione di dispositivi di illuminazione adattiva vengono computati con il seguente procedimento; dapprima si perviene al computo del risparmio medio per Comune, in ciascuna classe:

$$[52] \quad \text{risp_ill.adatt_com} =$$

$$[\text{pot.med_pl_post} * (1 + \%_perd_alim.el) * \%_risp_ill.adatt_pl * \text{num_ore.ann_acc} * \\ \text{c_€ kWh} * (\text{num_pl} * \%_pl_ill.adatt) / 1.000] + [\text{pot.med_pl_post} * (1 + \%_perd_alim.el) \\ * \%_risp_reg.pp_pl * \text{num_ore.ann_acc} * \text{c_€ kWh} * (\text{num_pl} * \%_pl_reg.pp.adatt) / 1.000 \\]$$

Dove:

- ✓ **risp_ill.adatt_com** è il risparmio aggiuntivo per Comune derivante dall'installazione di dispositivi di illuminazione adattiva;
- ✓ **pot.media_pl_post** è la potenza media a punto luce dopo l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti, ed è un parametro espresso in Watt, appena determinata nella [45];
- ✓ **%_perd_alim.el** è la percentuale di perdita degli alimentatori elettronici, ovvero è la percentuale, inserita dall'utente, che rappresenta la perdita di energia dei nuovi alimentatori elettronici, installati insieme ai nuovi corpi illuminanti;
- ✓ **%_risp_ill.adatt_pl** è il risparmio per punto luce dovuto all'installazione di dispositivi di illuminazione adattiva sul punto luce stesso: è un parametro, espresso in percentuale, inserito dall'utente, che rappresenta la percentuale aggiuntiva di risparmio di Watt dovuta appunto a tali dispositivi, che consentono un minore utilizzo della lampada.

- ✓ **num_ore.ann_acc** è il numero di ore annue accensione lampade, è un parametro inserito dall'utente.
- ✓ **c_€.kW** è il costo unitario di un kWh è il prezzo per un kilowattora di energia elettrica; è anch'esso un parametro inserito dall'utente. Ovviamente, affinché l'approssimazione del risparmio ottenibile sia comparabile, tale valore deve essere uguale al quello già utilizzato in precedenza nella sezione riguardante il calcolo dei costi energetici;
- ✓ **num_pl** è il numero di punti luce per Comune, parametro già determinato nella [2];
- ✓ **%_pl_ill.adatt** è la percentuale punti luce da regolare per l'applicazione dei dispositivi di illuminazione adattiva, ovvero la porzione di punti luce sul totale su cui installare tali dispositivi: è un parametro inserito dall'utente;
- ✓ **%_risp_reg.pp_pl** è il risparmio per punto luce da regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto': è un parametro, espresso in percentuale, inserito dall'utente, che rappresenta la percentuale aggiuntiva di risparmio di Watt dovuta al regolatore punto-a-punto.
- ✓ **%_pl_reg.pp.adatt** è la percentuale di punti luce da regolare per la regolazione del flusso luminoso 'punto-a-punto' in caso di installazione di illuminazione adattiva, determinato nella [35].

A questo punto, il sistema perviene al risparmio aggiuntivo da regolazione del flusso luminoso punto a punto e telecomandato, totale per ogni classe:

$$[53] \quad \text{risp_ill.adatt_cls} = \text{risp_ill.adatt_com} * \text{num_com}$$

Dove:

- ✓ **risp_ill.adatt_cls** è il risparmio totale per classe derivante dall'installazione di apparecchi che consentono l'applicazione dell'illuminazione adattiva;
- ✓ **risp_reg.pp_com** è il risparmio aggiuntivo per Comune derivante dall'installazione del dispositivo di illuminazione adattiva, appena determinato nella [52];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

1.6.2 Risparmi manutentivi

I risparmi manutentivi consistono in minori spese derivanti dalla maggiore longevità e adeguatezza tecnologica degli impianti illuminanti, grazie all'intervento di riqualificazione adottato. I risparmi manutentivi si compongono di due elementi: i risparmi derivanti dalla riqualificazione degli apparecchi vera e propria cui si somma una componente aggiuntiva, per i punti luce espropriati a ENEL Sole: a livello di singolo Comune, la casistica afferma inequivocabilmente che tali risparmi sono ancora più consistenti nel caso in cui i punti luce presenti in territorio Comunale erano, in precedenza, di proprietà di ENEL Sole, poiché tali impianti risultano essere particolarmente obsoleti e superati, in quanto caratterizzati dalla significativa presenza di lampade ai vapori di mercurio.

Il correttivo di seguito riportato è stato introdotto, appunto, per rendere più realistica la quantificazione dei risparmi manutentivi totali.

Innanzitutto viene determinata la percentuale di risparmio manutentivo aggiuntivo, per singolo punto luce, dovuta al passaggio di proprietà dei punti luce: essa è in funzione della percentuale di lampade ai vapori di mercurio presenti in territorio comunale. Per ogni classe, viene dunque determinata tale percentuale media nel seguente modo:

$$[54] \quad \%_{\text{risp_manut_agg.ES_pl}} = 0,5 * \%_{\text{pl_non.prop}} +$$

$$SE (\ \%_{\text{pl_Hg}} < \%_{\text{pl_non.prop}} ; 0,15 - 0,15 * \%_{\text{pl_Hg}} ; 0)$$

Dove:

- ✓ $\%_{\text{risp_manut_agg.ES_pl}}$ è la percentuale di risparmio manutentivo aggiuntivo, a punto luce;
- ✓ $\%_{\text{pl_non.prop}}$ è la percentuale di punti luce non di proprietà comunale; questo parametro rappresenta dunque la frazione di punti luce comunali non di proprietà sul totale.
- ✓ $\%_{\text{pl_Hg}}$ è la percentuale di punti luce con lampade al mercurio presenti in territorio in media: è un parametro inserito dall'utente.

I risparmi aggiuntivi ENEL sole si calcolano:

$$[55] \quad \text{risp_manut_agg.ES_com} =$$

$$\text{num_pl} * \text{c_manut_pl} / (1 - \%_{\text{risp_manut_agg.ES_pl}}) - \text{num_pl} * \text{c_manut_pl}$$

Dove:

- ✓ $\text{risp_manut_agg.ES_com}$ è il risparmio aggiuntivo manutentivo per Comune derivante dai punti luce ex ENEL Sole;
- ✓ c_manut_pl è una stima di costo manutentivo unitario a livello di singolo punto luce; esso rappresenta la spesa media annua sostenuta da un Comune per la manutenzione di un singolo impianto illuminante risparmi manutentivi per Comune dall'intervento di adeguamento apparecchi. È lo stesso parametro utilizzato nella [41] $\text{c_manut_com} = \text{num_pl} * \text{c_manut_pl}$.
- ✓ $\%_{\text{risp_manut_agg.ES_pl}}$ è la percentuale di risparmio manutentivo aggiuntivo, a punto luce, appena determinato nella [54];
- ✓ num_pl è il numero dei punti luce per Comune, calcolato nella [2].

Accantonata la premessa sul fattore correttivo legato ai punti luce ex ENEL Sole, viene mostrato come il modello computi il risparmio derivante da adeguamento apparecchi prima, successivamente il risparmio manutentivo per Comune e infine il totale per ciascuna classe di Comuni.

Il risparmio per Comune derivante da adeguamento apparecchi è il seguente:

$$[56] \quad \text{risp_manut_adeg.app_com} =$$

$$\text{num_pl} * \text{c_manut_pl} * \%_{\text{risp_manut_adeg.app}}$$

Dove:

- ✓ $\text{risp_manut_adeg.app_com}$ è il risparmio manutentivo per Comune derivante dall'adeguamento degli apparecchi illuminanti;

- ✓ **num_pl** è il numero dei punti luce per Comune, calcolato nella [2].
- ✓ **c_manut_pl** è una stima di costo manutentivo unitario a livello di singolo punto luce; esso rappresenta la spesa media annua sostenuta da un Comune per la manutenzione di un singolo impianto illuminante risparmi manutentivi per Comune dall'intervento di adeguamento apparecchi.
- ✓ **%_risp_manut_adeq.app** è la percentuale di risparmio manutentivo a punto luce legata all'adeguamento degli apparecchi, andando dunque a impattare sul costo manutentivo a punto luce; è un parametro inserito dall'utente e può essere diverso da classe a classe.

Il risparmio manutentivo totale per Comune è dato dalla somma dei due precedenti, e cioè:

$$[57] \text{risp_manut_com} = \text{risp_manut_adeq.app_com} + \text{risp_manut_agg.ES_com}$$

Dove:

- ✓ **risp_manut_com** è il risparmio manutentivo totale per Comune;
- ✓ **risp_manut_adeq.app_com** è il risparmio manutentivo per Comune derivante dall'adeguamento degli apparecchi illuminanti, calcolato nella [56];
- ✓ **risp_manut_agg.ES_com** è il risparmio aggiuntivo manutentivo per Comune derivante dai punti luce ex ENEL Sole, calcolato nella [55].

Infine, il sistema perviene al totale di classe:

$$[58] \quad \text{risp_manut_cls} = \text{risp_manut_com} * \text{num_com}$$

Dove:

- ✓ **risp_manut_cls** è il risparmio manutentivo totale per classe;
- ✓ **risp_manut_com** è il risparmio manutentivo totale per Comune, determinato nella [57];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

1.6.3 Risparmi in termini di emissioni di CO₂

In questa sezione viene esposto il procedimento seguito nel modello di analisi per la determinazione delle tonnellate di CO₂ risparmiate in media, per Comune prima e per classe poi, grazie alla nuova configurazione dell'impianto di illuminazione. Ovviamente, continuando secondo lo schema procedurale fin qui seguito, tale computo verrà determinato per tutte e tre le ipotesi di configurazione possibili, ovvero regolazione centralizzata del flusso luminoso, regolazione punto-a-punto e illuminazione adattiva.

Risparmi emissioni CO₂ in ipotesi regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecontrollato

La quantità di tonnellate di CO₂ risparmiata per Comune viene calcolata con la seguente formula, per ogni classe:

$$[59] t_{\text{risp.CO2.reg.cent}} = \{ \text{num_pl} * (\text{pot.med_pl} * (1 + \%_{\text{perd_alim.fm}}) - \text{pot.med_pl_post} * (1 + \%_{\text{perd_alim.el}}) + (\text{num_pl} * \%_{\text{pl.reg.cent}}) * (\text{pot.med_pl_post} * ($$

$$1 + \%_perd_alim.el) * \%_risp_reg.centri_pl) * num_ore.ann_acc * kg_emiss.CO2_kWh} / 1.000^2$$

Dove:

- ✓ **t_risp.CO2_reg.centri_com** è la quantità non emessa di tonnellate di CO₂, in caso di sistema di illuminazione con annesso regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato;
- ✓ **num_pl** è il numero dei punti luce per Comune, calcolato nella [2];
- ✓ **pot.med_pl** è la potenza media a punto luce: è un parametro inserito dall'utente e rappresenta, per ciascuna classe di Comuni, la potenza media installata presso un singolo punto luce da essi utilizzato. Tale valore è stato già visto nella sezione 1.5.1;
- ✓ **%_perd_alim.fm** è la perdita, in percentuale, degli alimentatori elettromagnetici: è un parametro inserito dall'utente, e rappresenta la dispersione di energia causata dagli alimentatori elettromagnetici installati presso gli impianti;
- ✓ **pot.media_pl_post** è la potenza media a punto luce dopo l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti, ed è un parametro espresso in Watt, determinata nella [45];
- ✓ **%_perd_alim.el** è la percentuale di perdita degli alimentatori elettronici, ovvero è la percentuale, inserita dall'utente, che rappresenta la perdita di energia dei nuovi alimentatori elettronici, installati insieme ai nuovi corpi illuminanti;
- ✓ **%_pl_reg.centri** è la percentuale punti luce da regolare per l'applicazione del regolatore di flusso luminoso centralizzato: è un parametro inserito dall'utente, lo stesso incontrato nella [31];
- ✓ **%_risp_reg.centri_pl** è il risparmio per punto luce da regolatore di flusso luminoso centralizzato: è un parametro, espresso in percentuale, inserito dall'utente, che rappresenta la percentuale aggiuntiva di risparmio di Watt dovuta al regolatore centralizzato;
- ✓ **num_ore.ann_acc** è il numero di ore annue accensione lampade, è un parametro inserito dall'utente.
- ✓ **kg_emiss.CO2_kWh** rappresenta i kg di CO₂ riversa in atmosfera per kWh; è la misura dell'inquinamento atmosferico generato per la produzione di un singolo kilowattora. È un parametro inserito dall'utente.

Il totale di tonnellate risparmiate per ciascuna classe, invece, sarà:

$$[60] \quad t_risp.CO2_reg.centri_cls = t_risp.CO2_reg.centri_com * num_com$$

Dove:

- ✓ **t_risp.CO2_reg.centri_cls** è il totale di tonnellate di CO₂ risparmiate per classe in ipotesi di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprensiva di installazione di regolatori di flusso luminoso centralizzato e telecomandato;
- ✓ **t_risp.CO2_reg.centri_com** è la quantità non emessa di tonnellate di CO₂, in caso di sistema di illuminazione con annesso regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato, appena determinato nella [59];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

Risparmi emissioni CO₂ in ipotesi regolatore di flusso luminoso punto-a-punto e telecomandato

Con procedimento analogo al punto precedente, la quantità di tonnellate di CO₂ risparmiata per Comune viene calcolata con la seguente formula, per ogni classe:

$$[61] t_{\text{risp.CO2_reg.pp_com}} = \{ \text{num_pl} * (\text{pot.med_pl} * (1 + \%_{\text{perd_alim.fm}}) - \text{pot.med_pl_post} * (1 + \%_{\text{perd_alim.el}}) + (\text{num_pl} * \%_{\text{pl_reg.pp}}) * (\text{pot.med_pl_post} * (1 + \%_{\text{perd_alim.el}}) * \%_{\text{risp_reg.pp_pl}}) * \text{num_ore.ann_acc} * \text{kg_emiss.CO2_kWh} \} / 1.000^2$$

Dove:

- ✓ **t_{risp.CO2_reg.pp_com}** è la quantità non emessa di tonnellate di CO₂, in caso di riqualificazione del sistema di illuminazione con annesso regolatore di flusso luminoso ‘punto-a-punto’ e telecontrollato;
- ✓ **num_pl** è il numero dei punti luce per Comune, calcolato nella [2];
- ✓ **pot.med_pl** è la potenza media a punto luce: è un parametro inserito dall’utente e rappresenta, per ciascuna classe di Comuni, la potenza media installata presso un singolo punto luce da essi utilizzato. Tale parametro è stato già visto nella sezione 1.5.1;
- ✓ **%_perd_alim.fm** è la perdita, in percentuale, degli alimentatori elettromagnetici: è un parametro inserito dall’utente, e rappresenta la dispersione di energia causata dagli alimentatori elettromagnetici installati presso gli impianti;
- ✓ **pot.media_pl_post** è la potenza media a punto luce dopo l’intervento di sostituzione dei corpi illuminanti, ed è un parametro espresso in Watt, determinata nella [45];
- ✓ **%_perd_alim.el** è la percentuale di perdita degli alimentatori elettronici, ovvero è la percentuale, inserita dall’utente, che rappresenta la perdita di energia dei nuovi alimentatori elettronici, installati insieme ai nuovi corpi illuminanti;
- ✓ **%_pl_reg.pp** è la percentuale punti luce da regolare per l’applicazione del regolatore di flusso luminoso punto-a-punto: è un parametro inserito dall’utente, lo stesso incontrato nella [33].
- ✓ **%_risp_reg.pp_pl** è il risparmio per punto luce da regolatore di flusso luminoso ‘punto-a-punto’: è un parametro, espresso in percentuale, inserito dall’utente, che rappresenta la percentuale aggiuntiva di risparmio di Watt, medio per punto luce, dovuta al regolatore ‘punto-a-punto’.
- ✓ **num_ore.ann_acc** è il numero di ore annue accensione lampade, è un parametro inserito dall’utente.
- ✓ **kg_emiss.CO2_kWh** rappresenta i kg di CO₂ riversa in atmosfera per kWh; è la misura dell’inquinamento atmosferico generato per la produzione di un singolo kilowattora. È un parametro inserito dall’utente.

Il totale di tonnellate risparmiato per ciascuna classe, invece, sarà:

$$[62] \quad t_{\text{risp.CO2_reg.pp_cls}} = t_{\text{risp.CO2_reg.pp_com}} * \text{num_com}$$

Dove:

- ✓ **t_{risp.CO2_reg.pp_cls}** è il totale di tonnellate di CO₂ risparmiate per classe in ipotesi di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprensiva di installazione di regolatori di flusso luminoso ‘punto-a-punto’ e telecontrollato;

- ✓ **t_risp.CO2_reg.pp_com** è la quantità non emessa di tonnellate di CO₂, in caso di sistema di illuminazione con annesso regolatore di flusso luminoso ‘punto-a-punto’ e telecontrollato, appena determinato nella [61];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei “parametri generali” (sezione 1.2.2).

Risparmi emissioni CO₂ in ipotesi di applicazione di illuminazione adattiva

Per quel che riguarda il calcolo del risparmio di CO₂ in ipotesi di sistema di illuminazione dotato di illuminazione adattiva, ancora una volta il calcolo è piuttosto peculiare, benchè conservi la stessa impostazione logica dei precedenti.

La quantità totale di tonnellate di CO₂

[63] **t_risp.CO2_ill.adatt_com** =

$$\{ \text{num_pl} * (\text{pot.med_pl} * (1 + \%_perd_alim.fm) - \text{pot.med_pl_post} * (1 + \%_perd_alim.el)) + (\text{num_pl} * \%_pl_ill.adatt) * (\text{pot.med_pl_post} * (1 + \%_perd_alim.el)) * \%_risp_ill.adatt_pl \} + (\text{num_pl} * \%_pl_reg.pp.adatt) * (\text{pot.med_pl_post} * (1 + \%_perd_alim.el)) * \%_risp_reg.pp_pl \} * \text{num_ore.ann_acc} * \text{kg_emiss.CO2_kWh} / 1.000^2$$

Dove:

- ✓ **t_risp.CO2_ill.adatt_com** è la quantità non emessa di tonnellate di CO₂, in caso di riqualificazione del sistema di illuminazione con annesso regolatore di flusso luminoso ‘punto-a-punto’ e telecontrollato combinato con installazione di dispositivi di illuminazione adattiva;
- ✓ **num_pl** è il numero dei punti luce per Comune, calcolato nella [2];
- ✓ **pot.med_pl** è la potenza media a punto luce: è un parametro inserito dall’utente e rappresenta, per ciascuna classe di Comuni, la potenza media installata presso un singolo punto luce da essi utilizzato.
- ✓ **%_perd_alim.fm** è la perdita, in percentuale, degli alimentatori elettromagnetici: è un parametro inserito dall’utente, e rappresenta la dispersione di energia causata dagli alimentatori elettromagnetici installati presso gli impianti;
- ✓ **pot.media_pl_post** è la potenza media a punto luce dopo l’intervento di sostituzione dei corpi illuminanti, ed è un parametro espresso in Watt, determinata nella [45];
- ✓ **%_perd_alim.el** è la percentuale di perdita degli alimentatori elettronici, ovvero è la percentuale, inserita dall’utente, che rappresenta la perdita di energia dei nuovi alimentatori elettronici, installati insieme ai nuovi corpi illuminanti;
- ✓ **%_pl_ill.adatt** è la percentuale punti luce da regolare per l’applicazione dei dispositivi di illuminazione adattiva, ovvero la porzione di punti luce sul totale su cui installare tali dispositivi: è un parametro inserito dall’utente;
- ✓ **%_risp_ill.adatt_pl** è il risparmio per punto luce dovuto all’installazione di dispositivi di illuminazione adattiva sul punto luce stesso: è un parametro, espresso in percentuale, inserito dall’utente, che rappresenta la percentuale aggiuntiva di risparmio di Watt dovuta appunto a tali dispositivi, che consentono un minore utilizzo della lampada;

- ✓ **%_pl_reg.pp.adatt** è la percentuale di punti luce da regolare per la regolazione del flusso luminoso ‘punto-a-punto’ in caso di installazione di illuminazione adattiva, determinato nella [35];
- ✓ **%_risp_reg.pp_pl** è il risparmio per punto luce da regolatore di flusso luminoso ‘punto-a-punto’: è un parametro, espresso in percentuale, inserito dall’utente, che rappresenta la percentuale di risparmio di Watt, medio per punto luce, dovuta al regolatore punto-a-punto.
- ✓ **num_ore.ann_acc** è il numero di ore annue accensione lampade, è un parametro inserito dall’utente.
- ✓ **kg_emiss.CO2_kWh** rappresenta i kg di CO₂ riversa in atmosfera per kWh; è la misura dell’inquinamento atmosferico generato per la produzione di un singolo kilowattora. È un parametro inserito dall’utente.

