



Ricerca di Sistema elettrico

## Metodologia, progettazione macrofunzionale e casi d'uso di una infrastruttura pubblica energivora

N. Gozo, L. Blaso, E. Caiaffa, S. Fumagalli, G. Giuliani, G. Leonardi, F. Marino, C.

Novelli, S. Pizzuti, P. Zini



METODOLOGIA, PROGETTAZIONE MACROFUNZIONALE E CASI D'USO DI UNA INFRASTRUTTURA PUBBLICA ENERGIVORA.

N. Gozo, L. Blaso, E. Caiaffa, S. Fumagalli, G. Giuliani, G. Leonardi, C. Novelli, S. Pizzuti, P. Zini (ENEA),  
F. Marino (Università Roma Tre)

Settembre 2016

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2015

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

Progetto: Innovazione tecnologica, funzionale e gestionale nell'illuminazione pubblica ed in ambienti confinati

Obiettivo: Public Energy Living lab – Sviluppo di Metodologie di valutazione ed avvio penetrazione territoriale. Sviluppo  
Metodologia

Responsabile del Progetto: Nicoletta Gozo, ENEA

## Indice

1	INTRODUZIONE .....	5
2	ATTIVITÀ PAR2015 (1/10/2015- 30/9/2016).....	6
3	IL PROGETTO PELL (PUBLIC ENERGY LIVING LAB) .....	7
3.1	CHE COSA È, COME FUNZIONA IL PUBLIC ENERGY LIVING LAB .....	8
3.2	OBIETTIVI DEL PUBLIC ENERGY LIVING LAB .....	9
3.2.1	<i>A chi è dedicato il Public Energy Living Lab .....</i>	9
3.3	VALUTAZIONI SULLO SVILUPPO DEL PELL .....	10
3.4	SVILUPPO DELLA METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEL PELL (ENEA) .....	10
3.4.1	<i>Aggiornamento della Scheda censimento Lumière (Roma Tre) .....</i>	16
3.4.2	<i>Definizione ed implementazione di KPI (ENEA) .....</i>	17
	<i>KPI teorici di progetto .....</i>	17
	<i>KPI dinamici di misura .....</i>	20
3.4.3	<i>Implementazione di nuovi KPI di prestazione energetica ed illuminotecnica (Università Roma Tre).....</i>	20
3.4.4	<i>Data analysis sui quadri elettrici (Università Roma Tre) .....</i>	23
3.4.5	<i>Definizione delle tecnologie BaU, BAT e BNAT nel settore lighting per illuminazione stradale (ENEA) .....</i>	24
3.5	PROGETTAZIONE E SVILUPPO DELLA PIATTAFORMA DEL PELL (ENEA) .....	26
3.5.1	<i>Use case PELL (Università Roma Tre) .....</i>	28
3.5.2	<i>Landing Page del portale PELL (Università Roma Tre) .....</i>	32
3.5.3	<i>Mock-up page del portale PELL (Università Roma Tre ed ENEA).....</i>	32
3.5.4	<i>Implementazione ed analisi dati nella Piattaforma PELL (Università Roma Tre) .....</i>	35
3.5.5	<i>Processo di trasmissione dati e standard per l'interazione dei sistemi dei gestori degli impianti con il PELL (ENEA) .....</i>	35
3.5.6	<i>Definizione della architettura WebGIS, scelta delle metodologie e tecnologie con particolare focalizzazione verso sistemi OPEN (ENEA) .....</i>	42
3.5.7	<i>Realizzazione di un prototipo su piattaforma WebGis, con integrazione di una Open Smart Platform (OSP) con un sistema di visualizzazione Web GIS Geo SDI: L'applicazione WebGIS "SmartVillage" (ENEA) .....</i>	43
3.5.8	<i>Integrazione del PELL con il WebGIS (ENEA) .....</i>	47
3.5.9	<i>Definizione di protocollo di adesione dei comuni alla piattaforma PELL (ENEA).....</i>	51
3.5.10	<i>Modalità di consultazione di una prima serie di dati caricati sulla piattaforma, relativi allo stato dell'impianto oggetto di analisi, da parte di amministratori e cittadini. (ENEA) .....</i>	54
3.6	LE GRANDI INFRASTRUTTURE E LA GESTIONE GRANDI QUANTITÀ DI DATI : ELASTICSEARCH (ENEA) .....	63
3.6.1	<i>DBMS NoSQL .....</i>	64
3.6.2	<i>Il teorema CAP.....</i>	65
3.6.3	<i>ACID vs BASE .....</i>	65
3.6.4	<i>Tassonomia dei DB NoSQL .....</i>	66
3.6.5	<i>Svantaggi del modello NoSQL .....</i>	67
3.6.6	<i>ElasticSearch .....</i>	67
3.6.7	<i>Document Oriented.....</i>	69
3.6.8	<i>Index vs Index vs Index .....</i>	70
3.6.9	<i>Distribuito per natura .....</i>	70
3.6.10	<i>Data In, Data Out .....</i>	72
3.6.11	<i>SWOT Analysis.....</i>	78
4	CONCLUSIONI.....	79
5	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	83
6	ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	83

