



Ricerca di Sistema elettrico

Analisi della sostenibilità economica di progetti di riqualificazione della pubblica illuminazione attraverso l'applicazione su dei casi reali dei modelli sviluppati nel PAR2016

D. Chiaroni, V. Chiesa, S. Franzò, F. Frattini, O. Gregori, M. Guiducci



POLITECNICO
MILANO 1863

ANALISI DELLA SOSTENIBILITÀ ECONOMICA DI PROGETTI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE
ATTRAVERSO L'APPLICAZIONE SU DEI CASI REALI DEI MODELLI SVILUPPATI NEL PAR2016

D. Chiaroni, V. Chiesa, S. Franzò, F. Frattini, M. Guiducci (Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Gestionale); O. Gregori (ENEA)

Settembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2017

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: D.6 Sviluppo di un modello integrato di smart district urbano

Obiettivo: c. Controllo e valutazione delle infrastrutture pubbliche energivore

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "Studio sulla sostenibilità economica di soluzioni smart adaptive lighting e di smart street services e sui modelli di business che possono abilitarne l'adozione"

Responsabile scientifico ENEA: Stefano Syloslabini

Responsabile scientifico Politecnico di Milano: Davide Chiaroni, Vittorio Chiesa, Federico Frattini

Indice

SOMMARIO.....	5
1 INTRODUZIONE	6
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	8
2.1 VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ ECONOMICA DI 3 PROGETTI REALI DI RIQUALIFICAZIONE DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE	8
2.1.1 <i>Analisi di sostenibilità economica e di sensitività del progetto “Parma1”</i>	8
Descrizione tecnica del progetto di riqualificazione di pubblica illuminazione.....	8
Analisi dei dati in input al modello sviluppato nel 2016.....	9
Analisi della sostenibilità economica	10
Analisi di sensitività.....	10
2.1.2 <i>Analisi di sostenibilità economica e di sensitività del progetto “Parma2”</i>	12
Descrizione tecnica del progetto di riqualificazione di pubblica illuminazione.....	12
Analisi dei dati in input al modello sviluppato nel 2016.....	12
Analisi della sostenibilità economica	13
Analisi di sensitività.....	14
2.1.3 <i>Analisi di sostenibilità economica e di sensitività del progetto “Potenza”</i>	15
Descrizione tecnica del progetto di riqualificazione di pubblica illuminazione.....	15
Analisi dei dati in input al modello sviluppato nel 2016.....	16
Analisi della sostenibilità economica	16
Analisi di sensitività.....	17
2.2 SENSITIVITY ANALYSIS PER I 3 PROGETTI OGGETTO DI ANALISI CON ALTRE FORME DI FINANZIAMENTO	18
2.2.1 <i>Descrizione delle forme di finanziamento Project Financing, Consip e Partenariato Pubblico Privato</i>	19
2.2.2 <i>Sensitivity Analysis del progetto “Parma1”</i>	20
2.2.3 <i>Sensitivity Analysis del progetto “Parma2”</i>	21
2.2.4 <i>Sensitivity Analysis del progetto “Potenza”</i>	22
2.3 ANALISI DEL LIVELLO DI DIFFUSIONE DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE IN ITALIA	23
2.3.1 <i>Descrizione del campione oggetto di analisi</i>	23
Caratteristiche dei Comuni del campione	24
Caratteristiche degli impianti di illuminazione all’interno del campione di analisi.....	25

2.3.2	<i>Analisi dell'implementazione di Smart Street Service</i>	27
	Implementazione di Smart Street Service su base del numero di abitanti	28
	Implementazione di Smart Street Service su base geografica	29
	Breakdown Analysis sui Smart Street Service per la variabile "Numero di abitanti"	30
	Breakdown Analysis sui Smart Street Service per la variabile "Collocazione geografica"	31
2.4	ANALISI DEGLI SCENARI DI DIFFUSIONE ATTESI DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE	33
2.4.1	<i>Definizione degli scenari attesi</i>	33
	Metodologia.....	34
	Scenario inerziale	35
	Scenario ottimistico	36
	Scenario pessimistico	38
2.4.2	<i>Analisi dei costi e dei benefici degli scenari di diffusione attesi</i>	39
	Metodologia.....	39
	Analisi dei costi e dei benefici dello scenario inerziale	42
	Analisi dei costi e dei benefici dello scenario ottimistico.....	43
	Analisi dei costi e dei benefici dello scenario pessimistico	44
3	CONCLUSIONI.....	46
4	APPENDICE I: LISTA DELLE IMPRESE INTERVISTATE	51
5	APPENDICE II: QUESTIONARIO	52
6	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	54
7	ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	56
8	GRUPPO DI LAVORO.....	57

SOMMARIO

Il presente documento riporta i risultati dell'attività di ricerca condotta nell'ambito del programma di ricerca denominato "Analisi della sostenibilità economica di progetti di riqualificazione della pubblica illuminazione attraverso l'applicazione su dei casi reali dei modelli sviluppati nel PAR2016". Lo studio prende le mosse dell'elaborazione di modelli per la valutazione economico finanziaria di interventi di riqualificazione di tipo smart adaptive lighting e smart street services, nonché dall'identificazione dei modelli di business che consentano la gestione e la valorizzazione dei servizi smart abilitabili su di una infrastruttura di Pubblica Illuminazione, temi oggetto del precedente Report RdS/PAR2016/017.

Il programma di ricerca prevede l'analisi della sostenibilità economica di progetti di riqualificazione della pubblica illuminazione in ottica smart adaptive lighting e smart street service su 3 casi reali e l'analisi del livello di diffusione degli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in Italia.

In primo luogo, i modelli di valutazione economico finanziaria e dei modelli di business sviluppati precedentemente sono applicati su dei casi reali. In particolare, saranno analizzati 3 progetti di riqualificazione della pubblica illuminazione che hanno visto l'implementazione di smart adaptive lighting e smart street services.

In secondo luogo, è effettuata un'analisi del livello di diffusione degli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica smart adaptive lighting e smart street service in Italia e sono analizzati diversi possibili scenari di diffusione di tali interventi, con particolare riferimento alle ricadute di natura economica, sociale ed ambientale.

Infine, sono forniti una serie di spunti di riflessione relativi a possibili future attività di ricerca sul tema.

1 INTRODUZIONE

L'obiettivo di questo studio consiste nell'analisi della sostenibilità economica di progetti di riqualificazione della pubblica illuminazione in ottica "smart adaptive lighting" e "smart street services", attraverso l'applicazione dei modelli di simulazione sviluppati nel PAR 2016 su dei casi reali.

Sulla scorta del lavoro di ricerca condotto nel corso della precedente annualità, con il termine "smart adaptive lighting" (SAL) si intende una "illuminazione con variazioni controllate nel tempo della luminanza o dell'illuminamento in relazione al flusso orario di traffico, condizioni meteo o altri parametri" (UNI 11248:2016¹).

All'interno del presente studio, gli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica smart adaptive lighting sono declinati in tre diverse tipologie:

1. Impianto "a regolazione predefinita", ossia una "illuminazione a regolazione che opera secondo delle valutazioni a priori esplicitate dal progettista nella valutazione dei rischi"², abbinato ad un sistema di telegestione;
2. Impianto "Traffic Adaptive Installation" (TAI), ossia una "illuminazione a regolazione nella quale le variazioni controllate nel tempo della luminanza o dell'illuminamento sono attuate con continuità in base alle reali condizioni del flusso orario del traffico"³, abbinato ad un sistema di telegestione;
3. Impianto "Full Adaptive Installation" (FAI), ossia una "illuminazione a regolazione nella quale le variazioni controllate nel tempo della luminanza o dell'illuminamento sono attuate con continuità in base alle reali condizioni del flusso orario del traffico, la luminanza del manto stradale o l'illuminamento e le condizioni meteorologiche"⁴, abbinato ad un sistema di telegestione.

Analogamente a quanto presentato nel lavoro di ricerca dell'anno scorso, con il termine "smart street services" (SSS) si intendono tutti quei servizi a valore aggiunto che possono essere abilitati intervenendo su un'infrastruttura di Pubblica illuminazione.

All'interno del presente studio, gli interventi di riqualificazione in ottica smart street services sono declinati in otto diverse tipologie:

¹ Si fa riferimento alla definizione di "illuminazione a regolazione" presente all'interno della UNI 11248:2016.

² Si fa riferimento alla definizione di "illuminazione a regolazione predefinita" presente all'interno della UNI 11248:2016.

³ Si fa riferimento alla definizione di "illuminazione a regolazione in tempo reale" presente all'interno della UNI 11248:2016, di cui la presente definizione rappresenta una specifica declinazione.

⁴ Si fa riferimento alla definizione di "illuminazione a regolazione in tempo reale" presente all'interno della UNI 11248:2016, di cui la presente definizione rappresenta una specifica declinazione.

1. “Public Energy Living Lab” (PELL), ossia la piattaforma informatica ENEA finalizzata alla raccolta ed organizzazione dei dati monitorati relativi agli impianti di illuminazione pubblica presenti sul territorio nazionale, nonché alla diagnostica e riqualificazione degli stessi, considerata propedeutica ad ogni altro tipo di intervento SAL o SSS. Il modello per l’analisi della redditività delle riqualificazioni SAL e SSS, sviluppato nel PAR 2015/16 e la sua messa a punto nel presente rapporto ha consentito ad ENEA di arricchire il PELL del modulo applicativo SAVE di supporto alle valutazioni economico finanziarie degli interventi di riqualificazione. Lo scenario di riferimento per il modulo applicativo è relativo ad amministratori di enti locali che, in fase di pianificazione di interventi di riqualificazione illumino-tecnica di un impianto di pubblica illuminazione, procedono ad un censimento dell’infrastruttura, alla quantificazione di costi e/o benefici e successivamente ad una analisi preliminare delle diverse modalità di finanziamento per proseguire con il suddetto intervento di riqualificazione, attraverso l’uso di linee guida qualitative che mirano a supportare gli amministratori locali nella scelta tra queste diverse modalità di finanziamento, a seconda delle condizioni in cui si trova l’ente di appartenenza (si rinvia al Report Rds/PAR2017/053 per una trattazione più esaustiva) .
2. Monitoraggio del traffico, ossia sistemi di controllo del flusso di traffico che possono essere dotati di funzioni “base” (conteggio veicoli, conteggio pedoni, conteggio flusso del traffico) e/o di funzioni più complesse (velocità media di percorrenza, tempo medio di percorrenza, predizione del flusso veicolare e conteggi per classe veicolare);
3. Smart parking, ossia sistemi di assistenza al parcheggio che possono essere dotati di funzioni “base” (monitoraggio aree di parcheggio dedicate, monitoraggio strade e segnalazione di disponibilità stalli tramite App) e più complesse (rilevazione automatica e conteggio delle aree di sosta libere, tempo medio di sosta, mapping e monitoring delle aree di sosta, individuazione dei flussi di ingresso e uscita, riconoscimento targhe, servizi di prenotazione/pagamento parcheggio);
4. Monitoraggio ambientale, ossia sistemi di rilevamento dei parametri ambientali che nella versione “base” sono riferiti a qualità dell’aria “standard” (CO, CO₂, NO₂, O₃, PM2.5, PM10, SO₂), meteo, inquinamento acustico, mentre nella versione più avanzata sono riferiti a radiazione ultravioletta, altri parametri di qualità dell’aria (C₆H₆, CH₄, H₂S, NH₃, VOC, PM1), concentrazione dei pollini e rilevazione onde sismiche;
5. Telesorveglianza, ossia sistemi di rilevamento di situazioni critiche che si possono verificare in strada (incidenti, congestioni, allagamenti, incendi, etc.), infrazioni che generano intralcio al traffico (sensi vietati, sosta vietata, corsie preferenziali) ed accesso ad aree sensibili. In caso di particolari criticità, il sistema deve essere in grado di trasmettere anche immagini istantanee e flussi video (anche attraverso un’adeguata infrastruttura di trasmissione dei dati);
6. Totem e pannelli informativi, ossia dispositivi multimediali installati in punti strategici della città al fine di fornire informazioni di varia natura ai cittadini, accedere a servizi di emergenza e segnalare acusticamente situazioni di pericolo;
7. Stazioni di ricarica, ossia stazioni che permettono la ricarica di biciclette elettriche, pc e cellulari;
8. Connettività Wi-Fi, ossia creazione di hotspot Wi-Fi pubblici che garantiscano un accesso semplice ed immediato degli utenti alla rete Internet.

2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI

2.1 VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ ECONOMICA DI 3 PROGETTI REALI DI RIQUALIFICAZIONE DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

All'interno di questa sezione sono presentati i risultati delle analisi di sostenibilità economica condotte su 3 progetti di riqualificazione di pubblica illuminazione.

2.1.1 ANALISI DI SOSTENIBILITÀ ECONOMICA E DI SENSITIVITÀ DEL PROGETTO "PARMA1"

All'interno di questo paragrafo si analizza la sostenibilità economica di un progetto di riqualificazione della pubblica illuminazione realizzato dal Comune di Parma e si conduce un'analisi di sensitività sugli economics ottenuti.

DESCRIZIONE TECNICA DEL PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

Il progetto ha previsto la sostituzione di 135 lampade a ioduri metallici con 139 lampade a LED, installate lungo Strada Garibaldi e Via Verdi, per una lunghezza complessiva del tratto oggetto dell'intervento di 1.096 metri. È stato inoltre implementato un sistema di controllo di tipo FAI (con la presenza di 10 sensori di traffico *standard* ed un sensore di traffico *avanzato*).

Di seguito il dettaglio delle attività svolte all'interno del perimetro del progetto:

- installazione di 139 lampade al LED;
- installazione di un sistema di controllo FAI;
- installazione di 10 sensori del traffico di tipo "standard";
- installazione di un sensore del traffico di tipo "avanzato";
- installazione di 10 telecamere smart, abilitanti il servizio SSS "monitoraggio del traffico";
- Installazione di un pannello a messaggio variabile;
- rifacimento impianto elettrico;
- attività prodromiche.

Si è registrato un investimento complessivo di 67.292 €.

ANALISI DEI DATI IN INPUT AL MODELLO SVILUPPATO NEL 2016

Il modello di simulazione sviluppato nel 2016 è in grado di effettuare un'analisi economica completa sul rifacimento di un impianto di illuminazione pubblica, a partire da alcuni dati in input quali la lunghezza e la tipologia delle strade interessate, tipologia di SAL adottato ed eventuale implementazione di SSS.

La prima fase della simulazione riguarda quindi il dimensionamento dell'intervento in termini di numero di punti luce, numero dei sensori necessari alla regolazione scelta e dei servizi smart desiderati. Associandovi i relativi costi si ottiene una stima dell'investimento necessario. Procedendo quindi alla valutazione dei flussi in entrata (derivanti ad esempio dal risparmio energetico) si arriva a determinare gli economics del progetto.

Va altresì sottolineato che, grazie ai numerosi dati forniti da ENEA provenienti dalla diretta osservazione dei risultati conseguiti nell'ambito dei tre progetti realizzati e oggetto della presente analisi, diversi parametri del modello (quali ad esempio il numero e la tipologia delle lampade installate o i costi di investimento sostenuti, come è mostrato in tabella 1) sono stati aggiornati e/o integrati al fine di ottenere una maggiore accuratezza negli esiti delle simulazioni.

Di seguito vengono elencati i principali dati di input al modello, con la distinzione tra quei dati la cui fonte è ENEA e quelli il cui valore deriva dalle ipotesi contenute del modello di calcolo.

TABELLA 1: ORIGINE DELLA FONTE DEI DATI DI INPUT PER IL PROGETTO "PARMA1"

TIPOLOGIA DATI DI INPUT	FONTE ENEA	STIMATO DAL MODELLO
NUMERO E TIPOLOGIA DELLE LAMPADE	X	
COSTO DELLA SINGOLA LAMPADA	X	
TIPOLOGIA E COSTO INSTALLAZIONE SAL	X	
TIPOLOGIA E COSTO INSTALLAZIONE SSS	X	
CONSUMO DI ENERGIA PRE-INTERVENTO	X	
CONSUMO DI ENERGIA POST-INTERVENTO	X	
COSTO ENERGETICO €/kWh	X	
COSTI DI MANUTENZIONE PRE-INTERVENTO		X
Costi di manutenzione post-intervento		X
Costo del capitale per il Comune		X
Vita utile dell'impianto		X

ANALISI DELLA SOSTENIBILITÀ ECONOMICA

La realizzazione del progetto ha consentito al Comune di ridurre dell'82% i consumi energetici annui per l'illuminazione delle strade oggetto dell'intervento, che con un prezzo di 0,18 €/kWh (fonte ENEA) si traduce in un risparmio annuo di 9.955 €.