Il totale di tonnellate risparmiato per ciascuna classe, invece, sarà:

$$[64] \quad t_risp.CO2_ill.adatt_cls = t_risp.CO2_ill.adatt_com * num_com$$

Dove:

- ✓ **t_risp.CO2_reg.pp_cls** è il totale di tonnellate di CO₂ risparmiate per classe in ipotesi di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprensiva di installazione di regolatori di flusso luminoso ‘punto-a-punto’ e telecomandato combinata con dispositivi di illuminazione adattiva;
- ✓ **t_risp.CO2_ill.adatt_com** è la quantità non emessa di tonnellate di CO₂, in caso di sistema di illuminazione con annesso regolatore di flusso luminoso ‘punto-a-punto’ e telecomandato combinato con illuminazione adattiva, appena determinato nella [63];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei “parametri generali” (sezione 1.2.2).

1.7 Calcoli di convenienza economica

La sezione finale del modello di calcolo prevede contiene il riepilogo di costi e risparmi calcolati nelle sezioni precedenti, la loro aggregazione in grandezze totali e la visualizzazione dei risultati dei principali indici di convenienza economica dell’investimento.

Questa sezione è dunque la base informativa fondamentale per valutare l’opportunità, in un quadro d’insieme, di tutti i singoli elementi, componenti il processo, che sono stati descritti sopra.

Tale sezione è divisa in tre prospetti distinti, seguendo il percorso logico adottato fin qui, e cioè un prospetto per ciascuna ipotesi di configurazione degli impianti di illuminazione pubblica; tali prospetti saranno rispettivamente adibiti a:

- ✓ Riepilogo dei risultati in ipotesi di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l’installazione di regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato;
- ✓ Riepilogo dei risultati in ipotesi di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l’installazione di regolatore di flusso luminoso ‘punto-a-punto’ e telecomandato;
- ✓ Riepilogo dei risultati in ipotesi di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l’installazione di regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato combinato con dispositivi di illuminazione adattiva.

Poiché tutti e tre i prospetti seguono, com'è logico intuire, la stessa impostazione procedurale e molte operazioni identiche, di seguito verrà esposto in maniera analitica il primo, a titolo esemplificativo, mentre per i restanti due verranno indicate, nell'apposito paragrafo, soltanto le differenze intercorrenti con la prima fattispecie.

1.7.1 Sezione di riepilogo in ipotesi di riqualificazione comprendente regolatore del flusso luminoso centralizzato e telecontrollato

Il primo prospetto, così come gli altri, è diviso in tre parti. La prima contiene il riepilogo e l'aggregazione dei risultati economici e monetari fondamentali calcolati precedentemente nel modello, cioè costi attuali annui del sistema di illuminazione, costi del processo di acquisizione e riqualificazione degli impianti e risparmi energetico-manutentivi derivanti. La seconda contiene i risultati degli indicatori di convenienza economica dell'investimento, per cui sono stati scelti Payback Period, V.A.N e T.I.R. La terza parte è invece dedicata ai computi relativi alla CO₂, contenente quindi il riepilogo delle emissioni attuali e il risparmio delle stesse previsto nell'ipotesi di configurazione prevista.

Scendiamo ora nel dettaglio delle varie operazioni.

Risultati economici fondamentali

In questa sezione vengono dapprima riepilogati i totali per classe delle spese annuali di energia e manutenzione del sistema di illuminazione corrente, pre-riqualificazione.

I costi totali annuali per energia manutenzione per classe, saranno dati dalla seguente somma dei rispettivi totali di classe indicati:

$$[65] \quad c_{\text{ann_energ.manut_cls}} = c_{\text{energ_cls}} + c_{\text{manut_cls}}$$

Dove:

- ✓ **c_{ann_energ.manut_cls}** è la spesa annua totale per classe sostenuta dai Comuni per energia e manutenzione dell'impianto di illuminazione;
- ✓ **c_{energ_cls}** è la spesa annua totale per classe per la sola energia, calcolata nella [40];
- ✓ **c_{manut_cls}** è la spesa annua totale per classe per la sola manutenzione, calcolata nella [42].

Da qui, i costi totali annuali di energia e manutenzione sostenuti dall'intero insieme dei Comuni oggetto di analisi deriva dalla somma dei totali di classe, quindi:

$$[66] \quad c_{\text{ann_ener.manut_tot}} = \sum c_{\text{ann_ener.manut_cls}}$$

Dove:

- ✓ **c_{ann_ener.manut_tot}** è il costo annuo totale di energia e manutenzione degli impianti di illuminazione;
- ✓ **c_{ann_ener.manut_cls}** è la spesa annua totale per classe sostenuta dai Comuni per energia e manutenzione dell'impianto di illuminazione, determinata nella [65].

Successivamente vengono riepilogati i risultati totali degli investimenti riguardanti il processo di pianificazione degli interventi di riqualificazione e dell'acquisizione degli impianti di illuminazione di cui i Comuni in esame non sono proprietari.

I costi totali del processo di acquisizione pianificazione per classe sono già stati calcolati nella [14], per cui ci limitiamo a ribadire la formula per chiarezza espositiva:

$$c_{\text{pian.acq_cls}} = c_{\text{PRIC_cls}} + c_{\text{b.g_cls}} + c_{\text{perizia_cls}} + c_{\text{az.legale_cls}} + c_{\text{riscatto_cls}}$$

dove:

- ✓ **c_{pian.acq_cls}** è il costo totale per classe del processo di pianificazione dell'intervento e di acquisizione degli impianti non di proprietà;
- ✓ **c_{PRIC_cls}** è il costo totale per classe della redazione del PRIC, determinato nella [6];
- ✓ **c_{b.g_cls}** è il costo totale per classe della redazione del bando gara per gli interventi di riqualificazione, determinato nella [13];
- ✓ **c_{perizia_cls}** è il costo totale per classe dell'elaborazione della perizia di esproprio, determinato nella [8];
- ✓ **c_{az.legale_cls}** è il costo totale per classe dell'azione legale contro ENEL, calcolato nella [9];
- ✓ **c_{riscatto_cls}** è il costo totale per classe del procedimento di riscatto, determinato nella [11].

Il risultato, invece, del processo di pianificazione degli interventi di riqualificazione e di acquisizione degli impianti per la totalità dei Comuni presi in considerazione è la somma dei risultati per classe sopra ottenuti, dunque:

$$[67] \quad c_{\text{pian.acq_tot}} = \sum c_{\text{pian.acq_cls}}$$

Dove:

- ✓ **c_{pian.acq_tot}** è il costo totale del processo di pianificazione degli interventi di riqualificazione e di acquisizione degli impianti per la totalità dei Comuni presi in considerazione;
- ✓ **c_{pian.acq_cls}** è il costo totale del processo di acquisizione pianificazione per ogni classe, determinato nella [14].

Il passo successivo è il riepilogo degli investimenti di riqualificazione degli impianti di illuminazione in ipotesi di installazione di regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato, sia elettrica che illuminotecnica; tale operazione è effettuata sia a livello di totali di classe, poi, per ciascuna voce, anche a livello di totale globale.

Iniziamo con il riepilogo degli investimenti di messa a norma elettrica; per ciascuna classe si ha:

$$[68] \quad c_{\text{m.n.el_cls}} = c_{\text{sbr.sos_cls}} + c_{\text{lin.el_cls}} + c_{\text{real.scavi_cls}}$$

Dove:

- ✓ **c_{m.n.el_cls}** è il costo totale, per ogni classe, dell'investimento di messa a norma elettrica;
- ✓ **c_{sbr.sos_cls}** è il costo totale, per ogni classe, della sostituzione di sbracci e sostegni, determinato nella [22];

- ✓ **c_{lin.el_cls}** è il costo totale, per ogni classe, del rifacimento delle linee elettriche, determinato nella [24];
- ✓ **c_{real.scavi_cls}** è il costo totale, per ogni classe, della realizzazione di scavi e asfaltature ove necessarie, determinato nella [26].

Il totale degli investimenti di messa a norma elettrica aggregato, cioè per tutti i Comuni presi in considerazione dall'analisi è:

$$[69] \quad c_{m.n.el_tot} = \sum c_{m.n.el_cls}$$

Dove:

- ✓ **c_{m.n.el_tot}** è il totale globale degli investimenti di messa a norma elettrica;
- ✓ **c_{m.n.el_cls}** è il costo totale, per ogni classe, dell'investimento di messa a norma elettrica, determinato nella [68].

Per quanto riguarda invece la messa a norma illuminotecnica, in ipotesi di regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecontrollato, l'investimento totale per ciascuna classe è così determinato:

$$[70] \quad c_{m.n.illtec_reg.centri_cls} = c_{sost_ill_cls} + c_{reg.centri_cls}$$

Dove

- ✓ **c_{m.n.illtec_reg.centri_cls}** è il costo totale per classe degli investimenti in messa a norma illuminotecnica, in ipotesi di installazione regolatore centralizzato;
- ✓ **c_{sost_ill_cls}** è il costo totale per classe della sostituzione dei corpi illuminanti sia illuminanti che arredo, determinato nella [30];
- ✓ **c_{reg.centri_cls}** è il costo totale per ogni classe dell'installazione di apparecchi di regolazione del flusso luminoso centralizzata e telecontrollata, determinato nella [32].

Il totale globale dell'ammontare degli investimenti di messa a norma illuminotecnica sarà la somma dei totali di classe, dunque:

$$[71] \quad c_{m.n.illtec_reg.centri_tot} = \sum c_{m.n.illtec_reg.centri_cls}$$

Dove:

- ✓ **c_{m.n.illtec_reg.centri_tot}** è l'importo totale degli investimenti di messa a norma illuminotecnica, in ipotesi di installazione di regolatore flusso luminoso centralizzato e telecontrollato;
- ✓ **c_{m.n.illtec_reg.centri_cls}** è il costo totale per classe degli investimenti in messa a norma illuminotecnica, in ipotesi di installazione regolatore centralizzato, determinato nella [70].

Ci sono ora tutti gli elementi per calcolare l'importo totale degli investimenti necessari del processo di pianificazione dell'intervento, acquisizione degli impianti non di proprietà e riqualificazione degli impianti comprendente regolatore flusso luminoso centralizzato e telecontrollato, prima per ciascuna classe e poi aggregandone i totali.

Il totale per classe è:

$$[72]c_{riq_reg.centri_cls} = c_{pian.acq_cls} + c_{m.n.el_cls} + c_{m.n.illtec_reg.centri_cls}$$

Dove:

- ✓ **c_{riq_reg.centri_cls}** è il costo totale degli investimenti necessari per pianificazione, acquisizione e riqualificazione degli impianti in ipotesi di installazione regolatore flusso luminoso centralizzato e telecontrollato;
- ✓ **c_{pian.acq_cls}** è il costo totale del processo di acquisizione pianificazione per ogni classe, determinato nella [14];
- ✓ **c_{m.n.el_cls}** è il costo totale, per ogni classe, dell'investimento di messa a norma elettrica, determinato nella [68];
- ✓ **c_{m.n.illtec_reg.centri_cls}** è il costo totale per classe degli investimenti in messa a norma illuminotecnica in ipotesi di regolatore centralizzato, determinato nella [70].

Il totale, invece, degli investimenti aggregato a tutti i Comuni oggetto di analisi è :

$$[73]c_{riq_reg.centri_tot} = c_{pian.acq_tot} + c_{m.n.el_tot} + c_{m.n.illtec_reg.centri_tot}$$

Dove:

- ✓ **c_{riq_reg.centri_tot}** è il costo totale globale degli investimenti di pianificazione, acquisizione e realizzazione dell'intervento di riqualificazione degli impianti, comprendente regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecontrollato;
- ✓ **c_{pian.acq_tot}** è il costo totale del processo di pianificazione degli interventi di riqualificazione e di acquisizione degli impianti per la totalità dei Comuni presi in considerazione, determinato nella [67];
- ✓ **c_{m.n.el_tot}** è il totale globale degli investimenti di messa a norma elettrica, determinato nella [69];
- ✓ **c_{m.n.illtec_reg.centri_tot}** è l'importo totale degli investimenti di messa a norma illuminotecnica in ipotesi di regolatore centralizzato, determinato nella.

Infine, il modello di calcolo computa i risparmi annuali energetico-manutentivi previsti in caso di attuazione dell'intervento di riqualificazione in esame, cioè comprendente regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecontrollato; essi vengono dapprima calcolati per ciascuna classe, poi riepilogati nel totale globale.

I totali per ciascuna classe sono così ottenuti:

$$[74] risp_{ann_en.man_reg.centri_cls} = risp_{adeg.app_cls} + risp_{reg.centri_cls} + risp_{manut_cls}$$

Dove:

- ✓ **risp_{ann_en.man_reg.centri_cls}** è l'importo annuo dei risparmi energetico-manutentivi, per singola classe, derivanti dall'intervento di riqualificazione combinato con regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecontrollato;

- ✓ **risp_adeg.app_cls** è il risparmio totale per classe derivante dalla sostituzione degli apparecchi illuminanti, determinato nella [47];
- ✓ **risp_manut_cls** è il risparmio manutentivo totale per classe, determinato nella [58];
- ✓ **risp_reg.centri_cls** è il risparmio totale per classe derivante dall'installazione di apparecchi per la regolazione del flusso luminoso centralizzata e telecomandata determinato nella [49].

Il totale globale, per tutti i Comuni presi in considerazione nell'analisi, deriva quindi dall'aggregazione delle poste appena determinate, cioè:

$$[75] \text{ risp.ann.en.man.reg.centri_tot} = \sum \text{ risp.ann.en.man.reg.centri_cls}$$

Dove

- ✓ **risp.ann.en.man.reg.centri_tot** è il risparmio globale energetico-manutentivo in ipotesi di riqualificazione comprendente regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato;
- ✓ **risp.ann.en.man.reg.centri_cls** è l'importo annuo dei risparmi energetico-manutentivi, per singola classe, derivanti dall'intervento di riqualificazione combinato con regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato, appena determinato nella [74].

Calcoli di convenienza economica

Come detto, gli indicatori di convenienza economica dell'investimento previsti sono tre: payback period, V.A.N e T.I.R.

Il payback period è il tempo di recupero dell'investimento, ovvero il numero di anni necessari affinché i risparmi annuali aggregati eguagliano l'importo dell'investimento iniziale sostenuto. Nel nostro modello, esso viene calcolato a livello di singola classe; in ipotesi di riqualificazione con regolatore centralizzato, per ciascuna classe si avrà dunque:

$$[76] \text{ PBP_reg.centri_cls} = \text{ risp.ann.en.man.reg.centri_cls} / \text{ c_riq_reg.centri_cls}$$

Dove:

- ✓ **PBP_reg.centri_cls** è il payback period, in anni, dell'investimento in ipotesi di riqualificazione comprendente regolatori di flusso luminoso centralizzato e telecomandato;
- ✓ **risp.ann.en.man.reg.centri_cls** è l'importo annuo dei risparmi energetico-manutentivi, per singola classe, derivanti dall'intervento di riqualificazione combinato con regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato, appena determinato nella [74];
- ✓ **c_riq_reg.centri_cls** è il costo totale degli investimenti necessari per pianificazione, acquisizione e riqualificazione degli impianti in ipotesi di installazione regolatore flusso luminoso centralizzato e telecomandato, determinato nella [72].

Il V.A.N., o valore attuale netto, è calcolato genericamente, com'è noto, con la seguente formula:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

Dove:

- ✓ **t** sono le scadenze temporali;
- ✓ **CF_t** sono i flussi finanziari (positivi e negativi) dell'investimento corrispondenti a ciascuna scadenza temporale **t**;
- ✓ **i** è il tasso di attualizzazione scelto.

Nel modello di calcolo in esame, la configurazione proposta del V.A.N. è quella dell'orizzonte temporale a 20 anni, ipotizzato orizzonte temporale congruo per la valutazione di un investimento strutturale della portata di quello in esame.

La formula del calcolo del V.A.N. per ciascuna classe dell'investimento di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecontrollato è:

$$[77] \quad VAN_{reg.centricls} = \sum_{t=0}^{20} \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

Dove:

- ✓ **CF₁** è costo totale dell'investimento, (per classe) con segno negativo, calcolato nella [72];
- ✓ **CF_{2,3..20}** sono i risparmi annuali energetico-manutentivi (per classe), con segni positivi, ovvero la ripetizione dell'importo calcolato nella [74];
- ✓ **i** è un parametro inserito dall'utente.

Il Valore Attuale Netto dell'investimento di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecontrollato globale, cioè per tutti i Comuni oggetto di analisi, è la somma dei totali di classe appena calcolati:

$$[78] \quad VAN_{reg.centrictot} = \sum VAN_{reg.centricls}$$

Dove:

- ✓ **VAN_{reg.centrictot}** è Il Valore Attuale Netto dell'investimento di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecontrollato globale;
- ✓ **VAN_{reg.centricls}** è il VAN dell'investimento in ipotesi di regolatore centralizzato per classe, calcolato nella [77].

Per quanto riguarda il Tasso Interno di Rendimento, esso consiste, com'è noto, nel tasso di attualizzazione che rende nullo il Valore Attuale Netto. Di seguito ne è riportata l'espressione:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} = 0$$

Dove:

- ✓ **t** sono le scadenze temporali;
- ✓ **CF_t** sono i flussi finanziari (positivi e negativi) corrispondenti a ciascuna scadenza temporale **t**;

Anche per quanto riguarda il T.I.R, l'orizzonte temporale scelto nel caso in esame è 20 anni, per cui, il T.I.R. dell'investimento di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato sarà, per ciascuna classe :

[79]
$$VAN_{reg.centricls} = \sum_{t=0}^{20} \frac{CF_t}{(1+i)^t} = 0$$

Dove:

- ✓ **CF₁** è costo totale dell'investimento, per ciascuna classe, con segno negativo, calcolato nella [72];
- ✓ **CF_{2,3..20}** sono i risparmi annuali energetico-manutentivi (per classe), con segni positivi, ovvero la ripetizione dell'importo calcolato nella [74].

Indicatori relativi alle emissioni di CO₂

La terza e ultima parte del prospetto è dedicata al riepilogo dei risultati in termini di emissioni di CO₂, dapprima riepilogando le emissioni annue per classe del sistema di illuminazione attualmente in essere, calcolandone il totale, e poi riepilogandone i risparmi annuali per classe a seguito dell'intervento di riqualificazione degli impianti comprendente l'installazione di regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato, determinando anche qui il totale.

