



Ricerca di Sistema elettrico

Definizione di un dataset di KPI per monitorare e gestire gli ambiti energetici del contesto urbano

Franzò S., Chiaroni D., Chiesa V., Frattini F.

DEFINIZIONE DI UN DATASET DI KPI PER MONITORARE E GESTIRE GLI AMBITI ENERGETICI DEL CONTESTO URBANO

Franzò S., Chiaroni D., Chiesa V., Frattini F. (Politecnico di Milano)

Febbraio 2022

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 – III annualità

Obiettivo: Tecnologie

Progetto: Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

Work package: Local Energy District

Linea di attività: WP1 – LA25

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Responsabile del Work package: Claudia Meloni, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "KPI di riferimento per dati urbani energetici"

Responsabile scientifico ENEA: Angelo Frascella

Responsabile scientifico Politecnico: Simone Franzò

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI	7
2.1 I DATASET DI KPI PER LO SVILUPPO DELLA SMART CITY.....	7
2.1.1 <i>La Smart City</i>	7
2.1.2 <i>La predisposizione di KPI per la valutazione delle performance della città</i>	8
2.1.3 <i>I KPI per le Smart City</i>	8
2.2 I DATASET DI KPI E LE CRITICITÀ REGISTRATE	9
2.2.1 <i>Criticità storiche</i>	9
2.2.2 <i>Criticità pratiche registrate dai Comuni Italiani</i>	10
2.3 IL DATASET DI KPI DEL PRESENTE LAVORO.....	11
2.3.1 <i>Metodologia di realizzazione</i>	11
2.3.2 <i>Il nuovo dataset</i>	13
2.3.2.1 Smart Environment.....	15
2.3.2.2 Smart Living	16
2.3.2.3 Smart Mobility	17
2.3.2.4 Caratteristiche dei KPI	18
2.4 ESEMPI DI KPI	21
2.4.1 <i>KPI 1</i>	21
2.4.2 <i>KPI 2</i>	22
2.4.3 <i>KPI 3</i>	23
2.4.4 <i>KPI 4</i>	24
2.4.5 <i>KPI 5</i>	25
2.4.6 <i>KPI 6</i>	26
2.4.7 <i>KPI 7</i>	27
3 L'INTEGRAZIONE NEGLI URBAN DATASET.....	28
4 CONCLUSIONI.....	29
5 CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO.....	31

Sommario

Il presente report documenta il lavoro fatto nel corso della Linea di Attività LA25 del WP Local Energy District, relativo alla terza annualità del piano triennale di realizzazione 2019-2021.

L'obiettivo dell'attività di ricerca, condotta nella seconda annualità di progetto, è quello di proporre un nuovo dataset di Key Performance Indicator¹ (KPI) di riferimento per l'analisi ed il monitoraggio dei consumi energetici e – più in generale – delle performance di una città. Le analisi condotte all'interno della prima annualità di progetto hanno permesso la raccolta di un insieme di indicatori – circa 2.700 – che sono stati opportunamente analizzati e classificati sia in funzione dei 6 pillar di una Smart City, sia in funzione di una serie specifica di parametri. Tali attività hanno dunque portato ad identificare 1.455 indicatori a carattere energetico, rispettivamente per i pillar Smart Environment, Smart Living e Smart Mobility.

Le attività condotte all'interno del presente rapporto di ricerca partono dunque dal set di indicatori a carattere energetico, individuati nella precedente annualità di progetto, ed attraverso un confronto rispetto alle criticità derivanti dall'utilizzo dei dataset di partenza e dal reperimento dei dati, attraverso opportuni strumenti di raccolta e misurazione. Dal combinato disposto di questi dati è stato possibile realizzare un nuovo dataset di KPI. In particolare, prendendo a riferimento l'insieme di 1.455 KPI è stata condotta un'ulteriore valutazione della consistenza delle informazioni raccolte per ciascun KPI, è stata valutata la conformità delle informazioni raccolte per ciascun KPI, evidenziando eventualmente la presenza di informazioni mancanti (laddove presenti), sono stati raggruppati i KPI che presentavano caratteristiche e/o modalità di calcolo simili e proposti, infine, nuovi KPI per la valutazione di specifiche aree tematiche o sotto-pillar laddove non ve ne fossero.

Il nuovo dataset, così realizzato, racchiude al suo interno 311 indicatori, di cui rispettivamente 138 afferenti al pillar Smart Environment, 83 al pillar Smart Living e 90 al pillar Smart Mobility. All'interno del nuovo dataset, i KPI sono predisposti considerando inoltre tre nuovi parametri che permettono una migliore classificazione dei dati – *Tipologia dati* (“*qualitativo vs quantitativo*”) e *Tipologia KPI* (“*dinamico vs statico*”) – e che identificano il livello di facilità di adozione per la Smart City (*City Readiness Level, CRL*).

¹ All'interno del rapporto di ricerca per KPI (Key Performance Indicator) si intende una metrica quantificabile (ovvero valori misurabili) che riflettono le performance di una organizzazione (nel caso specifico di una città), nel contesto di raggiungere una serie di risultati ed obiettivi. (CITYkeys). I KPI aiutano quindi le organizzazioni a implementare strategie di sviluppo definendo chiaramente target e benchmark.

1 Introduzione

Il presente rapporto – oggetto della seconda annualità del progetto KPI di riferimento per i dati urbani energetici – prende le mosse da (i) una ricognizione dei Key Performance Indicator (KPI) per dati urbani energetici su scala nazionale ed internazionale tramite un’analisi dello stato dell’arte della letteratura tecnico-scientifica ed un’analisi empirica di iniziative in corso in merito allo sviluppo di dataset di KPI per un insieme di città (oggetto della prima annualità di progetto), da (ii) un’analisi delle reali esigenze informative delle città, condotta attraverso la somministrazione di un questionario ai Comuni italiani (oggetto della prima annualità di progetto), (iii) la costruzione di un dataset che racchiude i KPI analizzati, attraverso una loro selezione, valutazione e categorizzazione per i diversi pillar e sotto-categorie di una Smart city ed (iv) un successivo esercizio di sistemazione dei dati dei KPI all’interno di un nuovo dataset.

I KPI saranno utilizzati nell’ambito delle specifiche SCPS (Smart City Platform Specification) prodotte da ENEA nel corso dello scorso triennio. L’idea centrale delle SCPS è la realizzazione di una piattaforma software in grado di raccogliere dati di un distretto urbano al fine di creare servizi che, sfruttando queste informazioni, possano supportare le municipalità nella scelta e pianificazione di interventi volti a incrementare l’efficienza energetica e la qualità della vita di una Smart City.

Nel triennio 2019-2021 l’ENEA ha ulteriormente sviluppato questo approccio definendo una piattaforma orizzontale inter-city (iSCP) per collegare le Smart City Platform (SCP). L’obiettivo è quello di confrontare le prestazioni energetiche, e non solo, delle diverse città tramite l’invio di KPI elaborate dalle diverse SCP, sulla base dei dati raccolti localmente, alla iSCP. Il lavoro descritto in questo report, dunque, si inserisce questo quadro, fornendo la definizione di una serie di KPI, fra cui si potranno scegliere quelli da implementare come dataset nelle SCPS e inviare alla iSCP.

Sulla base dei dati raccolti nella prima annualità di progetto, in modo specifico attraverso (i) un’analisi e valutazione dei KPI per dati urbani energetici emersi dalle fonti empiriche e di letteratura, (ii) delle criticità connesse alla costruzione di dataset di KPI per le Smart City e (iii) le evidenze emerse dall’interazione con i Comuni italiani, in merito alle criticità che riscontrano nella realizzazione di KPI e nel reperimento di dati per la loro costruzione, è stato costruito il nuovo dataset di KPI. Tale dataset include un insieme di KPI strutturati secondo i medesimi pillar e sotto-categorie proposte nel report relativo alla prima annualità.

All’interno del presente rapporto si riprende brevemente il concetto di Smart City e dell’utilità dei KPI per le Smart City (come indicatori delle prestazioni energetiche e non della città), delle principali criticità legate alla creazione di dataset di KPI e del reperimento dati a supporto dei KPI. Si passa successivamente alla presentazione del dataset di KPI creato, illustrando nel dettaglio la metodologia di realizzazione ed i passaggi metodologici effettuati per una sistemazione dei KPI. Tale dataset è stato realizzato partendo dai dati raccolti durante la precedente annualità di progetto, e sulla base di una valutazione e sistemazione dei dati volta ad aggregare KPI cloni o similari ed inserire e sviluppare le informazioni (parametri) mancanti, oppure realizzando KPI ex-novo laddove non fossero riscontrati specifici KPI all’interno del dataset organario.