## Sommario

Il rapporto tecnico descrive l'attività di ricerca relativa allo studio della metodologia e progettazione macrofunzionale di una infrastruttura pubblica energivora alla definizione dei casi d'uso. In particolare, questa annualità si è incentrata sul caso applicativo della piattaforma all'infrastruttura all'illuminazione pubblica che necessita, per poter essere analizzata, di un censimento dettagliato degli impianti presenti sul territorio. Per queste ragioni, proseguendo l'attività iniziata nel precedente triennio nell'ambito del progetto Lumière (Report RdS/PAR2014/035), è stata aggiornata la scheda censimento degli impianti IP con la partecipazione dei maggiori stakeholders del settore (es. Gestori, associazioni di categoria, Consip, Regione Lombardia etc.), sono stati perfezionati e sviluppati i KPI (teorici di progetto, dinamici di misura e di prestazione energetica ed illuminotecnica) ed è stata progettata e sviluppata la piattaforma PELL anche alla luce dello studio preliminare effettuato in una attività di ricerca precedente (nell'ambito della Convenzione stipulata tra il Ministero dello Sviluppo Economico e l'ENEA nel programma Operativo Interregionale "Energie rinnovabili e Risparmio Energetico" FESR 2007-2013). Nello specifico, è stato realizzato un prototipo ed è stata effettuata l'analisi dei dati nella piattaforma PELL legata alle prestazioni dei POD/quadri elettrici considerati (sono 6 Comuni in Sicilia e 4 Comuni in Puglia per un totale di 49 impianti allacciati), è stato definito quindi il processo di trasmissione dei dati relativi all'interazione tra sistemi dei gestori ed il server ENEA ed il protocollo di adesione dei comuni alla piattaforma PELL. Infine, è stato avviato uno studio anche di nuove tecnologie per la gestione di grandi quantità di dati e la definizione di un'architettura GIS per visualizzazione dei dati con un esempio di prototipo su piattaforma WebGIS.

## 1 Introduzione

Questo rapporto si riferisce alle attività di Sviluppo e implementazione del Progetto PELL sul territorio e si colloca nell'ambito dell'Accordo di Programma stipulato tra il Ministero dello Sviluppo Economico e l'ENEA per la realizzazione delle attività di ricerca previste dal Piano Triennale della Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale 2015-17.

In particolare il rapporto viene elaborato in funzione delle attività previste dal Piano Annuale per la Ricerca di Sistema Elettrico ENEA 2015 relative al periodo che va dal 1/10/2015 al 30/9/2016. Il Piano è articolato per attività di ricerca, obiettivi intermedi, costi e tempi di realizzazione.

Inquadrato nell'Area "Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici", il rapporto si riferisce alle attività svolte per il conseguimento degli obiettivi previsti al Progetto D5 "Innovazione tecnologica, funzionale e gestionale nell'illuminazione pubblica ed in ambienti confinati", afferente al Tema di Ricerca "Illuminazione" ed al conseguimento dell'obiettivo a. "Public Energy Living Lab – Sviluppo Metodologie di valutazione ed avvio penetrazione territoriale".

L'obiettivo finale delle attività previste dall'Area consiste nello sviluppo di strumenti e metodi che mirano al miglioramento di tecnologie ad alta efficienza energetica, allo scopo di stimolare nel mercato la circolazione di prodotti più performanti.