Per quanto riguarda la CO₂ le tonnellate immesse in atmosfera annualmente dal sistema di illuminazione in essere, per classe, sono già state determinate nella [44], la cui formula viene richiamata per chiarezza espositiva:

$$t_{emiss.CO2_cls} = t_{emiss.CO2_com} * num_com$$

Dove:

- ✓ **t_{emiss.CO2_cls}** è il totale delle emissioni di CO₂ per classe, espresso in tonnellate;
- ✓ **t_{emiss.CO2_com}** è il totale delle emissioni di CO₂ per Comune espresso in tonnellate, determinato nella [43];
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

Tali totali di classe vengono sommati al fine di pervenire al totale di CO₂ emessa in atmosfera nella totalità dei Comuni considerati:

$$[80] \quad t_{\text{emiss.CO2_tot}} = \sum t_{\text{emiss.CO2_cls}}$$

Dove:

- ✓ **t_{emiss.CO2_tot}** è il totale globale annuale di emissioni di CO₂ (in tonnellate) da parte della totalità dei Comuni in esame;
- ✓ **t_{emiss.CO2_cls}** è il totale delle emissioni di CO₂ per classe dal sistema attuale, espresso in tonnellate, determinato nella [44].

Successivamente vengono dunque riepilogati i risparmi annuali di CO₂ emessa in atmosfera a seguito dell'intervento di riqualificazione in ipotesi regolatore centralizzato, per classe; tale valore è già stato determinato nella [60], di cui si riporta la formula per chiarezza espositiva:

$$t_{\text{risp.CO2_reg.centri_cls}} = t_{\text{risp.CO2_reg.centri_com}} * \text{num_com}$$

Dove:

- ✓ **t_{risp.CO2_reg.centri_cls}** è il totale di tonnellate di CO₂ risparmiate per classe in ipotesi di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprensiva di installazione di regolatori di flusso luminoso centralizzato e telecomandato;
- ✓ **t_{risp.CO2_reg.centri_com}** è la quantità non emessa di tonnellate di CO₂, in caso di sistema di illuminazione con annesso regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato, appena determinato nella ();
- ✓ **num_com** è il numero dei Comuni, per ogni classe, oggetto di analisi, ed è stato specificato nei "parametri generali" (sezione 1.2.2).

Tali totali di classe vengono poi aggregati nel risparmio di CO₂ globale, in ipotesi di riqualificazione con regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato, che viene così quantificato:

$$[81] \quad t_{\text{risp.CO2_reg.centri_tot}} = \sum t_{\text{risp.CO2_reg.centri_cls}}$$

Dove:

- ✓ **t_{risp.CO2_reg.centri_tot}** è il numero di tonnellate di CO₂ risparmiate complessivamente dall'insieme dei Comuni in esame, in ipotesi di riqualificazione degli impianti comprendente regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecomandato;
- ✓ **t_{risp.CO2_reg.centri_cls}** rappresenta il risparmio annuale di CO₂ emessa in atmosfera a seguito dell'intervento di riqualificazione in ipotesi regolatore centralizzato, per classe, calcolato nella [60].

A questo punto, il sistema perviene al risparmio di tonnellate di emissioni in percentuale, per ciascuna classe:

$$[82] \quad \%_{\text{risp.CO2_reg.centri_cls}} = t_{\text{risp.CO2_reg.centri_cls}} / t_{\text{emiss.CO2_cls}}$$

Dove:

- ✓ **%_risp.CO2_reg.centri_cls** è la percentuale di CO₂ risparmiata grazie all'intervento di riqualificazione, per ciascuna classe;
- ✓ **t_risp.CO2_reg.centri_cls** rappresenta il risparmio annuale di CO₂ emessa in atmosfera a seguito dell'intervento di riqualificazione in ipotesi regolatore centralizzato, per classe, calcolato nella [60];
- ✓ **t_emiss.CO2_cls** è il totale delle emissioni di CO₂ per classe dal sistema attuale, espresso in tonnellate, determinato nella [44].

1.7.2 Sezione di riepilogo in ipotesi di riqualificazione comprendente regolatore del flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato

Descriviamo ora i passaggi necessari per la configurazione de prospetto di riepilogo dei risultati in ipotesi di investimento in riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato.

Come accennato in precedenza, molte parti sono analoghi al prospetto relativo alla riqualificazione con regolatore centralizzato appena descritta, per cui verranno descritte analiticamente solo le operazioni diverse da tale prospetto.

Risultati economici fondamentali

In questa sezione vengono dapprima riepilogati i totali per classe delle spese annuali di energia e manutenzione del sistema di illuminazione corrente, pre-riqualificazione.

I costi totali annuali per energia manutenzione per classe, hanno formula e risultato del tutto identici alla [65].

Come prima, vengono ora calcolati i costi totali annuali di energia e manutenzione sostenuti dall'intero insieme dei Comuni oggetto di analisi dalla somma dei totali di classe, quindi stesso identico risultato della [66].

Anche i risultati totali degli investimenti riguardanti il processo di pianificazione degli interventi di riqualificazione e dell'acquisizione degli impianti di illuminazione di cui i Comuni in esame non sono proprietari sono identici a quelli calcolati nel prospetto esaminato sopra.

I costi totali del processo di acquisizione pianificazione per classe sono già stati calcolati nella [14], mentre il risultato, invece, del processo di pianificazione degli interventi di riqualificazione e di acquisizione degli impianti per la totalità dei Comuni presi in considerazione è lo stesso calcolato nella [67].

Il passo successivo è il riepilogo degli investimenti di riqualificazione degli impianti di illuminazione in ipotesi di installazione di regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato, sia elettrica che illuminotecnica; tale operazione è effettuata sia a livello di totali di classe, poi, per ciascuna voce, anche a livello di totale globale.

Il riepilogo degli investimenti di messa a norma elettrica, per ciascuna classe, è del tutto analogo al computo nella [68].

Il totale degli investimenti di messa a norma elettrica aggregato, cioè per tutti i Comuni presi in considerazione dall'analisi è ancora lo stesso determinato nella [69].

Per quanto riguarda invece la messa a norma illuminotecnica, in ipotesi di regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato, l'investimento totale per ciascuna classe è così determinato:

$$[83] \quad c_{m.n.illtec_reg.pp_cls} = c_{sost_ill_cls} + c_{reg.pp_cls}$$

Dove

- ✓ $c_{m.n.illtec_reg.pp_cls}$ è il costo totale per classe degli investimenti in messa a norma illuminotecnica, in ipotesi di installazione regolatore 'punto-a-punto';
- ✓ $c_{sost_ill_cls}$ è il costo totale per classe della sostituzione dei corpi illuminanti sia illuminanti che arredo, determinato nella [30];
- ✓ $c_{reg.pp_cls}$ è il costo totale per ogni classe dell'installazione di apparecchi di regolazione del flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollata, determinato nella [34].

Il totale globale dell'ammontare degli investimenti di messa a norma illuminotecnica sarà la somma dei totali di classe appena determinati, dunque:

$$[84] \quad c_{m.n.illtec_reg.pp_tot} = \sum c_{m.n.illtec_reg.pp_cls}$$

Dove:

- ✓ $c_{m.n.illtec_reg.pp_tot}$ è l'importo totale degli investimenti di messa a norma illuminotecnica, in ipotesi di installazione di regolatore flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato;
- ✓ $c_{m.n.illtec_reg.centri_cls}$ è il costo totale per classe degli investimenti in messa a norma illuminotecnica, in ipotesi di installazione regolatore 'punto-a-punto', determinato nella [83].

Si perviene ora al computo dell'importo totale degli investimenti necessari del processo di pianificazione dell'intervento, acquisizione degli impianti non di proprietà e riqualificazione comprendente regolatore flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato, prima per ciascuna classe e poi aggregandone i totali.

Il totale per classe è:

$$[85] \quad c_{riq_reg.pp_cls} = c_{pian.acq_cls} + c_{m.n.el_cls} + c_{m.n.illtec_reg.pp_cls}$$

Dove:

- ✓ $c_{riq_reg.pp_cls}$ è il costo totale degli investimenti necessari per pianificazione, acquisizione e riqualificazione degli impianti in ipotesi di installazione regolatore flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato;
- ✓ $c_{pian.acq_cls}$ è il costo totale del processo di acquisizione pianificazione per ogni classe, determinato nella [14];
- ✓ $c_{m.n.el_cls}$ è il costo totale, per ogni classe, dell'investimento di messa a norma elettrica, determinato nella [68];
- ✓ $c_{m.n.illtec_reg.pp_cls}$ è il costo totale per classe degli investimenti in messa a norma illuminotecnica in ipotesi di installazione regolatore 'punto-a-punto', determinato nella [83].

Il totale, invece, degli investimenti aggregato a tutti i Comuni oggetto di analisi è :

$$[86] \quad c_{riq_reg.pp_tot} = c_{pian.acq_tot} + c_{m.n.el_tot} + c_{m.n.illtec_reg.pp_tot}$$

Dove:

- ✓ **c_riq_reg.pp_tot** è il costo totale globale degli investimenti di pianificazione, acquisizione e realizzazione dell'intervento di riqualificazione degli impianti, comprendente regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato;
- ✓ **c_pian.acq_tot** è il costo totale del processo di pianificazione degli interventi di riqualificazione e di acquisizione degli impianti per la totalità dei Comuni presi in considerazione, determinato nella [67];
- ✓ **c_m.n.el_tot** è il totale globale degli investimenti di messa a norma elettrica, determinato nella [69];
- ✓ **c_m.n.illtec_reg.pp_tot** è l'importo totale degli investimenti di messa a norma illuminotecnica in ipotesi di riqualificazione con regolatore del flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato, determinato nella [84].

Infine, il modello di calcolo computa i risparmi annuali energetico-manutentivi previsti in caso di attuazione dell'intervento di riqualificazione in esame, cioè comprendente regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato; essi vengono dapprima calcolati per ciascuna classe, poi riepilogati nel totale globale.

I totali per ciascuna classe sono così ottenuti:

$$[87] \text{ risp.ann.en.man.reg.pp.cls} = \text{ risp.adeg.app.cls} + \text{ risp.reg.pp.cls} + \text{ risp.manut.cls}$$

Dove:

- ✓ **risp.ann.en.man.reg.pp.cls** è l'importo annuo dei risparmi energetico-manutentivi, per singola classe, derivanti dall'intervento di riqualificazione combinato con regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato;
- ✓ **risp.adeg.app.cls** è il risparmio totale per classe derivante dalla sostituzione degli apparecchi illuminanti, determinato nella [47];
- ✓ **risp.manut.cls** è il risparmio manutentivo totale per classe, determinato nella [58];
- ✓ **risp.reg.pp.cls** è il risparmio totale per classe derivante dall'installazione di apparecchi per la regolazione del flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollata, calcolato nella [51].

Il totale globale, per tutti i Comuni presi in considerazione nell'analisi, deriva, esattamente come nel prospetto precedente, dall'aggregazione delle poste appena determinate, cioè:

$$[88] \quad \text{ risp.ann.en.man.reg.pp.tot} = \sum_i \text{ risp.ann.en.man.reg.pp.cls}_i$$

Dove

- ✓ **risp.ann.en.man.reg.pp.tot** è il risparmio globale energetico-manutentivo in ipotesi di riqualificazione comprendente regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato;
- ✓ **risp.ann.en.man.reg.pp.cls** è l'importo annuo dei risparmi energetico-manutentivi, per singola classe, derivanti dall'intervento di riqualificazione combinato con regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato, appena determinato nella [87].

Calcoli di convenienza economica

Il payback period; in ipotesi di riqualificazione con regolatore 'punto-a-punto', per ciascuna classe si avrà dunque:

$$[89] \quad \text{PBP}_{reg.pp_cls} = \text{risp.ann.en.man.reg.pp_cls} / c_{riq_reg.pp_cls}$$

Dove:

- ✓ **PBP_{reg.pp_cls}** è il payback period, in anni, dell'investimento in ipotesi di riqualificazione comprendente regolatori di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato;
- ✓ **risp.ann.en.man.reg.pp_cls** è l'importo annuo dei risparmi energetico-manutentivi, per singola classe, derivanti dall'intervento di riqualificazione combinato con regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato, determinato nella [87];
- ✓ **c_{riq_reg.pp_cls}** è il costo totale degli investimenti necessari per pianificazione, acquisizione e riqualificazione degli impianti in ipotesi di installazione regolatore flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato, determinato nella [85].

La formula del calcolo del V.A.N. dell'investimento di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato è invece, per ciascuna classe:

$$[90] \quad \text{VAN}_{reg.pp_cls} = \sum_{t=0}^{20} \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

Dove:

- ✓ **CF₁** è il costo totale dell'investimento di riqualificazione (per classe) comprendente regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto', con segno negativo, calcolato nella [85];
- ✓ **CF_{2,3..20}** sono i risparmi annuali energetico-manutentivi (per classe) derivanti da tale investimento, con segni positivi, ovvero la ripetizione dell'importo calcolato nella [87];
- ✓ **i** è un parametro inserito dall'utente.

Il Valore Attuale Netto dell'investimento di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato globale, cioè per tutti i Comuni oggetto di analisi, è la somma dei totali di classe appena calcolati:

$$[91] \quad \text{VAN}_{reg.pp_tot} = \sum \text{VAN}_{reg.pp_cls}$$

Dove:

- ✓ **VAN_{reg.pp_tot}** è Il Valore Attuale Netto dell'investimento di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato globale;

- ✓ **VAN_{reg.pp_cls}** è il VAN dell'investimento in ipotesi di regolatore 'punto-a-punto' per classe, calcolato nella [90].

Infine, il T.I.R. (per classe) dell'investimento di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato sarà :

$$[92] \quad VAN_{reg.pp_cls} = \sum_{t=0}^{20} \frac{CF_t}{(1+i)^t} = 0$$

Dove:

- ✓ **CF₁** è il costo totale dell'investimento di riqualificazione (per classe) comprendente regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto', con segno negativo, calcolato nella [85];
- ✓ **CF_{2,3..20}** sono i risparmi annuali energetico-manutentivi per ciascuna classe derivanti da tale investimento, con segni positivi, ovvero la ripetizione dell'importo calcolato nella [87].

Indicatori relativi alle emissioni di CO₂

Per quanto riguarda la CO₂ le tonnellate immesse in atmosfera annualmente dal sistema di illuminazione in essere, per classe, esse sono già state determinate nella [44].

Anche il totale di CO₂ emessa in atmosfera nella totalità dei Comuni considerati è lo stesso già determinato nella [80]

Successivamente vengono dunque riepilogati i risparmi annuali di CO₂ emessa in atmosfera a seguito dell'intervento di riqualificazione in ipotesi regolatore 'punto-a-punto', per classe; tale valore è già stato determinato nella [62].

Tali totali di classe vengono poi aggregati nel risparmio di CO₂ globale, in ipotesi di riqualificazione con regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecontrollato, che viene così quantificato:

$$[93] \quad t_{\text{risp.CO2_reg.pp_tot}} = \sum t_{\text{risp.CO2_reg.pp_cls}}$$

Dove:

- ✓ **t_{risp.CO2_reg.pp_tot}** è il numero di tonnellate di CO₂ risparmiate complessivamente dall'insieme dei Comuni in esame, in ipotesi di riqualificazione degli impianti comprendente regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato;
- ✓ **t_{risp.CO2_reg.pp_cls}** rappresenta il risparmio annuale di CO₂ emessa in atmosfera a seguito dell'intervento di riqualificazione in ipotesi regolatore 'punto-a-punto', per classe, calcolato nella [62][60].

A questo punto, il sistema perviene al risparmio di tonnellate di emissioni in percentuale, per ciascuna classe:

$$[94] \quad \%_{\text{risp.CO2_reg.pp_cls}} = t_{\text{risp.CO2_reg.pp_cls}} / t_{\text{emiss.CO2_cls}}$$

Dove:

- ✓ **%_risp.CO2_reg.pp_cls** è la percentuale di CO₂ risparmiata grazie all'intervento di riqualificazione, per ciascuna classe;
- ✓ **t_risp.CO2_reg.pp_cls** rappresenta il risparmio annuale di CO₂ emessa in atmosfera a seguito dell'intervento di riqualificazione in ipotesi regolatore centralizzato, per classe, calcolato nella [62];
- ✓ **t_emiss.CO2_cls** è il totale delle emissioni di CO₂ per classe dal sistema attuale, espresso in tonnellate, determinato nella [44].

1.7.3 Sezione di riepilogo in ipotesi di riqualificazione con regolatore del flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato combinato a illuminazione adattiva

In ultimo, descriviamo prospetto di riepilogo dei risultati in ipotesi di investimento in riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di regolatore di flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecontrollato combinata a dispositivi di illuminazione adattiva.

La metodologia di presentazione è la stessa del prospetto riguardante la riqualificazione 'punto-a-punto'.

Risultati economici fondamentali

Come nei prospetti precedenti, in questa sezione vengono dapprima riepilogati i totali per classe delle spese annuali di energia e manutenzione del sistema di illuminazione corrente, pre-riqualificazione.

I costi totali annuali per energia manutenzione per classe, hanno formula e risultato del tutto identici alla [65].

Come prima, vengono ora calcolati i costi totali annuali di energia e manutenzione sostenuti dall'intero insieme dei Comuni oggetto di analisi dalla somma dei totali di classe, quindi stesso identico risultato della [66].

Anche i risultati totali degli investimenti riguardanti il processo di pianificazione degli interventi di riqualificazione e dell'acquisizione degli impianti di illuminazione di cui i Comuni in esame non sono proprietari sono identici a quelli calcolati nel prospetto esaminato sopra.

I costi totali del processo di acquisizione pianificazione per classe sono già stati calcolati nella [14], mentre il risultato, invece, del processo di pianificazione degli interventi di riqualificazione e di acquisizione degli impianti per la totalità dei Comuni presi in considerazione è lo stesso calcolato nella [67].

Il passo successivo è il riepilogo degli investimenti di riqualificazione degli impianti di illuminazione in ipotesi di installazione di regolatore 'punto-a-punto' e illuminazione adattiva, riqualificazione sia elettrica che illuminotecnica; tale operazione è effettuata sia a livello di totali di classe, poi, per ciascuna voce, anche a livello di totale globale.

Il riepilogo degli investimenti di messa a norma elettrica, per ciascuna classe, è del tutto analogo al computo nella [68].

Il totale degli investimenti di messa a norma elettrica aggregato, cioè per tutti i Comuni presi in considerazione dall'analisi è ancora lo stesso determinato nella [69].

Per quanto riguarda invece la messa a norma illuminotecnica, in ipotesi di regolatore 'punto-a-punto' e illuminazione adattiva, l'investimento totale per ciascuna classe è così determinato:

$$[95] \quad c_{m.n.illtec_ill.adatt_cls} = c_{sost_ill_cls} + c_{ill.adatt_cls}$$

Dove

- ✓ **$c_{m.n.illtec_ill.adatt_cls}$** è il costo totale per classe degli investimenti in messa a norma illuminotecnica, in ipotesi di regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva;
- ✓ **$c_{sost_ill_cls}$** è il costo totale per classe della sostituzione dei corpi illuminanti sia illuminanti che arredo, determinato nella [30];
- ✓ **$c_{ill.adatt_cls}$** è il costo totale per ogni classe dell'installazione di apparecchi di regolazione del flusso luminoso 'punto-a-punto' combinata a illuminazione adattiva, determinato nella [37].

Il totale globale dell'ammontare degli investimenti di messa a norma illuminotecnica sarà la somma dei totali di classe appena determinati, dunque:

$$[96] \quad c_{m.n.illtec_ill.adatt_tot} = \sum c_{m.n.illtec_ill.adatt_cls}$$

Dove:

- ✓ **$c_{m.n.illtec_ill.adatt_tot}$** è l'importo totale degli investimenti di messa a norma illuminotecnica, in ipotesi di installazione di regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva;
- ✓ **$c_{m.n.illtec_ill.adatt_cls}$** è il costo totale per classe degli investimenti in messa a norma illuminotecnica, in ipotesi di installazione regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, determinato nella [95][70][83].