Si illustrano poi i dati afferenti a ciascuno dei 3 pillar analizzati ed alle rispettive sotto-categorie, nonché una valutazione relativa alla facilità di reperibilità dei dati volta a stabilire quali di tali indicatori (i) siano già facilmente implementabili (infrastrutture di misura abbastanza diffuse nelle città), (ii) quali richiedano uno sforzo minimo (in caso di infrastrutture di raccolta assenti, ma non troppo onerose da implementare) e (iii) quali siano troppo difficili da calcolare (in caso di assenza, allo stato attuale di infrastrutture di misura e la difficoltà di implementazione delle stesse, per esempio perché richiederebbero strumentazione troppo costosa o troppo capillare) che ne fanno prevedere una scarsa diffusione. È inoltre analizzata la tipologia di “dinamicità” del dato proveniente dalle città, ossia è stata valutata la possibilità in relazione allo status-quo degli strumenti di misura ed in relazione alla frequenza di aggiornamento di raccolta del dato (statico vs dinamico). Questa differenza è importante, ai fini dell’utilizzo dei KPI nella SCP, in quanto consente di

differenziare KPI che possono essere valutati in fase di analisi della città che intende implementare la SCP, da quelli che possono essere prodotti dalla SCP stessa e inviati alla inter-SCP. Per ciascuno dei KPI viene dunque illustrata la metodologia di realizzazione per essere rilevante e significativo (dati di base che devono essere disponibili, loro modalità di calcolo, periodicità, ecc.) e si analizza inoltre la significatività del KPI e le tipologie di informazioni sulle performance, energetiche e non, che esso fornisce.

Infine, nell'ultima sezione del rapporto si procede a fornire un'analisi di dettaglio per un insieme di KPI appartenenti al dataset costruito, evidenziandone le principali caratteristiche, in accordo con la finalità generale dello studio.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

2.1 I dataset di KPI per lo sviluppo della Smart City

All'interno della presente sezione si intendono riprendere, brevemente, i concetti di Smart City e di KPI per la valutazione delle prestazioni energetiche e non della città. Si intende inoltre identificare il ruolo giocato da tali indicatori come strumento di supporto per lo sviluppo delle Smart City e di monitoraggio delle prestazioni energetiche e non di queste ultime.

2.1.1 La Smart City

Il combinato disposto di fenomeni sociali, ambientali ed economici che hanno caratterizzato gli ultimi decenni ha favorito una crescita della popolazione mondiale, e ciò ha generato una radicale trasformazione nella società e nello stile di vita dei cittadini. Le città sono dunque state – e col tempo lo saranno sempre in misura maggiore – costrette ad affrontare una serie di cambiamenti come conseguenza dello sviluppo della società e rispondere ai problemi che inevitabilmente sono emersi dalla trasformazione urbana.

Negli ultimi anni ha avuto una sempre maggiore diffusione il “paradigma” delle Smart City. In virtù di diversi trend tecnologici e socio-ambientali, stanno cambiando le modalità in cui le città sono concepite e gestite, per rispondere in modo efficace alle esigenze dei cittadini e permettere l'ottimizzazione delle operazioni e dei servizi offerti dalla città stessa. Ciò passa in prima misura – anche se non esclusivamente - attraverso l'utilizzo, l'integrazione e la gestione di tecnologie digitali – Internet of Things (IoT, Internet delle cose) e tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) – e più in generale dell'innovazione tecnologica attraverso la quale è possibile ottimizzare e migliorare le infrastrutture ed i servizi offerti ai cittadini rendendoli più efficienti, nonché creare ecosistemi più efficienti per gli stessi.

La definizione di Smart City parte quindi dalla “digital transformation” e dall'utilizzo della tecnologia nelle diverse sfere della Pubblica Amministrazione: trasporti pubblici e mobilità; gestione e distribuzione dell'energia; illuminazione pubblica; sicurezza urbana; gestione e monitoraggio ambientale; gestione dei rifiuti; manutenzione e ottimizzazione degli edifici pubblici come scuole, ospedali, musei etc.; sistemi di comunicazione e informazione e altri servizi di pubblica utilità.

Le diverse forme di tecnologie presenti all'interno della Smart City consentono la rilevazione, l'interazione, la gestione ed il monitoraggio di ciò che sta accadendo in città e come essa sta evolvendo. Le tecnologie vengono dunque utilizzate per migliorare la qualità, le prestazioni e l'interattività dei servizi urbani, ridurre i costi e il consumo di risorse ed aumentare i contatti tra cittadini e governo.

In sintesi, una Smart City è dunque un'area urbana tecnologicamente moderna che utilizza diversi sistemi e sensori per raccogliere dati specifici e creare valore attraverso tali dati. Le informazioni ottenute da tali dati vengono infatti utilizzate per gestire asset, risorse e servizi in modo efficiente. Tuttavia, le Smart City sono “intelligenti” non solo nel modo in cui sfruttano le soluzioni tecnologiche, ma anche nel modo in cui monitorano, analizzano, pianificano e governano la città stessa. Una città “smart” può quindi essere più preparata a rispondere alle sfide legate alla tematica della transizione energetica e alla gestione efficiente delle risorse, andando nella direzione di una città sostenibile, efficiente ed innovativa, una città in grado di garantire un'elevata qualità di vita ai suoi cittadini grazie all'utilizzo di soluzioni e sistemi tecnologici connessi e integrati tra loro. Più precisamente, si può dire che una città è “smart” quando utilizza le tecnologie digitali per implementare sistemi e soluzioni efficienti e sostenibili nel lungo periodo, aiutando ad affrontare le problematiche e le priorità economiche, ambientali e sociali esistenti.

Si riporta infine la definizione di Smart City, presente all'interno del "Digital Energy Report 2019", redatto da Energy&Strategy (Politecnico di Milano):

"una città che si è posta l'obiettivo di affrontare le problematiche pubbliche e territoriali, attraverso l'utilizzo di soluzioni basate sull'adozione di tecnologie tradizionali e digitali (ICT), coinvolgendo una molteplicità di stakeholder differenti, attraverso partnership con gli enti comunali".

2.1.2 La predisposizione di KPI per la valutazione delle performance della città

L'evoluzione delle attuali città verso il "paradigma" delle Smart City ha fatto emergere la necessità di dotare tali realtà di opportuni strumenti di misura e valutazione delle performance della città, che favoriscano una migliore gestione della stessa.

Al giorno d'oggi, la quantità di dati prodotti e messi a disposizione delle città sta aumentando significativamente, anche in virtù della riduzione dei costi relativi alla sensoristica per la raccolta dati e della crescente capacità di gestione di grosse moli di dati (big data), oltre che grazie al sempre maggiore grado di informatizzazione ed adozione di tecnologie digitali all'interno delle città stesse.

In questo scenario, assume un ruolo sempre più importante adottare una metodologia "strutturata" per la raccolta e gestione dei dati, per permettere di organizzare, strutturare e gestire al meglio lo sviluppo delle città sulla base delle evidenze emerse da tali dati.

Il punto di partenza per le città risiede nella consapevolezza, da parte dei *decision maker pubblici*, di disporre di un patrimonio di dati che acquistano valore se e solo se si hanno le capacità di analisi ed elaborazione, creando valore da essi. Le informazioni a disposizione delle città sono il frutto non solo dei dati generati da tutti i sensori e dalle diverse soluzioni tecnologiche che leggono i parametri "funzionali" della città ma anche dalla predisposizione e dall'impiego di opportune procedure volte a recuperare questi dati laddove non sia presente una struttura tecnologica di monitoraggio ad hoc. La possibilità, dunque, di disporre di una buona quantità (e qualità) dei dati rappresenta l'elemento fondamentale che caratterizza tutte le fasi successive che portano ad una gestione ottimizzata della città.

La capacità di leggere correttamente i dati raccolti e confrontarli attraverso piattaforme software permette di creare un valore aggiunto da essi. Inoltre, attraverso tale valutazione è possibile interpretare le informazioni dei dati in modo singolo o attraverso valutazioni di tipo aggregato con altri dati, al fine di predisporre indicatori di valutazione delle performance della città. Tali indicatori permettono dunque la misurazione, il confronto e la gestione delle performance della città.

2.1.3 I KPI per le Smart City

Il processo di accelerazione della diffusione su vasta scala di soluzioni "Smart City" mira ad affrontare numerose sfide. Sia nella pianificazione che nell'implementazione di soluzioni Smart City, la misurazione delle prestazioni è una componente chiave. In questo contesto, appare necessario l'utilizzo di una serie di indicatori di performance standardizzati al fine di fornire un approccio uniforme a ciò che viene misurato ed al modo in cui tale misurazione deve essere eseguita.

Lo scopo della costruzione e del conseguente utilizzo di un dataset di KPI è quello di creare uno strumento volto a tenere traccia continua degli interventi per rispondere alle esigenze delle città, per monitorare lo sviluppo e l'evoluzione della città e per analizzare ed elaborare i dati urbani raccolti. L'adozione di un dataset

di KPI (Key Performance Indicator), consentirebbe dunque una migliore gestione ed ottimizzazione delle risorse della città, e di ottimizzare i piani di investimento in ottima Smart City lungo le aree più “bisognose”.

La necessità di stabilire dei KPI per le Smart City risponde all’esigenza di fornire agli stakeholder strumenti e standard di valutazione per “misurare” il grado o il progresso di una città che ha l’obiettivo di essere smart. In particolare, i KPI per le Smart City hanno ugualmente due gruppi target principali:

- i primi sono i decision-maker a livello comunale, che hanno bisogno di valutare l’impatto della loro strategia di Smart City nel tempo, per capire se e come la città è diventata più “smart” e qual è stato il risultato delle varie iniziative implementate.
- I secondi sono i governi nazionali e gli organismi europei, che verificano se le loro politiche per le Smart City hanno raggiunto obiettivi specifici (ad es. riduzione del consumo di energia e delle emissioni di gas serra, aumento della partecipazione dei cittadini, ecc.) e tendono ad utilizzare indicatori per confrontare le città.

Per monitorare l’evoluzione “smart” delle città appare dunque evidente la necessità di costruire opportuni cruscotti di KPI e di implementare adeguate modalità di misurazione degli stessi.