L'attività del Progetto D5 è stata suddivisa in 4 obiettivi:

- a. Public Energy Living Lab – Sviluppo Metodologie di valutazione ed avvio penetrazione territoriale
- b. Smart street – definizione architettura funzionale delle tecnologie e metodologie abilitanti (palo intelligente e smart lighting)
- c. Human Centric lighting – definizione, contesto e prima progettazione
- d. Comunicazione e diffusione dei risultati

Per ogni obiettivo sono stati individuati dei sub-obiettivi con specifiche attività volte al conseguimento dei risultati previsti dal Progetto D5.

Per l'attività a., relativa a "Public Energy Living Lab – Sviluppo Metodologie di valutazione ed avvio penetrazione territoriale" sono stati individuati tre sub-obiettivi.

Sub-obiettivi:

- a.1 – Sviluppo Metodologia
- a.2 – Implementazione del PELL sul territorio
- a.3 – Implementazione software per calcolo prestazioni energetiche di sistemi di illuminazione di edifici

Per ogni sub-obiettivo sono state individuate delle attività volte al suo conseguimento definito nei task.

In particolare, il presente rapporto in particolare si riferisce alle attività previste dal sub-obiettivo a.1 "Sviluppo Metodologia".

Tutte le attività descritte in questo rapporto sono state interamente sviluppate da ENEA in collaborazione e condivisione con il Network Lumière e con il coinvolgimento degli operatori direttamente ed indirettamente coinvolti nel processo di sviluppo, verifica, applicazione, sperimentazione, diffusione del PELL sul territorio.

In questo sub-obiettivo è proseguita l'attività iniziata nel precedente triennio nell'ambito del progetto Lumière (Report RdS/PAR2014/035) per quanto riguarda la scheda censimento, sono stati perfezionati e sviluppati i KPI e progettata e sviluppata la piattaforma PELL anche alla luce dello studio relativo all'attività 3.1 Asse 3 sopraccitato, è stata realizzata l'implementazione e l'analisi dei dati nella piattaforma PELL specificatamente legata alle prestazioni dei POD/quadri elettrici considerati, è stato definito quindi il processo di trasmissione dei dati relativi all'interazione tra sistemi dei gestori ed il server ENEA ed il protocollo di adesione dei comuni alla piattaforma PELL. Sono allo studio anche nuove tecnologie per la

gestione di grandi quantità di dati e la definizione di un'architettura GIS con un esempio di prototipo su piattaforma WebGIS.

## 2 Attività PAR2015 (1/10/2015- 30/9/2016)

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

**Progetto D5 "Innovazione tecnologica, funzionale e gestionale nell'illuminazione pubblica ed in ambienti confinati"**

**Sub-obiettivo: a.1 Sviluppo Metodologia**

- ✓ Perfezionamento e sviluppo dei KPI (Key Performance Indicators) riferiti alla valutazione delle prestazioni teoriche dello stato di fatto ed ai miglioramenti potenziali rispetto a tecnologie di riferimento (BAU, BAT); alle prestazioni dinamiche misurate (sia di consumo che di comfort atteso); alle analisi diagnostiche e valutazione della discrepanza tra prestazioni teoriche e prestazioni misurate. Verrà esteso il sistema di visualizzazione comparativa dei KPI per confrontare risultati di comuni/impianti diversi (benchmarking).
- ✓ Progettazione e sviluppo preliminare di una piattaforma evoluta per il monitoraggio di grandi quantità di dati provenienti da impianti illuminotecnici. Definizione di una architettura di riferimento e funzionalità dei vari componenti, analisi dei flussi di dati giornalieri, degli storage necessari nel corso degli anni di sviluppo della infrastruttura in relazione al numero dei quadri illuminotecnici acquisiti. Definizione del data model per lo storage dei dati. Analisi della tipologia e tecnologia per il database e dell'hardware di calcolo necessario.
- ✓ Definizione del processo di trasmissione dei dati e dei relativi standard nella interazione tra i sistemi dei gestori ed il server ENEA. Tale procedura e protocollo tecnico potrà costituire la base per l'integrazione del PELL all'interno di gare nazionali (es: Consip). Creazione di un tavolo di gestori e produttori di sistemi di telegestione per la guida allo sviluppo delle interfacce (M2M, machine to machine) tra i sistemi di telegestione ed il PELL. Pubblicazione su sito web dei requisiti tecnici necessari per l'aggancio di un impianto di PI al sistema PELL.
- ✓ Definizione della architettura GIS, scelta delle metodologie e tecnologie con particolare focalizzazione verso sistemi open. Realizzazione di un prototipo su piattaforma WebGis, con integrazione di una Open Smart Platform (OSP) con un sistema di visualizzazione Web GIS Geo SDI; effettuazione di test in un ambiente controllato (es: CR Casaccia) come Case Study.
- ✓ Definizione di un protocollo di adesione dei comuni alla piattaforma PELL tramite portale WEB e delle modalità di download e upload della scheda censimento per l'inserimento dei dati di progetto e di funzionamento dell'impianto. Modalità di consultazione di una prima serie di dati caricati sulla piattaforma, relativi allo stato dell'impianto oggetto di analisi, da parte di amministratori e cittadini.