Il progetto è stato realizzato in modalità *Self-made*: nell'ambito di tale modello, il Comune, in analogia a quanto accade per qualsiasi altra tipologia di appalto per infrastrutture, si rivolge a studi di progettazione, ingegneria, architettura, come principale interlocutore per la definizione del progetto d'investimento e le formule contrattuali non sono basate sulla condivisione dei benefici economici tra i soggetti coinvolti (come ad esempio l'Energy Performance Contract - EPC).

Come dati di input al modello di valutazione si sono ipotizzati un costo del capitale per il Comune del 3% ed una vita utile dell'impianto pari a 15 anni. Con tali valori gli economics del progetto si dimostrano interessanti: un Internal Rate of Return (IRR) pari all'8%, un Net Present Value (NPV) di 27.559 € e un Pay-Back Time (PBT) di poco superiore ai 10 anni.

In figura 1 è rappresentata la cumulata dei flussi finanziari attualizzati atteso lungo tutta la vita utile dell'impianto realizzato.

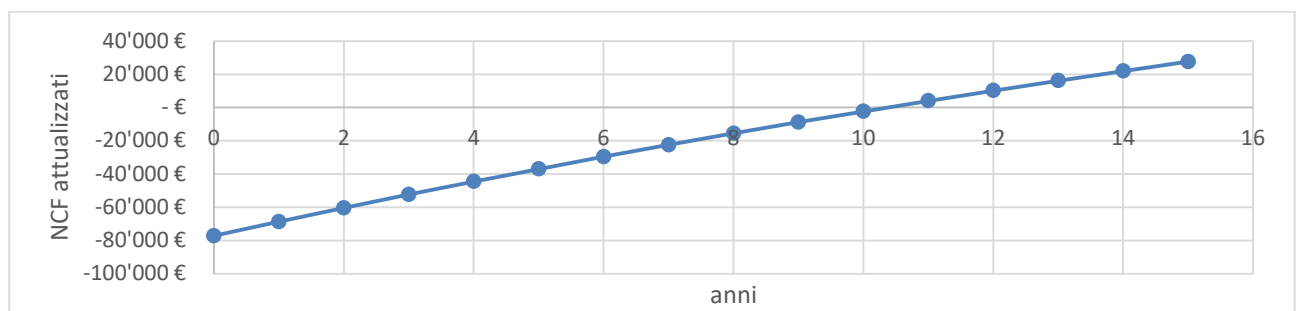


FIGURA 1: CUMULATA DEI FLUSSI FINANZIATI ATTUALIZZATI ATTESI

ANALISI DI SENSITIVITÀ

Al fine di valutare la robustezza degli economics calcolati nella sezione precedente è stata condotta un'analisi di sensitività su tre variabili di input al modello di simulazione. Le variabili su cui si è condotta tale analisi di sensitività sono:

- costo del capitale per il Comune;
- costo dell'energia elettrica;
- risparmio energetico conseguito grazie all'intervento.

Le tabelle 2-3-4 seguenti mostrano i valori di IRR, PBT e NPV che si ottengono modificando le tre variabili appena presentate (si sottolinea che non è possibile calcolare l'IRR al variare del costo del capitale per il Comune).

TABELLA 2: ANALISI DI SENSITIVITÀ SUL COSTO DEL CAPITALE PER IL COMUNE

k_comune	PBT	NPV
2%	10 anni	35.556 €
3%	11 anni	27.559 €
4%	12 anni	20.367 €

TABELLA 3: ANALISI DI SENSITIVITÀ SUL COSTO DELL'ENERGIA

Costo dell'energia	IRR	PBT	NPV
16 c€/kWh	5 %	13 anni	14.354 €
18 c€/kWh	8 %	11 anni	27.559 €
20 c€/kWh	10 %	10 anni	40.763 €

TABELLA 4: ANALISI DI SENSITIVITÀ SUL RISPARMIO ENERGETICO POST-INTERVENTO

Risparmio energetico	IRR	PBT	NPV
77 %	6 %	12 anni	20.657 €
82 %	8 %	11 anni	27.559 €
87 %	9 %	10 anni	35.195 €

Appare evidente come la variabile che ha il maggiore impatto sugli economics del progetto è il prezzo dell'energia: una variazione di soli 2 c€/kWh rispetto al costo originario fa infatti variare il NPV di circa il 48%, fa aumentare/diminuire il PBT di circa 1,5 anni e fa registrare un incremento/decremento dell'IRR di 2 punti percentuali.

Più contenuto appare invece il "peso" delle altre due variabili: uno scostamento del 5% del risparmio energetico conseguito fa registrare una variazione del NPV del 26% ed il medesimo impatto sul NPV è determinato anche dalla variazione di un punto percentuale del costo del capitale per il Comune.

2.1.2 ANALISI DI SOSTENIBILITÀ ECONOMICA E DI SENSITIVITÀ DEL PROGETTO “PARMA2”

All'interno di questo paragrafo si analizza la sostenibilità economica di un secondo progetto di riqualificazione della pubblica illuminazione realizzato dal Comune di Parma e si conduce un'analisi di sensitività sugli economics ottenuti.

DESCRIZIONE TECNICA DEL PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

Il progetto ha previsto la sostituzione di 40 lampade SAP da 150 W con altrettanti punti luce al LED da 72 W, installati in Via Venezia e Via Verona, per una lunghezza complessiva del tratto oggetto dell'intervento di 1.600 metri. È stato inoltre implementato un sistema di controllo di tipo TAI (con la presenza di 10 sensori *standard* di traffico).

Di seguito il dettaglio delle attività svolte all'interno del perimetro del progetto:

- installazione di 40 lampade al LED;
- installazione di 40 pali;
- installazione di un sistema di controllo TAI;
- installazione di 10 sensori del traffico di tipo “standard”;
- installazione di 10 telecamere smart, abilitanti il servizio SSS “monitoraggio del traffico” e “videosorveglianza”;
- rifacimento impianto elettrico;
- attività prodromiche.

Si è registrato un investimento complessivo di 29.860 €.

ANALISI DEI DATI IN INPUT AL MODELLO SVILUPPATO NEL 2016

Anche in questo caso ENEA ha fornito numerosi dati provenienti dalla diretta osservazione dei risultati del progetto. In tabella 5 vengono elencati i principali dati di input al modello, con la distinzione tra quei dati la cui fonte è ENEA e quelli il cui valore deriva dalle ipotesi contenute del modello di calcolo.

TABELLA 5: ORIGINE DELLA FONTE DEI DATI DI INPUT PER IL PROGETTO “PARMA1”

TIPOLOGIA DATI DI INPUT	FONTE ENEA	STIMATO DAL MODELLO
NUMERO E TIPOLOGIA DELLE LAMPADE	X	
COSTO DELLA SINGOLA LAMPADA	X	
TIPOLOGIA E COSTO INSTALLAZIONE SAL	X	
TIPOLOGIA E COSTO INSTALLAZIONE SSS	X	
CONSUMO DI ENERGIA PRE-INTERVENTO	X	
CONSUMO DI ENERGIA POST-INTERVENTO	X	
COSTO ENERGETICO €/kWh	X	
COSTI DI MANUTENZIONE PRE-INTERVENTO		X
Costi di manutenzione post-intervento		X
Costo del capitale per il Comune		X
Vita utile dell'impianto		X

ANALISI DELLA SOSTENIBILITÀ ECONOMICA

La realizzazione del progetto ha consentito al Comune di ridurre del 74% i consumi energetici annui per l'illuminazione delle strade oggetto dell'intervento, che con un prezzo di 0,18 €/kWh (fonte ENEA) si traduce in un risparmio annuo di 3.582 €.

In maniera analoga a quanto visto nel progetto “Parma1”, anche il progetto “Parma2” è stato realizzato in modalità *Self-made*. Come dati di input al modello di valutazione si sono ipotizzati un costo del capitale per il Comune del 3% ed una vita utile dell'impianto pari a 15 anni. Con tali valori il progetto presenta un IRR del 7%, un NPV di 9.010 € e PBT di poco superiore agli 11 anni. Appare legittimo ipotizzare che gli economics meno attrattivi rispetto al progetto “Parma1” siano ascrivibili principalmente alle ridotte dimensioni del progetto che, a fronte di un livello di “smartness” pressoché analogo delle soluzioni adottate, permettono di ottenere benefici in termini di risparmi energetici più contenuti.

In figura 2 è rappresentata la cumulata dei flussi finanziari attualizzati atteso lungo tutta la vita utile dell'impianto realizzato.

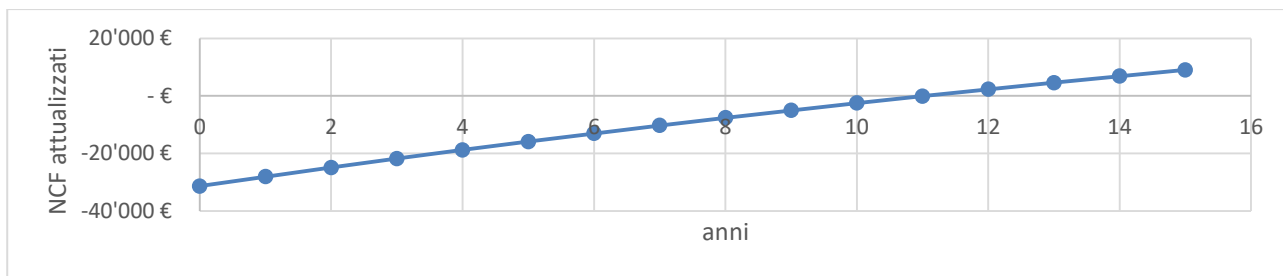


FIGURA 2: CUMULATA DEI FLUSSI FINANZIATI ATTUALIZZATI ATTESI

ANALISI DI SENSITIVITÀ

Anche in questo caso, al fine di valutare la robustezza degli economics calcolati nella sezione precedente è stata condotta un’analisi di sensitività su tre variabili di input al modello di calcolo. Analogamente a quanto già fatto per il progetto “Parma1” le variabili su cui si è condotta tale analisi di sensitività sono:

- costo del capitale per il Comune;
- costo dell’energia elettrica;
- risparmio energetico conseguito a valle dell’intervento.

Le tabelle 6-7-8 seguenti mostrano i valori di IRR, PBT e NPV che si ottengono modificando le tre variabili appena presentate (chiaramente non è possibile calcolare l’IRR al variare del costo del capitale per il Comune).

TABELLA 6: ANALISI DI SENSITIVITÀ SUL COSTO DEL CAPITALE PER IL COMUNE

k_comune	PBT	NPV
2%	11 anni	12.092 €
3%	12 anni	9.010 €
4%	12 anni	6.238 €

TABELLA 7: ANALISI DI SENSITIVITÀ SUL COSTO DELL’ENERGIA

Costo dell’energia	IRR	PBT	NPV
16 c€/kWh	5 %	13 anni	4.259 €
18 c€/kWh	7 %	12 anni	9.010 €
20 c€/kWh	9 %	10 anni	13.761 €

TABELLA 8: ANALISI DI SENSITIVITÀ SUL RISPARMIO ENERGETICO POST-INTERVENTO

Risparmio energetico	IRR	PBT	NPV
69 %	6 %	13 anni	6.109 €
74 %	7 %	12 anni	9.010 €
79 %	8 %	11 anni	11.885 €

Appare evidente come la variabile che ha il maggiore impatto sugli economics del progetto si conferma essere il prezzo dell'energia: una variazione di soli 2 c€/kWh rispetto al costo originario fa infatti variare il NPV di circa il 52%, fa aumentare/diminuire il PBT di circa 1,5 anni e fa registrare un incremento/decremento dell'IRR di 2 punti percentuali.

Più contenuto sembra invece il "peso" delle altre due variabili: uno scostamento del 5% del risparmio energetico conseguito fa registrare una variazione del NPV del 32% ed il medesimo impatto sul NPV è determinato anche dalla variazione di un punto percentuale del costo del capitale per il Comune.

2.1.3 ANALISI DI SOSTENIBILITÀ ECONOMICA E DI SENSITIVITÀ DEL PROGETTO "POTENZA"

All'interno di questo paragrafo si analizza la sostenibilità economica di un progetto di riqualificazione della pubblica illuminazione realizzato dal Comune di Potenza e si conduce un'analisi di sensitività sugli economics ottenuti.

DESCRIZIONE TECNICA DEL PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

Il progetto ha previsto la sostituzione di 100 lampade SAP da 250 W con 90 lampade LED da 98 W, installati in Viale Unicef, per una lunghezza complessiva del tratto oggetto dell'intervento di 1.500 metri. È stato inoltre implementato un sistema di controllo di tipo TAI (con la presenza di 4 sensori *standard* di traffico).

Di seguito il dettaglio delle attività svolte all'interno del perimetro del progetto:

- installazione di 90 lampade al LED;
- installazione di 90 pali;
- installazione di un sistema di controllo TAI;
- installazione di 4 sensori del traffico di tipo "standard";
- installazione di 4 telecamere smart, abilitanti il servizio SSS "monitoraggio del traffico";
- rifacimento impianto elettrico;
- attività prodromiche.

Si è registrato un investimento complessivo di 92.480 €.

ANALISI DEI DATI IN INPUT AL MODELLO SVILUPPATO NEL 2016

Anche in questo caso ENEA ha fornito numerosi dati provenienti dalla diretta osservazione dei risultati del progetto. In tabella 9, vengono elencati quindi i principali dati di input al modello, con la distinzione tra quei dati la cui fonte è ENEA e quelli il cui valore deriva dalle ipotesi contenute del modello di calcolo.

TABELLA 9: ORIGINE DELLA FONTE DEI DATI DI INPUT PER IL PROGETTO "PARMA1"

TIPOLOGIA DATI DI INPUT	FONTE ENEA	STIMATO DAL MODELLO
NUMERO E TIPOLOGIA DELLE LAMPADE	X	
COSTO DELLA SINGOLA LAMPADA	X	
TIPOLOGIA E COSTO INSTALLAZIONE SAL	X	
TIPOLOGIA E COSTO INSTALLAZIONE SSS	X	
CONSUMO DI ENERGIA PRE-INTERVENTO	X	
CONSUMO DI ENERGIA POST-INTERVENTO	X	
COSTO ENERGETICO €/kWh	X	
COSTI DI MANUTENZIONE PRE-INTERVENTO		X
Costi di manutenzione post-intervento		X
Costo del capitale per il Comune		X
Vita utile dell'impianto		X

ANALISI DELLA SOSTENIBILITÀ ECONOMICA

La realizzazione del progetto ha consentito al Comune di ridurre del 74% i consumi energetici annui per l'illuminazione delle strade oggetto dell'intervento, che con un prezzo di 0,20 €/kWh (fonte ENEA) si traduce in un risparmio annuo di 19.539 €.

In maniera analoga a quanto visto nei due precedenti progetti, anche il progetto "Potenza" è stato realizzato in modalità *Self-made*. Come dati di input al modello di valutazione si sono ipotizzati un costo del capitale per il Comune del 3% ed una vita utile dell'impianto pari a 15 anni. Con tali valori gli economics del progetto si dimostrano estremamente interessanti: un IRR pari al 18%, un NPV di 124.912 € e un PBT di circa 6 anni.

In figura 3 è rappresentata la cumulata dei flussi finanziari attualizzati atteso lungo tutta la vita utile dell'impianto realizzato.