2.2 I dataset di KPI e le criticità registrate

All’interno della presente sezione si analizzano le criticità legate all’analisi ed alla creazione di dataset di KPI sia (i) da un punto di vista “storico”, attraverso l’analisi dello stato dell’arte della letteratura tecnico-scientifica (“contributi scientifici”) e delle principali iniziative in corso (“contributi empirici”); e (ii) da un punto di vista “pratico” attraverso la valutazione del questionario somministrato ai Comuni italiani (oggetto della prima annualità del report).

2.2.1 Criticità storiche

Dal punto di vista “storico” si prendono in considerazione le evidenze emerse dalle analisi condotte per la valutazione dello stato dell’arte dei set di KPI urbani definiti a livello nazionale ed internazionale, condotte attraverso la (i) mappatura della letteratura scientifica sul tema attraverso l’analisi di “contributi scientifici” che afferiscono alla tematica dei KPI; (ii) mappatura delle iniziative in corso, attraverso l’analisi di “contributi empirici” volti allo sviluppo di KPI. L’analisi così condotta si è concentrata su un totale di 41 “contributi scientifici” che coprono un orizzonte temporale dal 2012 al 2020; ed 8 “contributi empirici” che coprono un orizzonte temporale dal 2004 al 2020.

Dall’analisi dei documenti e dei rispettivi KPI contenuti in essi sono state riscontrate alcune criticità legate in primis ad una mancanza di informazioni per una completa descrizione dei KPI e ad alcuni aspetti tecnici legati all’adozione ed all’utilizzo di tali KPI:

- **Struttura/progettazione del KPI:** si fa riferimento alla mancanza di informazioni per la definizione del KPI, quali ad esempio: descrizione, modalità di calcolo, unità di misura, ulteriori informazioni utili per facilitare la replicabilità e l’applicazione del KPI ed evitare soggettività e ridondanza dei dati.
- **Completezza dei dataset:** si fa riferimento ad un numero inadeguato di KPI all’interno di specifici framework per fornire un quadro completo ed accurato delle prestazioni della città.
- **Confrontabilità dei KPI:** si fa riferimento alla difficoltà nel poter adottare un medesimo KPI o un insieme di KPI ad un numero maggiore di città, in quanto alcuni KPI sono progettati per uno specifico contesto urbano (singolo edificio, quartiere, Comune o città), poiché fanno leva su specifici approcci

di analisi e di studio delle prestazioni. Per questo motivo non è possibile valutare il confronto dei KPI al di fuori dello specifico contesto urbano.

- **Disponibilità dei dati:** si fa riferimento alla difficoltà/incapacità di reperire tutti i dati e le informazioni necessarie per l'utilizzo di KPI preposti. Un'ulteriore criticità è relativa alla raccolta dati da differenti proprietari, che non risultano uniformi tra di loro e ad una difficoltà di integrazione di tali dati per un loro monitoraggio.
- **Validazione del KPI:** si fa riferimento al fatto che alcuni KPI, valutati all'interno dei diversi contributi, non risultano ancora essere stati testati, pertanto una loro applicazione potrebbe non essere immediata o di facile replicabilità.
- **Arco temporale di misurazione:** si fa riferimento alla frequenza di rilevazione dei dati, in quanto spesso si assiste ad una mancanza di dati ottenuti in tempo reale e invece il più delle volte sono obsoleti o in forma parziale. Il momento della misurazione è fondamentale per la comparabilità tra città diverse e per accedere a cambiamenti e miglioramenti di una città rispetto ai risultati passati.
- **Coinvolgimento stakeholder:** si fa riferimento al fatto che, l'applicazione dei progetti di Smart City richiede il coinvolgimento di diversi stakeholder e la necessità di un coordinamento centrale per indirizzare i diversi interventi verso singoli obiettivi precisi.

2.2.2 Criticità pratiche registrate dai Comuni Italiani

Dal punto di vista "pratico" sono state valutate le criticità riscontrate per la raccolta dati, la costruzione e l'utilizzo di KPI e dei rispettivi dataset. L'analisi è stata condotta attraverso la somministrazione di un questionario ad oltre 5.000 Comuni italiani, ed il tasso di risposta viene riportato in relazione al totale della popolazione nazionale ed è pari all'8,1% (circa 4,9 milioni di abitanti). Il campione rispondente risulta inoltre classificato in funzione della numerosità di abitanti residenti nel Comune, distinguendo tra:

- **Comuni medio/piccoli**, con un numero di abitanti inferiore a 50.000 unità;
- **Comuni medio/grandi**, con un numero di abitanti compreso tra 50.000 e 250.000 unità;
- **Grandi agglomerati urbani**, con un numero di abitanti superiore a 250.000 unità.

Dall'analisi condotta si riportano di seguito le principali criticità legate al processo di reperimento dei dati:

- **Assenza dispositivi/strumenti di raccolta:** si fa riferimento all'assenza di opportuna strumentazione utile per la raccolta dei dati ed emerge che per oltre il 70% dei Comuni essa sia una criticità riscontrata. Si evidenzia inoltre come tale criticità abbia una rilevanza significativa per i grandi agglomerati (71%).
- **Eccessiva onerosità del sistema di raccolta dati:** si fa riferimento al costo elevato per i sistemi di raccolta dati ed emerge che per oltre il 70% dei Comuni essa sia una criticità riscontrata. Si evidenzia inoltre come tale criticità sia particolarmente evidente per i Comuni medio-piccoli (67%) mentre si riduce per i Comuni medio/grandi ed i grandi agglomerati (42%).
- **Difficile interazione con fornitori di dati:** si fa riferimento alla difficoltà nell'individuare i corretti interlocutori a cui rivolgersi e soprattutto ad uno scarso interesse da parte di aziende private a collaborare con gli enti pubblici ed emerge che per oltre il 75% dei Comuni essa sia una criticità riscontrata. Si evidenzia inoltre come tale criticità sia in parte "mitigata" all'aumentare delle

dimensioni del Comune, passando da un valore pari al 67% per i Comuni medio/piccoli a circa il 33% e 43% rispettivamente per i Comuni medio/grandi ed i grandi agglomerati.

- **Modalità di raccolta del dato non coerente con i requisiti del KPI:** si fa riferimento ad una a difficoltà nel raccogliere dati che possano essere utilizzati in modo coerente con i requisiti del KPI ed emerge che per oltre il 75% dei Comuni essa sia una criticità riscontrata. Si evidenzia inoltre come tale criticità presenti 3 diverse situazioni differenti evidenziando come all'aumentare della dimensione del Comune tale criticità risulti maggiormente diffusa.

Dall'analisi condotta si riportano di seguito le principali criticità legate al processo di costruzione e all'utilizzo di un dataset di KPI, ovvero:

- **Definire correttamente la formula del KPI:** l'84% dei Comuni ha affermato di avere problemi nel definire la formula da implementare per la costruzione del KPI;
- **Costruire il KPI affinché i risultati siano interpretabili oggettivamente:** l'87% dei Comuni ha riscontrato problemi nel costruire il KPI in modo da ottenere risultati che siano "facilmente" interpretabili;
- **Confronto del KPI con dati di altre città:** il 77% dei Comuni ha riscontrato difficoltà nella fase di utilizzo, relativamente al confronto con i risultati ottenuti rispetto ai dati di altre città.

Segmentando i risultati in funzione della dimensione dei Comuni non si evidenziano particolari differenze in merito alle principali criticità riscontrate, precedentemente descritte, ai fini della costruzione/utilizzo del KPI.

2.3 Il dataset di KPI del presente lavoro

All'interno della presente sezione si procede ad illustrare la metodologia per la creazione del dataset di KPI elaborato e successivamente si analizza in dettaglio la struttura di tale dataset.

2.3.1 Metodologia di realizzazione

Il punto di partenza per la realizzazione del dataset di KPI deriva dalle analisi condotte all'interno della prima annualità di progetto. Dall'analisi dello stato dell'arte condotta attraverso la valutazione della letteratura scientifica – "contributi scientifici" – e delle principali iniziative in corso – "contributi empirici" – sono stati valutati complessivamente 59 documenti, di cui rispettivamente 41 "contributi scientifici" che coprono un orizzonte temporale dal 2012 al 2020 e 18 "contributi empirici" che coprono un orizzonte temporale dal 2004 al 2020. Il corrispettivo numero di KPI valutati all'interno di tali documenti è stato pari a circa 2.700, afferenti alla valutazione delle prestazioni energetiche e non di una Smart City.

Da questa prima valutazione è stata poi effettuata un'analisi approfondita per classificare i KPI e valutarli per i 3 pillar a carattere energetico ovvero, *Smart Environment*, *Smart Living*, *Smart Mobility* (dettagliati nel seguito). Degli originali 2.700 KPI, ne sono stati analizzati in modo approfondito 1.455 afferenti ai 3 pillar a carattere energetico, di cui:

- 920 per il pillar *Smart Environment*
- 290 per il pillar *Smart Mobility*
- 245 per il pillar *Smart Living*.