**Risultati/Deliverable:**

- ✓ Report sulla descrizione delle metodologie di raccolta ed analisi dati e relativa sperimentazione, descrizione della realizzazione della piattaforma ICT (architettura, piattaforma WebGis)
- ✓ Prototipo della piattaforma PELL di ricezione ed elaborazione dati

Principali collaborazioni: Università Roma3 - Dip. Scienze

durata: ottobre 2015 - settembre 2016

### 3 Il progetto PELL (Public Energy Living Lab)

Il **Progetto PELL** è uno strumento attuativo, su scala nazionale, che si pone l'obiettivo di gestire efficacemente le infrastrutture urbane energivore presenti sul territorio nazionale. La prima applicazione del PELL avviene con un approccio sistemico applicato in prima battuta al settore della Pubblica Illuminazione, servizio estremamente importante per la trasformazione dei nostri contesti urbani in città intelligenti o meglio intelligentemente strutturate e gestite, ma certamente applicabile anche agli edifici pubblici (uffici, scuole, case, ospedali), la mobilità pubblica, le reti di distribuzione (elettrica, idrica, termica, gas) ed altro ancora.

In particolare l'applicazione del PELL nell'ambito dell'illuminazione è fortemente collegato al Progetto Lumière, il cui obiettivo è promuovere la riorganizzazione e riqualificazione degli impianti di pubblica illuminazione per garantire un servizio efficiente ed idoneo sia alle esigenze dei cittadini che al contesto territoriale mediante lo sviluppo di un Modello di Management e di appositi strumenti attuativi.

La logica innovativa alla quale il PELL risponde nell'ambito delle infrastrutture pubbliche e quella di trasformarle in reti intelligenti attraverso la digitalizzazione delle informazioni, il monitoraggio continuo, la elaborazione in tempo reale delle informazioni relative ai consumi e prestazioni, la redistribuzione aperte delle informazioni aggregate. Per quanto riguarda l'applicazione del PELL all'illuminazione, il punto di partenza è stata l'esigenza di conoscere per gestire ed innovare gli impianti, per questo con il PELL il punto di partenza è stato la rielaborazione della scheda censimento, già definita nel progetto Lumière, per definire un formato standard di acquisizione dei dati a partire dal quale alimentare la piattaforma PELL. L'implementazione della scheda censimento ha consentito quindi la definizione di KPI statici e dinamici.

L'obiettivo del triennio mira dunque allo sviluppo della metodologia per la progettazione della piattaforma Public Energy Living Lab – PELL e quindi allo sviluppo di una rete territoriale e di una infrastruttura di raccordo per la raccolta, organizzazione, valutazione, gestione, validazione e controllo sui dati tecnologici, energetici, prestazionali degli impianti di illuminazione pubblica. L'attività nel triennio è stata articolata su due azioni fondamentali:

- sviluppo di una piattaforma ICT basata su criteri di standard open ed interoperabilità ospitata su infrastruttura cloud per la raccolta dei dati, la loro elaborazione e la visualizzazione, tramite tecnologie WebGis, di tutte quelle informazioni utili agli scopi di controllo e supervisione, raccordo ed accesso ai diversi sistemi territoriali locali;
- sviluppo di una prima infrastruttura (prototipale) operante su diverse aree nazionali proposta ad un lotto sperimentale di circa 1000 quadri elettrici afferenti a sistemi di illuminazione pubblica.