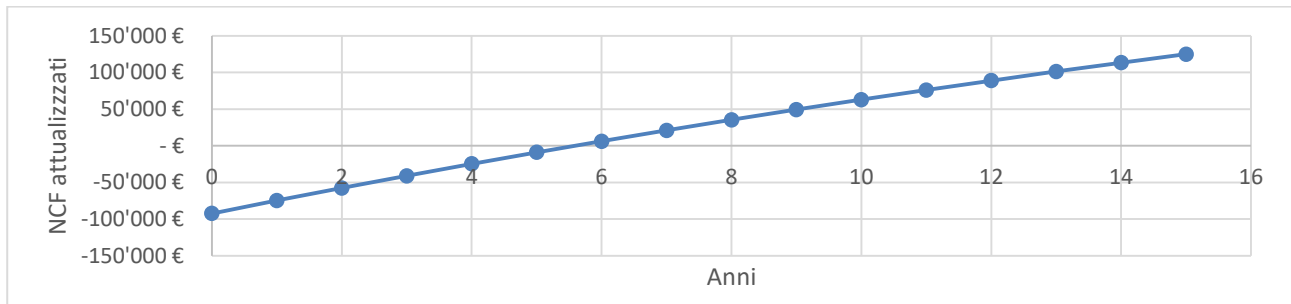


FIGURA 3: CUMULATA DEI FLUSSI FINANZIATI ATTUALIZZATI ATTESI

ANALISI DI SENSITIVITÀ

Analogamente a quanto già fatto per i due progetti precedenti le variabili su cui si è condotta tale analisi di sensitività sono:

- costo del capitale per il Comune;
- costo dell'energia elettrica;
- risparmio energetico conseguito a valle dell'intervento.

Le tabelle 10-11-12 mostrano i valori di IRR, PBT e NPV che si ottengono modificando le tre variabili appena presentate (chiaramente non è possibile calcolare l'IRR al variare del costo del capitale per il Comune).

TABELLA 10: ANALISI DI SENSITIVITÀ SUL COSTO DEL CAPITALE PER IL COMUNE

k_comune	PBT	NPV
2%	6 anni	141.507 €
3%	6 anni	124.912 €
4%	6 anni	109.988 €

TABELLA 11: ANALISI DI SENSITIVITÀ SUL COSTO DELL'ENERGIA

Costo dell'energia	IRR	PBT	NPV
18 c€/kWh	16 %	7 anni	101.586 €
20 c€/kWh	18 %	6 anni	124.912 €
22 c€/kWh	20 %	6 anni	148.238 €

TABELLA 12: ANALISI DI SENSITIVITÀ SUL RISPARMIO ENERGETICO POST INTERVENTO

Risparmio energetico	IRR	PBT	NPV
69 %	16 %	7 anni	108.127 €
74 %	18 %	6 anni	124.912 €
79 %	20 %	6 anni	139.500 €

Anche in questo caso la variabile che ha il maggiore impatto sugli economics del progetto è il prezzo dell'energia: una variazione di soli 2 c€/kWh rispetto al costo originario fa infatti variare il NPV di circa il 19%, fa aumentare/diminuire il PBT di circa 0,5 anni e fa registrare un incremento/decremento dell'IRR di 2 punti percentuali.

Rispetto ai progetti "Parma1" e "Parma2", è più contenuto il gap sul "peso" delle altre due variabili: uno scostamento del 5% del risparmio energetico conseguito fa registrare una variazione del NPV del 12% e quasi il medesimo impatto sul NPV è determinato anche dalla variazione di un punto percentuale del costo del capitale per il Comune.

2.2 SENSITIVITY ANALYSIS PER I 3 PROGETTI OGGETTO DI ANALISI CON ALTRE FORME DI FINANZIAMENTO

All'interno di questa sezione sono presentati i risultati di una *Sensitivity Analysis* in cui si è ipotizzato di realizzare i 3 progetti oggetto dell'analisi della precedente sezione con le altre forme di finanziamento già indagate nel PAR2016.

2.2.1 DESCRIZIONE DELLE FORME DI FINANZIAMENTO *PROJECT FINANCING*, *CONSIP* E *PARTENARIATO PUBBLICO PRIVATO*

Come visto nella precedente sezione, tutti i progetti oggetto d'analisi sono stati condotti in modalità *Self-made*. Si procederà quindi a descrivere brevemente ed a presentare i risultati per le altre forme di finanziamento indagate nel PAR2016 (*Project Financing*, *Consip* e *Partenariato Pubblico Privato*).

Nella modalità di finanziamento denominata *Project Financing* la ESCo contribuisce al finanziamento del progetto in misura pari a y, essendo la restante parte del costo complessivo del progetto (pari a 1-y) finanziata mediante capitale proveniente da Istituti di finanziamento. In questo caso, il Comune non contribuisce al finanziamento dell'iniziativa.

In secondo luogo, nella modalità di finanziamento denominata *Partenariato Pubblico Privato*, il Comune contribuisce al finanziamento del progetto in misura pari a z, essendo la restante parte del costo complessivo del progetto (pari a 1-z) finanziata mediante capitale proveniente da ESCo e/o Istituti di finanziamento.

Una variante al modello *Project Financing* è rappresentata dal modello *Consip*. La differenza principale tra il "modello" *Consip* e *Project Financing* risiede nella durata tipica dell'iniziativa, tipicamente pari a 9 anni nel caso *Consip* e 15 anni nel caso *Project Financing* (così come nel caso *Partenariato Pubblico Privato*).

Nella tabella 13 sono riportate le caratteristiche di ciascuna modalità di finanziamento, con la valorizzazione dei coefficienti z e y utilizzata per le *Sensitivity Analysis* riportate di seguito.

TABELLA 13: CARATTERISTICHE DELLE MODALITÀ DI FINANZIAMENTO

	Project Financing	Consip	Partenariato Pubblico Privato
Capitale di debito/ Investimento totale	50 %	50 %	50 %
Costo capitale di debito	7 %	7 %	7 %
Capitale ESCo/ Investimento totale	50 %	50 %	20 %
Costo capitale della ESCo	15 %	15 %	15 %
Capitale Comune/ Investimento iniziale	-	-	30 %
Costo capitale del Comune	-	-	3 %
Durata del contratto	15 anni	9 anni	15 anni

Per ciascuna delle 3 modalità di finanziamento è stato calcolato un canone annuo minimo, con cui il NPV dell'operatore che ha realizzato l'investimento è pari a 0, e un canone annuo massimo, con cui il PBT dell'operatore che ha realizzato l'intervento è pari a 4 anni.

2.2.2 SENSITIVITY ANALYSIS DEL PROGETTO "PARMA1"

Nella tabella 14 sono riportati i valori del canone annuo massimo e minimo del progetto "Parma1" per la modalità *Project Financing*, *Consip* e *PPP*.

TABELLA 14: CANONE MIN E MAX PER LE MODALITÀ *PROJECT FINANCING*, *CONSIP* E *PPP* PER IL PROGETTO "PARMA1"

	Canone annuo MIN	Canone annuo MAX
Project Financing	14.461 €	38.100 €
Consip	18.228 €	36.500 €
PPP	7.418 €	24.200 €

Per confrontare le 3 modalità di finanziamento si è ipotizzato un canone annuo che assumesse un valore intermedio tra i valori della tabella 14: si è imposto quindi un canone pari a 20.000 € e si è condotta una *Sensitivity Analysis* facendo variare tale canone di 2.000 €.

Nella tabella 15 sono riportati i risultati della *Sensitivity Analysis* al variare delle modalità di finanziamento e del canone annuo.

TABELLA 15: SENSITIVITY ANALYSIS PER IL PROGETTO "PARMA1"

Canone annuo	Project Financing			CONSIP			PPP		
	NPV	IRR	PBT	NPV	IRR	PBT	NPV	IRR	PBT
18.000 €	15.267 €	14 %	11 anni	-756 €	11 %	> v.u.	56.394 €	22 %	6 anni
20.000 €	23.896 €	16 %	9 anni	5.888 €	13 %	8 anni	67.052 €	24 %	5 anni
22.000 €	32.525 €	18 %	8 anni	12.532 €	15 %	8 anni	77.711 €	27 %	5 anni

Il modello più redditizio per un operatore che realizza l'intervento è il Partenariato Pubblico Privato: ipotizzando un canone annuo tra i 18.000 e i 22.000 €, tale modalità di finanziamento garantisce un PBT compreso tra i 5 e i 6 anni, un IRR tra il 27% e il 22% ed un NPV compreso tra i 77.711 e i 56.394 €.

2.2.3 SENSITIVITY ANALYSIS DEL PROGETTO "PARMA2"

Nella tabella 16 sono riportati i valori del canone annuo massimo e minimo del progetto "Parma2" per la modalità *Project Financing*, *Consip* e *PPP*.

TABELLA 16: CANONE MIN E MAX PER LE MODALITÀ *PROJECT FINANCING*, *CONSIP* E *PPP* PER IL PROGETTO "PARMA2"

	Canone annuo MIN	Canone annuo MAX
Project Financing	7.468 €	17.000 €
Consip	7.316 €	14.800 €
PPP	2.925 €	9.800 €

Anche in questo caso per confrontare le 3 modalità di finanziamento si è ipotizzato un canone annuo che assumesse un valore medio tra i valori della tabella 16: si è imposto quindi un canone pari a 9.500 € e si è condotta una *Sensitivity Analysis* facendo variare tale canone di 500 €.

Nella tabella 17 sono riportati i risultati della *Sensitivity Analysis* al variare delle modalità di finanziamento e del canone annuo.

TABELLA 17: SENSITIVITY ANALYSIS PER IL PROGETTO "PARMA2"

Canone annuo	Project Financing			CONSIP			PPP		
	NPV	IRR	PBT	NPV	IRR	PBT	NPV	IRR	PBT
9.000 €	6.608 €	15 %	11 anni	5.593 €	15 %	7 anni	32.274 €	27 %	5 anni
9.500 €	8.765 €	16 %	10 anni	7.254 €	17 %	7 anni	35.038 €	29 %	5 anni
10.000 €	10.922 €	17%	9 anni	8.915 €	18 %	7 anni	37.703 €	30 %	4 anni

Anche in questo caso il modello più redditizio per un operatore che realizza l'intervento è il Partenariato Pubblico Privato: ipotizzando un canone annuo tra i 9.000 e i 10.000 €, tale modalità di finanziamento garantisce un PBT compreso tra i 4 e i 5 anni, un IRR tra il 30% e il 27% e un NPV compreso tra i 37.703 e i 32.274 €.

2.2.4 SENSITIVITY ANALYSIS DEL PROGETTO "POTENZA"

Nella tabella 18 sono riportati i valori del canone annuo massimo e minimo del progetto "Parma1" per la modalità *Project Financing*, *Consip* e *PPP*.

TABELLA 18: CANONE MIN E MAX PER LE MODALITÀ PROJECT FINANCING, CONSIP E PPP PER IL PROGETTO "POTENZA"

	Canone annuo MIN	Canone annuo MAX
Project Financing	17.424 €	45.700 €
Consip	23.726 €	45.600 €
PPP	8.137 €	28.200 €

Analogamente a quanto già visto per i due precedenti progetti, si è imposto quindi un canone pari a 25.000 € e si è condotta una *Sensitivity Analysis* facendo variare tale canone di 2.500 €.

Nella tabella 19 sono riportati i risultati della *Sensitivity Analysis* al variare delle modalità di finanziamento e del canone annuo.

TABELLA 19: SENSITIVITY ANALYSIS PER IL PROGETTO "POTENZA"

Canone annuo	Project Financing			CONSIP			PPP		
	NPV	IRR	PBT	NPV	IRR	PBT	NPV	IRR	PBT
22.500 €	21.900 €	15 %	10 anni	-4.074	10 %	>9 anni	76.545 €	24 %	6 anni
25.000 €	36.685 €	17 %	9 anni	4.230 €	12 %	9 anni	89.868 €	26 %	5 anni
27.500 €	43.471 €	19 %	8 anni	12.536 €	14 %	8 anni	103.192 €	29 %	5 anni

Anche in questo caso il modello più redditizio per un operatore che realizza l'intervento è il Partenariato Pubblico Privato: ipotizzando un canone annuo tra i 27.500 e i 22.500 €, tale modalità di finanziamento garantisce un PBT compreso tra i 6 e i 5 anni, un IRR tra il 29% e il 24% e un NPV compreso tra i 103.192 e i 76.545€.

2.3 ANALISI DEL LIVELLO DI DIFFUSIONE DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE IN ITALIA

All'interno di questa sezione, sono presentati i risultati di un'analisi condotta al fine di indagare il livello di diffusione degli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica smart adaptive lighting (SAL) e smart street service (SSS) in Italia.

2.3.1 DESCRIZIONE DEL CAMPIONE OGGETTO DI ANALISI

La fase di raccolta dati ha visto l'utilizzo di fonti eterogenee, fra loro complementari: in particolare, sono stati esaminati gli esiti dei bandi CONSIP Luce, i progetti che hanno avuto accesso ai fondi europei POR-FESR ed i risultati della ricerca "Agenda Urbana" condotta dall'ANCI. Il campione di analisi è stato inoltre integrato con casi studio raccolti durante interviste dirette a fornitori tecnologici e *player* nel settore, oltre che con progetti provenienti da database ad accesso riservato.

Durante la fase iniziale di raccolta dati, sono individuate 15 variabili di interesse per l'analisi di ciascun progetto, così suddivise:

- Anagrafica del Comune che ha realizzato l'intervento:
 - Collocazione geografica⁵;
 - Numero di abitanti;

- Numero dei punti luce interessati dal progetto di riqualificazione:
 - Numero totale delle lampade sostituite/installate;
 - Numero di lampade a LED;
 - Numero di lampade a scarica;

- Tipologia di regolazione del flusso luminoso implementata:
 - Impianto a regolazione predefinita;
 - Impianto TAI;
 - Impianto FAI;

⁵ Per la collocazione geografica è stata utilizzata la seguente distinzione: Nord, Centro, Sud e isole.

Nord: Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria, Lombardia, Trentino alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia Romagna. Centro: Toscana, Umbria, Marche, Abruzzo, Molise, Lazio. Sud e isole: Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna.

- Implementazione di *smart street services*:
 - Implementazione di servizi appartenenti alla categoria “Monitoraggio del traffico”;
 - Implementazione di servizi appartenenti alla categoria “Monitoraggio ambientale”;
 - Implementazione di servizi appartenenti alla categoria “Smart Parking”;
 - Implementazione di servizi appartenenti alla categoria “Videosorveglianza”;
 - Implementazione di servizi appartenenti alla categoria “Totem e pannelli informativi”;
 - Implementazione di servizi appartenenti alla categoria “Colonnine di ricarica per veicoli elettrici”;
 - Implementazione di servizi appartenenti alla categoria “Wi-Fi”;

L’analisi ha permesso di identificare un campione che comprende 93 progetti di ammodernamento di infrastrutture di Pubblica Illuminazione, realizzati in altrettanti Comuni italiani, sul quale sono state effettuate le valutazioni presentate nelle successive sottosezioni. Gli interventi di ammodernamento degli impianti di Illuminazione Pubblica che compongono il database hanno interessato circa 800.000 punti luce: si stima che a fine 2018 i punti luce oggetto di interventi di riqualificazione saranno in totale circa 2,25 milioni e quindi il nostro campione ha un livello di copertura pari a circa il 35% dell’intero parco riqualificato di punti luce.

CARATTERISTICHE DEI COMUNI DEL CAMPIONE

Può essere effettuata un’analisi preliminare considerando il numero di abitanti dei comuni che hanno realizzato i progetti censiti. Si è scelto di separare i dati in tre classi:

- comuni con popolazione superiore ai 100.000 abitanti;
- comuni con popolazione compresa tra i 20.000 e i 100.000 abitanti;
- comuni con popolazione inferiore ai 20'000 abitanti.

La distribuzione del campione è mostrata in figura 4.