Si perviene ora al computo dell'importo totale degli investimenti necessari del processo di pianificazione dell'intervento, acquisizione degli impianti non di proprietà e riqualificazione comprendente regolatore flusso luminoso 'punto-a-punto' e telecomandato, prima per ciascuna classe e poi aggregandone i totali.

Il totale per classe è:

$$[97] c_{riq_ill.adatt_cls} = c_{pian.acq_cls} + c_{m.n.el_cls} + c_{m.n.illtec_ill.adatt_cls}$$

Dove:

- ✓ **$c_{riq_ill.adatt_cls}$** è il costo totale degli investimenti necessari per pianificazione, acquisizione e riqualificazione degli impianti in ipotesi di installazione regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva;
- ✓ **$c_{pian.acq_cls}$** è il costo totale del processo di acquisizione pianificazione per ogni classe, determinato nella [14];
- ✓ **$c_{m.n.el_cls}$** è il costo totale, per ogni classe, dell'investimento di messa a norma elettrica, determinato nella [68];
- ✓ **$c_{m.n.illtec_ill.adatt_cls}$** è il costo totale per classe degli investimenti in messa a norma illuminotecnica in ipotesi di installazione regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, determinato nella [95][83].

Il totale, invece, degli investimenti aggregato a tutti i Comuni oggetto di analisi è :

$$[98]c_{riq_ill.adatt_tot} = c_{pian.acq_tot} + c_{m.n.el_tot} + c_{m.n.illtec_ill.adatt_tot}$$

Dove:

- ✓ **c_{riq_ill.adatt_tot}** è il costo totale globale degli investimenti di pianificazione, acquisizione e realizzazione dell'intervento di riqualificazione degli impianti, comprendente regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva;
- ✓ **c_{pian.acq_tot}** è il costo totale del processo di pianificazione degli interventi di riqualificazione e di acquisizione degli impianti per la totalità dei Comuni presi in considerazione, determinato nella [67];
- ✓ **c_{m.n.el_tot}** è il totale globale degli investimenti di messa a norma elettrica, determinato nella [69];
- ✓ **c_{m.n.illtec_ill.adatt_tot}** è l'importo totale degli investimenti di messa a norma illuminotecnica in ipotesi di riqualificazione con regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, determinato nella [96].

Infine, il modello di calcolo computa i risparmi annuali energetico-manutentivi previsti in caso di attuazione dell'intervento di riqualificazione in esame, cioè comprendente regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva; essi vengono dapprima calcolati per ciascuna classe, poi riepilogati nel totale globale.

I totali per ciascuna classe sono così ottenuti:

$$[99]risp_{ann_en.man_ill.adatt_cls} = risp_{adeg.app_cls} + risp_{ill.adatt_cls} + risp_{manut_cls}$$

Dove:

- ✓ **risp_{ann_en.man_ill.aatt_cls}** è l'importo annuo dei risparmi energetico-manutentivi, per singola classe, derivanti dall'intervento di riqualificazione combinato con regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva;
- ✓ **risp_{adeg.app_cls}** è il risparmio totale per classe derivante dalla sostituzione degli apparecchi illuminanti, determinato nella [47];
- ✓ **risp_{manut_cls}** è il risparmio manutentivo totale per classe, determinato nella [58];
- ✓ **risp_{ill.adatt_cls}** è il risparmio totale per classe derivante dall'installazione di regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, calcolato nella [53].

Il totale globale, per tutti i Comuni presi in considerazione nell'analisi, deriva, esattamente come nel prospetto precedente, dall'aggregazione delle poste appena determinate, cioè:

$$[100] risp_{ann_en.man_ill.adatt_tot} = \sum risp_{ann_en.man_ill.adatt_cls}$$

Dove

- ✓ **risp_{ann_en.man_ill.adatt_tot}** è il risparmio globale energetico-manutentivo in ipotesi di riqualificazione comprendente regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva;

- ✓ **risp.ann_en.man_ill.adatt_cls** è l'importo annuo dei risparmi energetico-manutentivi, per singola classe, derivanti dall'intervento di riqualificazione combinato con regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, appena determinato nella [99].

Calcoli di convenienza economica

Il payback period in ipotesi di riqualificazione con regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, per ciascuna classe, è così trovato:

$$[101] \text{PBP}_{ill.adatt_cls} = \text{risp.ann_en.man_ill.adatt_cls} / \text{c_riq_ill.adatt_cls}$$

Dove:

- ✓ **PBP_ill.adatt_cls** è il payback period, in anni, dell'investimento in ipotesi di riqualificazione comprendente regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva;
- ✓ **risp.ann_en.man_ill.adatt_cls** è l'importo annuo dei risparmi energetico-manutentivi, per singola classe, derivanti dall'intervento di riqualificazione combinato con regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, determinato nella [99];
- ✓ **c_riq_ill.adatt_cls** è il costo totale degli investimenti necessari per pianificazione, acquisizione e riqualificazione degli impianti in ipotesi di installazione regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, determinato nella [97].

La formula del calcolo del V.A.N. (per classe) dell'investimento di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva è invece:

$$[102] \text{VAN}_{ill.adatt_cls} = \sum_{t=0}^{20} \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

Dove:

- ✓ **CF₁** è il costo totale dell'investimento (per classe) di riqualificazione comprendente regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, con segno negativo, calcolato nella [97];
- ✓ **CF_{2,3..20}** sono i risparmi annuali energetico-manutentivi (per classe) derivanti da tale investimento, con segni positivi, ovvero la ripetizione dell'importo calcolato nella [99];
- ✓ **i** è un parametro inserito dall'utente.

Il Valore Attuale Netto dell'investimento di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva globale, cioè per tutti i Comuni oggetto di analisi, è la somma dei totali di classe appena calcolati:

$$[103] \text{VAN}_{ill.adatt_tot} = \sum \text{VAN}_{ill.adatt_cls}$$

Dove:

- ✓ **VAN_ill.adatt_tot** è Il Valore Attuale Netto dell'investimento di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva a livello di tutti i Comuni considerati;
- ✓ **VAN_ill.adatt_cls** è il VAN dell'investimento in ipotesi di regolatore 'punto-a-punto' per classe, calcolato nella [102].

Infine, il T.I.R. dell'investimento di riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva sarà, per ciascuna classe:

$$[104] \quad VAN_{ill.adatt_cls} = \sum_{t=0}^{20} \frac{CF_t}{(1+i)^t} = 0$$

Dove:

- ✓ **CF₁** è il costo totale dell'investimento (per classe) di riqualificazione comprendente regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, con segno negativo, calcolato nella [97];
- ✓ **CF_{2,3..20}** sono i risparmi annuali (per classe) energetico-manutentivi derivanti da tale investimento, con segni positivi, ovvero la ripetizione dell'importo calcolato nella [99].

Indicatori relativi alle emissioni di CO₂

Per quanto riguarda la CO₂ le tonnellate immesse in atmosfera annualmente dal sistema di illuminazione in essere, per classe, esse sono già state determinate nella [44].

Anche il totale di CO₂ emessa in atmosfera nella totalità dei Comuni considerati è lo stesso già determinato nella [80]

Successivamente vengono dunque riepilogati i risparmi annuali di CO₂ emessa in atmosfera a seguito dell'intervento di riqualificazione in ipotesi di regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, per classe; tale valore è già stato determinato nella [64].

Tali totali di classe vengono poi aggregati nel risparmio di CO₂ globale, in ipotesi di riqualificazione con regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecontrollato, che viene così quantificato:

$$[105] \quad t_ risp.CO2_ ill.adatt_ tot = \sum t_ risp.CO2_ ill.adatt_ cls$$

Dove:

- ✓ **t_risp.CO2_ill.adatt_tot** è il numero di tonnellate di CO₂ risparmiate complessivamente dall'insieme dei Comuni in esame, in ipotesi di riqualificazione degli impianti comprendente regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva;
- ✓ **t_risp.CO2_ill.adatt_cls** rappresenta il risparmio annuale di CO₂ emessa in atmosfera a seguito dell'intervento di riqualificazione in ipotesi regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, per classe, calcolato nella [64].

A questo punto, il sistema perviene al risparmio di tonnellate di emissioni in percentuale, per ciascuna classe:

$$[106] \%_{\text{risp.CO2_ill.adatt_cls}} = t_{\text{risp.CO2_ill.adatt_cls}} / t_{\text{emiss.CO2_cls}}$$

Dove:

- ✓ **%_{risp.CO2_ill.adatt_cls}** è la percentuale di CO₂ risparmiata grazie all'intervento di riqualificazione, per ciascuna classe;
- ✓ **t_{risp.CO2_ill.adatt_cls}** rappresenta il risparmio annuale di CO₂ emessa in atmosfera a seguito dell'intervento di riqualificazione in ipotesi regolatore 'punto-a-punto' combinato a illuminazione adattiva, per classe, calcolato nella [64];
- ✓ **t_{emiss.CO2_cls}** è il totale delle emissioni di CO₂ per classe dal sistema attuale, espresso in tonnellate, determinato nella [44].

2 Lo studio di fattibilità: la simulazioni di scenari di analisi

passo successivo alla realizzazione degli obiettivi di analisi economico-tecnica prefissi da Illumina consiste nella reale valutazione della portata e della consistenza dell'intervento di riqualificazione sopra descritto e dei benefici da esso derivanti.

A questo fine, una volta redatte le formule del modello di calcolo, occorre procedere alla stima dei valori che tali parametri devono assumere. Quest'operazione è particolarmente complessa e delicata in quanto mira ad attribuire valore numerico ai parametri in precedenza definiti '**parametri inserito dall'utente**'. Lo sforzo è ulteriore, se si considera che la maggior parte dei parametri hanno, in realtà, valori diversi in corrispondenza delle diverse classi di analisi in cui sono suddivisi i Comuni.

La configurazione di seguito proposta si basa su una scelta di tali valori fondata su questi criteri, già anticipati nella sezione 1.2.1:

- ✓ schede ENEA sui 15 Comuni Lumière, somministrate nel primo semestre 2011 (si veda il successivo paragrafo 3.2 per l'elenco dei comuni che hanno aderito);
- ✓ interviste a tecnici e sindaci dei Comuni interessati;
- ✓ approssimazioni e stime derivanti dall'analisi della casistica e dall'esperienza professionale degli autori.

L'approssimazione di seguito esposta costituisce un valido e significativo quadro di analisi del sistema Monza e Brianza da estendere al parco di illuminazione pubblica regionale prima e italiano poi.

Infatti, nella nostra trattazione si utilizzeranno gran parte delle stime effettuate per lo scenario di Monza e Brianza e si mostreranno i risultati delle simulazioni relative all'intera Regione Lombardia prima e dell'intero territorio nazionale poi.

L'esposizione, dunque, dapprima analizzerà tutti i parametri del modello provincia Monza e Brianza, considerato scenario di riferimento, mentre per gli altri scenari verranno riportate soltanto le differenze intercorrenti con esso.

2.1 Simulazione relativa ai Comuni provincia Monza e Brianza

L'esposizione dei valori dei parametri seguirà la stessa impostazione dell'esposizione delle formule del capitolo 2: verranno dunque esposti i parametri per ciascuna sezione del modello di calcolo.

2.1.1 Parametri generali

I valori impostati per i parametri generali sono riassunti in Tabella 1 .

Tabella 1 – Parametri sezione Parametri iniziali e calcoli preliminari

| PARAMETRO | U.M. | < 5.000 | 5.000–15.000 | 15.000-50.000 | 50.000–100.000 |
|---------------------------------------|------|---------|--------------|---------------|----------------|
| Numero di Comuni per classe | % | 11 | 24 | 19 | 0 |
| Numero punti luce per abitante | % | 0,2 | 0,14 | 0,12 | 0,11 |

Fonte: elaborazione propria. Numero dei Comuni da dati Ancitel, 2011.

Il numero dei Comuni rispecchia ovviamente il numero reale dei Comuni di Monza e Brianza, escluso il capoluogo Monza che conta più di 100.000 abitanti, per cui è fuori dal nostro campo di analisi.

Per quanto riguarda i punti luce per abitante, è stata scelta questa approssimazione in luogo del rapporto punti luce/superficie.

2.1.2 Parametri relativi alla pianificazione degli interventi e acquisizione degli impianti

I parametri relativi al calcolo dei costi di pianificazione dell'intervento (ed eventuale acquisizione degli impianti) sono riassunti in tabella, con i rispettivi valori per ciascuna classe di Comuni.

Tabella 2 – Parametri sezione Pianificazione degli interventi e acquisizione per classi di Comuni

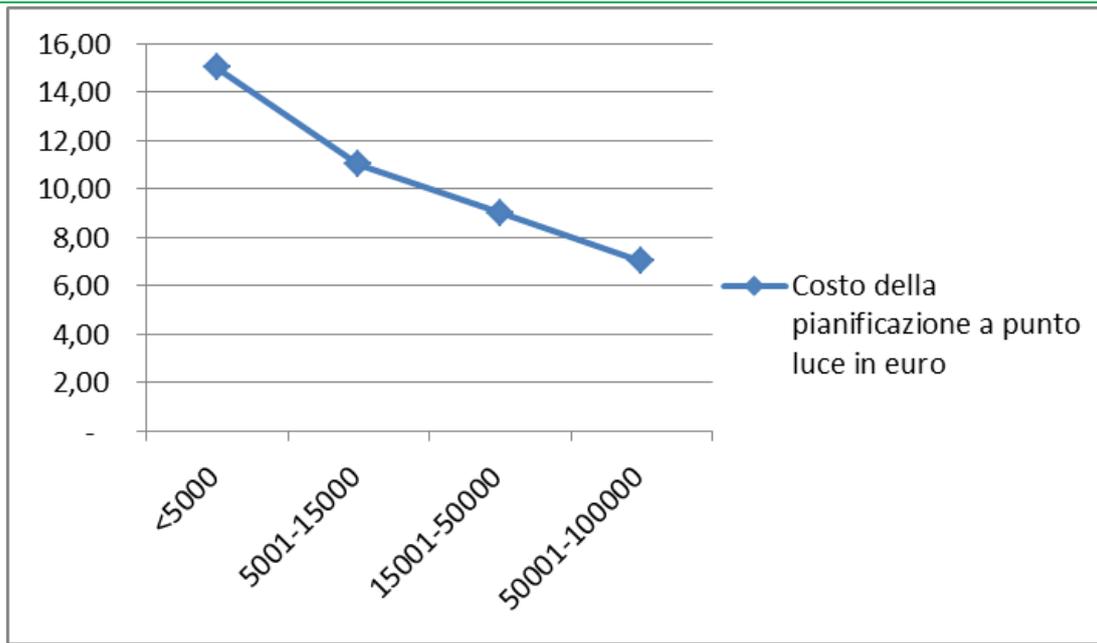
| PARAMETRO | U.M. | < 5.000 | 5.000–15.000 | 15.000-50.000 | 50.000–100.000 |
|--|------|---------|--------------|---------------|----------------|
| % Comuni non proprietari di impianti | % | 60 | 60 | 60 | 60 |
| % punti luce comunali non di proprietà | % | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Costo a punto luce del PRIC | € | 15 | 11 | 9 | 7 |
| Costo a p.l. della perizia di esproprio | € | 8 | 7 | 6 | 5 |
| Costo per Comune dell'azione legale | € | 5.000 | 8.000 | 12.000 | 16.000 |
| Costo a punto luce del riscatto dei p.l. | € | 25 | 20 | 17 | 14 |
| Costo del bando gara a punto luce | € | 13 | 10 | 7 | 5 |

Fonte: elaborazione propria

Per quanto riguarda la percentuale di Comuni non proprietari di impianti, essa si attesta al 60%. Tale realtà è tipicamente Lombarda, difatti, come vedremo nella parte dedicata alla simulazione di livello nazionale, il dato medio italiano si attesta a valori decisamente inferiori. Discorso analogo vale per la percentuale di punti luce non di proprietà del Comune.

È inoltre immediato osservare come le stime per singolo punto luce relative a costo per la redazione del PRIC, costo della perizia di esproprio, costo del riscatto degli impianti e costo del bando gara sono via via più basse man mano che ci si sposta verso una classe di Comuni più popolosa; in altre parole, esse seguono un andamento decrescente all'aumentare della popolazione dei Comuni analizzati.

Come esempio di tale tendenza, in Figura 2 sono riportati i valori relativi al costo a punto luce del PRIC.

Figura 2 –Costo della pianificazione a punto luce rispetto alla popolazione dei Comuni

Fonte: elaborazione propria

Il motivo di tale andamento è semplice: tali costi hanno nella realtà una componente fissa ma poiché nel modello di calcolo tali importi sono in funzione del numero dei punti luce, nei Comuni più grandi, dotati di un numero più elevato di punti luce, l'incidenza a livello di singolo punto luce decresce al crescere del numero degli stessi.

Diverso discorso vale per il costo dell'azione legale per Comune che, non essendo espresso come valore medio a punto luce ma come importo per Comune, ha valore crescente al crescere della popolazione dei Comuni. Intuitivamente, infatti, di maggior dimensione sarà il Comune, più grande sarà il numero di punti luce interessati all'esproprio e più sarà alto l'importo necessario per la risoluzione delle controversie legali.

2.1.3 parametri relativi ai costi di riqualificazione

Dividiamo i parametri relativi alla sezione di riqualificazione in due distinte tabelle: la Tabella 3, è dedicata ai valori dei parametri della riqualificazione elettrica, la seconda alla riqualificazione illuminotecnica.

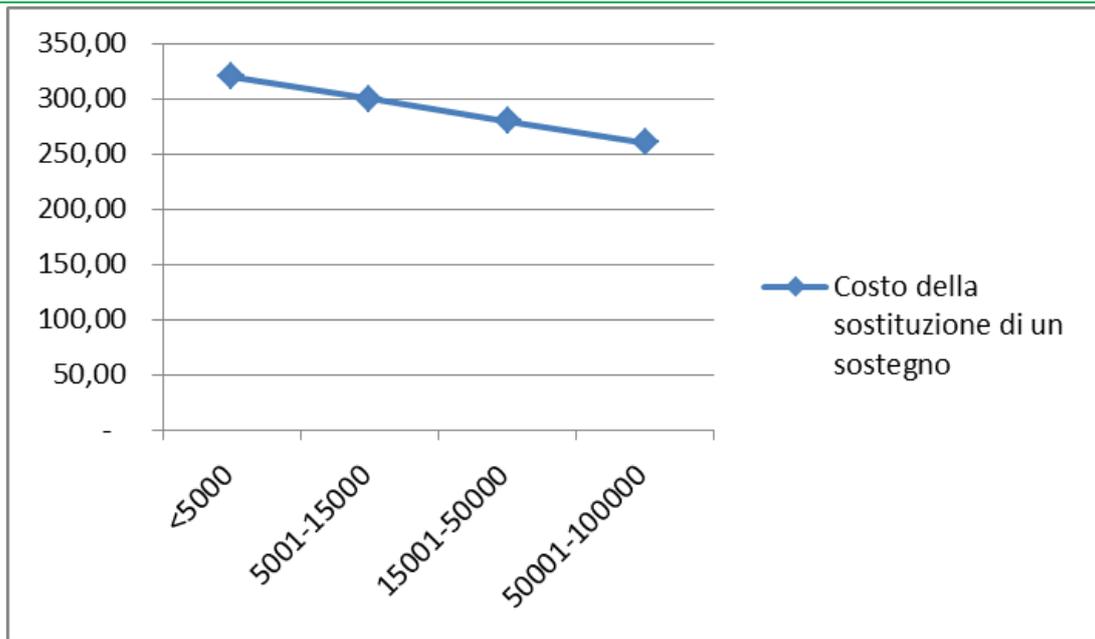
Tabella 3 – Parametri sezione Costi di riqualificazione elettrica per classi di Comuni

| PARAMETRO | U.M. | < 5.000 | 5.000–15.000 | 15.000-50.000 | 50.000–100.000 |
|--------------------------------------|------|---------|--------------|---------------|----------------|
| % sostegni da sostituire | % | 20 | 20 | 20 | 20 |
| % sbracci da sostituire | % | 10 | 10 | 10 | 10 |
| % linee elettriche da sostituire | % | 20 | 20 | 20 | 20 |
| % scavi da realizzare | % | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Costo unitario sostituzione sostegni | € | 320 | 300 | 280 | 260 |
| Costo unitario sostituzione sbraccio | € | 85 | 85 | 80 | 80 |
| Costo unitario rifacimento linea el. | € | 270 | 280 | 265 | 270 |
| Costo unitario realizzazione scavo | € | 900 | 880 | 860 | 840 |

Fonte: elaborazione propria

Per quanto riguarda le percentuali di sostituzione di sostegni, sbracci, linee elettriche e scavi da realizzare, ricordiamo che tali importi vengono parametrizzati automaticamente secondo la percentuale di punti luce non di proprietà dei Comuni (per ogni classe), come visto nella descrizione del modello nelle formule [15], [16], [17], [18]. Possiamo comunque ipotizzare valori di partenza costanti per tutte le classi.