Accanto all'infrastruttura tecnologica verranno sviluppati metodi (standard, modelli, tool) per la valutazione dei benefici degli interventi di efficientamento, saranno elaborati metodi per il calcolo economico-finanziario degli investimenti legati all'efficientamento e la promozione dell'utilizzo dello strumento PELL all'interno di gare nazionali (Consip, MEPA).

In una visione più ampia di illuminazione "pubblica" che comprende non solo ambienti esterni, ma anche edifici, l'attività prevede in un altro sotto-obiettivo (cfr a.3: "Implementazione software per calcolo prestazioni energetiche di sistemi illuminazione di edifici") anche lo sviluppo di un software per la valutazione delle prestazioni energetiche degli impianti d'illuminazione negli ambienti confinati (edifici pubblici, residenziali e non) (LENI), che sarà integrato nella piattaforma PELL alla fine del progetto.

Il PELL nella sua visione complessiva è dedicato:

- agli amministratori, al fine di supportarli nei processi gestionali e nel miglioramento delle prestazioni energetiche, funzionali e illuminotecniche di un servizio che rappresenta l'immagine del loro operato, valorizzando o meno i contesti e rendendoli fruibili ai cittadini;

- ai cittadini, al fine di garantire loro la sicurezza degli spazi che vivono, una corretta percezione di quanto osservano ed una molteplicità di servizi aggiuntivi di pubblica utilità grazie all'utilizzo della rete quale infrastruttura di supporto di nuove tecnologie e trasmissione dati;
- agli operatori del settore, affinché possano applicare, testare e valorizzare i livelli tecnologici e professionali raggiunti;
- alla governance affinché dal processo riorganizzativo e conoscitivo del settore possa trarne dei vantaggi ambientali ed economici oltre che sviluppare politiche mirate ed incentivanti la riqualificazione di un servizio che valorizza l'immagine del paese e costituisce un trampolino di lancio esistente per l'avvio della trasformazione delle nostre città in smart city.

E' importante evidenziare che il PELL abbia avuto una prima fase di studio ed applicazione ad alcuni casi pilota nell'ambito della Convenzione stipulata tra il Ministero dello Sviluppo Economico e l'ENEA nel programma Operativo Interregionale "Energie Rinnovabili e Risparmio Energetico" FESR 2007-2013 [1].

In particolare, il lavoro previsto in questa annualità continua quanto cominciato nel precedente progetto il cui programma prevedeva 3 Assi di Azioni Prioritarie (la Terza "Assistenza tecnica e azioni di accompagnamento" aveva l'obiettivo di "migliorare l'efficienza e la qualità di attuazione del programma") ed il progetto PELL, che prevedeva lo sviluppo di un Living Lab interregionale per i consumi energetici nel settore pubblico, si collocava nell'attività 3.1 Asse 3 dedicata alla realizzazione di studi per la valutazione del potenziale economicamente e tecnicamente sfruttabile per la produzione di energie da fonti rinnovabili e per l'efficienza energetica e relative ricadute in termini di energia e sviluppo. Nel PELL, in quella prima fase di sviluppo sono stati raggiunti i seguenti risultati principali:

- prima fase di sviluppo e messa a punto della metodologia della piattaforma del PELL al settore della Pubblica illuminazione;
- realizzazione di una infrastruttura di sensori di consumo energetico e di prestazioni da mettere sulle infrastrutture energivore; di sistemi di trasmissione dati in tempo reale, di modelli per l'elaborazione di KPI e di un sistema cloud open-data centralizzato per la raccolta, l'analisi e la redistribuzione dei dati.
- avvio della sperimentazione su 9 casi pilota in due Regioni a convergenza.

Per quanto riguarda l'obiettivo "**D5a. Public Energy Living Lab – Sviluppo metodologie di valutazione ed avvio penetrazione territoriale**" per questa prima annualità il sotto-obiettivo previsto è l'a.1 "Sviluppo metodologia" il cui impegno speso in ore da ENEA è di 2760.