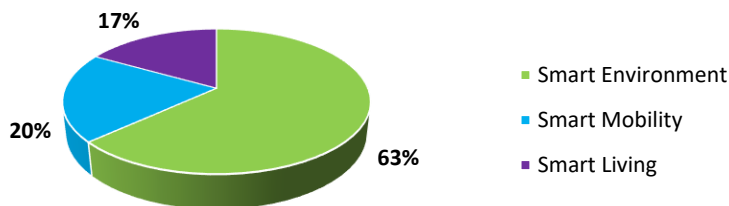


Figura 1 – Ripartizione dei KPI per i pillar a carattere energetico

Tali indicatori sono stati poi ulteriormente analizzati raggruppandoli dapprima per aree tematiche e classificati successivamente in ulteriori sotto-pillar di riferimento. Con il termine area tematica ci si riferisce a categorie che connotano ambiti specifici legati agli obiettivi di sviluppo delle Smart City, mentre invece con il termine sotto-pillar ci si riferisce ad uno specifico ambito di applicazione all’interno di un’area tematica.

La Figura 2 mostra il dettaglio delle aree tematiche identificate. Per il dettaglio dei sotto-pillar identificati, si faccia riferimento alla Sezione 2.2.3 del report oggetto della prima annualità di progetto.

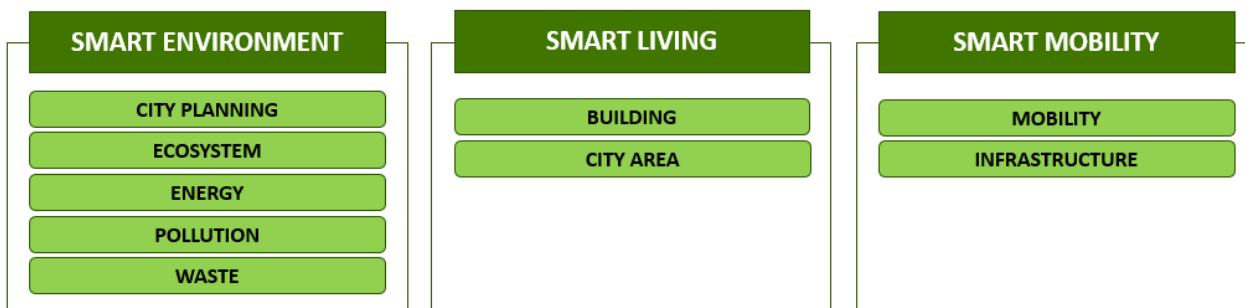


Figura 2 – Le aree tematiche dei pillar a carattere energetico

Le attività della seconda annualità di progetto si sono dunque concentrate sui KPI così raccolti e classificati rispettivamente nei diversi pillar, aree tematiche e sotto-pillar. L’obiettivo perseguito nel corso delle attività della seconda annualità è stato quello di valutare ciascun KPI nella sua completezza, tramite l’analisi di informazioni associate ad una serie di parametri che si riportano di seguito:

- **Database:** Riferimento del documento all’interno del quale si trova il KPI;
- **Nome KPI:** Nome attribuito al KPI;
- **Pillar:** Distinzione tra uno dei 3 pillar per la valutazione delle prestazioni energetiche della Smart City;
- **Area tematica:** Categoria che connota ambiti specifici legati agli obiettivi di sviluppo della Smart City;
- **Sotto-pillar:** Specifico ambito di applicazione all’interno dell’area tematica;
- **Tipologia di dato:** Distinzione tra dati qualitativi (es. risposte definite e non a carattere numerico o che presuppongono una richiesta di feedback in merito al grado di soddisfazione espresso per un servizio) e quantitativi (es. presenza di dati che possono essere misurati ed analizzati);
- **Perimetro di analisi:** Distinzione tra edificio, quartiere, distretto, Comune, Provincia e città;

- **Descrizione:** Descrizione del KPI e delle finalità di applicazione;
- **Modalità di calcolo:** Descrizione della modalità di calcolo per valutare il KPI;
- **Unità di misura:** Unità di misura associata al KPI.

L'analisi condotta sul campione di 1.455 KPI è stata dunque mirata a valutare la consistenza dei dati e delle informazioni a disposizione per ciascun KPI, raccolte attraverso la prima classificazione. L'obiettivo, delle attività della seconda annualità di progetto, è stato dunque quello di creare un nuovo dataset di KPI partendo da quanto raccolto durante la prima annualità ed integrare laddove fossero evidenziate delle evidenti lacune in specifiche aree tematiche.

Per fare ciò, la metodologia adottata si è basata su una valutazione di ciascun KPI mappato al fine di valutarne l'introduzione all'interno del nuovo dataset. Nello specifico si riportano di seguito i passaggi metodologici seguiti:

1. I KPI per i quali si evidenziava poca attinenza con i temi oggetto del presente studio sono stati esclusi dall'analisi. L'esclusione di tali KPI ha permesso di focalizzarsi in modo specifico solamente sui KPI che portassero un reale valore aggiunto al dataset.
2. Partendo dall'analisi dei sotto-pillar, è stata valutata la conformità delle informazioni raccolte per ciascun KPI, evidenziando eventualmente la presenza di informazioni mancanti per ciascuno dei parametri precedentemente descritti.
3. Laddove il KPI non fosse pienamente analizzabile a causa della mancanza di informazioni per uno o più dei parametri illustrati in precedenza, si è cercato colmare le mancanze evidenziate attraverso il confronto con KPI simili. I KPI per i quali la mancanza di parametri era in misura eccessiva e che non ne rendeva possibile la valutazione, sono stati esclusi.
4. I KPI che presentavano finalità di applicazione e/o modalità di calcolo simili e che dunque si ripetevano all'interno del medesimo sotto-pillar (differenti fonti) sono stati accorpati o integrati laddove possibile.
5. Laddove invece non fossero presenti KPI per la valutazione di specifiche aree tematiche o sotto-pillar, sono stati introdotti dei KPI creati ex-novo.

Sulla base dei passaggi metodologici illustrati è stato possibile analizzare l'insieme dei KPI precedentemente mappati e perseguire la creazione di un nuovo dataset.

2.3.2 Il nuovo dataset

Il nuovo dataset di KPI è stato organizzato su un foglio di calcolo Excel al cui interno sono stati riportati una serie di parametri che hanno permesso la valutazione di tutte le informazioni a supporto della piena definizione del KPI e delle sue modalità di calcolo. Si riportano di seguito i parametri oggetto d'analisi:

- **Nome KPI:** Nome attribuito al KPI;
- **Pillar:** Distinzione tra uno dei 3 pillar per la valutazione delle prestazioni energetiche della Smart City;

- **Area tematica:** Categoria che connota ambiti specifici legati agli obiettivi di sviluppo della Smart City;
- **Sotto-pillar:** Specifico ambito di applicazione all'interno dell'area tematica;
- **Tipologia di dato:** Distinzione tra dati qualitativi (es. risposte definite e non a carattere numerico o che presuppongono una richiesta di feedback in merito al grado di soddisfazione espresso per un servizio) e quantitativi (es. presenza di dati che possono essere misurati ed analizzati);
- **Descrizione:** Descrizione del KPI e delle finalità di applicazione;
- **Modalità di calcolo:** Descrizione della modalità di calcolo per valutare il KPI;
- **Unità di misura:** Unità di misura associata al KPI;
- **Frequenza di aggiornamento:** si fa riferimento alle tempistiche con cui si ritiene utile andare a calcolare il KPI. La scelta di tale dimensione temporale è influenzata da eventuali "stagionalità" che possono impattare le misure di un KPI (ad esempio quello dei consumi elettrici e termici e la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili) e dalle tempistiche necessarie a recuperare dati con un campionamento sufficiente a monitorare eventuali trend. Si specifica inoltre che la frequenza di aggiornamento e la frequenza di campionatura per la raccolta dei dati necessari all'aggiornamento del KPI debba essere sempre coerente. Infatti i dati devono essere recuperati con una frequenza maggiore o tutt'al più uguale a quella di aggiornamento del KPI. Infatti, in caso di misurazioni con frequenze maggiori rispetto a quella di aggiornamento del KPI si dovrà procedere ad una opportuna attività di aggregazione dei dati al fine di poter calcolare al meglio il KPI;
- **Tipologia KPI:** Distinzione tra KPI "statico" (es. monitorare la presenza di strutture o altri sistemi, restituendo una "fotografia" della città adottando una prospettiva semestrale o annuale) e KPI "dinamico" (es. monitorare in continuo l'andamento nel tempo di un dato, rispetto allo status quo dei sistemi di raccolta e misurazione dei dati presenti all'interno delle città);
- **City Readiness Level (CRL):** Identificazione del livello di predisposizione della città per implementare il KPI, attraverso l'adozione di strumenti di misura e raccolta dei dati e/o l'interazione con soggetti terzi che detengono la proprietà di specifici dati.

All'interno del nuovo dataset sono dunque stati introdotti 3 specifici parametri – Tipologia di dato, Tipologia di KPI e City Readiness Level - che permettono di categorizzare ulteriormente i KPI. Per tali parametri si riporta una descrizione con maggiori dettagli in *Sezione 2.3.2.4*.

All'interno del nuovo dataset sono stati inseriti un totale di 311 KPI. Di essi, la maggior parte fa riferimento al pillar *Smart Environment* (138 KPI), a cui seguono *Smart Mobility* (90 KPI) e *Smart Living* (83 KPI). Rispetto all'insieme di indicatori mappati nelle attività della prima annualità di progetto, il dataset così creato risulta essere molto più bilanciato in termini di numerosità dei KPI tra i 3 pillar a carattere energetico.