Per quanto riguarda invece i costi unitari della sostituzione di sostegni, sbracci, rifacimento linee elettriche o realizzazione scavi, essi variano in diminuzione al variare delle classi di Comuni; in particolare, essi diminuiscono all'aumentare della popolazione dei Comuni, ovvero hanno andamento decrescente rispetto appunto al numero di abitanti.

Figura 3 –Costo della sostituzione di un sostegno ammalorato rispetto alla popolazione dei Comuni

Fonte: elaborazione propria

In Figura 3 è riportato, a titolo esemplificativo, il comportamento del costo di sostituzione di un sostegno, al variare delle classi di abitanti: esso rappresenta il comportamento anche delle altre grandezze citate.

Il motivo di ciò sta nel fatto che tali costi sono determinati, in genere, come importo unico complessivo, tramite gara pubblica; se dunque si vuole stimare tali costi a livello di singolo punto luce, dividendo il totale per il numero di punti luce in territorio, si ottiene una stima di costo che è logicamente in funzione decrescente del numero dei punti luce del Comune.

In tabella sono invece riportati i valori dei parametri relativi alla riqualificazione illuminotecnica.

Tabella 4 – Parametri sezione Costi di riqualificazione illuminotecnica

| PARAMETRO | U.M. | < 5.000 | 5.000–15.000 | 15.000-50.000 | 50.000–100.000 |
|--|------|---------|--------------|---------------|----------------|
| % illuminanti stradali da sostituire | % | 65 | 65 | 65 | 65 |
| Costo unitario sostituzione illuminante stradale | € | 250 | 240 | 230 | 220 |
| % illuminanti arredo da sostituire | % | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Costo unitario sostituzione illuminante arredo | € | 460 | 450 | 440 | 430 |
| % punti luce da regolare reg. centr. | % | 85 | 85 | 90 | 90 |
| Costo regolazione a punto luce reg. centr. | € | 80 | 70 | 60 | 50 |
| % punti luce da regolare reg. p.p. | % | 95 | 95 | 95 | 95 |
| Costo regolazione a punto luce reg. p.p. | € | 170 | 160 | 140 | 130 |
| % punti luce da regolare ill. adatt. | % | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Costo regolazione a punto luce ill.adatt. | € | 550 | 550 | 550 | 550 |

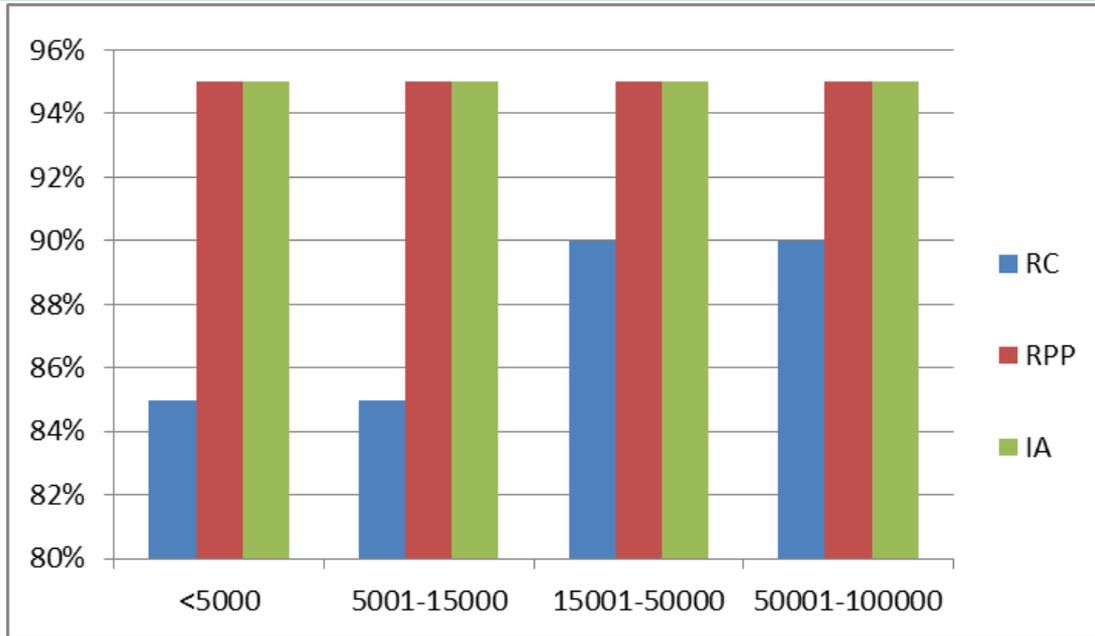
Fonte: elaborazione propria

A proposito del costo di sostituzione dei corpi illuminanti stradali e arredo, valgono le stesse osservazioni fatte in precedenza a proposito dei costi relativi alla riqualificazione elettrica. Da notare, comunque, che la percentuale di illuminanti stradali da sostituire sia piuttosto alta (65%), segno di uno stato di obsolescenza diffuso tra gli impianti di illuminazione sul nostro territorio.

Per quel che concerne le percentuali di punti luce da regolare nelle varie ipotesi di configurazione, notiamo che il numero dei punti luce da regolare nelle configurazioni ‘punto-a-punto’ e illuminazione adattiva sia superiore rispetto alla configurazione con regolatore centralizzato.

Le modalità ‘punto-a-punto’ e l’illuminazione adattiva, infatti, dal momento che consentono la regolazione del flusso luminoso tramite ballast elettronico a livello di singolo punto luce, richiedono la predisposizione di tale dispositivo in maniera più capillare tra i punti luce stessi.

Figura 4 – Percentuali di regolazione dei punti luce nelle ipotesi di regolazione del flusso luminoso rispetto a popolazione dei Comuni



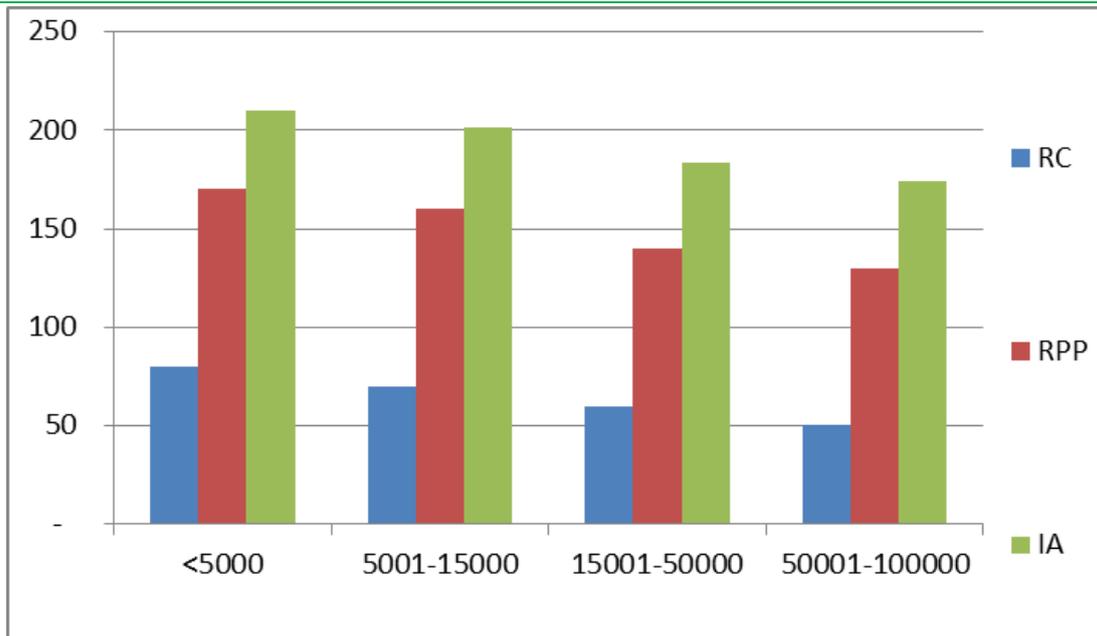
Fonte: elaborazione propria

Tali percentuali sono riportate nel grafico in Figura 4. La percentuale relativa all'illuminazione adattiva (IA) è uguale a quella relativa alla regolazione 'punto-a-punto' (RPP), perché, come illustrato a proposito della formula [35] $\%_{pl_reg.pp.adatt} = \%_{pl_reg.pp} - \%_{pl_reg.adatt}$ quest'ultima configurazione costituisce la base tecnica necessaria per l'applicazione dell'illuminazione adattiva.

La percentuale relativa alla regolazione centralizzata (RC) è invece di pochi punti maggiore nei Comuni più popolati, dai 15.000 abitanti in su.

Relativamente ai costi delle regolazioni, nelle varie ipotesi di configurazione, le stime a livello di singolo punto luce sono riportate nel grafico in Figura 5.

Figura 5 – Costo della regolazione dei punti luce nelle ipotesi di regolazione del flusso luminoso rispetto a popolazione dei Comuni



Fonte: elaborazione propria

Nel grafico, per l'illuminazione adattiva è riportata la media ponderata tra il costo della regolazione a punto luce per illuminazione adattiva rapportato alla percentuale di punti luce da regolare in caso di illuminazione adattiva (10%), e il costo della regolazione 'punto-a-punto' rapportato alla percentuale di punti luce da regolare per regolazione 'punto-a-punto' in caso di adattiva (che nel capitolo 2 è stata determinata nella [35]).

Si osserva facilmente che, da un lato, l'illuminazione adattiva è l'opzione più costosa, seguita dalla regolazione 'punto-a-punto', più cara della configurazione comprendente regolatore centralizzato; la differenza deriva dalla diversa tecnologia necessaria.

Dall'altro, tali costi sono ipotizzati decrescenti al crescere della grandezza dei Comuni; il motivo di ciò sta nel fatto che, essendo tali costi ipotizzati a livello di singolo punto luce, i Comuni più grandi, nei quali c'è un numero più elevato di punti luce, potranno conseguire economie di scala maggiori, e, di conseguenza, prezzi unitari più bassi.

2.1.4 parametri costi energetico-manutentivi e CO₂

In Tabella 5 sono riportati i valori dei parametri utilizzati nella sezione relativa al calcolo dei costi energetici, manutentivi e ambientali dell'attuale sistema di illuminazione provinciale in Monza e Brianza.

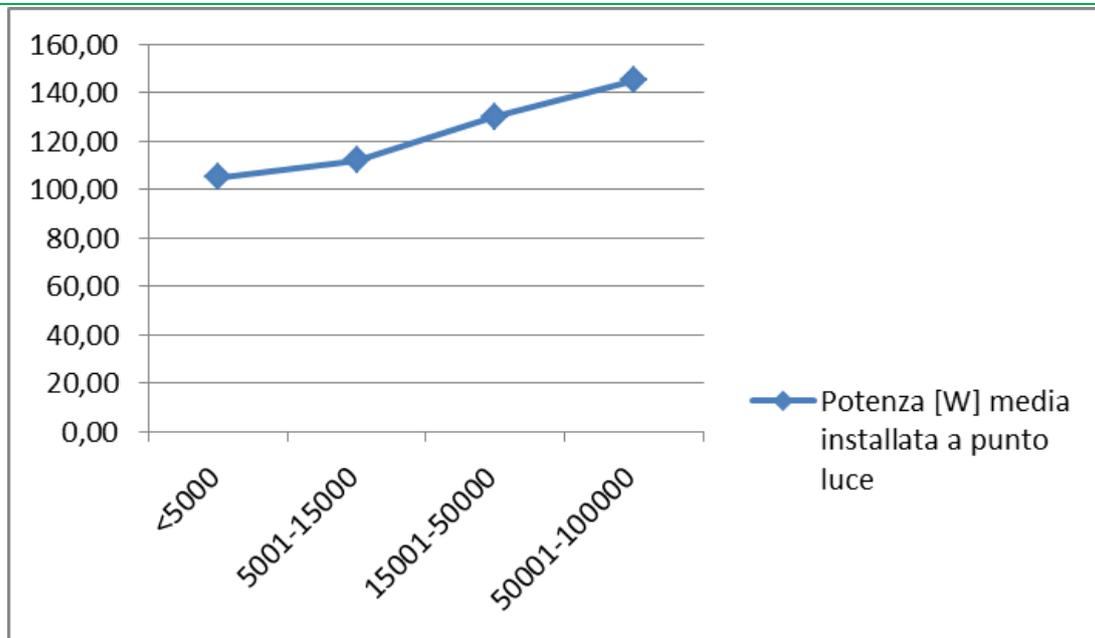
Tabella 5 – Parametri sezione Costi energetici, manutentivi e ambientali

| PARAMETRO | U.M. | < 5.000 | 5.000–15.000 | 15.000-50.000 | 50.000–100.000 |
|--|------|---------|--------------|---------------|----------------|
| Potenza media installata a p.l. | W | 105 | 112 | 130 | 145 |
| % perdite energia alimentatori ferromagnetici | % | 18 | 18 | 18 | 18 |
| numero ore annue accensione lampade | n° | 4.200 | 4.200 | 4.200 | 4.200 |
| costo €/kWh | € | 0.1414 | 0.1414 | 0.1350 | 0.1350 |
| costo manutentivo annuo a punto luce | € | 24 | 22 | 19 | 17 |
| kg di CO ₂ equivalente riversa in atmosfera per kWh | Kg | 0.563 | 0.563 | 0.563 | 0.563 |

Fonte: elaborazione propria

Notiamo come la potenza media installata a punto luce è maggiore nei Comuni più grandi; è stato rilevato, infatti, la tendenza ad avere potenze di illuminazione elevate, spesso anche oltre misura, nei Comuni sopra i 15.000 abitanti.

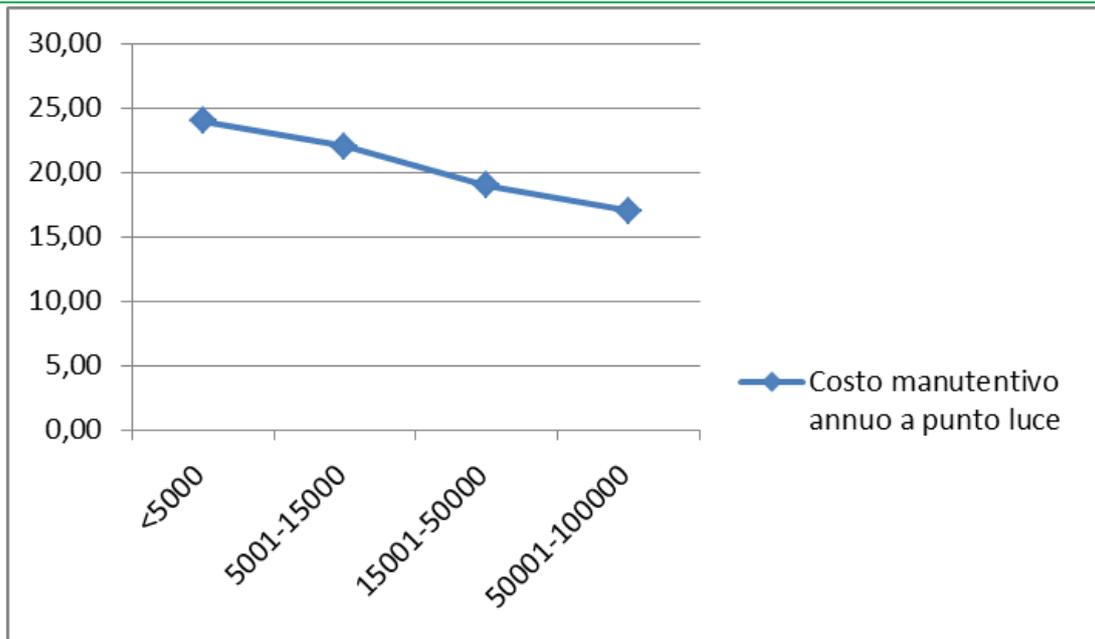
Figura 6 – Potenza media installata a punto luce rispetto a popolazione dei Comuni



Fonte: elaborazione propria

Tale trend è riportato nel grafico in Figura 6.

Per quanto riguarda il numero di ore annue di accensione delle lampade, è stato rilevato il dato di 4.200 ore.

Figura 7 - Costo annuo manutentivo a punto luce rispetto a popolazione dei Comuni

Fonte: elaborazione propria

Il costo annuo manutentivo a punto luce è decrescente rispetto alla popolazione dei Comuni; analogamente a quanto espresso nella sezione 2.1.2 a riguardo dei costi di PRIC, riscatto degli impianti, ecc, la ragione di questo trend consiste nel fatto che la manutenzione degli impianti è affidata dai Comuni tramite gara pubblica; per trovare una stima di costo a livello di singolo punto luce, l'importo dell'appalto va diviso per il numero di punti luce e nei Comuni più grandi, con maggior numero quindi di punti luce, tale costo unitario sarà minore.

La quantità di CO₂ equivalente emessa in atmosfera a punto luce è stata stimata a 0,563 kg causa l'elevato stato di obsolescenza degli impianti di illuminazione attualmente presenti non solo nel parco impianti di Monza e Brianza, ma su tutto il territorio nazionale.

2.1.5 Parametri sezione risparmi energetici, manutentivi e ambientali

In Tabella 6 sono riportati i valori dei parametri utilizzati nella sezione relativa al calcolo dei risparmi energetico-manutentivi e ambientali.