### *3.1 Che cosa è, come funziona il Public Energy Living Lab*

Attualmente in fase di sviluppo ed in applicazione sperimentale, il PELL è costituito da una piattaforma informatica che attraverso la realizzazione di un censimento degli impianti operato tramite la "scheda censimento" sviluppata nell'ambito del progetto Lumière e perfezionata e rivisitata per lo sviluppo del PELL, avvia un processo di recupero, raccolta, organizzazione, gestione, elaborazione e valutazione dei dati tecnici e dei consumi degli impianti di pubblica illuminazione. La sua struttura risponde ad una logica di digitalizzazione delle infrastrutture pubbliche energivore che mira a trasformarle in reti intelligenti attraverso la digitalizzazione delle informazioni, il monitoraggio continuo, la elaborazione in tempo reale degli input relativi ai consumi e prestazioni, la redistribuzione aperta delle informazioni aggregate e quindi la creazione di un canale di collegamento diretto tra amministratori e amministrati.

La struttura opera in due fasi distinte che si differenziano per il monitoraggio giornaliero dei dati di consumo energetico degli impianti, rilevati mediante l'installazione di uno Smart Meter (contatore) sul quadro elettrico.

- 1) Statica:** la piattaforma raccoglie, organizza, elabora (per mezzo di algoritmi) valuta e valida, per mezzo di indicatori di prestazione, i dati tecnici e i consumi degli impianti riferiti alle informazioni provenienti

dalla scheda censimento e quindi relative ad un determinato momento, al fine di averne un fermo immagine sullo stato di fatto;

- 2) Dinamica: dallo stato di fatto della fase 1 parte il monitoraggio ed aggiornamento giornaliero dei dati relativi ai consumi energetici dell'impianto, consentendo sia un costante controllo sul funzionamento e prestazioni sia una possibile variazione degli indicatori di prestazione.

Tutti i dati raccolti vengono a creare una importante banca dati di informazioni che incrociate tra loro contribuiscono anche a fornire, mediante l'aggregazione dei dati, una fotografia dell'impianto a livello nazionale in termini di consumi, tecnologie installate, operatori, riqualificazioni, ecc.

### 3.2 Obiettivi del Public Energy Living Lab

Il PELL in sostanza, nell'ambito del processo attivato dal Progetto Lumière, sta cercando di riequilibrare lo squilibrio che esiste nel settore tra le potenzialità offerte dal mercato in termini di tecnologie e professionalità e le prestazioni offerte dal servizio in termini di qualità e funzionalità. Il PELL, dunque, utilizza le esistenti tecnologie di analisi e veicolazione dei dati sia per favorire dei processi gestionali strutturati sia per promuovere dei rinnovamenti strutturali e funzionali del servizio che siano puntuali e valutabili in termini dei conseguibili risparmi energetico/economici oltre che rispondenti alle effettive esigenze dei contesti territoriali e sociali di riferimento.

In particolare sono obiettivi del PELL quelli di:

- Creare un dettagliato database degli impianti al fine di pervenire nel tempo ad una conoscenza condivisa e uniforme sullo stato dell'arte dell'impianto a livello nazionale;
- Monitorare i loro consumi energetici e le prestazioni;
- Sviluppare indicatori di prestazione – KPI;
- Valutare e definire il livello qualitativo dell'impianto e prestazioni, in termini di progetto, tecnologie, performance, consumi, ecc. mediante l'apposito KPI;
- Controllare il funzionamento dell'impianto grazie al confronto costante tra gli indicatori;
- Fornire ai soggetti coinvolti nella amministrazione dell'impianto una serie di servizi (informazioni/valutazioni) volti a semplificarne la gestione e migliorarne i risultati;
- Rendere trasparente e accessibile a tutti le performance dell'impianto e lo stato dell'arte del settore a livello nazionale e/o locale mediante l'aggregazione dei dati e la loro visualizzazione tramite WebGIS.

#### 3.2.1 A chi è dedicato il Public Energy Living Lab

Il PELL nella sua qualità di Living Lab è accessibile a tutti sebbene con modalità diverse in funzione del ruolo e tipologia di registrazione di ciascun utente.