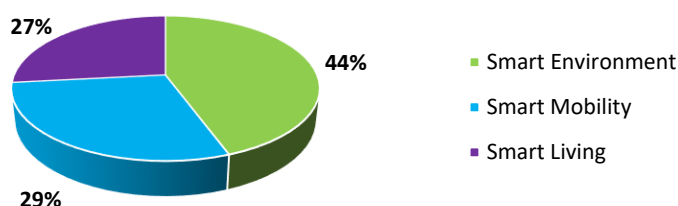


Figura 3 – Ripartizione dei KPI per i pillar a carattere energetico nel nuovo dataset

Gli indicatori individuati sono altresì stati classificati in funzione dell'area tematica e successivamente per sotto-pillar di riferimento, come di seguito riportato nelle *Tabelle 1, 2 e 3*.

2.3.2.1 Smart Environment

All'interno del pillar *Smart Environment* sono inseriti tutti i KPI che afferiscono al tema della sostenibilità ambientale della città. Per tale pillar sono stati identificati 138 KPI, organizzati in 5 aree tematiche.

- i. **City planning:** all'interno di tale area tematica sono classificati tutti i KPI che afferiscono al tema della pianificazione urbana, concentrandosi sullo sviluppo e sulla progettazione dell'uso del suolo e dell'ambiente costruito, ed al tema della gestione del rischio legato a possibili calamità naturali.
- ii. **Ecosystem:** all'interno di tale area tematica sono classificati tutti i KPI che permettono il monitoraggio dell'ambiente urbano in cui l'uomo interagisce, valutando inoltre l'impatto ambientale prodotto in termini di emissioni e consumo e gestione delle risorse naturali.
- iii. **Energy:** all'interno di tale area tematica sono classificati tutti i KPI che permettono di monitorare ed analizzare i dati energetici urbani.
- iv. **Pollution:** all'interno di tale area tematica sono classificati tutti i KPI che permettono il monitoraggio dei principali fattori inquinanti all'interno del contesto urbano.
- v. **Waste:** all'interno di tale area tematica sono classificati tutti i KPI che permettono di monitorare ed analizzare i dati relativi allo smaltimento, riciclo e riutilizzo dei rifiuti.

Per ciascuna area tematica si illustra in *Tabella 1* il dettaglio dei sotto-pillar presenti e della numerosità di indicatori inseriti.

Tabella 1 – I KPI del pillar Smart Environment

Area tematica	Sotto-pillar	Descrizione sotto-pillar	N.
CITY PLANNING	Risk management	Indicatori relativi a misure di prevenzione e gestione dei rischi	9
	Urban planning	Indicatori relativi a misure di pianificazione urbana e distribuzione delle risorse sul totale della popolazione	16
ECOSYSTEM	Ecosystem	Indicatori relativi alla sfera della biodiversità	4
	Environment	Indicatori relativi a dati di carattere ambientale	5
	GHG emissions	Indicatori relativi alla misura delle emissioni di gas ad effetto serra	8
	Water management	Indicatori relativi alla gestione dell'acqua	3
ENERGY	Energy	Indicatori a carattere energetico non altrimenti classificati	6
	Energy – Electricity	Indicatori che analizzano dati di consumo e produzione di energia elettrica	5
	Energy- Fuel	Indicatori che analizzano dati relativi al consumo di combustibili fossili per la produzione di energia	4
	Energy – Storage	Indicatori relativi all'utilizzo di sistemi di storage	2

	Energy – W2E	Indicatori relativi alla produzione di energia utilizzando rifiuti come materia prima	6
	Energy efficiency	Indicatori relativi a misure di efficientamento energetico/uso efficiente dell'energia	2
	Green energy	Indicatori che analizzano dati di produzione energia (elettrica e termica) da fonti rinnovabili	5
	Smart grid and balancing	Indicatori che analizzano dati della rete elettrica e il bilanciamento della stessa	13
POLLUTION	Pollution	Indicatori relativi al tracciamento e misura di sostanze inquinanti	22
	Pollution – noise	Indicatori relativi alla tematica dell'inquinamento acustico	4
WASTE	Waste	Indicatori che analizzano dati relativi ai rifiuti ed alle discariche	19
	Waste recycling and reuse	Indicatori relativi ai dati di riciclo e riutilizzo dell'acqua	5

2.3.2.2 Smart Living

All'interno del pillar *Smart Living* sono inseriti tutti i KPI che afferiscono alla tematica del miglioramento della vivibilità per i cittadini in ambito urbano, considerando l'adozione di soluzioni tecnologiche per l'efficienza energetica in ambito domestico ed urbano. Per tale pillar sono stati identificati 80 KPI, organizzati in 2 aree tematiche.

- i. **Building:** all'interno di tale area tematica sono classificati tutti i KPI che permettono il monitoraggio e l'analisi delle **prestazioni energetiche** degli edifici.
- ii. **City area:** all'interno di tale area tematica sono classificati tutti i KPI che permettono il monitoraggio e l'analisi dei dati relativi al **consumo energetico** associato all'illuminazione pubblica.

Per ciascuna area tematica si illustra in *Tabella 2* il dettaglio dei sotto-pillar presenti e della numerosità di indicatori inseriti.

Tabella 2 – I KPI del pillar Smart Living

Area tematica	Sotto-pillar	Descrizione sotto-pillar	N.
BUILDING	Building data info – energy	Indicatori a carattere energetico non altrimenti classificati	24
	Building data info – electricity	Indicatori che analizzano dati di consumo di energia elettrica	2
	Building data info – energy efficiency	Indicatori relative a misure di efficientamento energetico	12
	Building data info – energy storage	Indicatori che analizzano l'utilizzo di sistemi di accumulo	2
	Building data info – green energy	Indicatori che misurano il consumo di energia da fonte rinnovabile	6
	Building data info – surveillance / control / automation infrastructure	Indicatori relative a dispositivi di video sorveglianza e automazione	3
	Other info regarding building	Indicatori a carattere generale che analizzano informazioni non altrimenti classificate	13

	Other info regarding building – people with special needs	Indicatori che analizzano la presenza di misure di assistenza per persone con disabilità	4
CITY AREA	Public lighting	Indicatori che analizzano i dati di consumo per l’illuminazione pubblica	14

2.3.2.3 Smart Mobility

All’interno del pillar *Smart Mobility* sono inseriti tutti i KPI che afferiscono alla tematica della mobilità urbana, monitorando i dati del parco veicolare e la diffusione di soluzioni di trasporto innovative e sostenibili (veicoli elettrici, servizi di mobilità condivisa, percorsi pedonali e ciclabili, ecc.). Per tale pillar sono stati identificati 93 KPI, organizzati in 2 aree tematiche.

- i. **Mobility:** all’interno di tale area tematica sono classificati tutti i KPI che permettono il monitoraggio e l’analisi dei dati relativi al parco veicolare all’interno del contesto urbano.
- ii. **Infrastructure:** all’interno di tale area tematica sono classificati tutti i KPI che permettono il monitoraggio e l’analisi dei dati relativi all’infrastruttura stradale (strade, parcheggi, sviluppo rete TPL), all’**infrastruttura di ricarica per i veicoli elettrici** e all’infrastruttura ciclabile (sviluppo e utilizzo delle piste ciclabili).

Per ciascuna area tematica si illustra in *Tabella 3* il dettaglio dei sotto-pillar presenti e della numerosità di indicatori inseriti.

Tabella 3 – I KPI del pillar Smart Mobility

Area tematica	Sotto-pillar	Descrizione sotto-pillar	N.
INFRASTRUCTURE	Infrastructure	Indicatori non altrimenti classificati che forniscono informazioni per l’infrastruttura di trasporto	7
	Infrastructure – bike	Indicatori relativi allo sviluppo e utilizzo delle piste ciclabili	6
	Infrastructure – charging infrastructure	Indicatori relativi allo sviluppo e utilizzo dell’infrastruttura di ricarica per i veicoli elettrici	5
	Infrastructure – parking areas	Indicatori che misurano la presenza e l’utilizzo dei parcheggi	10
	Infrastructure – TPL	Indicatori relativi allo sviluppo dell’infrastruttura TPL	8
MOBILITY	Mobility data info	Indicatori che analizzano dati relativi alla mobilità non altrimenti classificati	17
	Mobility data info – alternative transportation	Indicatori relativi all’utilizzo di veicoli condivisi	11
	Mobility data info – freight transportation	Indicatori che analizzano dati relativi al trasporto merci	3
	Mobility data info – green mobility	Indicatori relative all’utilizzo di veicoli a basse emissioni	4
	Mobility data info – private vehicles	Indicatori che analizzano dati relativi ai veicoli di proprietà privata	4
	Mobility data info – road safety	Indicatori che misurano il numero di incidenti o la sicurezza stradale	5
	Mobility data info - TPL	Indicatori relative allo sviluppo e utilizzo del TPL	13

2.3.2.4 Caratteristiche dei KPI

All'interno del nuovo dataset sono stati introdotti 3 parametri che caratterizzano in modo specifico i KPI e che permettono di avere informazioni circa la tipologia del dato che viene monitorato e la relativa facilità di adozione del KPI stesso all'interno della gestione delle città.