Tabella 6 – Parametri sezione Risparmi

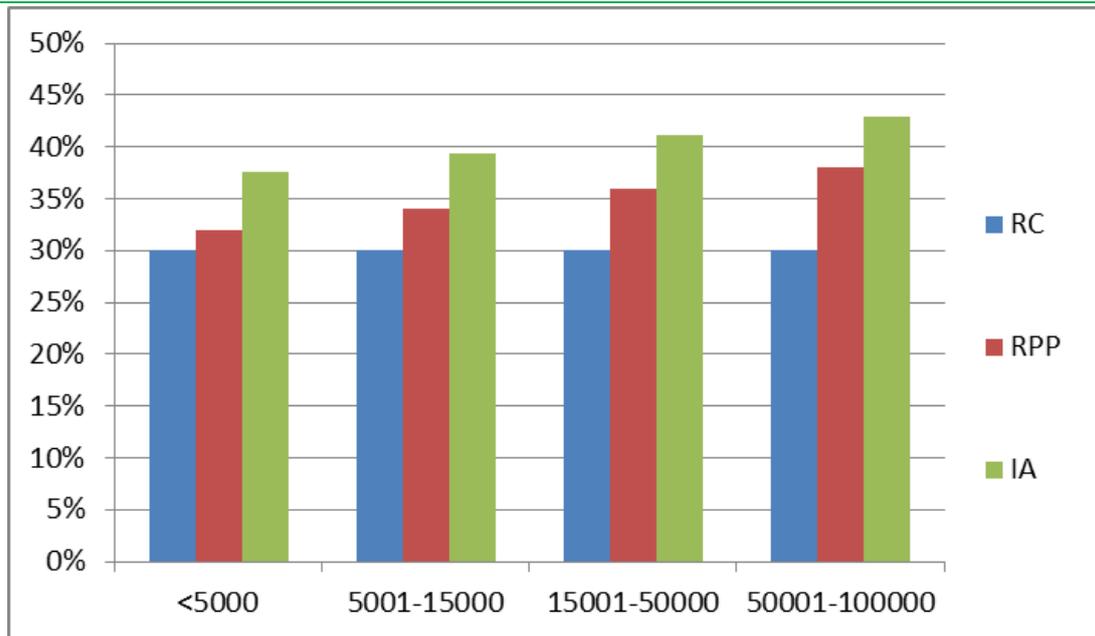
| PARAMETRO | U.M. | < 5.000 | 5.000–15.000 | 15.000-50.000 | 50.000–100.000 |
|---|------|---------|--------------|---------------|----------------|
| % risparmio conseguibile da adeguamento apparecchi ill. | % | 25 | 27 | 30 | 33 |
| % perdite energia alimentatori elettronici | % | 12 | 12 | 12 | 12 |
| % risparmio per punto luce da reg. centr. | % | 30 | 30 | 30 | 30 |
| % risparmio per punto luce da reg. p.p. | % | 32 | 34 | 36 | 38 |
| % risparmio per punto luce da ill. adatt. | % | 85 | 85 | 85 | 85 |
| % punti luce con lampade Hg su totale | % | 35 | 35 | 35 | 35 |
| % risparmio manutentivo a p.l. | % | 21 | 23 | 25 | 27 |

Fonte: elaborazione propria. Numero dei Comuni da dati Ancitel, 2011.

La percentuale di risparmio derivante dalla sostituzione di apparecchi illuminanti è ipotizzata crescente al crescere della dimensione dei Comuni; poiché la potenza media degli impianti in tali Comuni è maggiore, come visto nella sezione 2.1.4 nella Figura 6, il risparmio stimato conseguibili in tali impianti è maggiore in termini percentuali.

In Figura 8 vediamo invece il grafico riportante il confronto delle percentuali di risparmio aggiuntivo a punto luce derivante dalla regolazione del flusso luminoso nelle tre ipotesi di: regolazione centralizzata (RC), regolazione ‘punto-a-punto’ (RPP), illuminazione adattiva combinata con regolatore ‘punto-a-punto’ (IA).

Figura 8 – Risparmio medio a punto luce conseguibile dalla regolazione del flusso luminoso nelle tre diverse ipotesi di configurazione, rispetto a popolazione dei Comuni



Fonte: elaborazione propria

I valori riportati in grafico riguardo l'opzione IA derivano da una media ponderata del risparmio percentuale conseguibile dalla sola illuminazione adattiva (0,85%), ponderato per la percentuale di punti luce da regolare per la sola illuminazione adattiva (0,10% dalla Tabella 4) e il risparmio conseguibile dalla regolazione 'punto-a-punto' con il rispettivo 'peso' dato dalla percentuale di punti luce con regolatore 'punto-a-punto' in caso di illuminazione adattiva, calcolato nel capitolo 2 con la formula [35].

Si nota come il risparmio conseguibile sia costante per le diverse classi di Comuni nell'ipotesi di regolazione centralizzata, mentre sia crescente al crescere della popolazione dei Comuni per le opzioni RPP e IA.

Infine, la percentuale di risparmio manutentivo è più alta nei Comuni con popolazione maggiore; è stato rilevato, infatti, che nei Comuni più grandi, dotati di sistemi di illuminazione più complessi e, come visto in Figura 6, con potenza media installata più alta, un intervento di efficientamento degli impianti genera solitamente un risparmio manutentivo degli impianti maggiore.

Ricordiamo, inoltre, che al fine del calcolo del risparmio manutentivo viene computata, come da formula [54] una percentuale aggiuntiva relativa al risparmio conseguibile da punti luce ex ENEL Sole, parametrizzata secondo la percentuale di punti luce con lampade al Sodio attualmente presenti sul totale. Quest'ultima è stata stimata al 35% .

2.1.6 Parametri calcoli convenienza economica

In Tabella 7 sono, infine, riportati i parametri utilizzati per i calcoli di convenienza economica e i rispettivi valori.

Tabella 7 – Parametri sezione Calcoli di convenienza economica

| PARAMETRO | U.M. | < 5.000 | 5.000–15.000 | 15.000-50.000 | 50.000–100.000 |
|------------------------------------|------|---------|--------------|---------------|----------------|
| Tasso di sconto per calcolo V.A.N. | % | 5 | 5 | 5 | 5 |

Fonte: elaborazione propria. Numero dei Comuni da dati Ancitel, 2011.

Si ricorda, inoltre, che l'orizzonte temporale t per il calcolo del V.A.N. e del Tasso Interno di Rendimento è di 20 anni.

2.1.7 Risultati provincia Monza e Brianza

Figura 9 – Prospetto di riepilogo simulazione provincia MB – ipotesi riqualificazione con regolatore centralizzato

Prospetto di riepilogo: simulazione del modello di calcolo Monza e Brianza

ipotesi 1: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso centralizzato e telecontrollato
(tutti gli importi sono espressi in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | | esami annuali previsti per energie maridiretti |
|---------------------------------|---------------------|---|---|--|--|------------------------------|---|
| | | spese multi-utoli per energia elettrica manutenzione degli impianti | costo relativo alla pacificazione e acquisizione degli impianti | costo relativo alla riqualificazione luminosa (**) | costo relativo alla riqualificazione luminosa (***) | totale degli investimenti | |
| <5000 | 11 | 536,70 | 268,30 | 818,40 | 1.697,25 | 2.723,95 | 304,08 |
| 5001-15000 | 24 | 3.376,54 | 1.165,86 | 4.937,19 | 9.539,28 | 15.592,32 | 1.933,67 |
| 15001-50000 | 19 | 7.853,08 | 1.975,47 | 10.943,81 | 19.593,26 | 32.389,54 | 4.601,00 |
| 50001-100000 | 0 | | | 0,00 | | | |
| Totale | | 11.766,31 | 3.399,62 | 16.169,40 | 31.126,78 | 50.695,81 | 6.838,55 |

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | indicatori di convenienza economica | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------------|------------------|---|-------------------|
| | | payback period (anni) | VAN (Euro) | CO2 immessa in atmosfera (t) | % CO2 risparmiata |
| <5000 | 11 | 19 | 11.075,51 | 1.365,54 | 745,79 |
| 5001-15000 | 24 | 8 | 6.515,51 | 8.898,91 | 5.090,28 |
| 15001-50000 | 19 | 7 | 24.936,67 | 22.778,54 | 13.842,05 |
| 50001-100000 | 0 | 0 | 0,00 | | 0% |
| Totale | | | 34.527,69 | 33.043,01 | 19.679,14 |

* - la voce comprende i costi di mediazione PRC, perizia degli impianti, azione legale contro ENEL, acquisto degli impianti e mediazione bande gara
 ** - la voce comprende i costi di sostituzione dei sostegni annuali e/o obsoleti, rifacimento delle linee e tralicci e scavi e/o affidatore riative
 *** - la voce comprende i costi di sostituzione dei corpi illuminanti e installazione regolatore flusso luminoso

Fonte: elaborazione propria

Figura 10 – Prospetto di riepilogo simulazione provincia MB – ipotesi riqualificazione con regolatore ‘punto-a-punto’

Prospetto di riepilogo: simulazione del modello di calcolo Monza e Brianza

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso 'punto a punto' telecentrato

| | | risultati economici fondamentali | | | | | | |
|--------------------|------------------|--|---|--|--|--|--|--|
| | | costo relativo alla | | costo relativo alla | | risparmi annuali | | |
| | | parificazione e | | messaggio | | previdi per | | |
| | | acquisizione | | norma | | energia | | |
| | | degli impianti | | illuminotecnica | | mantentivi | | |
| | | (*) | | (**) | | (*) | | |
| Classi di abitanti | numero di Comuni | spese attuali totali per energia elettrica manutenzione degli impianti | costo relativo alla parificazione e acquisizione degli impianti (*) | costo relativo a messa in opera illuminotecnica (**) (€) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (***) (€) | risparmi annuali previsti per energia mantentivi | | |
| <5000 | 11 | 536,70 | 258,30 | 888,40 | 2.161,50 | 319,00 | | |
| 5001-15000 | 24 | 3.376,54 | 1.105,85 | 4907,19 | 12.027,43 | 2.057,93 | | |
| 15001-50000 | 19 | 7.833,08 | 1.975,47 | 10.043,81 | 25.824,25 | 4.936,32 | | |
| 50001-100000 | 0 | | | 0,00 | | | | |
| Totali | | 11.766,31 | 3.339,62 | 16.169,40 | 40.603,18 | 7.285,25 | | |

| | | indicatori di convenienza economica | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | |
|--------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|---|-------------------------------|
| | | payback period (anni) | tr(20 anni) | CO2 immessa in am attuale (in tonnellate) | risparmio CO2 (in tonnellate) |
| Classi di abitanti | numero di Comuni | | | | % CO2 risparmiata |
| <5000 | 11 | 10 | 8% | 1.365,56 | 60% |
| 5001-15000 | 24 | 9 | 9% | 8.898,91 | 63% |
| 15001-50000 | 19 | 8 | 13% | 22.778,54 | 68% |
| 50001-100000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| Totali | | | 30,618,09 | 33.043,01 | 21.515,90 |

*. In base a comparanda costi di redazione PRG, e di dati degli impianti, viene fissato il costo di gestione e manutenzione
 **. In base a comparanda costi di sostituzione dei sostegni armatori e/o cabloreti, rifacimento delle linee elettriche e scavi e/o allargature relative
 ***. In base a comparanda costi di sostituzione dei corpi illuminanti e installazione regolatore flusso luminoso

Fonte: elaborazione propria

Figura 11 – Prospetto di riepilogo simulazione provincia MB – ipotesi riqualificazione con illuminazione adattiva combinata a regolatore ‘punto-a-punto’

Prospetto di riepilogo: simulazione del modello di calcolo Monza e Brianza

Ipotesi 3: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un dispositivo per l'illuminazione adattiva (tutti gli impianti sono espressi in migliaia di euro)

| | | risultati economici fondamentali | | | | | | |
|--------------------|------------------|--|---|--|--|--|--|--|
| | | costo relativo alla | | costo relativo alla | | risparmi annuali | | |
| | | parificazione e | | messaggio | | previdi per | | |
| | | acquisizione | | norma | | energia | | |
| | | degli impianti | | illuminotecnica | | mantentivi | | |
| | | (*) | | (**) | | (*) | | |
| Classi di abitanti | numero di Comuni | spese attuali totali per energia elettrica manutenzione degli impianti | costo relativo alla parificazione e acquisizione degli impianti (*) | costo relativo a messa in opera illuminotecnica (**) (€) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (***) (€) | risparmi annuali previsti per energia mantentivi | | |
| <5000 | 11 | 536,70 | 258,30 | 816,40 | 2.370,50 | 331,25 | | |
| 5001-15000 | 24 | 3.376,54 | 1.105,85 | 4907,19 | 13.977,90 | 2.151,13 | | |
| 15001-50000 | 19 | 7.833,08 | 1.975,47 | 10.043,81 | 28.862,39 | 5.158,13 | | |
| 50001-100000 | 0 | | | 0,00 | | | | |
| Totali | | 11.766,31 | 3.339,62 | 16.169,40 | 45.160,79 | 7.609,51 | | |

| | | indicatori di convenienza economica | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | | |
|--------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|---|-------------------------------|-----|
| | | payback period (anni) | tr(20 anni) | CO2 immessa in am attuale (in tonnellate) | risparmio CO2 (in tonnellate) | |
| Classi di abitanti | numero di Comuni | | | | % CO2 risparmiata | |
| <5000 | 11 | 10 | 7% | 1.365,56 | 873,79 | 64% |
| 5001-15000 | 24 | 9 | 9% | 8.898,91 | 5.996,09 | 67% |
| 15001-50000 | 19 | 8 | 11% | 22.501,79 | 16.006,93 | 70% |
| 50001-100000 | 0 | 0 | 0% | - | - | 0% |
| Totali | | | 30.027,09 | 33.043,01 | 23.822,81 | |

*. In base a comparanda costi di redazione PRG, e di dati degli impianti, viene fissato il costo di gestione e manutenzione
 **. In base a comparanda costi di sostituzione dei sostegni armatori e/o cabloreti, rifacimento delle linee elettriche e scavi e/o allargature relative
 ***. In base a comparanda costi di sostituzione dei corpi illuminanti e installazione regolatore flusso luminoso

Fonte: elaborazione propria

In Figura 9, Figura 10, Figura 11 sono rappresentati i risultati dell'analisi condotta sui Comuni della provincia di Monza e Brianza nelle ipotesi di configurazione degli impianti di illuminazione rispettivamente con regolatore di flusso luminoso centralizzato (ipotesi 1), regolatore 'punto-a-punto' (ipotesi 2) e regolatore 'punto-a-punto' combinato a dispositivi di illuminazione adattiva (ipotesi 3).

Si evince immediatamente come i risparmi conseguibili grazie all'intervento siano cospicui: 6,8 mln di euro annui nella prima ipotesi, 7,2 nella seconda e 7,6 nella terza a fronte di un costo per energia e manutenzione attuale annuo di quasi 12 milioni di euro. In qualsiasi ipotesi, dunque, i risparmi energetico-manutentivi derivanti sarebbero più della metà dei costi attuali.

Altro dato di rilievo è il pesante importo degli investimenti necessari per la pianificazione dell'intervento, l'acquisizione degli impianti di illuminazione e l'attuazione della riqualificazione. Si va da un minimo di 50,6 milioni di euro nell'ipotesi 1 a un massimo di 64,7 milioni di euro in caso di applicazione di illuminazione adattiva.

La parte più consistente dell'investimento è, ovviamente in tutte le ipotesi, quella relativa alla riqualificazione illuminotecnica.

Per quanto riguarda i tempi di recupero dell'investimento, nel complesso sono lunghi, anche se variano dal tipo di configurazione ipotizzata e dalla classe di Comuni considerata. Nel complesso, comunque, l'investimento si ripaga in un periodo compreso tra un minimo di 6 anni a un massimo di 11.

Sul fronte delle emissioni di CO₂ i risultati sono eccellenti: secondo le stime, infatti, si risparmierebbero annualmente nell'ordine 19,6 migliaia di tonnellate nella prima ipotesi, 21,5 nella seconda e 22,7 nella terza, a fronte di un totale di emissioni annuali di poco più di 33.000 unità. Si tratta dunque di un abbattimento che varai, a seconda delle ipotesi e delle classi di Comuni, dal 55% al 70%.

Le ulteriori considerazioni che possiamo trarre sono due.

Come già intuito al momento dell'analisi dei valori dei parametri relativi alle Tabella 4, Tabella 6 e in Figura 5 e Figura 8 la configurazione dell'impianto luminoso comprendente illuminazione adattiva è in assoluto la più costosa in termini di investimento necessario, ma anche quella che genera più risparmi dal punto di vista economico-finanziario e delle emissioni di CO₂. Tuttavia, i tempi di ritorno dell'investimento sono più elevati e il Valore Attuale Netto a 20 anni è inferiore alle altre due. Ciò significa che questo è un investimento veramente redditizio in ottica di lungo periodo, con orizzonte temporale di alcuni decenni.

In un orizzonte temporale più breve del precedente, ma comunque di 20 anni, l'ipotesi 1 è la più profittevole, in quanto ha tempo di ritorno dell'investimento sensibilmente più breve (dai 7 ai 9 anni) e Valore Attuale Netto a 20 anni di circa 34,5 milioni di euro. Tale configurazione ha dunque meno costi di investimento necessari ma genera, di conseguenza, meno risparmi in termini economici e di CO₂.

Altra considerazione che possiamo trarre è che, in qualsiasi ipotesi di configurazione degli impianti, i risultati di qualsivoglia natura variano in maniera consistente tra le diverse classi di Comuni, con vantaggi importanti per i Comuni della classe 50.000 – 100.000 abitanti a confronto con la classe 0 – 5.000 comprendente i piccoli Comuni. D'altra parte, ciò è ovvia conseguenza

Su queste considerazioni, comunque, torneremo nella sezione relativa alle conclusioni.

2.2 Simulazione relativa ai singoli Comuni MB aderenti a Lumière

In ultimo, sono state effettuate delle analisi a livello individuale per quei Comuni, aderenti a Lumière, cui sono state somministrate le già citate schede ENEA, riportate in allegato.

In Tabella 8 vengono riportati, per ogni Comune, i valori dei parametri diversi da quelli già visti nella simulazione relativa alla provincia di Monza e Brianza.

Tabella 8 – Parametri relativi alle simulazioni individuali dei 15 Comuni aderenti a Lumière in provincia MB

| COMUNE | abitanti | Numero punti luce | % Comuni non proprietari di impianti | % punti luce non di proprietà |
|----------------|----------|-------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Agrate Brianza | 15.178 | 3.276 | 0% | 0% |
| Arcore | 17.500 | 1.851 | 100% | 95% |
| Barlassina | 6.887 | 1.162 | 100% | 68% |
| Burago | 4.222 | 702 | 100% | 75% |
| Carnate | 7.325 | 768 | 100% | 95,53% |
| Cornate Adda | 10.496 | 641 | 0% | 0% |
| Desio | 40.000 | 5.012 | 0% | 0% |
| Limbate | 34.500 | 4.188 | 100% | 60% |
| Meda | 23.221 | 3.100 | 100% | 74% |
| Mezzago | 4.181 | 588 | 100% | 90% |
| Misinto | 5.078 | 873 | 100% | 100% |
| Ornago | 4.700 | 794 | 100% | 96% |
| Seveso | 22.877 | 2.745 | 100% | 60% |
| Solico | 8.071 | 1.145 | 100% | 47,50% |
| Varedo | 12.640 | 1.624 | 100% | 72,23% |

Fonte: elaborazione propria su dati ENEA

Per quanto riguarda il numero dei punti luce per Comune, si è ritenuto opportuno inserire nel modello il dato esatto rilevato, ‘forzando’ il numero che sarebbe stato automaticamente calcolato dal sistema (capitolo 2, formula [2] $\text{num_pl} = \text{ab_med} * \text{pl_ab}$ di modo da ottenere risultati quanto più precisi possibile.

Poiché si tratta di simulazioni aventi come oggetto un Comune solo, la percentuale di Comuni non proprietari di impianti assume solo due valori: “100%” se il Comune in oggetto non ha la proprietà degli impianti, “0%” se invece ne è titolare.

Le tavole con i risultati per ciascun Comune sono riportate nel successivo paragrafo 2.2.1.

2.2.1 Risultati delle analisi per singolo Comune in provincia di Monza e Brianza aderente a Lumière

Figura 12 – L'analisi per il Comune di Agrate Brianza

Prospetto di ripiego: simulazione del modello di calcolo Agrate Brianza

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso 'punto a punto' telecomandato

(tutti gli impianti sono espressi in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|---|---|--|---------------------------|--|--|--|--|--|
| | spese attuali totali per energia elettrica necessaria per il funzionamento degli impianti | costo valore alla perfezionamento e acquisizione degli impianti [1] | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (**) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (***) | totali degli investimenti | risparmi annuali previsti per energia e manutenzione | | | | |
| <5000 | 0 | 0,00 | 0,00 | - | - | - | | | | |
| 5001-50000 | 347,18 | 52,42 | 146,93 | 1.141,69 | 1.341,03 | 175,93 | | | | |
| 50001-100000 | 0 | 0,00 | 0,00 | - | - | - | | | | |
| Totali | 347,18 | 52,42 | 146,93 | 1.141,69 | 1.341,03 | 175,93 | | | | |

| Classi di abitanti di Comuni | indicatori di convenienza economica | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | |
|------------------------------|-------------------------------------|---------------|---|------------------|
| | payback period (anni) | IRV% (20anni) | CO2 emissioni attuali (in tonnellate) | %CO2 risparmiata |
| <5000 | 0 | 0% | - | 0% |
| 5001-50000 | 8 | 12% | 1.007,04 | 66% |
| 50001-100000 | 0 | 0% | - | 0% |
| Totali | 851,45 | 851,45 | 1.007,04 | 66%,80 |

* In base al costo medio di produzione di energia elettrica (0,15 €/kWh) e al costo medio di acquisto degli impianti e di gestione, manutenzione e sostituzione dei costi di sostituzione dei componenti (0,10 €/kWh) e al rendimento delle linee elettriche e delle zone di servizio relative.