In particolare vi saranno 2 tipologie di utenti, gli utenti **Utente Non Registrato = USER NR** e gli **Utente Registrato USER UR**

#### **UTENTE NON REGISTRATO – USER NR**

È l'utente che non ha effettuato la registrazione alla piattaforma PELL e accede al sito per usufruire dei Servizi pubblicamente disponibili. L'accesso alla piattaforma per l'User NR non è subordinato al rilascio di alcun dato. L'utente non registrato NR si collega al portale, visualizza la spiegazione del PELL e delle modalità di accesso da registrato, sceglie quindi di non registrarsi e comincia a navigare visualizzando dati aggregati a livello nazionale, regionale e comunale. Del suo passaggio non resta traccia.



– E' il Comune che ha la prerogativa di utilizzare la piattaforma per il caricamento dei dati (anagrafica comunale e/o schede censimento) in forma parziale e/o totale cos' da poter ottenere indicatori di prestazione. Il caricamento della scheda censimento deve essere comunque fatto da una persona esperta.

Lo sviluppo del Public Energy Living Lab nasce dall'esigenza di:

- Costituire uno strumento di facile confronto e verifica della prestazioni dell'impianto ante e post riqualificazione energetica, sia per il gestore che per il comune;
- Aprire la strada a sistemi di diagnostica evoluta cui potrà essere affidato il compito di incrementare l'efficienza ed abbattere i costi di gestione e manutenzione;
- Aumentare la affidabilità economica del progetto e favorire lo sviluppo di strumenti che rendano maggiore la bancabilità dei progetti di riqualificazione illuminotecnica;
- Standardizzare gli indici di valutazione e permettere il confronto tra approcci metodologici (di progettazione e di gestione) e tecnologici (es: sorgenti, telegestione) sulla base della valorizzazione delle esperienze realizzate allo scopo di far emergere le reali best practice e diffonderle sul territorio;
- Costituire un riferimento open data e trasparenza per il cittadino.

### 3.3 Valutazioni sullo sviluppo del PELL

L'adesione al PELL da parte delle amministrazioni non si limiterà a consentire loro di pervenire ad una conoscenza puntuale e standardizzata del livello tecnologico, qualitativo e prestazionale dell'impianto ma li introdurrà sia in un processo gestionale del servizio strutturato e supportato da modelli e standard di riferimento sia in un Network di operatori settoriali con i quali confrontarsi e dialogare.

Nel tempo il PELL potrà assumere un importante ruolo di supporto:

- alla gestione consapevole, trasparente e monitorata degli impianti;
- all'adozione di politiche atte a incentivare il miglioramento del servizio ed al project financing,
- alla valutazione della bancabilità dei progetti ed al monitoraggio del rischio d'investimento.

L'utilizzo della piattaforma, per la sua versatilità, potrà peraltro essere esteso al monitoraggio di altri servizi pubblici energivori, quali l'illuminazione confinata e i consumi energetici degli edifici pubblici.

### 3.4 Sviluppo della Metodologia di valutazione del PELL (ENEA)

La metodologia del PELL che è stata sviluppata, consiste nel mettere a sistema una serie di fasi tra loro interconnesse per pervenire all'obiettivo finale del progetto, in particolare:

- effettuare il censimento degli impianti di illuminazione pubblica attraverso l'adozione della scheda censimento Lumière (cioè la fotografia degli impianti intesa come posizione geografica, caratteristiche tecnologiche, impiantistiche e stato di manutenzione);
- monitorare i parametri elettrici ed energetici degli impianti censiti e quindi raccogliere dati dinamici sul loro funzionamento;
- calcolare opportuni KPI (Key Performance Indicator) statici e dinamici per effettuare delle valutazioni degli impianti che consentano di farne la caratterizzazione dal punto di vista funzionale e tecnologico, quindi di fare dei confronti anche su scala nazionale;
- quando necessario identificare soluzioni tecnologiche più efficienti e sostenibili per eventuali riqualificazioni;

La piattaforma PELL così sviluppata ed applicata su scala nazionale può consentire una visualizzazione organizzata di tutta l'infrastruttura dell'illuminazione pubblica in termini di:

- conoscenza delle tecnologie installate;
- quantificazione degli effettivi consumi energetici;
- individuazione del livello qualitativo delle performance;
- segnalazione dei malfunzionamenti degli impianti;
- quantificazione previsionale dei fabbisogni energetici nazionali e degli interventi riqualificativi e manutentivi.