Tipologia di dato

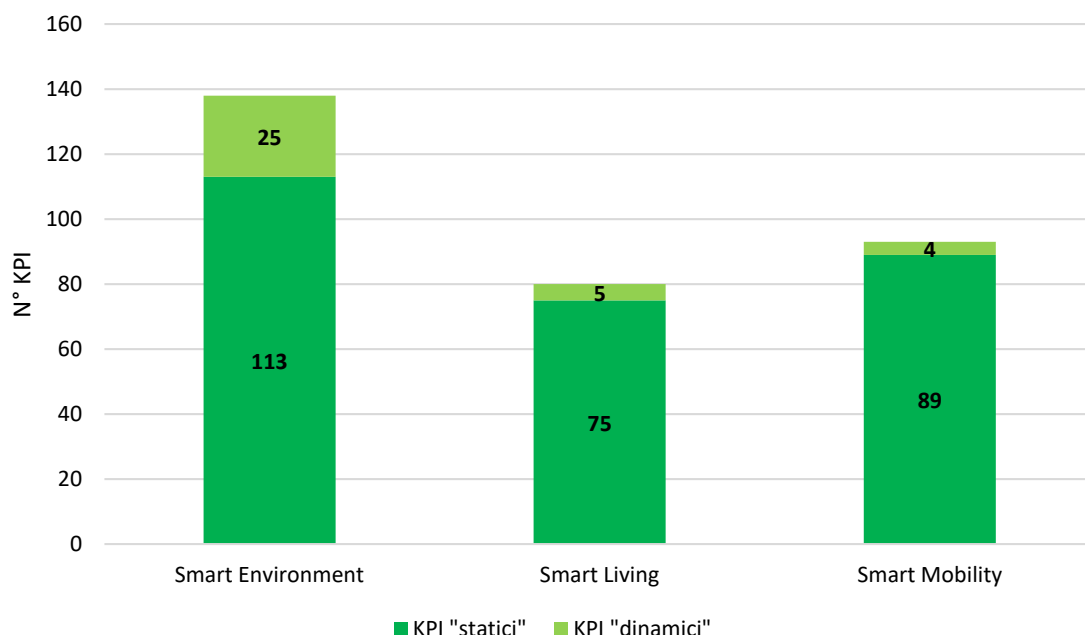
Con il termine KPI "statico" si fa riferimento a KPI che permettono di monitorare uno o più dati le cui valutazioni riportano una "fotografia" dello stato in cui si trova la città. Si fa riferimento a dati che vengono raccolti tipicamente con una frequenza di aggiornamento semestrale o annuale. L'obiettivo di questi indicatori è dunque quello di riportare una sintesi delle prestazioni della città su un intervallo temporale relativamente lungo.

Con il termine KPI "dinamico" si fa invece riferimento a KPI che permettono di monitorare uno o più dati la cui valutazione permette di riprodurre scenari evolutivi nel breve termine oltre che nel medio-lungo. Si fa riferimento a dati che vengono raccolti con una frequenza di aggiornamento oraria, giornaliera o settimanale. L'obiettivo di questi indicatori è dunque quello di permettere una valutazione di come uno o più dati siano cambiati nel corso dell'anno (o mesi, settimane, giorni). Questa tipologia di KPI permetterebbe inoltre la creazione di una dashboard interattiva per la città con lo scopo di monitorare l'andamento di determinati dati nel tempo.

Il combinato disposto di entrambe le tipologie di KPI permette dunque di valutare in modo completo le prestazioni energetiche della città, raccogliendo sia una "fotografia" della città e sia caratterizzando in modo specifico l'andamento temporale di breve periodo di determinati dati.

All'interno del nuovo dataset, sono 277 i KPI di tipo "statico" e 34 quelli di tipo "dinamico". La maggior parte dei KPI "dinamici" sono afferenti al pillar *Smart Environment* (25 KPI), a cui seguono *Smart Living* (5 KPI) e *Smart Mobility* (4 KPI). Si riporta in *Figura 4*, la ripartizione tra le due tipologie di dato, in funzione dei 3 pillar a carattere energetico.

Figura 4 – La ripartizione per pillar dei KPI "statici" e "dinamici"



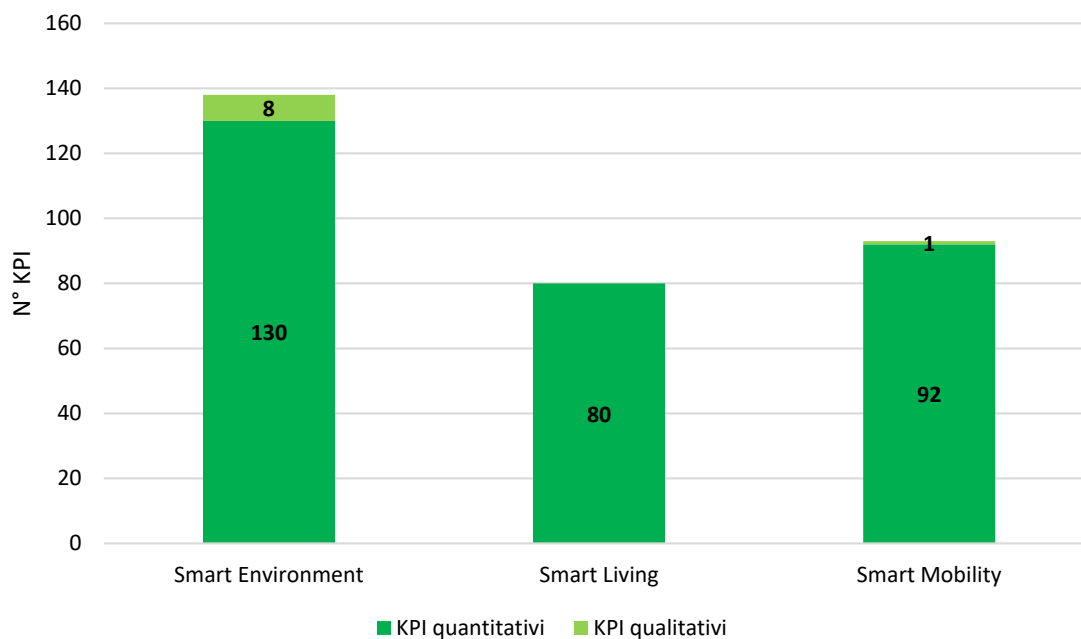
Tipologia di KPI

Con il termine “qualitativo” si fa riferimento a KPI che permettono di monitorare risposte definite non a carattere numerico o che presuppongono una richiesta di feedback in merito al grado di soddisfazione espresso per un servizio, la presenza o meno di piani di gestione del rischio, di **politiche energetiche urbane**, etc. Si fa riferimento a dati che vengono raccolti con una frequenza di aggiornamento tipicamente annuale. L’obiettivo di questi indicatori è dunque quello di riportare informazioni di tipo qualitativo, appunto, circa la presenza o meno di determinati piani, sistemi o metodi di raccolta dati.

Con il termine “quantitativo” si fa riferimento a KPI che permettono di monitorare uno o più dati la cui valutazione restituisce informazioni su dati che possono essere misurati ed analizzati. Si fa riferimento a dati che vengono raccolti con una frequenza di aggiornamento che può variare da un intervallo giornaliero sino ad un intervallo annuale. L’obiettivo di questi indicatori è dunque quello di riportare informazioni di tipo quantitativo, appunto, su dati che possono essere misurati, valutati e confrontati nel corso del tempo.

All’interno del nuovo dataset, sono 302 i KPI di tipo “quantitativo” e 9 quelli di tipo “qualitativo”. La quasi totalità dei KPI “qualitativi” sono afferenti al pillar *Smart Environment* con 8 KPI mentre invece solamente 1 fa riferimento al pillar *Smart Mobility*. Si riporta in *Figura 5*, la ripartizione tra le due tipologie in funzione dei 3 pillar a carattere energetico.

Figura 5 – La ripartizione per pillar dei KPI “qualitativi” e “quantitativi”



City Readiness Level (CRL)

Con il termine City Readiness Level (CRL) si fa riferimento al livello di predisposizione della città per implementare il KPI, prevedendo l’adozione di opportuni strumenti di raccolta dei dati a supporto e/o la collaborazione con soggetti terzi che detengono la proprietà del dato. Per la valutazione del CRL si adotta una scala da 1 a 3 che misura il livello di complessità di adozione del KPI per la città. Si riporta di seguito il dettaglio dei punteggi:

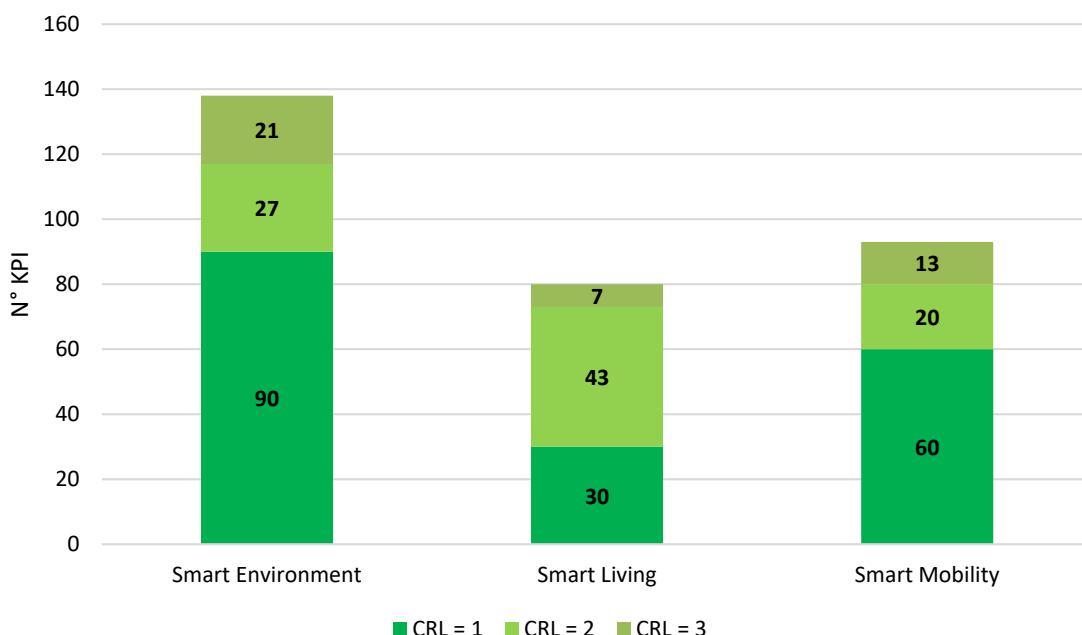
Punteggio 1: si associa ai KPI la cui adozione non richiede particolari sforzi economici o di attuazione per la raccolta dei dati, attraverso l’implementazione di opportuni sistemi di misurazione e reperimento del dato. I KPI ai quali è attribuito tale punteggio, sono altrimenti definiti come quelli di più facile adozione da parte della città in quanto non richiedono difatti l’introduzione di nuovi specifici sistemi di misurazione e/o di monitoraggio o di reperimento dei dati, in quanto è previsto che la città ne disponga già o che non sussista una particolare criticità nella loro introduzione.