** In base al costo medio di produzione di energia elettrica (0,15 €/kWh) e al costo medio di acquisto degli impianti e di gestione, manutenzione e sostituzione dei costi di sostituzione dei componenti (0,10 €/kWh) e al rendimento delle linee elettriche e delle zone di servizio relative.

*** In base al costo medio di produzione di energia elettrica (0,15 €/kWh) e al costo medio di acquisto degli impianti e di gestione, manutenzione e sostituzione dei costi di sostituzione dei componenti (0,10 €/kWh) e al rendimento delle linee elettriche e delle zone di servizio relative.

Fonte: elaborazione propria

Figura 13 – L'analisi per il Comune di Arcore

Prospetto di riepilogo: simulazione del modello di calcolo Arcore

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso "punto a punto" telecomandato

(tutti gli importi sono esposti in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | | | risparmi annuali previsti per energie mantenuti |
|------------------------------|------------------|----------------------------------|--|--|--|--|---|---|
| | | spese attuali totali | costo relativo alla manutenzione e sostituzione degli impianti | costo relativo all'acquisto e installazione degli impianti | costo relativo alla messa a norma elettrica (**) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (***) | costo relativo alla sostituzione degli investimenti | |
| <500 | 0 | - | - | - | 0,00 | - | - | - |
| 500-15000 | 0 | - | - | - | 0,00 | - | - | - |
| 1500-50000 | 1 | 196,16 | 82,06 | 364,63 | 645,07 | 1.091,77 | 146,50 | - |
| 5000-100000 | 0 | - | - | - | 0,00 | - | - | - |
| Totale | | 196,16 | 82,06 | 364,63 | 645,07 | 1.091,77 | 146,50 | |

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | indicatori di convenienza economica | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | |
|------------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------|---|-------------------|
| | | payback period (anni) | WAV (20 anni) | CO2 immessa in un anno (t/ab.ann) | % CO2 risparmiata |
| <500 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| 500-15000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| 1500-50000 | 1 | 7 | 12% | 733,97 | 66% |
| 5000-100000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| Totale | | | 733,97 | 568,99 | 377,88 |

* In base al prezzo dei costi di produzione (PAC) e del valore degli impianti, sezione legge conto (PAC) - ricetto del piano triennale di bilancio
 ** In base al prezzo dei costi di sostituzione dei costi per illuminazione (PAC) osservati, riferimento delle linee e cavi e ricetto e ricetto di adattare a tale
 *** In base al prezzo dei costi di sostituzione dei costi per illuminazione e installazione e regolazione flusso luminoso.

Fonte: elaborazione propria

Figura 14 – L’analisi per il Comune di Barlassina

Prospetto di riepilogo: simulazione del modello di calcolo Barlassina

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso 'punto a punto' telecomandato

(tutti gli impianti sono espressi in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | | totali degli investimenti | risparmi annuali previsti per energia e manutenti |
|------------------------------|------------------|---|--|---|--|--|---------------------------|---|
| | | spese attuali totali per energia elettrica necessaria per sostituzione degli impianti | costo valore alla perfezione e acquisizione degli impianti [€] | costo valore alla riqualificazione e messa a norma illuminotecnica elettrica (**) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (***) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (***) | | |
| <500 | 0 | - | - | - | 0,00 | - | - | |
| 500-1500 | 1 | 116,77 | 53,74 | 185,14 | 436,33 | 675,21 | 74,18 | |
| 1500-5000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | |
| 5000-10000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | |
| Totale | | 116,77 | 53,74 | 185,14 | 436,33 | 675,21 | 74,18 | |

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | indicatori di convenienza economica | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | |
|------------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------|---|-------------------------------|
| | | payback period (anni) | WAK (20anni) | CO2 immesse attualmente (in tonnellate) | risparmio CO2 (in tonnellate) |
| <500 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| 500-1500 | 1 | 9 | 9% | 249,28 | 63% |
| 1500-5000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| 5000-10000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| Totale | | | 249,28 | 307,74 | 192,79 |

* - In base al costo medio di produzione di energia elettrica (0,15 €/kWh) e al costo medio di acquisto di energia elettrica (0,25 €/kWh) e al costo medio di sostituzione dei componenti (0,10 €/kWh) e al costo medio di installazione e di gestione (0,10 €/kWh).

** - In base al costo medio di produzione di energia elettrica (0,15 €/kWh) e al costo medio di acquisto di energia elettrica (0,25 €/kWh) e al costo medio di sostituzione dei componenti (0,10 €/kWh) e al costo medio di installazione e di gestione (0,10 €/kWh).

*** - In base al costo medio di produzione di energia elettrica (0,15 €/kWh) e al costo medio di acquisto di energia elettrica (0,25 €/kWh) e al costo medio di sostituzione dei componenti (0,10 €/kWh) e al costo medio di installazione e di gestione (0,10 €/kWh).

Fonte: elaborazione propria

Figura 15 – L’analisi per il Comune di Burago

Prospetto di riepiogo: simulazione del modello di calcolo Burago

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso 'punto a punto' telecontrollato

(tutti gli impianti sono esposti in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | totali degli investimenti | risparmi annuali previsti per energia e manutenti |
|------------------------------|------------------|---|--|--|--|---------------------------|---|
| | | spese attuali totali per energia (ricerca, manutenzione degli impianti) | costo valore alla perfezione e acquisizione degli impianti (*) | costo relativo alla messa a norma illuminotecnica elettrica (**) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (***) | | |
| <5000 | 1 | 68,50 | 43,03 | 122,28 | 275,89 | 440,20 | 44,69 |
| 5001-15000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - |
| 15001-50000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - |
| 50001-100000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - |
| Totali | | 68,50 | 42,03 | 122,28 | 275,89 | 440,20 | 44,69 |

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | indicatori di convenienza economica | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | |
|------------------------------|------------------|-------------------------------------|--------------|---|-------------------------------|
| | | payback period (anni) | WAK (20anni) | CO2 emissioni attuali (in tonnellate) | risparmio CO2 (in tonnellate) |
| <5000 | 1 | 10 | 8% | 116,76 | 103,77 |
| 5001-15000 | 0 | 0 | 0% | - | - |
| 15001-50000 | 0 | 0 | 0% | - | - |
| 50001-100000 | 0 | 0 | 0% | - | - |
| Totali | | | | 116,76 | 103,77 |

* - In base al costo medio (costo di installazione e PNC) per ettaro degli impianti, si ottiene il risparmio energetico e il risparmio economico.
 ** - In base al costo medio (costo di sostituzione dei componenti e PNC) per ettaro degli impianti, si ottiene il risparmio energetico e il risparmio economico.
 *** - In base al costo medio (costo di sostituzione dei componenti e PNC) per ettaro degli impianti, si ottiene il risparmio energetico e il risparmio economico.

Fonte: elaborazione propria

Figura 16 – L’analisi per il Comune di Carnate

Prospetto di riepliego: simulazione del modello di calcolo Carnate

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso 'punto a punto' telecomandato

(tutti gli impianti sono espressi in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | | | totali degli investimenti | risparmi annuali previsti per energia e manutenti |
|------------------------------|------------------|--|---|---|---|---|---|---------------------------|---|
| | | spese attuali totali per energia elettrica e manutenzione degli impianti | costo valore alla perfezionamento e acquisizione degli impianti (*) | costo valore alla riqualificazione e messa in funzione elettrica (**) | costo relativo alla illuminazione (***) | costo relativo alla illuminazione (***) | costo relativo alla illuminazione (***) | | |
| <500 | 0 | - | - | - | 0,00 | - | - | - | |
| 500-1500 | 1 | 77,17 | 43,94 | 157,50 | 0,00 | 288,38 | 489,82 | 58,76 | |
| 1500-5000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | - | |
| 5000-10000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | - | |
| Totale | | 77,17 | 43,94 | 157,50 | 0,00 | 288,38 | 489,82 | 58,76 | |

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | indicatori di convenienza economica | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | |
|------------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------|---|-------------------------------|
| | | payback period (anni) | IRV% (20anni) | CO2 emissioni attuali (in tonnellate) | risparmio CO2 (in tonnellate) |
| <500 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| 500-1500 | 1 | 8 | 10% | 202,89 | 127,42 |
| 1500-5000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| 5000-10000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| Totale | | | 242,89 | 203,89 | 127,42 |

* - In base al costo medio di sostituzione dei componenti (costo medio di sostituzione del sistema di illuminazione e di gestione del sistema di illuminazione).
 ** - In base al costo medio di sostituzione dei componenti (costo medio di sostituzione del sistema di illuminazione e di gestione del sistema di illuminazione).
 *** - In base al costo medio di sostituzione dei componenti (costo medio di sostituzione del sistema di illuminazione e di gestione del sistema di illuminazione).

Fonte: elaborazione propria

Figura 17 – L’analisi per il Comune di Cornate Adda

Prospetto di riepiogo: simulazione del modello di calcolo Cornate

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso 'punto a punto' telecontrollato

(tutti gli impianti sono espressi in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | totali degli investimenti | risparmi annuali previsti per energia e manutenti |
|------------------------------|------------------|--|---|---|--|---------------------------|---|
| | | spese attuali totali per energia elettrica e manutenzione degli impianti | costo valore alla perfezionamento e acquisizione degli impianti [€] | costo relativo alla riqualificazione in termini di illuminazione elettrica (**) | costo relativo alla riqualificazione in termini di illuminazione elettrica (***) | | |
| <5000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | |
| 5000-15000 | 1 | 64,41 | 13,46 | 29,71 | 240,70 | 29,95 | |
| 15000-50000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | |
| 50000-100000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | |
| Totale | | 64,41 | 13,46 | 29,71 | 240,70 | 29,95 | |

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | indicatori di convenienza economica | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | |
|------------------------------|------------------|-------------------------------------|--------------|--|-------------------|
| | | payback period (anni) | WAK (20anni) | CO2 emissioni in kmol/anno (in tonnellate) | % CO2 risparmiata |
| <5000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| 5000-15000 | 1 | 9 | 8% | 106,35 | 63% |
| 15000-50000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| 50000-100000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| Totale | | | 8% | 106,35 | 63% |

* - In base al costo medio di produzione di energia elettrica (0,10 €/kWh) e al costo medio di acquisto di energia elettrica (0,15 €/kWh).
 ** - In base al costo medio di sostituzione dei componenti di illuminazione (0,10 €/h) e al costo medio di acquisto di energia elettrica (0,15 €/kWh).
 *** - In base al costo medio di sostituzione dei componenti di illuminazione (0,10 €/h) e al costo medio di acquisto di energia elettrica (0,15 €/kWh).

Fonte: elaborazione propria

Figura 18 – L’analisi per il Comune di Desio

Prospetto di riepiglo: simulazione del modello di calcolo Desio

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l’installazione di un regolatore di flusso luminoso ‘punto a punto’ telecontrollato

| In tutti gli impianti sono spese in migliaia di euro) | | risultati economici fondamentali | | | | | | | | | |
|---|------------------|--|--------------|---|-----------------|--|-----|--|-----|---------------------------|---|
| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | spese attuali totali per energia elettrica manutenzione degli impianti | | costo valore alla perfezionamento e acquisizione degli impianti | | costo relativo alla messa a norma elettrica (**) | | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (***) | | totali degli investimenti | risparmi annuali previsti per energia e manutenti |
| | | € | kWh | € | kWh | € | kWh | € | kWh | | |
| <5000 | 0 | - | - | - | - | 0,00 | - | - | - | - | - |
| 5000-15000 | 0 | - | - | - | - | 0,00 | - | - | - | - | - |
| 15000-50000 | 1 | 531,16 | 83,19 | 224,79 | 1.746,68 | - | - | - | - | 2.051,66 | 269,16 |
| 50000-100000 | 0 | - | - | - | - | 0,00 | - | - | - | - | - |
| Totale | | 531,16 | 80,19 | 224,79 | 1.746,68 | | | | | 2.051,66 | 269,16 |

| Indicatori di convenienza economica | | Indicatori relativi alle emissioni di CO2 | | | | |
|-------------------------------------|------------------|---|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | payback period (anni) | WAK (20anni) | CO2 emissioni attuali (in tonnellate) | risparmio CO2 (in tonnellate) | % CO2 risparmiata |
| <5000 | 0 | 0 | 0% | - | - | 0% |
| 5000-15000 | 0 | 0 | 0% | - | - | 0% |
| 15000-50000 | 1 | 8 | 12% | 1.302,65 | 1.023,21 | 66% |
| 50000-100000 | 0 | 0 | 0% | - | - | 0% |
| Totale | | | 1,302,65 | 1.302,65 | 1.023,21 | 66% |

* - In base al costo medio di produzione di energia elettrica (0,15 €/kWh) e al costo medio di gestione degli impianti (0,05 €/anno/kWh).
 ** - In base al costo medio di sostituzione dei componenti (0,15 €/ora) e al risparmio di energia elettrica (0,15 €/kWh) e al costo medio di gestione degli impianti (0,05 €/anno/kWh).
 *** - In base al costo medio di sostituzione dei componenti (0,15 €/ora) e al risparmio di energia elettrica (0,15 €/kWh) e al costo medio di gestione degli impianti (0,05 €/anno/kWh).

Fonte: elaborazione propria

Figura 19 – L’analisi per il Comune di Limbiate

Prospetto di riepiogo: simulazione del modello di calcolo Limbiate

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso 'punto a punto' telecontrollato

(tutti gli impianti sono espressi in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | | | totali degli investimenti | risparmi annuali previsti per energia e manutenti |
|------------------------------|------------------|--|---|--|--|--|--|---------------------------|---|
| | | spese attuali totali per energia elettrica e manutenzione degli impianti | costo valore alla perfezionamento e acquisizione degli impianti [€] | costo relativo alla messa in opera e manutenzione elettrica (**) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (***) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (***) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (***) | | |
| <500 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | - | |
| 500-1500 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | - | |
| 1500-5000 | 1 | 443,62 | 117,49 | 465,90 | 1.458,82 | 2.032,21 | 259,48 | | |
| 5000-10000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | | |
| Totale | | 443,62 | 117,49 | 455,90 | 1.458,82 | 2.032,21 | 259,48 | | |

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | indicatori di convenienza economica | | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | | |
|------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------|-----------------|---|-------------------------------|-------------------|
| | | payback period | IUP (anni) | SNK (20anni) | CO2 emissioni annue (in tonnellate) | risparmio CO2 (in tonnellate) | % CO2 risparmiata |
| <500 | 0 | 0 | 0% | - | - | 0% | |
| 500-1500 | 0 | 0 | 0% | - | - | 0% | |
| 1500-5000 | 1 | 8 | 11% | 1.180,05 | 854,38 | 69% | |
| 5000-10000 | 0 | 0 | 0% | - | - | 0% | |
| Totale | | | | 1.180,05 | 854,38 | 69% | |

* - In base al costo medio di produzione di energia elettrica (0,10 €/kWh) e al costo medio di gestione degli impianti di illuminazione (0,05 €/ora).

** - In base al costo medio di sostituzione dei componenti di illuminazione (0,05 €/ora) e al risparmio di energia elettrica (0,05 €/kWh).

*** - In base al costo medio di sostituzione dei componenti di illuminazione (0,05 €/ora) e al risparmio di energia elettrica (0,05 €/kWh).

Fonte: elaborazione propria

Figura 21 – L’analisi per il Comune di Mezzago

Prospetto di riepilogo: simulazione del modello di calcolo Mezzago

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso 'punto a punto' telecontrollato

(tutti gli impianti sono espressi in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|--|---|---|---|---------------------------|--|--|--|--|
| | spese attuali totali per energia elettrica necessaria manutenzione degli impianti | costo valore alla perfezione e acquisizione degli impianti (*) | costo valore alla riqualificazione (**) (***) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (****) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (****) | totali degli investimenti | risparmi annuali previsti per energia e manutenzione | | | |
| <5000 | 57,38 | 38,59 | 117,35 | 231,08 | 231,08 | 387,36 | 41,87 | | | |
| 5001-15000 | - | - | 0,00 | - | - | - | - | | | |
| 15001-50000 | - | - | 0,00 | - | - | - | - | | | |
| 50001-100000 | - | - | 0,00 | - | - | - | - | | | |
| Totali | 57,38 | 38,59 | 117,35 | 231,08 | 231,08 | 387,36 | 41,87 | | | |

| Classi di abitanti di Comuni | indicatori di convenienza economica | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | |
|------------------------------|-------------------------------------|---------------|---|-------------------------------|
| | payback period (anni) | WAK (20anni) | CO2 emissioni attuali (in tonnellate) | risparmio CO2 (in tonnellate) |
| <5000 | 9 | 2% | 145,99 | 86,32 |
| 5001-15000 | 0 | 0% | - | - |
| 15001-50000 | 0 | 0% | - | - |
| 50001-100000 | 0 | 0% | - | - |
| Totali | 134,40 | 134,40 | 145,99 | 86,32 |

* - In base al costo medio di produzione e alla vita media degli impianti, si sono calcolati i costi di gestione e di manutenzione. ** - In base al costo medio di produzione e alla vita media degli impianti, si sono calcolati i costi di gestione e di manutenzione. *** - In base al costo medio di produzione e alla vita media degli impianti, si sono calcolati i costi di gestione e di manutenzione. **** - In base al costo medio di produzione e alla vita media degli impianti, si sono calcolati i costi di gestione e di manutenzione.

Fonte: elaborazione propria

Figura 22 – L’analisi per il Comune di Misinto

Prospetto di riepliego: simulazione del modello di calcolo Misinto

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso 'punto a punto' telecomandato

(tutti gli impianti sono espressi in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | | totali degli investimenti | risparmi annuali previsti per energia e manutenti |
|------------------------------|------------------|--|--|---|--|--|---------------------------|---|
| | | spese attuali totali per energia elettrica e manutenzione degli impianti | costo valore alla perfezione e acquisizione degli impianti [1] | costo relativo alla qualificazione e messa in opera elettrica [2] | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica [3] | costo relativo alla manutenzione ordinaria [4] | | |
| <500 | 0 | - | - | - | 0,00 | - | - | |
| 5001-15000 | 1 | 87,73 | 49,90 | 185,51 | 327,81 | 563,23 | 69,31 | |
| 15001-50000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | |
| 50001-100000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | |
| Totali | | 87,73 | 49,90 | 185,51 | 327,81 | 563,23 | 69,31 | |

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | indicatori di convenienza economica | | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | | |
|------------------------------|------------------|-------------------------------------|--------------|---------------|---|-------------------------------|-------------------|
| | | payback period | IRR (20anni) | SNR (20anni) | CO2 emissioni annue (in tonnellate) | risparmio CO2 (in tonnellate) | % CO2 risparmiata |
| <500 | 0 | 0 | 0% | - | - | 0% | |
| 5001-15000 | 1 | 8 | 11% | 303,48 | 144,94 | 63% | |
| 15001-50000 | 0 | 0 | 0% | - | - | 0% | |
| 50001-100000 | 0 | 0 | 0% | - | - | 0% | |
| Totali | | | | 300,48 | 144,94 | | |

* - In base al costo medio di produzione di energia elettrica (0,15 €/kWh) e al costo medio di acquisto di energia elettrica (0,20 €/kWh).
 ** - In base al costo medio di sostituzione dei componenti di illuminazione (0,10 €/h) e al costo medio di manutenzione (0,05 €/h).
 *** - In base al costo medio di sostituzione dei componenti di illuminazione (0,10 €/h) e al costo medio di manutenzione (0,05 €/h).