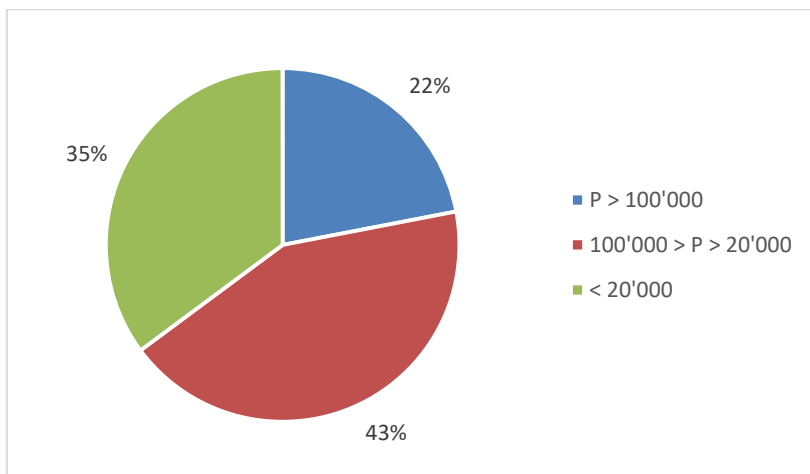


FIGURA 4: BREAKDOWN DEI COMUNI PER NUMERO DI ABITANTI PRESENTI NEL CAMPIONE D’ANALISI

Il cluster più numeroso risulta essere quella dei Comuni con popolazione compresa tra i 100.000 e i 20.000 abitanti, cui fa riferimento il 43% dei progetti contenuti nel campione. Le grandi città (con una popolazione maggiore di 100.000 abitanti), al contrario, sono il cluster meno numeroso e rappresentano solamente il 22% del campione totale. È altresì da sottolineare che, in termini “relativi”, ciò corrisponde ad un tasso di diffusione degli interventi pari a circa il 46%: ben 21 città italiane con una popolazione superiore ai 100.000 abitanti delle 45 complessive ha implementato un progetto di riqualificazione della Pubblica Illuminazione.

Analizzando i progetti secondo la variabile “Collocazione geografica”, si ottiene invece una sostanziale equivalenza tra le zone *Nord* e *Sud e isole*, come si evince dalla figura 5. Solo un quinto circa dei progetti censiti è stato realizzato nelle regioni dell’Italia centrale.

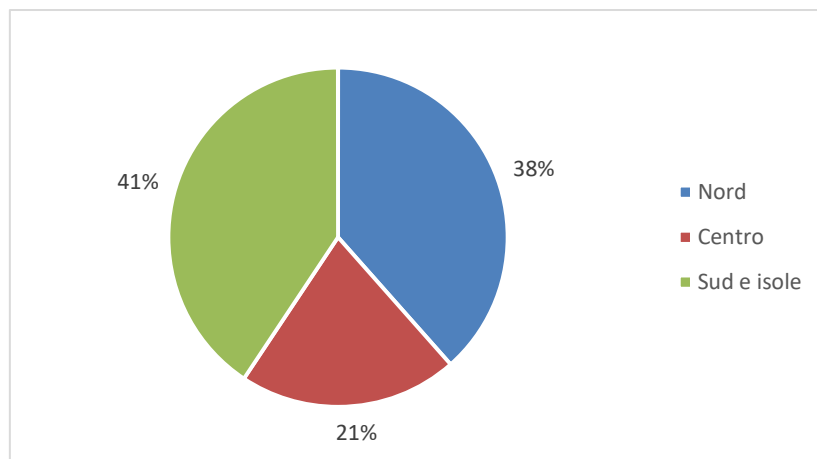


FIGURA 5: BREAKDOWN DEI COMUNI PER DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA PRESENTI NEL CAMPIONE D’ANALISI

CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ALL’INTERNO DEL CAMPIONE DI ANALISI

Come già anticipato, i progetti di riqualificazione sulla Pubblica Illuminazione che compongono il database hanno interessato, nel complesso, circa 800.000 punti luce. Le grandi città contribuiscono, evidentemente, con progetti che riguardano la sostituzione (o la nuova installazione) di un numero di lampade nell’ordine delle decine di migliaia, mentre tra i piccoli Comuni sono frequenti i casi che coinvolgono un numero di punti luce inferiore ai mille.

I progetti presenti nel campione sono stati divisi in due cluster in base alla tecnologia delle lampade installate: il primo contiene i progetti in cui è stata scelta esclusivamente la tecnologia LED per la sostituzione delle lampade preesistenti o per l’integrazione con nuovi punti luce, nella seconda vengono conteggiati i progetti in cui la scelta è parzialmente ricaduta anche su lampade SAP⁶ (vapori di sodio ad alta pressione). Tale ripartizione è presentata nella figura 6.

⁶ Lampade SAP: lampade ai vapori di sodio ad alta pressione

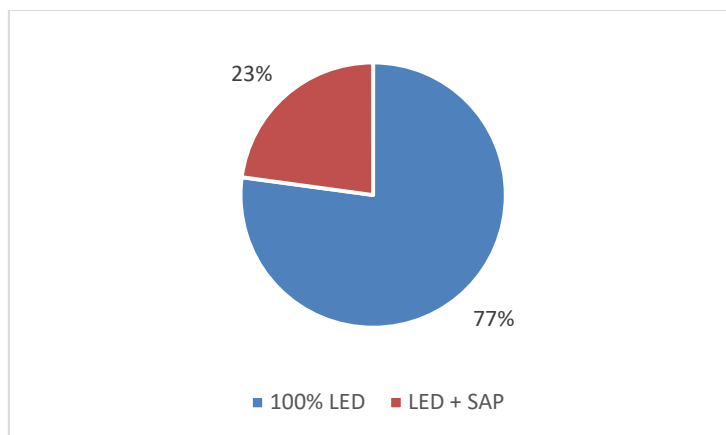


FIGURA 6: BREAKDOWN SULLA TECNOLOGIA DI LAMPADE IMPLEMENTATE

Si sottolinea che le lampade LED costituiscono la tecnologia prevalente anche nei progetti che includono la presenza di lampade a scarica: queste ultime sono infatti generalmente scelte per esigenze di omogeneità, in termini di temperatura di colore, quando si devono sostituire parte dei punti luce di infrastrutture di pubblica illuminazione costituite da lampade SAP.

Il campione oggetto di analisi non include, infine, alcun progetto in cui siano esclusivamente presenti lampade a scarica.

In occasione degli interventi di riqualificazione degli impianti, nel 100% dei casi analizzati si è scelto di implementare un sistema di telegestione.

Distinguendo tra i sistemi di regolazione individuati nel PAR2016⁷, si osserva che il 100% dei progetti prevede una gestione predefinita del flusso luminoso, anche se non mancano casi di installazione di sistemi in grado di regolare l'illuminazione tramite sistemi FAI. Va tuttavia sottolineato che questi ultimi, ove presenti, interessano solo alcuni punti dell'impianto, come strade di accesso principali o punti di particolare interesse, mentre il resto della rete è controllato in maniera predefinita.

La ripartizione tra tipologie di sistema di regolazione implementato è rappresentato in figura 7.

⁷ Impianto "a regolazione predefinita", impianto "Traffic Adaptive Installation" (TAI) e impianto "Full Adaptive Installation" (FAI)

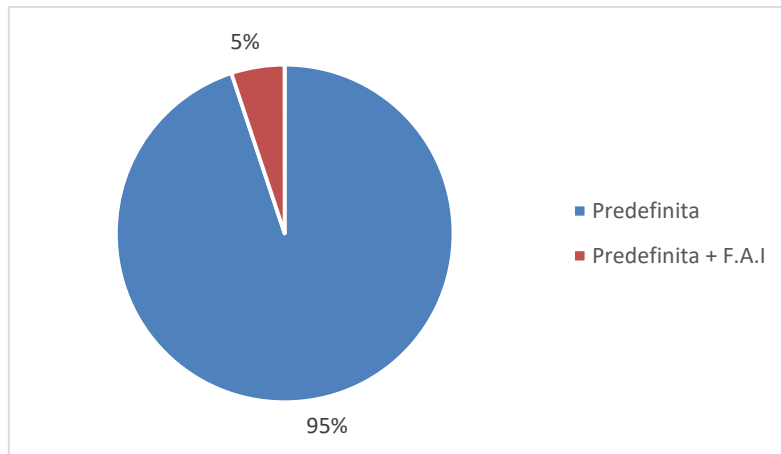


FIGURA 7: BREAKDOWN SULLA TIPOLOGIA DI SISTEMA DI REGOLAZIONE IMPLEMENTATO

2.3.2 ANALISI DELL'IMPLEMENTAZIONE DI SMART STREET SERVICE

Considerando il livello di implementazione delle tipologie di Smart Street Service presentate nelle precedenti sezioni, emerge come il 24,5% dei progetti del campione di analisi abbia previsto l'attivazione di almeno uno dei SSS in occasione della realizzazione dell'intervento di riqualificazione.

La frequenza di installazione per ognuna delle tipologie di SSS è rappresentata in figura 8.

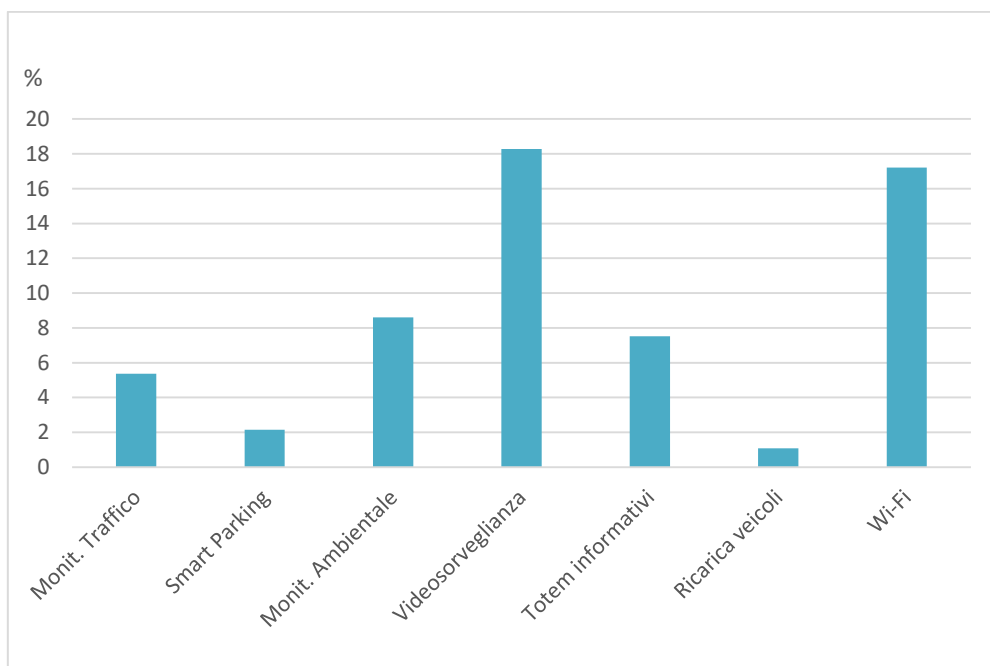


FIGURA 8: FREQUENZA DI IMPLEMENTAZIONE DI SMART STREET SERVICE

Osservando la frequenza di installazione per ognuna delle tipologie di *smart street services*, emerge come l'installazione di telecamere di sorveglianza è la soluzione più diffusa, sia per numero di comuni interessati che per numerosità sul territorio cittadino (circa il 18% dei Comuni nel campione d'analisi ha implementato tale SSS). La scelta di installare hotspot Wi-Fi è altrettanto frequente (circa il 17%), ma la loro presenza è spesso limitata ai punti di maggiore interesse della città.

In una percentuale non trascurabile dei casi si osserva anche la presenza di sistemi di monitoraggio ambientale - che siano essi relativi alla qualità dell'aria o all'inquinamento acustico - (SSS implementato da circa l'8% dei Comuni presenti nel campione d'analisi), di pannelli o totem informativi (circa il 7%) oltre che sistemi di monitoraggio del traffico (poco più del 5%).

La diffusione di servizi più innovativi quali i sistemi di *smart parking* o di ricarica dei veicoli elettrici è al contrario estremamente limitata.

Va infine sottolineato come il passaggio a sistemi di telegestione punto-punto costituisca un importante fattore abilitante per una maggiore diffusione futura: si potrà contare infatti su una infrastruttura in grado di consentire l'installazione di SSS senza dover affrontare costi aggiuntivi particolarmente onerosi.

IMPLEMENTAZIONE DI SMART STREET SERVICE SU BASE DEL NUMERO DI ABITANTI

Combinando opportunamente le variabili riguardanti l'anagrafica del Comune e le caratteristiche degli impianti descritte in precedenza, sono state effettuate le analisi aggiuntive presentate di seguito.

La figura 9 mostra i risultati dell'analisi che conteggia, per ogni cluster relativo alla popolazione, la diffusione dei progetti in cui è presente l'installazione di almeno uno dei smart street service elencati in precedenza.

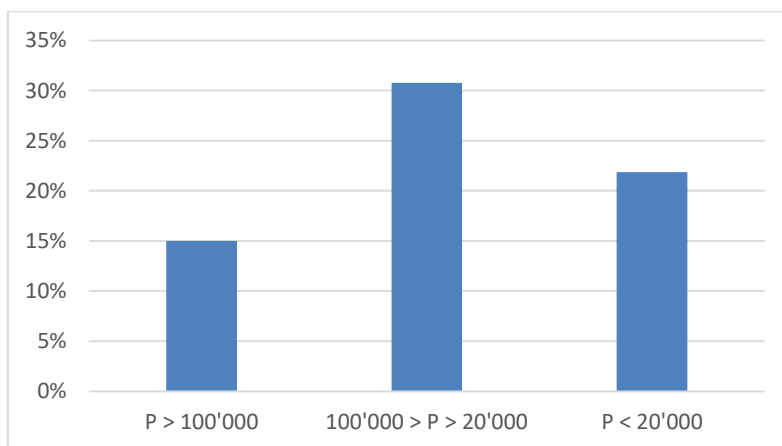


FIGURA 9: PERCENTUALE DI COMUNI CHE HANNO IMPLEMENTATO SMART STREET SERVICE RIPARTITI PER NUMERO DI ABITANTI

Dalle osservazioni risulta che i Comuni di media dimensione sono quelli più attivi nell'includere l'installazione di SSS fase di ammodernamento degli impianti di illuminazione pubblica, seguiti da quelli con popolazione inferiore ai 20.000 abitanti. In particolare, il 31% dei Comuni con una popolazione compresa tra i 20.000 e i 100.000 abitanti del campione hanno implementato almeno un SSS, a fronte del 22% valido per i comuni con una popolazione inferiore ai 20.000 abitanti ed il 15% sei comuni con una popolazione maggiore superiore ai 100.000 abitanti.

Si deve tuttavia considerare che spesso le grandi città possono già contare sulla diffusione di alcuni di essi sul territorio comunale (soprattutto telecamere di videosorveglianza e hotspot Wi-Fi), che essendo indipendenti dai progetti censiti non rientrano nel campione di analisi.

IMPLEMENTAZIONE DI SMART STREET SERVICE SU BASE GEOGRAFICA

Si è poi proceduto a suddividere i Comuni presenti nel campione di analisi in cluster sulla base della collocazione geografica e per ciascuno di questi cluster è stata analizzata la diffusione di progetti in cui è presente l'installazione di almeno uno dei servizi smart. Il risultato che ne deriva è presentato in figura 10.

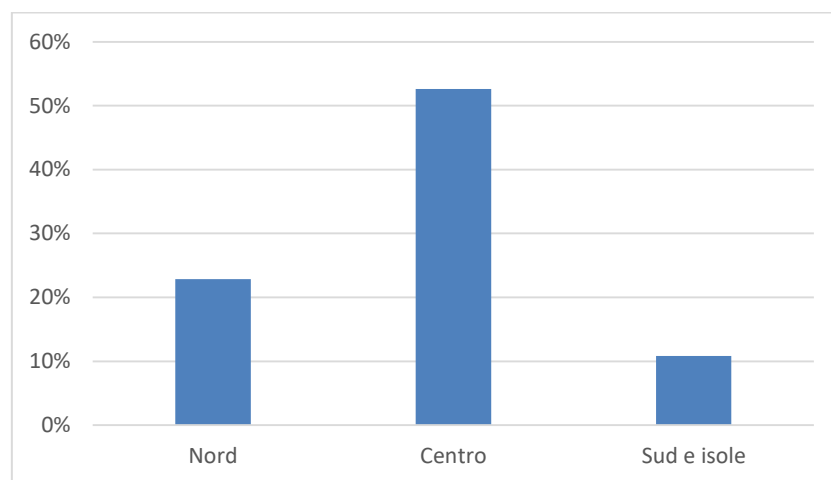


FIGURA 10: PERCENTUALE DI COMUNI CHE HANNO IMPLEMENTATO SMART STREET SERVICE RIPARTITI SU BASE GEOGRAFICA

Considerando la collocazione geografica i Comuni delle regioni del Centro Italia scelgono di implementare almeno un SSS in più del 50% dei casi analizzati (il 53% per la precisione), seguiti da quelli del Nord che li installano in un caso su cinque (23%). I Comuni appartenenti alla Sud e Isole censiti nel database risultano, ad oggi, quelli meno interessati al tema (solamente l'11% dei progetti presenti nel campione implementati in tali Comuni hanno implementato SSS).