Punteggio 2: si associa ai KPI la cui adozione richiede l’introduzione di opportuni strumenti di raccolta dati e/o prevede l’interazione con soggetti che detengono la proprietà di specifici dati. I KPI ai quali è attribuito tale punteggio richiedono dunque un maggiore sforzo sia in termini economici per la predisposizione di opportuni strumenti di misurazione e di raccolta del dato (laddove essi non siano già presenti), sia in termini di possibili collaborazioni con soggetti terzi che detengono la proprietà dei dati necessari a caratterizzare il KPI, sia in termini di interpolazione di più dati tra loro. Per tali KPI si evidenzia dunque una maggiore complessità per l’adozione da parte della città.

Punteggio 3: si associa ai KPI la cui adozione richiede l’introduzione di specifici strumenti di raccolta dati con un elevato grado di complessità che deriva dalla particolarità del dato da misurare e/o prevedere l’interazione con soggetti che detengono la proprietà di specifici dati. I KPI ai quali è attribuito tale punteggio richiedono dunque il maggiore sforzo sia in termini economici per la predisposizione di opportuni strumenti di misurazione e di raccolta del dato (laddove essi non siano già presenti), sia in termini di possibili collaborazioni con soggetti terzi che detengono la proprietà dei dati necessari a caratterizzare il KPI con i quali le realtà dei comuni non detengono specifici contatti o trovano difficoltà ad interagire, sia in termini di interpolazione di più dati tra loro. Per tali KPI si evidenzia dunque una elevata complessità per l’adozione da parte della città.

All’interno del nuovo dataset, sono 41 i KPI a cui è associato un valore di CRL pari a 3, sono 90 i KPI con un valore di CRL pari a 2 ed infine sono 180 quelli con un valore pari a 1. Si riporta in *Figura 6*, la ripartizione in base ai punteggi di CRL in funzione dei 3 pillar a carattere energetico.

Figura 6 – La ripartizione per pillar dei KPI per CRL



2.4 Esempi di KPI

Dal foglio di calcolo contenente i 311 KPI mappati all'interno del nuovo dataset, si illustrano di seguito alcuni esempi di KPI a carattere energetico in merito all'evoluzione di parametri che possono impattare sul sistema elettrico e alcuni KPI in merito alla valutazione delle performance legate all'inquinamento ambientale (pollution).

Per questi due ultimi KPI rappresentati si proporranno inoltre i risultati derivanti dall'integrazione di questi indicatori all'interno del modello degli Urban Dataset sviluppato da Enea.

2.4.1 KPI 1

Pillar Smart Environment	Area tematica Energy	Sotto-pillar Smart grid and balancing
Nome KPI Numero medio di interruzioni annue del servizio elettrico (blackout)		
Descrizione KPI L'indicatore misura il numero medio di interruzioni elettriche (blackout) annue, per utente servito all'interno del territorio comunale.		
Modalità di calcolo Somatoria per tutti gli n clienti "elettrici" serviti all'interno del territorio comunale, dei blackout sperimentati dal cliente i-esimo durante l'anno "j" / Numero di clienti "elettrici" serviti all'interno del territorio comunale		
Osservazioni Per il reperimento dei dati è possibile interfacciarsi con le aziende (DSO) che si occupano del servizio di distribuzione dell'energia elettrica all'interno del territorio comunale, per avere informazioni sul numero di interruzioni annue del servizio e del numero di clienti serviti colpiti dal disservizio.		
Frequenza di aggiornamento Annuale	City Readiness Level CRL = 1	Unità di misura N° blackout/anno/cliente
Tipologia dato Quantitativo		Tipologia KPI Statico

2.4.2 KPI 2

Pillar Smart Living	Area tematica Building	Sotto-pillar Building data info – green energy
Nome KPI Percentuale di edifici pubblici (PA) dotati di un impianto di produzione di energia rinnovabile		
Descrizione KPI L'indicatore misura la percentuale di edifici pubblici (PA) collocati all'interno del territorio comunale, dotata di un impianto di produzione di energia elettrica rinnovabile (fotovoltaico)		
Modalità di calcolo Numero di edifici pubblici (PA) presenti all'interno del territorio comunale dotati di un impianto di energia elettrica rinnovabile (fotovoltaico) / Totale edifici pubblici (PA) presenti all'interno del territorio comunale		
Osservazioni Per il reperimento dei dati è possibile interfacciarsi con responsabili pubblici, in merito alla presenza o meno di impianti di produzione di energia rinnovabile per gli edifici pubblici.		
Frequenza di aggiornamento Annuale	City Readiness Level CRL = 1	Unità di misura %
Tipologia dato Quantitativo		Tipologia KPI Statico

2.4.3 KPI 3

Pillar Smart Living	Area tematica Building	Sotto-pillar Building data info – Energy efficiency
Nome KPI Consumo di energia elettrica degli edifici pubblici (PA)		
Descrizione KPI L'indicatore misura la quantità di energia elettrica consumata all'interno di edifici pubblici (PA), all'interno del territorio comunale		
Modalità di calcolo Sommatoria dei consumi elettrici per ogni i-esima unità di consumo presente all'interno degli n-esimi edifici pubblici (PA) nell'anno "j", all'interno del territorio comunale		
Osservazioni Per il reperimento dei dati è possibile installare opportuni contatori/meter (qualora non fossero già presenti) oppure in assenza della possibilità di predisporre un sistema automatico di rilevazioni dei dati questo indicatore può essere calcolato fruttando considerando i valori presenti all'interno delle bollette elettriche pagate dal comune a cui però si devono sommare i consumi coperti tramite autoconsumo di energia elettrica prodotta da FV e eventualmente da altri sistemi come quelli relativi alla cogenerazione. Ai fini dell'applicazione del KPI è necessario che le informazioni siano reperite in modo esaustivo per tutti gli edifici pubblici.		
Frequenza di aggiornamento Annuale	City Readiness Level CRL = 2	Unità di misura %
Tipologia dato Quantitativo		Tipologia KPI Statico

2.4.4 KPI 4

Pillar Smart Environment	Area tematica Energy	Sotto-pillar Smart grid and balancing
Nome KPI Percentuale di abitazioni sul territorio comunale, dotate di smart meters		
Descrizione KPI L'indicatore misura la percentuale di abitazioni all'interno del territorio comunale dotate di smart meters		
Modalità di calcolo Numero di abitazioni dotate di smart meters all'interno del territorio comunale / Totale abitazioni collegate alla rete elettrica presenti all'interno del territorio comunale		
Osservazioni Per il reperimento dei dati è possibile interfacciarsi con le aziende (DSO e Utility) che si occupano del servizio di distribuzione dell'energia elettrica all'interno del territorio comunale, per avere informazioni sul numero di smart meters installati per le utenze elettriche servite.		
Frequenza di aggiornamento Annuale	City Readiness Level CRL = 2	Unità di misura %
Tipologia dato Quantitativo		Tipologia KPI Statico

2.4.5 KPI 5

Pillar Smart Environment	Area tematica Energy	Sotto-pillar Smart grid and balancing
Nome KPI Curva di carico relativa ai carichi elettrici		
Descrizione KPI L'indicatore misura i consumi elettrici all'interno del territorio comunale considerando sia quelli residenziali, agricoli, industriali e del terziario pubblico e privato attraverso lo sviluppo di grafici rappresentati le curve di carico elettrico, per ogni giorno dell'anno		
Modalità di calcolo Le curve di carico devono essere richieste ai vari distributori presenti all'interno del territorio del Comune. Il Comune deve fare un'aggregazione di tali dati per ottenere la curva complessiva dei consumi elettrici del Comune		
Frequenza di aggiornamento Giornaliero	City Readiness Level CRL = 3	Unità di misura kWh
Tipologia dato Quantitativo		Tipologia KPI Dinamico