Fonte: elaborazione propria

Figura 23 – L’analisi per il Comune di Ornago

Prospetto di riepiogo: simulazione del modello di calcolo Ornago

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso 'punto a punto' telecomandato

(tutti gli impianti sono esposti in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | | | totali degli investimenti | risparmi annuali previsti per energia e mantenimento |
|------------------------------|------------------|--|---|---|--|---|---|---------------------------|--|
| | | spese attuali totali per energia elettrica manutenzione degli impianti | costo valore alla perfezionamento e acquisizione degli impianti (*) | costo relativo alla messa in opera elettrica (**) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (***) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (****) | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica (****) | | |
| <5000 | 1 | 77,48 | 53,39 | 166,53 | 312,04 | 312,04 | 530,95 | 59,53 | |
| 5001-15000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | - | |
| 15001-50000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | - | |
| 50001-100000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | - | |
| Totali | | 77,48 | 52,39 | 166,53 | 312,04 | 312,04 | 530,95 | 59,53 | |

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | indicatori di convenienza economica | | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | | |
|------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------|---------------|---|-------------------------------|-------------------|
| | | payback period (anni) | IUP (anni) | SNK (20anni) | CO2 emissioni attuali (in tonnellate) | risparmio CO2 (in tonnellate) | % CO2 risparmiata |
| <5000 | 1 | 9 | 2% | 210,97 | 197,14 | 117,37 | 60% |
| 5001-15000 | 0 | 0 | 0% | - | - | - | 0% |
| 15001-50000 | 0 | 0 | 0% | - | - | - | 0% |
| 50001-100000 | 0 | 0 | 0% | - | - | - | 0% |
| Totali | | | | 210,97 | 197,14 | 117,37 | |

* - In base al costo medio del kWh di produzione e kWh di vendita degli impianti, si calcola il periodo di ritorno dell'investimento e il risparmio energetico.
 ** - In base al costo medio del kWh di produzione e kWh di vendita degli impianti, si calcola il risparmio energetico e il risparmio economico.
 *** - In base al costo medio del kWh di produzione e kWh di vendita degli impianti, si calcola il risparmio energetico e il risparmio economico.

Fonte: elaborazione propria

Figura 24 – L’analisi per il Comune di Seveso

Prospetto di riepiogo: simulazione del modello di calcolo Seveso

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso 'punto a punto' telecomandato

(tutti gli impianti sono espressi in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | | totali degli investimenti | risparmi annuali previsti per energia e manutenti |
|------------------------------|------------------|--|--|--|--|-----------------------------------|---------------------------|---|
| | | spese attuali totali per energia elettrica, manutenzione e sostituzione degli impianti | costo relativo alla manutenzione e sostituzione degli impianti (€) | costo relativo alla qualificazione e messa in opera dell'impianto elettrico (**) | costo relativo alla qualificazione illuminotecnica (***) | costo relativo alla risparmio CO2 | | |
| <5000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - | |
| 5001-15000 | 0 | 296,91 | 93,80 | 386,88 | 956,63 | 1.437,31 | 131,82 | |
| 15001-50000 | 1 | - | - | 0,00 | - | - | - | |
| 50001-100000 | 0 | - | - | - | - | - | - | |
| Totale | | 296,91 | 93,80 | 386,88 | 956,63 | 1.437,31 | 131,82 | |

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | indicatori di convenienza economica | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | |
|------------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------|---|-------------------|
| | | payback period (anni) | IRV% (20anni) | CO2 emissioni annue (in tonnellate) | % CO2 risparmiata |
| <5000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| 5001-15000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| 15001-50000 | 1 | 8 | 11% | 843,81 | 66% |
| 50001-100000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| Totale | | | 828,61 | 843,81 | 560,40 |

* - In base al consumo medio di illuminazione e PFC, in base agli impianti, in base al costo degli impianti e del costo base di gas.
 ** - In base al consumo medio di illuminazione e PFC, in base al consumo medio di illuminazione e del costo base di gas.
 *** - In base al consumo medio di illuminazione e PFC, in base al consumo medio di illuminazione e del costo base di gas.

Fonte: elaborazione propria

Figura 26 – L’analisi per il Comune di Varedo

Prospetto di riepiogo: simulazione del modello di calcolo Varedo

Ipotesi 2: riqualificazione degli impianti di illuminazione comprendente l'installazione di un regolatore di flusso luminoso 'punto a punto' telecontrollato

(tutti gli impianti sono espressi in migliaia di euro)

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | risultati economici fondamentali | | | | totali degli investimenti | risparmi annuali previsti per energia e mantenimento |
|------------------------------|------------------|---|--|---|--|---------------------------|--|
| | | spese attuali totali per energia elettrica necessaria per sostituzione degli impianti | costo valore alla perfezione e acquisizione degli impianti [1] | costo relativo alla messa a norma elettrica [2] | costo relativo alla riqualificazione illuminotecnica [3]** | | |
| <500 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| 500-1500 | 1 | 163,19 | 73,78 | 270,17 | 608,81 | 553,76 | 106,16 |
| 1500-5000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - |
| 5000-10000 | 0 | - | - | 0,00 | - | - | - |
| Totale | | 163,19 | 73,78 | 270,17 | 608,81 | 553,76 | 106,16 |

| Classi di abitanti di Comuni | numero di Comuni | indicatori di convenienza economica | | indicatori relativi alle emissioni di CO2 | |
|------------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------|---|-------------------------------|
| | | payback period (anni) | WAK (20anni) | CO2 emissioni attuali (in tonnellate) | risparmio CO2 (in tonnellate) |
| <500 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| 500-1500 | 1 | 9 | 9% | 369,23 | 269,45 |
| 1500-5000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| 5000-10000 | 0 | 0 | 0% | - | 0% |
| Totale | | | 369,23 | 480,09 | 269,45 |

* - In base al costo medio di produzione di energia elettrica (0,15 €/kWh) e al costo medio di acquisto di energia elettrica (0,20 €/kWh).
 ** - In base al costo medio di sostituzione dei componenti di illuminazione (0,10 €/h) e al risparmio di energia elettrica (0,15 €/kWh).
 *** - In base al costo medio di sostituzione dei componenti di illuminazione (0,10 €/h) e al risparmio di energia elettrica (0,15 €/kWh).

Fonte: elaborazione propria

3 La procedura inter-organizzativa per la creazione del network

3.1 La procedura utilizzata

Al fine di sviluppare un progetto pilota, potenzialmente replicabile, di dimostrativo territoriale di una procedura inter-organizzativa standard per l'implementazione di una Smart Street quale primo passo verso la Smart Town è stato presentato il progetto Lumière nella sua declinazione Illumina sia al Presidente dell'Assemblea dei Sindaci della provincia di Monza e Brianza, dott. Marco Mariani (Sindaco di Monza), sia al Presidente della Provincia stessa, dott. Dario Allevi.

Con il Sindaco Mariani e il Presidente Allevi e, inoltre, con la dott.ssa Gozo dell'ENEA si è presentata l'iniziativa a tutti i sindaci della provincia nel corso dell'assemblea dei Sindaci in data 6 maggio 2011.

L'interesse riscosso ha permesso di svolgere una serie di riunioni dei sindaci non più plenarie, ma divise secondo le tre aree della provincia (sindaci della Brianza est, centrale e ovest).

I sindaci coinvolti nel progetto Illumina hanno dimostrato un interesse davvero elevato a superare un approccio limitato a implementare singole smart street.

Di conseguenza il progetto si è sviluppato lungo la direttrice di unioni di comuni (sempre distinte secondo le suindicate tre aree geografiche) in grado di avviare sia i progetti di riscatto impianti, ove necessario, sia le attività di efficientamento illuminotecnico.

Su questa strada, con il supporto della provincia nella persona dell'assessore Fabrizio Sala, delegato al tema in questione, si è proceduto a delineare un progetto pilota con i sindaci di Misinto, Desio e Limbiate.

Con loro si è proceduto a selezionare le funzionalità più significative da implementare sulla base del quale si è sviluppato un progetto di massima non limitato alla realizzazione di una singola smart street, ma rivolto a creare un'unione di comuni che abbia come obiettivo quello di procedere con un innovativo bando per la realizzazione del progetto complessivo.

Nel corso del 2012 sono attese le prime implementazioni dell'attività di riqualificazione illuminotecnica e di realizzazione di smart town.

3.2 Le schede di adesione al network dei Comuni in provincia di Monza e Brianza

Figura 27 – La scheda di adesione del Comune di Varedo

15/09 2011 12:53 0362544540 COMUNE VAREDO #1493 P.002/010



Progetto Lumière

Scheda adesione al Network dei Comuni Lumière

Il Comune di :

Provincia di:

Regione:

Referente Progetto:

E-mail:

Contatti telefonici:

Dotato di PRIC (piano regolatore illuminazione comunale)? NO

con la presente intende aderire al Network dei Comuni del Progetto Lumiere e collaborare con ENEA alla raccolta dei dati necessari ad individuare un modello integrato d'illuminazione pubblica efficiente e consentire una presa visione, su scala nazionale, dello stato dell'arte dell'illuminazione pubblica al fine di valutarne le esigenze, individuarne le soluzioni e facilitarne la loro diffusione ed applicazione. La partecipazione al Progetto e l'adesione al Network non comportano alcun costo per il Comune.

Note del Comune:

IL CAPO SETTORE LL.PP.
(Belle' arch. mirco)
Mirco Belle'



Figura 28 – La scheda di adesione del Comune di Sovico



Progetto Lumière

Scheda adesione al Network dei Comuni Lumière

Il Comune di :

Provincia di:

Regione:

Referente Progetto:

E-mail:

Contatti telefonici:

Dotato di PRIC (piano regolatore illuminazione comunale)? NO
è stato solo adottato

con la presente intende aderire al Network dei Comuni del Progetto Lumiere e collaborare con ENEA alla raccolta dei dati necessari ad individuare un modello integrato d'illuminazione pubblica efficiente e consentire una presa visione, su scala nazionale, dello stato dell'arte dell'illuminazione pubblica al fine di valutarne le esigenze, individuarne le soluzioni e facilitarne la loro diffusione ed applicazione. La partecipazione al Progetto e l'adesione al Network non comportano alcun costo per il Comune.

Note del Comune:

| |
|--|
| |
| |
| |

17 Pag. 18:03 18-06-18

COMUNE DI SOVICO

Doc. Transm. da: B392875845

Figura 29 – La scheda di adesione del Comune di Seveso

| | |
|---|---|
|  |  |
| <h2>Progetto Lumière</h2> <h3>Scheda adesione al Network dei Comuni Lumière</h3> | |
| Il Comune di : | <input type="text" value="SEVESO"/> |
| Provincia di: | <input type="text" value="MONZA e della BRIANZA"/> |
| Regione: | <input type="text" value="LOMBARDIA"/> |
| Referente Progetto: | <input type="text" value="GIANNI CORBETTA"/> |
| E-mail: | <input type="text" value="gianni.corbetta@comune.seveso.ws.it"/> |
| Contatti telefonici: | <input type="text" value="0362 517262 - 334 6988563"/> |
| Dotato di PRIC (piano regolatore illuminazione comunale)? | SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| <p>con la presente intende aderire al Network dei Comuni del Progetto Lumiere e collaborare con ENEA alla raccolta dei dati necessari ad individuare un modello integrato d'illuminazione pubblica efficiente e consentire una presa visione, su scala nazionale, dello stato dell'arte dell'illuminazione pubblica al fine di valutarne le esigenze, individuarne le soluzioni e facilitarne la loro diffusione ed applicazione. La partecipazione al Progetto e l'adesione al Network non comportano alcun costo per il Comune.</p> | |
| Note del Comune: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
| <p>In fede</p> | |

Figura 30 – La scheda di adesione del Comune di Ornago

30/08/11, 17:08:05 - -> +39 39 6011094 - PAG. 002/010



Progetto Lumière

Scheda adesione al Network dei Comuni Lumière

Il Comune di :

Provincia di:

Regione:

Referente Progetto:

E-mail:

Contatti telefonici:

Dotato di PRIC (piano regolatore illuminazione comunale)? SI ~~NO~~

con la presente intende aderire al Network dei Comuni del Progetto Lumière e collaborare con ENEA alla raccolta dei dati necessari ad individuare un modello integrato d'illuminazione pubblica efficiente e consentire una presa visione, su scala nazionale, dello stato dell'arte dell'illuminazione pubblica al fine di valutarne le esigenze, individuarne le soluzioni e facilitarne la loro diffusione ed applicazione. La partecipazione al Progetto e l'adesione al Network non comportano alcun costo per il Comune.

Note del Comune:

| |
|--|
| |
| |
| |

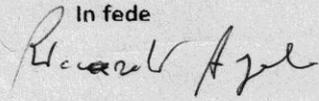
In fede


Figura 31 – La scheda di adesione del Comune di Mezzago

30.8.2011 17:13 -> 0396020383

D 2/10

| | |
|---|--|
| | |
| <h2>Progetto Lumière</h2> <p>Scheda adesione al Network dei Comuni Lumière</p> | |
| Il Comune di : | <input type="text" value="MEZZAGO"/> |
| Provincia di: | <input type="text" value="MONZA E BRIANZA"/> |
| Regione: | <input type="text" value="LOMBARDIA"/> |
| Referente Progetto: | <input type="text" value="ARCH. ANTONIO VARISCO"/> |
| E-mail: | <input type="text" value="antonio.varisco@comune.mezzago.mb.it"/> |
| Contatti telefonici: | <input type="text" value="039 - 6067621"/> |
| Dotato di PRIC (piano regolatore illuminazione comunale)? | <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO |
| <p>con la presente intende aderire al Network dei Comuni del Progetto Lumière e collaborare con ENEA alla raccolta dei dati necessari ad individuare un modello integrato d'illuminazione pubblica efficiente e consentire una presa visione, su scala nazionale, dello stato dell'arte dell'illuminazione pubblica al fine di valutarne le esigenze, individuarne le soluzioni e facilitarne la loro diffusione ed applicazione. La partecipazione al Progetto e l'adesione al Network non comportano alcun costo per il Comune.</p> | |
| Note del Comune: | |
| <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | |
|  In fede  | |

Figura 32 – La scheda di adesione del Comune di Meda

| | |
|---|--|
|  |  |
| <h2>Progetto Lumière</h2> <h3>Scheda adesione al Network dei Comuni Lumière</h3> | |
| Il Comune di : | <input type="text" value="MEDA"/> |
| Provincia di: | <input type="text" value="MONZA E BRIANZA"/> |
| Regione: | <input type="text" value="LOMBARDIA"/> |
| Referente Progetto: | <input type="text" value="ARCH. PAOLO GIUSEPPE MENEGETTI"/> |
| E-mail: | <input type="text" value="LAVORI.PUBBLICI@COMUNE.MEDA.MB.IT"/> |
| Contatti telefonici: | <input type="text" value="0362/396350"/> |
| Dotato di PRIC (piano regolatore illuminazione comunale)? | SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| <p>con la presente intende aderire al Network dei Comuni del Progetto Lumiere e collaborare con ENEA alla raccolta dei dati necessari ad individuare un modello integrato d'illuminazione pubblica efficiente e consentire una presa visione, su scala nazionale, dello stato dell'arte dell'illuminazione pubblica al fine di valutarne le esigenze, individuarne le soluzioni e facilitarne la loro diffusione ed applicazione. La partecipazione al Progetto e l'adesione al Network non comportano alcun costo per il Comune.</p> | |
| Note del Comune: | |
| <input type="text"/> | |
| <input type="text"/> | |
| <input type="text"/> | |
| 12/09/2011 |  In fede |

Figura 33 – La scheda di adesione del Comune di Cornate d’Adda



Progetto Lumière

Scheda adesione al Network dei Comuni Lumière

Il Comune di:

Provincia di:

Regione:

Referente Progetto:

E-mail:

Contatti telefonici:

Dotato di PRIC (piano regolatore illuminazione comunale)? SÌ NO

con la presente intende aderire al Network dei Comuni del Progetto Lumiere e collaborare con ENEA alla raccolta dei dati necessari ad individuare un modello integrato d’illuminazione pubblica efficiente e consentire una presa visione, su scala nazionale, dello stato dell’arte dell’illuminazione pubblica al fine di valutarne le esigenze, individuarne le soluzioni e facilitarne la loro diffusione ed applicazione. La partecipazione al Progetto e l’adesione al Network non comportano alcun costo per il Comune.

Note del Comune:

| |
|--|
| |
| |
| |

In fede

ALLEGATO PROT. N. 0009254/11

Figura 34 – La scheda di adesione del Comune di Carnate

26/07/2011 13:28 +39-039-670035

COMUNE DI CARNATE

PAG 01/09



Progetto Lumière

Scheda adesione al Network dei Comuni Lumière

Il Comune di :

Provincia di:

Regione:

Referente Progetto:

E-mail:

Contatti telefonici:

Dotato di PRIC (piano regolatore illuminazione comunale)? NO

con la presente intende aderire al Network dei Comuni del Progetto Lumiere e collaborare con ENEA alla raccolta dei dati necessari ad individuare un modello integrato d'illuminazione pubblica efficiente e consentire una presa visione, su scala nazionale, dello stato dell'arte dell'illuminazione pubblica al fine di valutarne le esigenze, individuarne le soluzioni e facilitarne la loro diffusione ed applicazione. La partecipazione al Progetto e l'adesione al Network non comportano alcun costo per il Comune.

Note del Comune:



In fede
IL SINDACO
Maurizio Fina



P1 04 000. 2011 11:36

N. FAX : 0332788207

DR:

Figura 35 – La scheda di adesione del Comune di Burago di Molgora

| | |
|---|---|
|  |  |
| <h2>Progetto Lumière</h2> <h3>Scheda adesione al Network dei Comuni Lumière</h3> | |
| Il Comune di : | BURAGO DI MOLGORA |
| Provincia di: | MONZA E DELLA BRIANZA |
| Regione: | LOMBARDIA |
| Referente Progetto: | GEOM. PIERLUIGI GIUSEPPE |
| E-mail: | lavoripubblici@comune.burago di molgora.mb.it |
| Contatti telefonici: | 039/69903221 |
| Dotato di PRIC (piano regolatore illuminazione comunale)? | SI <input checked="" type="checkbox"/> |
| <p>con la presente intende aderire al Network dei Comuni del Progetto Lumiere e collaborare con ENEA alla raccolta dei dati necessari ad individuare un modello integrato d'illuminazione pubblica efficiente e consentire una presa visione, su scala nazionale, dello stato dell'arte dell'illuminazione pubblica al fine di valutarne le esigenze, individuarne le soluzioni e facilitarne la loro diffusione ed applicazione. La partecipazione al Progetto e l'adesione al Network non comportano alcun costo per il Comune.</p> | |
| Note del Comune: | |
| <p>In fede <i>in</i> SINTAC</p>  | |

Figura 36 – La scheda di adesione del Comune di Barlassina

29/08/11, 13:18:33 - -> - PAG. 002/010



Progetto Lumière

Scheda adesione al Network dei Comuni Lumière

Il Comune di :

Provincia di:

Regione:

Referente Progetto:

E-mail:

Contatti telefonici:

Dotato di PRIC (piano regolatore illuminazione comunale)? SI NO

con la presente intende aderire al Network dei Comuni del Progetto Lumiere e collaborare con ENEA alla raccolta dei dati necessari ad individuare un modello integrato d'illuminazione pubblica efficiente e consentire una presa visione, su scala nazionale, dello stato dell'arte dell'illuminazione pubblica al fine di valutarne le esigenze, individuarne le soluzioni e facilitarne la loro diffusione ed applicazione. La partecipazione al Progetto e l'adesione al Network non comportano alcun costo per il Comune.

Note del Comune:

In fede