Si rimanda all'osservazione delle analisi presentate di seguito per la distinzione tra le diverse tipologie di servizi installati, divise per classi di popolazione e per le tre aree geografiche.

BREAKDOWN ANALYSIS SUI SMART STREET SERVICE PER LA VARIABILE “NUMERO DI ABITANTI”

Infine, è stata condotta una Breakdown Analysis sull’adozione di SSS. In prima battuta, si sono suddivisi i Comuni che hanno implementato SSS nei 3 cluster “Popolazione > 100.000”. “Popolazione compresa tra 20.000 e 100.000” e “Popolazione < 20.000” e si è proceduto ad indagare quali SSS i Comuni di ciascun cluster hanno adottato con maggiore frequenza.

I risultati per ciascuno dei 3 cluster sono mostrati nelle figure 11,12 e 13.

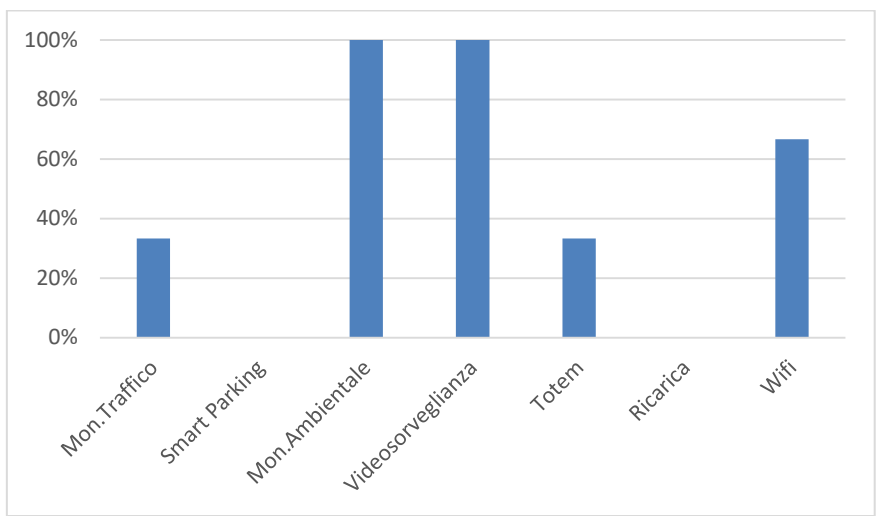


FIGURA 11: BREAKDOWN SUI SMART STREET SERVICE IMPLEMENTATI DA COMUNI CON POPOLAZIONE > 100.000 ABITANTI

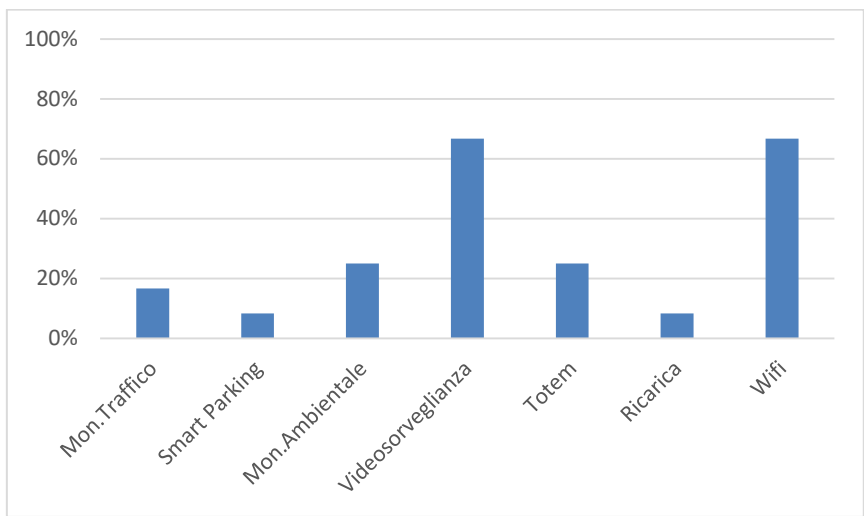


FIGURA 12: BREAKDOWN SUI SMART STREET SERVICE IMPLEMENTATI DA COMUNI CON POPOLAZIONE COMPRESA TRA I 20.000 E I 100.000 ABITANTI

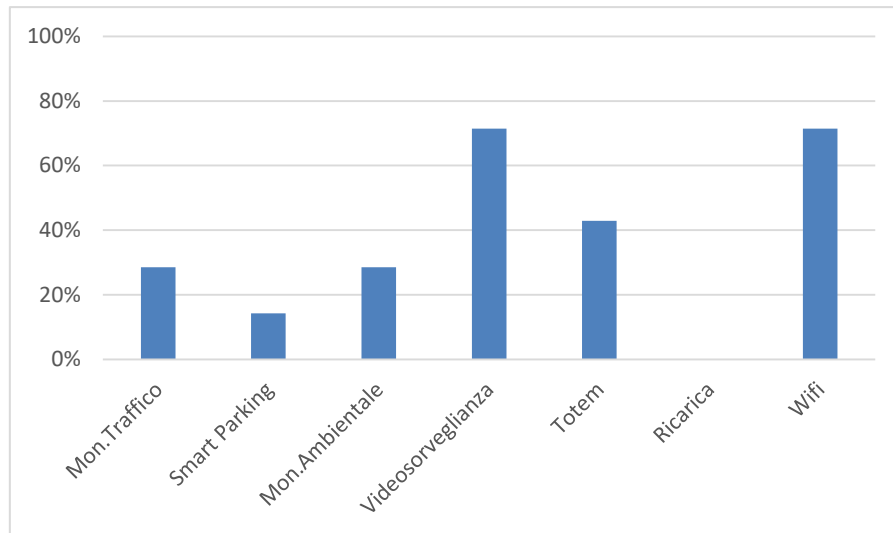


FIGURA 13: BREAKDOWN SUI SMART STREET SERVICE IMPLEMENTATI DA COMUNI CON POPOLAZIONE < 20.000

È evidente come il profilo dei Comuni di medie dimensioni (popolazione compresa tra i 20.000 ed i 100.000 abitanti) sia simile a quello dei piccoli comuni (popolazione inferiore ai 20.000 abitanti): in entrambi i cluster circa il 70% dei Comuni che hanno implementato SSS ha installato simultaneamente telecamere di videosorveglianza e hotspot Wi-Fi. Appare poi un interesse diversificato, ma comunque simile tra i due cluster, verso le altre tipologie di servizi: si registrano percentuali che oscillano tra il 20 e il 40% di adozione per SSS come il monitoraggio del traffico, il monitoraggio ambientale e l'installazione di totem informativi.

Scenario differente per i Comuni di grandi dimensioni (popolazione maggiore di 100.000 abitanti): nella totalità dei progetti che hanno visto l'implementazione di SSS si è registrato l'installazione di sensori per il monitoraggio ambientale e telecamere per la videosorveglianza. Appare forte anche l'interesse per hotspot Wi-Fi (il 66% dei grandi Comuni che hanno implementato almeno un SSS ha attivato tale servizio), mentre appare più contenuto quello verso le altre tipologie di SSS.

BREAKDOWN ANALYSIS SUI SMART STREET SERVICE PER LA VARIABILE "COLLOCAZIONE GEOGRAFICA"

In maniera analoga a quanto appena presentato si sono suddivisi i Comuni che hanno implementato SSS nei 3 cluster "Nord", "Centro" e "Sud e Isole" e si è proceduto ad indagare quali SSS i Comuni di ciascun cluster hanno adottato con maggiore frequenza.

I risultati per ciascuno dei 3 cluster sono mostrati nelle figure 14,15 e 16.

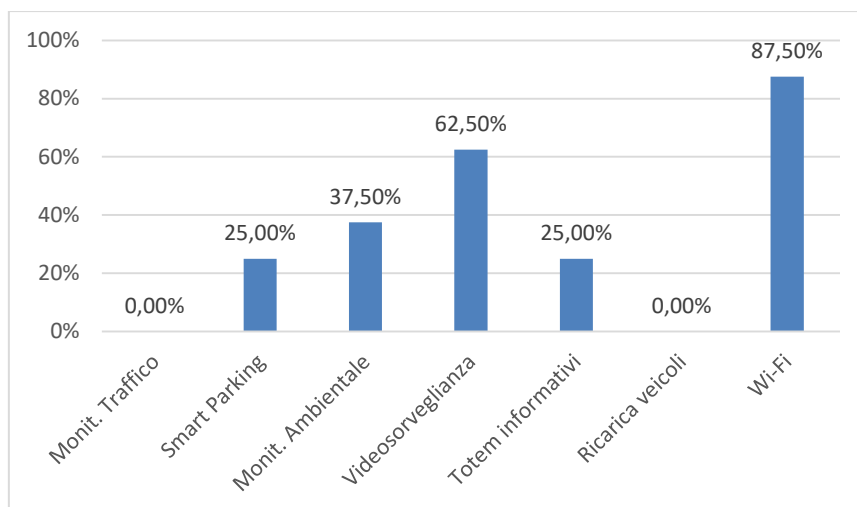


FIGURA 14: BREAKDOWN SUI SMART STREET SERVICE IMPLEMENTATI DA COMUNI DEL NORD

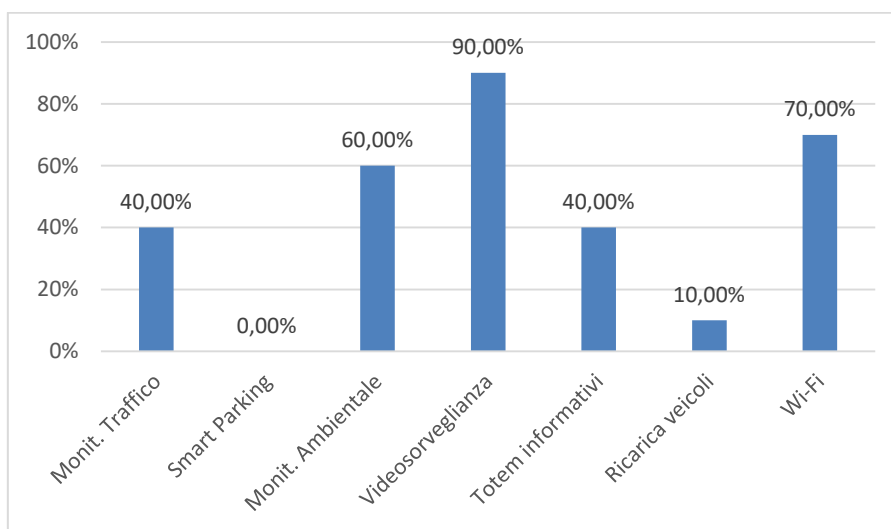


FIGURA 15: BREAKDOWN SUI SMART STREET SERVICE IMPLEMENTATI DA COMUNI DEL CENTRO

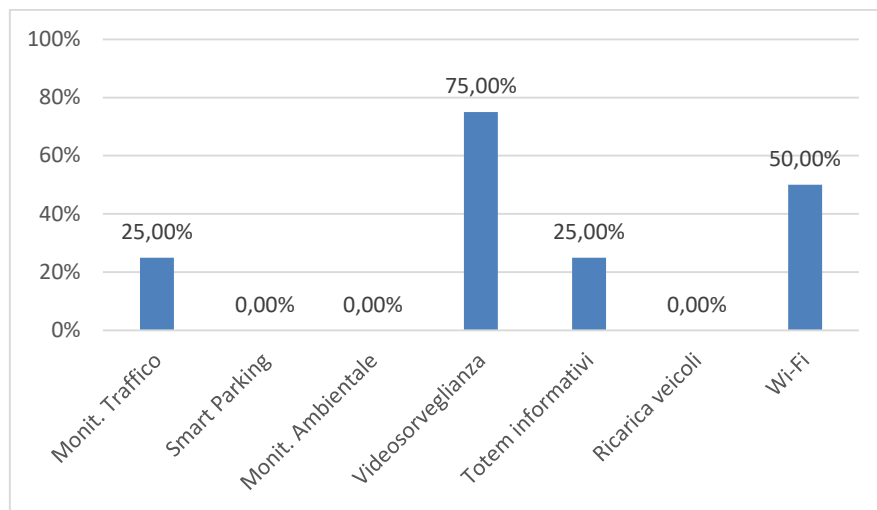


FIGURA 16: BREAKDOWN SUI SMART STREET SERVICE IMPLEMENTATI DA COMUNI DEL SUD E ISOLE

Appare un’analogia tra il profilo dei Comuni del Nord e del Centro: entrambi i cluster si sono concentrati in primis sull’installazione di telecamere per la videosorvegliata (servizio adottato dal 62% dei Comuni del Nord che hanno implementato almeno un SSS e addirittura dal 90% dei Comuni del Centro) e sull’installazione di hotspot Wi-Fi (percentuale di adozione dell’87% per i Comuni del Nord e del 70% per i comuni del Centro). All’interno di questi due cluster si registra comunque un buon livello di adozione anche per altri SSS, ad esempio il monitoraggio ambientale è stato adottato dal 37% dei Comuni del Nord che hanno implementato almeno un SSS e dal 60% dei Comuni del Centro.

I Comuni del Sud hanno invece implementato uno spettro di SSS molto più ridotto, concentrandosi sull’adozione di 4 di questi. In particolare, dall’analisi del campione emerge forte l’interesse verso l’installazione di telecamere di videosorveglianza e hotspot Wi-Fi (servizi adottati rispettivamente dal 75% e dal 50% dei Comuni del Sud che hanno implementato almeno un SSS), oltre a sporadiche installazioni di totem informativi e sistemi per il monitoraggio del traffico (percentuali di adozione del 25% per entrambi i comuni).

2.4 ANALISI DEGLI SCENARI DI DIFFUSIONE ATTESI DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE

All’interno di questa sezione sono presentati i risultati di un’analisi di 3 scenari di diffusione attesa, caratterizzati da un diverso livello di penetrazione degli interventi di riqualificazione energetica, SAL e SSS all’interno delle infrastrutture di pubblica illuminazione in Italia. Per ciascuno scenario saranno poi analizzate le principali ricadute economico-sociali e ambientali, dettagliate nel seguito.

2.4.1 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI ATTESI

In primo luogo, sono stati definiti 3 scenari di diffusione attesa degli interventi di riqualificazione della Pubblica Illuminazione e su ciascuno di esso sono state condotte le analisi presentate nelle prossime sezioni. In particolare, è stato individuato e analizzato uno *scenario inerziale*, uno *scenario ottimistico* e uno *scenario pessimistico*, ciascuno caratterizzato da elementi di contesto ben precisi.

I principali fattori caratterizzanti lo scenario inerziale sono:

- (i) un'espansione moderata delle ESCo: le ESCo, pur continuando il loro percorso di crescita, non riescono a compiere un significativo «cambio di passo» nel loro livello di penetrazione del mercato e tutto ciò causerà un rallentamento nella diffusione del modello di business “ESCo” sviluppato nel PAR2016;
- (ii) una propensione immutata all'efficienza energetica: la propensione all'efficienza energetica da parte dei Comuni segue caso senza modifiche significative il trend registrato negli ultimi anni;
- (iii) un significativo sviluppo tecnologico delle soluzioni abilitanti SAL e SSS: la diminuzione dei costi di implementazione di SAL e SSS dovuta allo sviluppo tecnologico delle soluzioni abilitanti si traduce in un aumento dell'installazione di tali servizi.

I principali fattori caratterizzanti lo scenario ottimistico sono:

- (i) un'espansione significativa delle ESCo: l'ingresso delle *utility* nella filiera dell'efficienza energetica modifica in maniera significativa l'approccio del mercato alle ESCo e rafforza la presenza di questi operatori di mercato, aumentando la diffusione del modello di business “ESCo”;
- (ii) un impatto significativo della Strategia Energetica Nazionale (SEN) sugli investimenti: la SEN, che prevede un set di misure, indirizzate alle amministrazioni locali, finalizzate alla sostituzione delle sorgenti luminose e all'installazione di sistemi di monitoraggio dei consumi, potrebbe agevolare gli investimenti in riqualificazioni di impianti di pubblica illuminazione;
- (iii) un aumento nella propensione verso l'efficienza energetica: si registra un aumento della propensione all'efficienza energetica da parte delle pubbliche amministrazioni e questo porta ad un aumento nella pervasività di soluzioni efficienti e smart nella pubblica illuminazione

I principali fattori caratterizzanti lo scenario pessimistico sono:

- (i) un ridotto sviluppo tecnologico delle soluzioni abilitanti SAL e SSS: un modesto sviluppo tecnologico delle soluzioni abilitanti SAL e SSS non porta alla diminuzione dei costi di implementazione attesa dovuta e ciò si traduce in un freno per le implementazioni di tali servizi.