2.4.6 KPI 6

Pillar Smart Environment	Area tematica Pollution	Sotto-pillar Pollution
Nome KPI Alert: Eccesso dei valori soglia per inquinamento dell'aria - PM ₁₀ (base giornaliera)		
Descrizione KPI L'indicatore misura l'eccesso dei valori soglia di inquinante PM ₁₀ nell'aria all'interno del Comune, su base oraria (media 24 ore)		
Osservazioni Al fine di rilevare i dati relativi a queste emissioni possono essere installate, laddove non presenti all'interno del territorio cittadino, stazioni di monitoraggio ambientali (fisse e mobili) o sensori volti a rilevare i parametri di inquinamento. Nel caso in cui sul territorio comunale fossero presenti già infrastrutture gestite da altri enti, quali ad esempio le Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale (ARPA) il comune al posto di introdurre nuove infrastrutture dovrebbe con questi enti al fine di predisporre metodologie di scambio automatico dei dati laddove questi enti non abbiano strutturato degli Open Data in merito.		
Modalità di calcolo Massa di PM ₁₀ (µg) - 50 µgPM ₁₀ / Volume di aria campionato all'interno del Comune (m ³)		
Frequenza di aggiornamento Giornaliero	City Readiness Level CRL = 1	Unità di misura µgPM ₁₀ /m ³
Tipologia dato Quantitativo		Tipologia KPI Dinamico

2.4.7 KPI 7

Pillar Smart Environment	Area tematica Pollution	Sotto-pillar Pollution
Nome KPI Giorni oltre valori soglia per inquinamento dell'aria - PM ₁₀		
Descrizione KPI L'indicatore misura i giorni in cui i valori di PM ₁₀ superano i valori soglia		
Modalità di calcolo Numero giorni con concentrazione di PM ₁₀ ≥ 50µg/3		
Osservazioni Al fine di calcolare questo indicatore appare necessario implementare il KPI relativo a “Alert: Eccesso dei valori soglia per inquinamento dell'aria - PM ₁₀ (base giornaliera)” strutturando per quest’ultimo una opportuna rete di sensori o di stazioni di monitoraggio ambientali, oppure instaurando il reperimento dai dati da soggetti/enti che si occupano della gestione di queste infrastrutture.		
Frequenza di aggiornamento Annuale	City Readiness Level CRL = 1	Unità di misura #
Tipologia dato Quantitativo		Tipologia KPI Dinamico

3 L'integrazione negli Urban Dataset

ENEA intende utilizzare in un futuro prossimo alcuni dei KPI individuati in questo lavoro nelle sue attività che coinvolgono la SCP. I KPI verranno calcolati da alcune SCP cittadine grazie ai dati inviati tramite UrbanDataset dalle solution verticali connesse, per essere poi inviati alla iSCP.

La selezione dei KPI al momento più interessanti è stata effettuata in base ai seguenti parametri:

- **Valore informativo** dell'indicatore per gli amministratori della città
- **Disponibilità dei dati** presso le SCP attualmente implementate da ENEA: si preferiranno dati già disponibili presso le piattaforme ENEA o che saranno con buona probabilità implementati in un futuro prossimo
- **Dinamicità dell'indicatore**: gli indicatori dinamici e con frequenza alta di invio sono preferibili in quanto più adatti alla caratteristica della SCP

I KPI di cui si sta valutando al momento l'utilizzo nella sperimentazione sono i seguenti:

- **Domanda energetica primaria specifico edificio pubblico – illuminazione / raffrescamento**
Pur avendo un valore informativo parziale rispetto alla città intera, possono essere indicativi delle politiche di efficienza energetica pubblica perseguite in un comune. Inoltre, possono essere estesi inserendo anche il consumo elettrico alle prese, o, in mancanza delle singole componenti, può essere calcolato il consumo elettrico totale.
- **Inquinamento dell'aria - NO₂ / O₃ / PM₁₀ / PM_{2.5} / SO₂**
Sono molto importanti poiché impattano fortemente sulla salute dei cittadini. Indirettamente questi indicatori sono correlati anche alla rete elettrica, visto che l'aumento della diffusione dei veicoli elettrici ci si aspetta porti a una diminuzione di questi inquinanti.

4 Conclusioni

Al giorno d'oggi si assiste ad una evoluzione delle città in modo sempre più marcato verso il paradigma delle Smart City che passa in modo inequivocabile attraverso un processo di "digital transformation", grazie al forte sviluppo di tecnologie IoT ed agli strumenti ICT. Le città stanno diventando sempre più una fonte inesauribile di dati ed informazioni che ne rendono vitale la raccolta, misurazione ed elaborazione per permetterne una gestione efficace ed ottimizzata. Diventa dunque necessario per le città, al fine di tendere verso questo nuovo paradigma, l'introduzione di opportuni strumenti ed indicatori che siano in grado di tradurre i dati provenienti dalla città in informazioni che possano essere impiegate nel processo di gestione della città stessa.

Prende le mosse da questa esigenza la realizzazione di un nuovo dataset di indicatori, che sviluppato all'interno di un progetto su base biennale, vede nella sua seconda annualità la presentazione di tale dataset, che si prefigge di consentire dunque una migliore gestione ed ottimizzazione delle risorse della città. Dalle attività condotte all'interno del presente rapporto di ricerca è stato possibile mettere a frutto i dati raccolti nella prima annualità di progetto e procedere con la creazione del nuovo dataset.

La creazione di tale dataset permette di andare in contro a tutte le criticità riscontrate, sia attraverso l'analisi dello stato dell'arte sia attraverso l'interazione diretta con i Comuni italiani coinvolti nella prima annualità di progetto. Il dataset sviluppato si pone l'obiettivo di essere un punto di riferimento per la valutazione delle prestazioni a carattere energetico della città e soprattutto di agevolare i processi di monitoraggio dei dati e delle performance, nonché di ottimizzarne la gestione. L'adozione di tale dataset potrà sicuramente agevolare una riduzione delle problematiche riscontrate in merito all'utilizzo delle attuali dashboard di KPI ed agevolare il processo di reperimento, mappatura e controllo dei dati in base alle specifiche esigenze evidenziate da ciascun Comune.

All'interno del nuovo dataset sono identificati 311 indicatori, di cui rispettivamente 138 per il pillar Smart Environment, 83 per il pillar Smart Living e 90 indicatori per il pillar Smart Mobility. Per la definizione degli indicatori sono stati considerati inoltre un insieme di parametri utili ad una migliore presentazione degli stessi e delle rispettive caratteristiche. Sono inoltre stati introdotti alcuni parametri specifici che identificano la tipologia di dato, di KPI ed il livello di facilità di adozione per il contesto urbano. La valutazione di tali parametri permette di valutare la qualità di informazioni che il KPI è in grado di restituire, nonché del livello di "difficoltà" che si potrebbe riscontrare nella sua implementazione (es. economica, dovuta all'introduzione di opportuni strumenti di misura e raccolta dei dati).

L'obiettivo ultimo perseguito è stato quello di creare un dataset che fosse in grado di monitorare, con un approccio comprensivo, le performance energetiche della città restituendo sia una vista in continuo, attraverso l'evoluzione dello status quo di determinati indicatori (definiti appunto dinamici) sia rispettivamente attraverso la valutazione di performance misurate con intervalli di aggiornamento più ampi e che restituiscono una "fotografia" della città (indicatori definiti appunto statici). Il database formulato in questo progetto dovrà essere sperimentato all'interno dei differenti contesti urbani a livello di dimensione (comuni medio/piccoli, medio/grandi e grandi agglomerati), a livello di rilevanza dei differenti settori economici (agricoltura, turismo, terziario e industriale) e di diffusione di sistemi di misura automatizzati per reperire i dati necessari a calcolare i differenti KPI. Le evidenze emerse dall'applicazione empirica del dataset determinerà la necessità di attivare un processo volto ad aggiornare i KPI in esso presenti e le relative modalità di calcolo.

Il dataset di indicatori così realizzato costituisce dunque uno strumento utile per monitorare sia le prestazioni energetiche dalla città e sia l'evoluzione del sistema elettrico all'interno delle città. Considerando i KPI

affidenti ai 3 pillar a carattere energetico ed i differenti sotto-pillar identificati, attraverso l'utilizzo dei rispettivi KPI è possibile difatti monitorare e gestire in modo ottimizzato le performance della città e del sistema elettrico stesso, favorendone una ottimale evoluzione nel tempo.

5 Curriculum scientifico del gruppo di lavoro

Simone Franzò è Ricercatore a tempo determinato presso il Politecnico di Milano, ove è docente di Management of Energy, Energy Management Lab e Circular Economy Lab nell'ambito del corso di laurea magistrale 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) e dirige l'Executive Master in Management e l'International Master in Environmental Sustainability & Circular Economy. È Project Leader presso l'Energy & Strategy Group del Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano per le attività legate al Mercato Elettrico ed alla Smart Mobility.

Davide Chiaroni è Professore Ordinario presso il Politecnico di Milano, ove è docente di Strategy and Marketing nell'ambito del corso di laurea magistrale in Ingegneria Gestionale. Presso il MIP Graduate School of Business del Politecnico di Milano è Associate Dean per gli Special Projects e Membro del Comitato di Gestione. È stato inoltre Direttore della Management Academy 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 magistrale in Ingegneria Gestionale. È Presidente del MIP Graduate School of Business del Politecnico di Milano. 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.

Federico Frattini è Professore Ordinario presso il Politecnico di Milano, ove è docente di Impresa e Decisioni Strategiche nell'ambito del corso di laurea triennale in Ingegneria Gestionale. È Honorary Researcher presso la Lancaster University Management School. È Dean del MIP Graduate School of Business 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. È stato nominato nel 2013 tra i primi 50 studiosi al mondo sui temi della gestione della tecnologia e dell'innovazione.