METODOLOGIA

Per ciascuno degli scenari individuati nella precedente sezione si è determinato per l'orizzonte temporale 2019-2025 l'ammontare atteso di punti luce riqualificati con tecnologia LED e quello atteso di punti luce su cui si implementeranno soluzioni di tipo SAL e SSS (chiaramente quest'ultimo numero è un sottoinsieme del primo). Si è inoltre quantificato il volume d'affari per ciascun anno associato all'adozione di punti luce a LED ed all'implementazione di SAL e SSS.

Per ciascun scenario, *in primis* si è stimato il livello di diffusione della tecnologia LED, valutando i punti luce riqualificati con LED in ogni anno dell'orizzonte temporale oggetto dell'analisi. Si è poi stimato il costo atteso di investimento necessario per la riqualificazione a LED di un singolo punto luce per ogni anno del periodo 2019-2025 e tale analisi ha permesso di determinare il volume d'affari associato all'adozione di punti luce a LED nel settennato 2019-2025 per ciascuno scenario.

In maniera analoga si è stimata, sulla base dei fattori caratteristici di ogni scenario, la propensione all'adozione di sistemi SAL. In particolare, si è valutato la percentuale di diffusione di soluzione TAI e FAI sui punti luce riqualificati ogni anno e, stimando il costo di implementazione di entrambe le soluzioni SAL, anche in questo caso si è determinato il volume d'affari associato atteso per ogni anno.

Infine, si è stimato il livello di diffusione atteso per i SSS. Come prima cosa, è stata valutata la percentuale di adozione di tali sistemi negli interventi di riqualificazione previsti nel settennato 2019-2025 e poi si è stimato il volume d'affari associato. Per realizzare quest'ultima analisi, si è prima valutato il mix di interventi SSS maggiormente diffuso ad oggi, così da determinare un prezzo di investimento su singolo punto luce che sia la media ponderata tra i costi di investimento necessari per l'implementazione delle diverse tipologie di SSS viste nelle precedenti sezioni⁸: attualmente, come visto nella sezione 2.3.2, i SSS maggiormente adottati riguardano l'installazione di telecamere per la videosorveglianza e di hotspot Wi-Fi ed il costo di investimento "medio" di implementazione per l'anno 2019 è composto perciò per l'80% dal costo di implementazione di questi due SSS. Per gli anni successivi, si ipotizza un graduale incremento nella diffusione di altri SSS, come ad esempio il monitoraggio del traffico, lo smart parking e il monitoraggio ambientale i cui costi d'investimento si stima che arriveranno a pesare nel 2025 per il 70% sul costo d'investimento "medio".

SCENARIO INERZIALE

Nello scenario inerziale, si prevedono per l'anno 2019 interventi di riqualificazione a LED su 620.000 punti luce. L'ammontare di punti luce riqualificati aumenta di 70.000 unità rispetto al dato del 2019 nel 2020 (si stimano infatti interventi di riqualificazione su 690.000 punti luce); poi nel periodo 2021 - 2025 la crescita di punti luce riqualificati annualmente si attesta sulle 40.000 unità/anno. Tutto ciò porta ad avere una cumulata a fine 2025 di 5,36 milioni di punti luce riqualificati a LED nell'orizzonte temporale di riferimento 2019-2025 e, sommando i 2,25 milioni di punti luce già oggetto di "revamping" prima della fine del 2018, si stima che il 69% dei punti luce di tutto il territorio nazionale (ovvero circa 7,6 milioni di punti luce) sarà a LED.

Circa l'11% dei punti luce riqualificati nel 2018 ha previsto l'installazione di un sistema TAI, mentre il 4,5% ha incluso l'installazione di un sistema FAI. In virtù degli elementi di contesto dello scenario inerziale, è sembrato ragionevole ipotizzare un incremento di adozione annuo dell'1% per i servizi TAI e del 2% per i servizi FAI. In questo modo, si stima che il 18% dei punti luce riqualificati a LED nel 2025 sia dotato di un sistema TAI e che il 18,5% sia dotato di un sistema FAI.

Infine, circa il 3,5% dei punti luce riqualificati nel 2018 ha previsto l'installazione di SSS. Sulla base dei fattori caratterizzanti lo scenario, si è stimato un incremento annuo nell'implementazioni di SSS dell'1,5%. Si arriva così a determinare che il 14% dei punti luce riqualificati a LED nel 2025 sarà dotato di un SSS.

⁸ Monitoraggio del traffico, smart parking, monitoraggio del traffico, videosorveglianza, totem informativi, ricariche veicoli e Wi-Fi

Il dettaglio dei punti luce oggetto di riqualificazione a LED e di quelli che prevedono l'installazione di SAL e SSS per l'orizzonte temporale 2019 – 2025 è presentato nella tabella 20.

TABELLA 20: PUNTI LUCE INSTALLATI NELLO SCENARIO INERZIALE

# punti luce	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Totale
LED	620.000	690.000	730.000	770.000	810.000	850.000	890.000	5.360.000
SAL	114.700	148.350	178.850	211.750	247.050	284.750	324.850	1.510.300
SSS	31.000	44.850	58.400	73.150	89.100	106.250	124.600	527.350

Nello scenario inerziale per i prossimi 7 anni si stimano investimenti in interventi di riqualificazione per oltre 1,9 miliardi di €. Il volume d'affari per soluzioni SAL triplica, passando dai 79 milioni di € attesi per il 2019 ai 228 milioni di € del 2025. L'incremento è ancora più rilevante per soluzioni SSS, il cui volume d'affari nel 2019 è di 45 milioni di € e si prevede che possa arrivare a valere 159 milioni nel 2025.

Complessivamente gli investimenti attesi nel periodo 2019 – 2025 cubano più di 3,7 miliardi di €.

Il dettaglio dei volumi di affari atteso associato ad interventi di riqualificazione a LED ed all'installazione di SAL e SSS per l'orizzonte temporale 2019 – 2025 è presentato nella tabella 21.

TABELLA 21: VOLUME D'AFFARI ATTESO NELLO SCENARIO INERZIALE

(mln €)	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Totale
LED	236	255	266	281	296	310	325	1.969
SAL	79	104	127	151	176	202	228	1.067
SSS	45	63	81	99	118	138	159	704
TOTALE	359	423	475	531	590	650	712	3.740

SCENARIO OTTIMISTICO

Nello scenario ottimistico si prevede una diffusione più consistente della tecnologia LED e degli investimenti ad essa connessi. Nel 2019 si prevedono infatti interventi di riqualificazione a LED su 620.000 punti luce. L'ammontare di punti luce riqualificati poi aumenta di 120.000 unità rispetto al dato del 2019 nel 2020 (stimando così interventi di

riqualificazione su 790.000 punti luce); nel periodo 2021 - 2025 la crescita di punti luce riqualificati annualmente si attesta su 80.000 unità in più rispetto all'anno precedente (il doppio rispetto all'aumento ipotizzato nello scenario inerziale). Tali assunzioni portano ad avere una cumulata a fine 2025 di 6,61 milioni di punti luce riqualificati a LED nell'orizzonte temporale di riferimento 2019-2025 e si stima che la percentuale di punti luce a LED possa essere l'81% dell'installato totale.

Non si modifica invece la velocità di diffusione di SAL e SSS rispetto a quanto già ipotizzato nello scenario inerziale. Anche in questo caso si stima quindi un incremento di adozione annuo dell'1% per i servizi TAI e del 2% per i servizi FAI rispetto ai dati del 2018. Ovviamente pur se in termini relativi le percentuali di diffusione tra i due scenari sono le stesse, i punti luce in cui sono implementati soluzioni SAL (e anche SSS) nello scenario ottimistico sono più numerosi grazie alla maggiore pervasività della tecnologia LED.

Infine, in maniera analoga, si è stimato un incremento annuo nell'implementazioni di SSS dell'1,5% rispetto alle adozioni del 2018.

Il dettaglio dei punti luce oggetto di riqualificazione a LED e di quelli che prevedono l'installazione di SAL e SSS per l'orizzonte temporale 2019 – 2025 è presentato nella tabella 22.

TABELLA 22: PUNTI LUCE INSTALLATI NELLO SCENARIO OTTIMISTICO

# punti luce	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Totale
LED	670.000	790.000	870.000	950.000	1.030.000	1.110.000	1.190.000	6.610.000
SAL	123.950	169.850	213.150	261.250	314.150	371.850	434.350	1.888.550
SSS	33.500	51.350	69.600	90.250	113.300	138.750	166.600	663.350

Nello scenario ottimistico per i prossimi 7 anni si stimano investimenti in interventi di riqualificazione per oltre 2,4 miliardi di €. Il volume d'affari per soluzioni SAL triplica, passando dai 85 milioni di € attesi per il 2019 ai 305 milioni di € del 2025. L'incremento è ancora più rilevante per soluzioni SSS, il cui volume d'affari nel 2019 è di 48 milioni di € e si prevede che possa arrivare a valere 213 milioni nel 2025.

Complessivamente gli investimenti attesi nel periodo 2019 – 2025 cubano più di 4,6 miliardi di €.

Il dettaglio dei volumi di affari atteso associato ad interventi di riqualificazione a LED ed all'installazione di SAL e SSS per l'orizzonte temporale 2019 – 2025 è presentato nella tabella 23.

TABELLA 23: VOLUME D’AFFARI ATTESO NELLO SCENARIO OTTIMISTICO

(mln €)	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Totale
LED	255	292	318	347	376	405	434	2.427
SAL	85	120	152	187	224	263	305	1.335
SSS	48	72	96	122	151	181	213	883
TOTALE	388	484	566	656	750	849	952	4.645

SCENARIO PESSIMISTICO

Nello scenario pessimistico si prevede lo stesso livello di diffusione della tecnologia LED già ipotizzata nello scenario inerziale. Anche in questo scenario a fine 2025 si avranno 5,36 milioni di punti luce riqualificati a LED nell’orizzonte temporale di riferimento 2019-2025 e un livello di copertura di punti luce a LED pari al 69% dell’installato totale.

Rispetto allo scenario inerziale diminuisce invece la pervasività delle soluzioni SAL e SSS. In virtù degli elementi di contesto dello scenario pessimistico, è sembrato ragionevole ipotizzare un incremento di adozione annuo dello 0,5% per i servizi TAI e dell’1% per i servizi FAI rispetto al livello di adozione registrato nel 2018. In questo modo si stima che il 14% dei punti luce riqualificati a LED nel 2025 sia dotato di un sistema TAI e che il 10,5% sia dotato di un sistema FAI.

Analogamente, sulla base dei fattori caratterizzanti lo scenario, si è stimato un incremento annuo nell’implementazioni di SSS dell’1% rispetto alle ai dati registrati nel 2018. Si arriva così a determinare che il 10% dei punti luce riqualificati a LED nel 2025 sarà dotato di un SSS.

TABELLA 24: PUNTI LUCE INSTALLATI NELLO SCENARIO PESSIMISTICO

# punti luce	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Totale
LED	620.000	690.000	730.000	770.000	810.000	850.000	890.000	5.360.000
SAL	96.100	117.300	135.050	154.000	174.150	195.500	218.050	1.090.150
SSS	24.800	34.500	43.800	53.900	64.800	76.500	89.000	387.300

Nello scenario pessimistico per i prossimi 7 anni si stimano investimenti in interventi di riqualificazione per oltre 1,9 miliardi di €. Il volume d’affari per soluzioni SAL aumenta di circa 230%, passando dai 62 milioni di € attesi per il 2019 ai 143 milioni di € del 2025. L’incremento è più rilevante per soluzioni SSS, il cui volume d’affari nel 2019 è di 36 milioni di € e si prevede che possa arrivare a valere 114 milioni nel 2025.

Complessivamente gli investimenti attesi nel periodo 2019 – 2025 cubano poco più di 3,2 miliardi di €.

Il dettaglio dei volumi di affari atteso associato ad interventi di riqualificazione a LED ed all’installazione di SAL e SSS per l’orizzonte temporale 2019 – 2025 è presentato nella tabella 25.

TABELLA 25: VOLUME D’AFFARI ATTESO NELLO SCENARIO PESSIMISTICO

(mln €)	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Totale
LED	236	255	266	281	296	310	325	1.969
SAL	62	77	89	102	116	129	143	719
SSS	36	49	61	73	86	100	114	517
TOTALE	333	381	416	456	497	539	582	3.205

2.4.2 ANALISI DEI COSTI E DEI BENEFICI DEGLI SCENARI DI DIFFUSIONE ATTESI

All’interno di questa sezione sono presentati i risultati di un’analisi costi-benefici per il "sistema-Paese" associata alla realizzazione di interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione, relativa a ciascuno dei 3 scenari introdotti nella sezione precedente.

METODOLOGIA

In primo luogo, sono state identificate le ricadute associate alla realizzazione di interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione.

La principale tipologia di costo associata ad interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione fa riferimento alla riduzione del volume d’affari delle utility (qui nell’accezione più generale di chi vende energia elettrica) a seguito della riduzione dei volumi di vendita dell’energia elettrica. Si è poi considerato l’effetto che una riduzione del volume d’affari delle utility genera sulle casse dello Stato, considerando tre differenti aspetti:

- la riduzione del gettito fiscale IRES,
- la riduzione dell’ammontare delle accise
- la riduzione dell’ammontare dell’IVA.

Le tipologie di benefici associati al meccanismo fanno riferimento *in primis* al volume d'affari associato alle soluzioni tecnologiche ed alle ricadute occupazionali connesse. Analogamente alla riduzione del volume d'affari delle utility, questo beneficio genera una serie di effetti positivi per le casse dello Stato, sintetizzabili in un incremento del gettito fiscale IRES, del gettito fiscale IRPEF e dell'ammontare dell'IVA.

In secondo luogo, è stata identificata la riduzione di emissioni di CO₂ come ulteriore beneficio per la collettività associato direttamente ai risparmi energetici derivanti dalla realizzazione di interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione.

Di seguito sono riportate le 9 ricadute utilizzate per il calcolo del saldo costi-benefici per ciascuno dei 3 scenari:

- (i) riduzione del volume d'affari delle utility a seguito della riduzione dei volumi di vendita dell'energia elettrica;
- (ii) riduzione del gettito fiscale per lo Stato (IRES) a seguito della riduzione dei volumi di vendita dell'energia elettrica da parte delle utility;
- (iii) riduzione dell'ammontare dell'IVA per lo Stato a seguito della riduzione dei volumi di vendita dell'energia elettrica da parte delle utility;
- (iv) riduzione dell'ammontare delle accise per lo Stato a seguito della riduzione dei volumi di vendita dell'energia elettrica da parte delle utility;
- (v) volume d'affari associato alle soluzioni tecnologiche;
- (vi) incremento del gettito fiscale per lo Stato (IRES) a seguito del volume d'affari associato alle soluzioni di efficienza energetica;
- (vii) incremento dell'ammontare dell'IVA per lo Stato a seguito del volume d'affari associato alle soluzioni di efficienza energetica;
- (viii) incremento del gettito fiscale per lo Stato (IRPEF) a seguito delle ricadute occupazionali;
- (ix) riduzione delle emissioni di CO₂.

Di seguito è presentata la metodologia di calcolo seguita per ciascuna delle componenti appena presentate.

- (i) Al fine di stimare la riduzione del volume d'affari delle utility a seguito della riduzione dei volumi di vendita dell'energia elettrica, si è proceduto a stimare in primis la riduzione dei volumi di vendita (ovvero i risparmi annui di energia elettrica) associata agli investimenti previsti in ciascun scenario. Si è poi stimato la riduzione del volume d'affari delle utility, prendendo in considerazione il prezzo annuo medio dell'energia elettrica per le PA.
- (ii) Al fine di stimare la riduzione del gettito fiscale per lo Stato (IRES - Imposta sul Reddito delle Società), si è proceduto a stimare per le utility la quota parte di volume d'affari gravabile d'imposta, prendendo in considerazione il rapporto medio annuo fra il "fatturato" ed il "risultato prima delle imposte" delle prime 10 utility italiane. Si è poi stimato la riduzione del gettito fiscale per lo Stato (IRES), prendendo in considerazione l'aliquota IRES attualmente in vigore.
- (iii) Dopo aver stimato la riduzione dei volumi di vendita (componente 1), si è proceduto a stimare la riduzione dell'ammontare dell'IVA per lo Stato, prendendo in considerazione l'aliquota IVA del 22% gravante sull'energia elettrica.

- (iv) Dopo aver stimato la riduzione dei volumi di vendita (componente 1), si è proceduto a stimare la riduzione dell'ammontare delle accise per lo Stato, prendendo in considerazione la quota di accise relativa all'energia elettrica per le Pubbliche Amministrazioni attualmente in vigore (0,0125 €/kWh).
- (v) Al fine di stimare il volume d'affari associato alle soluzioni tecnologiche si è fatto ricorso ai volumi d'affari previsti per ciascuno scenario e definiti nella precedente sezione.
- (vi) Al fine di stimare l'incremento del gettito fiscale per lo Stato (IRES) a seguito del volume d'affari delle soluzioni di efficienza energetica si è proceduto a in primis a stimare per i fornitori di soluzioni tecnologiche la quota parte di volume d'affari gravabile d'imposta, prendendo in considerazione il rapporto medio annuo fra il "fatturato" ed il "risultato prima delle imposte": Si è poi stimato l'incremento del gettito fiscale per lo Stato (IRES), prendendo in considerazione l'aliquota IRES attualmente in vigore.
- (vii) Dopo aver stimato il volume d'affari associato alle soluzioni tecnologiche (componente 5), si è proceduto a stimare l'incremento dell'ammontare dell'IVA per lo Stato.
- (viii) Al fine di stimare l'incremento del gettito fiscale per lo Stato (IRPEF - Imposta sul Reddito delle Persone Fisiche) a seguito delle ricadute occupazionali in primis si è stimato per i fornitori di soluzioni tecnologiche il rapporto "dipendenti"/"fatturato" medio. Si sono poi stimate le ricadute occupazionali (in termini di numero di dipendenti) come prodotto fra il volume d'affari annuo medio ed il relativo rapporto "dipendenti"/"fatturato" annuo medio. Si è proceduto quindi a stimare l'ammontare complessivo di retribuzioni prendendo in considerazione lo stipendio lordo annuo medio italiano e infine si è stimato l'incremento del gettito fiscale per lo Stato (IRPEF) prendendo in considerazione le modalità di calcolo di tale imposta e le relative aliquote attualmente in vigore.
- (ix) Al fine di stimare la riduzione delle emissioni di CO₂ associata alla realizzazione di interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione, si è proceduto in primis a stimare i risparmi di energia elettrica associati a interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione. Si è stimato poi la riduzione annua di emissioni di CO₂, prendendo in considerazione il fattore medio annuo di emissione di CO₂ per l'energia elettrica ("Fattore di emissione dei consumi elettrici nazionali"⁹). Infine, si è quantificato in termini economici la riduzione annua di emissioni di CO₂, prendendo in considerazione il prezzo medio annuo registrato nel mercato EU Emission Trading System nel corso del 2018¹⁰.

Una volta identificate le ricadute incluse all'interno del modello di analisi costi-benefici, al fine di effettuare un bilancio costi-benefici per il "sistema-Paese" e per i diversi attori coinvolti a vario titolo nella realizzazione di interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione si è proceduto a:

- individuare le tipologie di attori all'interno del "sistema-Paese" tra cui intercorrono i flussi economici associati alle ricadute connesse alla realizzazione di interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione (analizzati in precedenza), distinguendo tra attori della filiera italiana dello smart lighting, utility e Stato;

⁹ Emissioni CO₂: 325 g/kWh (fonte ISP)I

¹⁰ Prezzo ETS: 14 €/ton

- individuare i flussi economici “in ingresso” (introiti o mancati esborsi) ed “in uscita” (esborsi o mancati introiti) per i diversi attori;
- stimare il beneficio netto per i diversi attori, come differenza tra i flussi economici “in ingresso” ed “in uscita” associati a ciascuno di essi;
- stimare il beneficio netto per il sistema-Paese, come somma dei benefici netti associati ai diversi attori.

ANALISI DEI COSTI E DEI BENEFICI DELLO SCENARIO INERZIALE

Calcolando le 9 ricadute presenti all'interno del modello di analisi costi-benefici appena descritto, sulla base dei punti luce riqualificati ed i volumi d'affari dello scenario inerziale si ottiene un beneficio netto per il sistema-paese pari ad oltre 3,6 miliardi di €. Il beneficio di gran lunga più rilevante deriva dall'incremento del volume d'affari associato alla vendita soluzioni tecnologiche ed è appannaggio dei fornitori di tecnologia (benefici attesi pari ad oltre 3,7 miliardi di €).

Anche lo Stato registra un beneficio complessivo positivo (pari a 814 milioni di €), dal momento che le perdite del gettito dovute alla riduzione del volume d'affari delle utility sono più che compensate dalle entrate addizionali legate all'incremento del volume d'affari associato alla vendita delle soluzioni tecnologiche e dai benefici ambientali derivanti dalla riduzione di emissioni di CO₂

Le utility, al contrario, vedono una perdita netta del proprio volume d'affari pari a circa 900 milioni di €.

Nella tabella 26 è riportato il dettaglio delle componenti del bilancio costi-benefici associata ad interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione per lo scenario inerziale.

TABELLA 26: ANALISI COSTI-BENEFICI PER ATTORE NELLO SCENARIO INERZIALE

(mln €)	Componente	Anno							Totale	Totale attore
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
Utility	-1	26	56	89	123	160	199	241	895	- 895
Stato	-2	0	0	1	1	1	1	2	6	814
	-3	6	12	19	27	35	44	53	197	
	-4	2	4	7	10	13	16	19	70	
	+6	6	7	8	9	10	11	12	60	
	+7	79	93	104	117	130	143	157	823	
	+8	17	20	23	26	28	31	34	180	
	+9	1	2	3	3	5	6	7	25	
Filiera dello smart lighting	+5	359	423	475	531	590	650	712	3.740	3.740

ANALISI DEI COSTI E DEI BENEFICI DELLO SCENARIO OTTIMISTICO

Calcolando le 9 componenti del modello sulla base dei punti luce riqualificati ed i volumi d'affari dello scenario ottimistico si ottiene un beneficio netto per il paese pari a circa 4,6 miliardi di €. I risultati sono simili a quanto emerso anche per lo scenario inerziale. La quasi totalità di tale beneficio deriva dall'incremento del volume d'affari delle soluzioni tecnologiche ed è appannaggio dei fornitori di tecnologia (benefici attesi pari ad oltre 4,6 miliardi di €).

Anche lo Stato registra un beneficio complessivo positivo (pari a 1.024 milione di €). Le utility al contrario vedono una perdita netta del proprio volume d'affari di poco superiore ad 1 miliardo di €.

Nella tabella 27 è riportato il dettaglio delle componenti del bilancio costi-benefici associata ad interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione per lo scenario ottimistico.

TABELLA 27: ANALISI COSTI-BENEFICI PER ATTORE NELLO SCENARIO OTTIMISTICO

(mln €)	Componente	Anno							Totale	Totale attore
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
Utility	-1	29	63	101	144	191	242	298	1.068	- 1.068
Stato	-2	0	0	1	1	1	2	2	8	1024
	-3	6	14	22	32	42	53	66	235	
	-4	2	5	8	11	15	19	23	83	
	+6	6	8	9	11	12	14	16	75	
	+7	85	107	124	144	165	187	209	1.022	
	+8	19	23	27	31	36	41	46	223	
	+9	1	2	3	4	5	7	8	30	
Filiera dello smart lighting	+5	388	484	566	656	750	849	952	4.645	4.645

ANALISI DEI COSTI E DEI BENEFICI DELLO SCENARIO PESSIMISTICO

Calcolando le 9 componenti del modello sulla base dei punti luce riqualificati ed i volumi d'affari dello scenario pessimistico si ottiene un beneficio netto per il paese pari a poco più di 3 miliardi di €. Anche lo scenario pessimistico mostra risultati in linea con quanto emerso precedentemente. Il beneficio più consistente è appannaggio dei fornitori di tecnologia (benefici attesi pari ad oltre 3,2 miliardi di €).

Anche lo Stato registra un beneficio complessivo positivo (pari a 671 milione di €). Le utility al contrario vedono una perdita netta del proprio volume d'affari di 863 milioni di €.

Nella tabella 28 è riportato il dettaglio delle componenti del bilancio costi-benefici associata ad interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione per lo scenario pessimistico.

TABELLA 28: ANALISI COSTI-BENEFICI PER ATTORE NELLO SCENARIO PESSIMISTICO

(mln €)	Componente	Anno							Totale	Totale attore
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
Utility	-1	26	55	86	119	154	191	231	863	- 863
Stato	-2	0	0	1	1	1	1	2	6	671
	-3	6	12	19	26	34	42	51	190	
	-4	2	4	7	9	12	15	18	67	
	+6	5	6	7	7	8	9	9	51	
	+7	73	84	92	100	109	119	128	705	
	+8	16	18	20	22	24	26	28	154	
	+9	1	2	2	3	4	5	7	25	
Filiera dello smart lighting	+5	333	381	416	456	497	539	582	3.205	3.205

3 CONCLUSIONI

Le attività condotte nell’ambito del presente programma di ricerca hanno permesso di analizzare la sostenibilità economica di 3 progetti di riqualificazione della pubblica illuminazione in ottica smart adaptive lighting e smart street service – attraverso l’utilizzo di un modello di simulazione creato ad hoc nell’ambito del PAR2016.

In secondo luogo, è stato analizzato il livello di diffusione degli interventi di riqualificazione dell’infrastruttura di Pubblica Illuminazione in Italia e sono stati definiti ed analizzati diversi possibili scenari di diffusione di tali interventi, con particolare riferimento alle ricadute di natura economica, sociale ed ambientale.

La tabella 29 riporta le principali informazioni relative ai 3 progetti di riqualificazione della pubblica illuminazione in ottica smart adaptive lighting e smart street service oggetto d’analisi.

TABELLA 29: ANAGRAFICA DEI 3 PROGETTI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE ANALIZZATI

Progetto	Città	Sostituzione corpi illuminanti	Lunghezza del tratto oggetto dell’intervento	Adozione di SAL	Adozione di SSS
“Parma1”	Parma	Sostituzione di 135 lampade a ioduri metallici con 139 lampade LED	1.096 metri	Sistema di controllo di tipo FAI (10 sensori di traffico <i>standard</i> ed un sensore di traffico <i>avanzato</i>).	10 telecamere smart, abilitanti il servizio SSS “monitoraggio del traffico”. Installazione di un pannello a messaggio variabile.
“Parma2”	Parma	Sostituzione di 40 lampade SAP da 150 W con altrettanti punti luce LED da 72 W	1.600 metri	Sistema di controllo di tipo TAI (10 sensori di traffico <i>standard</i>).	10 telecamere smart, abilitanti il servizio SSS “monitoraggio del traffico” e “videosorveglianza”
“Potenza”	Potenza	Sostituzione di 100 lampade SAP da 250 W con 90 lampade LED da 98 W	1.500 metri	Sistema di controllo di tipo TAI (4 sensori <i>standard</i> di traffico).	4 telecamere smart, abilitanti il servizio SSS “monitoraggio del traffico”

Tutti i progetti, i quali sono stati realizzati in modalità *Self-made*, mostrano degli economics interessanti, come mostrato in Tabella 30.

TABELLA 30: ECONOMICS DEI 3 PROGETTI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE ANALIZZATI

Progetto	Internal Rate of Return (IRR)	Net Present Value (NPV)	Pay-Back Time (PBT)
"Parma1"	8%	27.559 €	11 anni
"Parma2"	7%	9.010 €	12 anni
"Potenza"	18%	124.912 €	6 anni

Al fine di corroborare tali risultanze, è stata altresì condotta un'analisi di sensitività su tre variabili di input al modello di simulazione:

- costo del capitale per il Comune;
- costo dell'energia elettrica;
- risparmio energetico conseguito grazie all'intervento.

In tutti i casi analizzati, emerge che la variabile avente il maggiore impatto sugli economics del progetto è il prezzo dell'energia. A titolo di esempio, per il progetto "Parma1", una variazione di 2 c€/kWh rispetto al costo di riferimento fa variare il NPV di circa il 48%, fa aumentare/diminuire il PBT di circa 1,5 anni e fa registrare un incremento/decremento dell'IRR di circa 2 punti percentuali.

È stata infine condotta un'ulteriore analisi sui 3 progetti, relativa a modalità alternative di realizzazione del progetto (rispetto al *Self-made*). In tutti e 3 i casi analizzati emerge che il modello più redditizio per un operatore che realizza un intervento di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica illuminazione – sulla base delle ipotesi sottostanti - è il Partenariato Pubblico Privato. A titolo di esempio, per il progetto "Potenza", ipotizzando un canone annuo tra i 27.500 e i 22.500 €, tale modalità di finanziamento garantirebbe per il soggetto investitore un PBT compreso tra i 5 ed i 5 anni, un IRR tra il 29% e il 24% e un NPV compreso tra i 76.545€ e i 103.192€.

L'analisi del livello di diffusione degli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica smart adaptive lighting (SAL) e smart street service (SSS) in Italia – condotta mediante approcci metodologici complementari, quali ad esempio l'analisi degli esiti dei bandi CONSIP Luce e della ricerca "Agenda Urbana" condotta dall'ANCI e la conduzione di interviste dirette a fornitori tecnologici e *player* del settore - ha permesso di identificare un campione che comprende 93 progetti di ammodernamento di infrastrutture di Pubblica Illuminazione, realizzati in altrettanti Comuni italiani.

Rimandando alla sezione 2.3 per un'analisi estensiva delle evidenze emerse, si riportano nel seguito le principali.

In termini "assoluti", la maggior parte dei progetti è stata realizzata in Comuni con popolazione compresa tra i 100.000 e i 20.000 abitanti, cui fa riferimento il 43% dei progetti contenuti nel campione. Le grandi città (con una popolazione maggiore di 100.000 abitanti), al contrario, sono il cluster meno numeroso e rappresentano solamente il 22% del campione totale. (si veda Figura 4). È altresì da sottolineare che, in termini "relativi", ciò corrisponde ad un tasso di diffusione degli interventi pari a circa il 46%: ben 21 città italiane con una popolazione superiore ai 100.000 abitanti delle 45 complessive ha implementato un progetto di riqualificazione della Pubblica Illuminazione.

Gli interventi di ammodernamento degli impianti di Illuminazione Pubblica che compongono il set analizzato hanno interessato, nel complesso, circa 800.000 punti luce. Tutti i progetti hanno previsto la sostituzione vecchie sorgenti luminose (o l'integrazione di nuovi punti luce) con la tecnologia LED, che nel 23% dei casi è stata parzialmente affiancata dalla tecnologia SAP.

Per quanto concerne il sistema di controllo dell'infrastruttura di Pubblica illuminazione, in occasione degli interventi di riqualificazione si è in tutti i casi scelto di implementare un sistema di telegestione, nella massima parte dei casi con gestione predefinita. In un numero ridotto di casi (circa il 5% dei progetti analizzati) sono stati installati sistemi in grado di regolare l'illuminazione tramite sistemi FAI, che tuttavia interessano tipicamente porzioni limitate dell'infrastruttura di pubblica illuminazione, quali ad esempio strade di accesso principali o punti di particolare interesse.

Infine, per quanto concerne gli SSS connessi all'infrastruttura di Pubblica illuminazione, dall'analisi emerge che nel 24,5% dei progetti analizzati sia stata prevista l'attivazione di almeno uno SSS. L'installazione di telecamere di sorveglianza rappresenta la soluzione più diffusa (circa il 18% dei progetti analizzati), seguita dall'hotspot Wi-Fi (circa il 17%). Va altresì sottolineato che il passaggio a sistemi di telegestione più articolati, di tipo "punto-punto", costituisca un importante fattore abilitante per una maggiore diffusione futura degli SSS, in virtù del fatto di poter contare su una infrastruttura in grado di consentire l'installazione di SSS senza dover sostenere costi aggiuntivi particolarmente onerosi.

Infine, con l'obiettivo di analizzare le principali ricadute economico-sociali e ambientali connesse alla riqualificazione delle infrastrutture di pubblica illuminazione in Italia, sono stati costruiti 3 scenari di diffusione attesa, caratterizzati da un diverso livello di penetrazione degli interventi di riqualificazione energetica, SAL e SSS.

I tre scenari, denominati "inerziale", "ottimistico" e "pessimistico", tengono conto di una serie di fattori di natura tecnologica, normativa e di business che si ritiene potranno influenzare in maniera significativa le dinamiche all'interno del comparto dello smart lighting (si veda la sezione 2.4 per un maggior dettaglio a riguardo).

Al fine di effettuare un'analisi costi-benefici per il "sistema-Paese" associata alla realizzazione di interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione, relativa a ciascuno dei 3 scenari, sono state considerate le seguenti ricadute (per ciascuna delle quali è stato definito un algoritmo ad hoc per la stima del relativo ammontare):

- (i) riduzione del volume d'affari delle utility a seguito della riduzione dei volumi di vendita dell'energia elettrica;
- (ii) riduzione del gettito fiscale per lo Stato (IRES) a seguito della riduzione dei volumi di vendita dell'energia elettrica da parte delle utility;

- (iii) riduzione dell'ammontare dell'IVA per lo Stato a seguito della riduzione dei volumi di vendita dell'energia elettrica da parte delle utility;
- (iv) riduzione dell'ammontare delle accise per lo Stato a seguito della riduzione dei volumi di vendita dell'energia elettrica da parte delle utility;
- (v) volume d'affari associato alle soluzioni tecnologiche;
- (vi) incremento del gettito fiscale per lo Stato (IRES) a seguito del volume d'affari associato alle soluzioni di efficienza energetica;
- (vii) incremento dell'ammontare dell'IVA per lo Stato a seguito del volume d'affari associato alle soluzioni di efficienza energetica;
- (viii) incremento del gettito fiscale per lo Stato (IRPEF) a seguito delle ricadute occupazionali;
- (ix) riduzione delle emissioni di CO₂.

Una volta identificate e quantificate le ricadute incluse all'interno del modello di analisi costi-benefici, è stato effettuato un bilancio costi-benefici per il "sistema-Paese" e per i diversi attori coinvolti a vario titolo nella realizzazione di interventi di riqualificazione della pubblica illuminazione.

Lo scenario inerziale mostra un beneficio netto per il sistema-paese pari ad oltre 3,6 miliardi di €. Il beneficio di gran lunga più rilevante deriva dall'incremento del volume d'affari associato alla vendita soluzioni tecnologiche ed è appannaggio dei player della filiera dello smart lighting (fornitori di tecnologia in primis, con benefici attesi pari ad oltre 3,7 miliardi di €).

Anche lo Stato registra un saldo benefici-costi complessivo positivo (pari a 814 milioni di €), dal momento che le perdite del gettito dovute alla riduzione del volume d'affari delle utility sono più che compensate dalle entrate addizionali legate all'incremento del volume d'affari associato alla vendita delle soluzioni tecnologiche e dai benefici ambientali derivanti dalla riduzione di emissioni di CO₂. Le utility, al contrario, vedono una perdita netta del proprio volume d'affari pari a circa 900 milioni di €.

Con particolare riferimento alle utility, vale la pena sottolineare che esse, nel più ampio contesto del crescente (ed ormai affermato) interesse verso l'efficienza energetica, hanno visto e vedono sempre più l'efficientamento della pubblica illuminazione (ed i servizi "smart" ad essa connessi) come un'opportunità di business concreta, potendo quindi operare come attori della filiera dello smart lighting (con i veicoli societari più idonei). In tal modo, le utility riuscirebbero quantomeno ad attenuare l'effetto negativo per esse derivante dalla riduzione dei volumi di vendita della commodity (energia elettrica).

A dimostrazione di tale tesi si è condotto un'analisi sulle 13 principali utility "elettriche" italiane (intese come soggetti che vendono energia elettrica), che rappresentano complessivamente il 66% dei GWh elettrici venduti nell'ultimo anno nel nostro paese. Dall'analisi emerge che la quasi totalità delle utility (12 su 13) ha al proprio interno una divisione o una business unit che si occupa di servizi di efficienza energetica e ben 9 su 13 (circa il 70% del campione) dichiarano di offrire servizi di riqualificazione della pubblica illuminazione, a riprova di come l'efficientamento energetico in generale, e quello della pubblica illuminazione in particolare, stiano diventando business significativi per le utility. A titolo di esempio, è interessante citare il caso di Enel X, società di recente costituzione appartenente al gruppo Enel con l'obiettivo di fornire un'offerta integrata alle Pubbliche Amministrazioni e alle municipalità di soluzioni di efficienza energetica (tra cui interventi sulla pubblica illuminazione) e soluzioni per la connettività.

In generale, le analisi di scenario condotte - anche con riferimento agli altri due scenari, i quali mostrano risultati abbastanza simili rispetto allo scenario “inerziale” – mostrano con grande evidenza il significativo impatto positivo che la riqualificazione dell’infrastruttura di Pubblica Illuminazione può portare a livello di sistema-paese e dei vari attori coinvolti. Molta è la strada da percorrere, se si guarda al “mismatch” tra la diffusione attuale di tali interventi e gli scenari di sviluppo che sono stati analizzati, tuttavia appare quanto mai utile, e per certi versi necessario, promuovere la diffusione di questi interventi, identificando i modelli di business più adatti, caso per caso, alla loro realizzazione.

In conclusione, le analisi condotte nell’ambito delle ultime due annualità del PAR hanno fatto emergere un importante linea di ricerca futura su cui si ritiene valga la pena focalizzarsi. In particolare, l’analisi degli smart street service che possono essere implementati su una infrastruttura di pubblica illuminazione, sia da un punto di vista tecnologico che in termini di benefici economici, sociali ed ambientali, ha fatto emergere una criticità legata alla valorizzazione “a priori” di tali benefici, la quale impatta sul grado di attrattività degli smart street services e sul loro livello di diffusione. Alla luce di ciò, appare di particolare rilievo la possibilità di sviluppare strumenti metodologici che favoriscano la diffusione dei cosiddetti “smart street services”, con particolare riferimento all’individuazione del grado di attrattività di tali servizi in diversi contesti applicativi (quali ad esempio gli ambiti residenziale o turistico) ed allo sviluppo di un algoritmo di calcolo che permetta di quantificare i benefici attesi derivanti dall’implementazione dello smart street service, anche in base all’utilizzo di tecnologie e paradigmi emergenti che ne abilitano l’adozione (quali ad esempio blockchain o smart contracts).

4 APPENDICE I: LISTA DELLE IMPRESE INTERVISTATE

Acea

Algorab

Beghelli

Citelum

Cogiatech

Digital lighting

Enel X

Enerqos

Gemmo

Innowatio - Yousave

Menowatt-GE

Osram

Philips

Schreder

Smart-I

VeSTA

5 APPENDICE II: QUESTIONARIO

PARTE 1: CENSIMENTO DEGLI INTERVENTI SUGLI IMPIANTI DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

- Avete realizzato di recente o avete in fase di realizzazione progetti di rinnovamento di impianti di pubblica illuminazione?
- Quale percentuale dei punti luce sostituiti/installati sfrutta tecnologia LED?
- In alcuni casi si è preferito non utilizzare il LED? Se sì, perché?
- I progetti recenti sono tutti dotati di telegestione?
- Che sistemi di regolazione sono stati adottati? (“regolazione predefinita”, “*Traffic Adaptive Installation*”, “*Full Adaptive Installation*”)
- Con quale frequenza sono stati installati servizi “smart” aggiuntivi? Quali dei seguenti servizi “smart” sono stati adottati con maggiore ricorrenza?
 - Monitoraggio del traffico
 - Smart Parking
 - Monitoraggio ambientale (inquinamento dell’aria, inquinamento acustico...)
 - Videosorveglianza
 - Totem e pannelli informativi
 - Punti di ricarica per veicoli elettrici
 - Wi-fi pubblico
 - Altri (da specificare)
- Perché sono stati implementati tali servizi “smart”? Che benefici sono stati ottenuti?
- I progetti sono stati implementati principalmente in città grandi (sopra i 100.000 abitanti), medie (abitanti compresi tra i 100.000 e i 20.000) o nelle piccole (sotto i 20.000 abitanti)?
- Emergono differenze sostanziali tra le diverse tipologie di città sull’implementazione di servizi “smart” aggiuntivi?
- Qual è il FTE per la progettazione e l’implementazione di un singolo progetto?

PARTE 2: TREND DI SVILUPPO ATTESI DELLA DIFFUSIONE DI TALI PROGETTI

- Quali sono a vostro avviso i trend di sviluppo attesi su progetti di questo tipo?
- Quali sistemi di regolazione saranno adottati principalmente nel medio periodo?
- Per quali servizi “smart” ci si può aspettare una più forte diffusione?
 - Monitoraggio del traffico
 - Smart Parking
 - Monitoraggio ambientale (inquinamento dell’aria, inquinamento acustico...)
 - Videosorveglianza
 - Totem e pannelli informativi
 - Punti di ricarica per veicoli elettrici
 - Wi-fi pubblico
 - Altri (da specificare)
- Quali città secondo voi saranno più attive nell’implementazione di tali progetti?
- Vedete l’infrastruttura dell’illuminazione pubblica come un elemento centrale per lo sviluppo del paradigma “*smart city*”? Se sì, in quale tipologia di città?

PARTE 3: BENEFICI E CRITICITÀ DELL'IMPLEMENTAZIONE DI INTERVENTI SU IMPIANTI DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

- Quali sono a vostro parere le criticità associate allo sviluppo di progetti di illuminazione “smart”?
- Quali sono le eventuali barriere che potrebbero limitare la diffusione di questo tipo di soluzioni?
- Quali sono i meccanismi di supporto che ritenete essenziali per favorirne un ulteriore sviluppo?

6 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

M. Annunziato, P. Clerici Maestosi, S. Pizzuti, "Città sostenibili e smart cities: partecipazione a network nazionali ed internazionali", Report RdS/2012/284

L. Anthopoulos, P. Fitsilis, "Understanding Smart City Business Models: A comparison", 16th International Conference on Advanced Communications Technology (ICACT2014), IEEE, 2014.

J. Bélissent, "Getting Clever About Smart Cities: New Opportunities Require New Business Model", Forrester Research, Inc., November 2, 2010

M. Castro, A. J. Jara and A. F. G. Skarmeta, "Smart Lighting Solutions for Smart Cities", 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, Barcelona, 2013, pp. 1374-1379.

D. Chiaroni, V. Chiesa; S. Franzò, F. Frattini, "Studio sulla sostenibilità economica di soluzioni di smart adaptive lighting e di smart street service e sui modelli di business che possono abilitarne l'adozione", Report RdS/PAR2016/2017

CRIET and ENEA, "Rapporto di ricerca per l'identificazione e valutazione di business models implementabili negli interventi di riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica", Report RdS/PAR2015/003

R. Díaz-Díaz, L. Muñoz, D. Pérez-González, "Business model analysis of public services operating in the smart city ecosystem: The case of SmartSantander", Future Generation Computer Systems, Volume 76, 2017, Pages 198-214.

ENERGY & STRATEGY GROUP (2015) Smart City Report

ENERGY & STRATEGY GROUP (2016) Efficient & Smart Lighting Report

ENERGY & STRATEGY GROUP (2017) Energy Efficiency Report

G. S. Khekare and A. V. Sakhare, "A smart city framework for intelligent traffic system using VANET," 2013 International Mutli-Conference on Automation, Computing, Communication, Control and Compressed Sensing (iMac4s), Kottayam, 2013, pp. 302-305.

V. Kostakos, T. Ojala and T. Juntunen, "Traffic in the Smart City: Exploring City-Wide Sensing for Traffic Control Center Augmentation," in IEEE Internet Computing, vol. 17, no. 6, pp. 22-29, Nov.-Dec. 2013.

N. Walravens and P. Ballon, "Platform business models for smart cities: from control and value to governance and public value," in IEEE Communications Magazine, vol. 51, no. 6, pp. 72-79, June 2013.

7 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI

FAI: Full Adaptive Installation

FTT: Finanziamento Tramite Terzi

IRR: Internal Rate of Return

NPV: Net Present Value

PBT: Pay-Back Time

PELL: Public Energy Living Lab

PPP: Partenariato Pubblico Privato

SAL: Smart Adaptive Lighting

SSS: Smart Street Service

TAI: Traffic Adaptive Installation

8 GRUPPO DI LAVORO

Davide Chiaroni è Professore Associato presso il Politecnico di Milano, ove è docente di Strategy and Marketing nell'ambito del corso di laurea specialistica in Ingegneria Gestionale. Presso il MIP Graduate School of Business del Politecnico di Milano è Direttore della Divisione Corporate Education e Membro del Comitato di Gestione. È stato inoltre Direttore della Management Academy del MIP, la Business School del Politecnico di Milano, e dell'international Full Time MBA del MIP, la Business School del Politecnico di Milano. È Vice-Direttore, presso il Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano, dell'Energy & Strategy Group, osservatorio permanente sul settore dell'energia.

Vittorio Chiesa è Professore Ordinario presso il Politecnico di Milano, ove è docente di Strategy and Marketing e di Energy and Sustainability Management nell'ambito del corso di laurea specialistica in Ingegneria Gestionale. Presso il MIP Graduate School of Business del Politecnico di Milano coordina l'area Strategia Tecnologica ed è direttore dell'Executive Master in Energy Management. È Direttore, presso il Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano, dell'Energy & Strategy Group, osservatorio permanente sul settore dell'energia. In base alle pubblicazioni, è stato indicato tra i Top 60 World's Innovation Management Scholars in un'analisi relativa al periodo 1991-2010.

Simone Franzò è Ricercatore a tempo determinato presso il Politecnico di Milano, ove è docente di Energy Management Lab nell'ambito del corso di laurea specialistica in Ingegneria Gestionale. È membro della Core Faculty della School of Management del Politecnico di Milano, dove insegna nell'ambito di corsi specialistici, MBA ed Executive MBA (presso il MIP Politecnico di Milano – Graduate School of Business) ed altri master erogati dal Politecnico di Milano. È e Project Manager presso l'Energy & Strategy Group del Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano per le attività legate al settore Efficienza Energetica, Smart Grid e Sostenibilità Ambientale.

Federico Frattini è Professore Ordinario presso il Politecnico di Milano, ove è docente di Impresa e Decisioni Strategiche nell'ambito del corso di laurea in Ingegneria Gestionale. È Honorary Researcher presso la Lancaster University Management School. Presso il MIP Graduate School of Business del Politecnico di Milano è Direttore dei Programmi MBA ed Executive MBA e della Divisione ICT & Digital Learning. È Vice-Direttore, presso il Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano, dell'Energy & Strategy Group, osservatorio permanente sul settore dell'energia. È Membro del Comitato di Gestione del MIP, la Business School del Politecnico di Milano. È stato nominato nel 2013 tra i primi 50 studiosi al mondo sui temi della gestione della tecnologia e dell'innovazione.

Osea Gregori, PhD in Economia del Territorio, è Ricercatore Tecnologo a tempo indeterminato presso il laboratorio Smart Cities and Communities della Smart Energy Division ENEA dove si occupa di pianificazione e rendicontazione dei progetti di ricerca nonché del coordinamento degli accordi di collaborazione tra l'ENEA ed istituti universitari per lo svolgimento di attività di Ricerca di Sistema Elettrico in ambito economico.

Marco Guiducci è Assegnista di ricerca presso il Politecnico di Milano, ove è teaching assistant di Impianti e Organizzazione Aziendale nell'ambito del corso di laurea triennale in Ingegneria Energetica e di Impresa e Decisioni Strategiche nell'ambito del corso di laurea triennale in Ingegneria Gestionale. È Consultant e Project Manager presso l'Energy & Strategy Group del Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano. È stato Project Manager presso Energy & Strategy Group per le attività legate al settore Efficienza Energetica, Mobilità Elettrica e Sostenibilità Ambientale.