Per poter applicare la metodologia nelle annualità precedenti è stata definita la scheda censimento Lumière (Report RdS/PAR2014/035) scheda che in questa annualità è stata comunque oggetto di un aggiornamento.

La scheda censimento Lumière si compone di differenti sezioni necessarie alla identificazione di tutti i dati utili ad avere un quadro conoscitivo completo di un impianto, quali:

- parte introduttiva relativa al Comune (Tabella 1);
- anagrafica del POD (Tabella 2) e dei Quadri elettrici (Tabella 3);
- dati tecnici del quadro elettrico (Tabella 4) e dati di funzionamento dei quadri elettrici (Tabella 5);
- dati relative alle zone omogenee e agli impianti, in particolare le caratteristiche delle zone omogenee (Tabella 6) e degli apparecchi di illuminazione artificiale (Tabella 7);
- dati relativi ai consumi elettrici (Tabella 8);
- dati relativi alla manutenzione (Tabella 9).

SCHEDA INTRODUTTIVA

Stemma del comune
-------------------

Logo del fornitore
--------------------

Nome Comune		
Provincia		
Regione		
Popolazione (nr. abitanti)		
Superficie complessiva [km²]		
Responsabile comunale		
Riferimenti responsabile comunale	Telefono	
	Email	
Responsabile del fornitore		
Riferimenti responsabile del fornitore	Telefono	
	Email	
Data di compilazione della scheda	Primo sopralluogo	
	Ultimo sopralluogo	

Tabella 1. Informazioni generali relative al Comune

1 POD							
ANAGRAFICA							
Codice POD	Indirizzo	Localizzazione POD (Coordinata x)	Localizzazione POD (Coordinata y)	Data del rilievo	Potenza contrattualmente impegnata [kW]	Promiscuità	Note
Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio
Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Menu a tendina	Testo libero
						Seleziona	

Tabella 2. Anagrafica relativa ai POD

2 QUADRI ELETTRICI		CODICE POD		0		ANAGRAFICA							
ID Quadro	Data del rilievo	Fotografia quadro elettrico	Stessa localizzazione del POD	Localizzazione quadro (Coordinata x)	Localizzazione quadro (Coordinata y)	Quadro misto	Anno di costruzione	Tipologia (interna / esterna)	Chiusura a chiave dell'involucro	Stato di conservazione quadro elettrico	Stato di conservazione armadio	Potenza installata [kW]	Note
Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Stessa localizzazione del POD" = "No")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Stessa localizzazione del POD" = "No")	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio
Testo libero	Testo libero	Immagine	Menu a tendina Selezione	Testo libero	Testo libero	Menu a tendina Selezione	Testo libero	Menu a tendin Selezione	Menu a tendina Selezione	Menu a tendina Selezione	Menu a tendina Selezione	Testo libero	Testo libero

Tabella 3. Anagrafica dei Quadri elettrici

3 QUADRI ELETTRICI		CODICE POD		0		DATI TECNICI			
ID Quadro	Numero fasi	Numero circuiti in uscita dal quadro elettrico	Tipo di protezione generale	Tensione nominale del quadro elettrico [V]	Potenza installata [kW]	Numero sottoquadri	NOTE		
Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio		
Testo libero	Menu a tendina 0 Selezione	Testo libero	Menu a tendin Selezione	Autocompilato	Autocompilato	Testo libero	Testo libero		

Tabella 4. Dati tecnici dei quadri elettrici

4 QUADRI ELETTRICI		CODICE POD		0		DATI DI FUNZIONAMENTO E GESTIONE									
ID Quadro	Tipo di accensione	Ore di accensione dell'impianto (ore/anno)	Parzializzazione accensione (tutta notte - mezza notte)	Durata accensione parzializzata (ore/anno)	Riduzione del flusso luminoso	Durata di riduzione del flusso luminoso (ore/anno)	% di riduzione del flusso luminoso	Tipo di regolazione del flusso luminoso	Sistema di telegestione (gestione real-time)	Telecontrollo su quadro elettrico	Sistema di telediagnostici remota	Identificativo meter	NOTE		
Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Parzializzazione accensione (tutta_notte-mezza_notte)" = "S")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Parzializzazione accensione (tutta_notte-mezza_notte)" = "No")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Riduzione Flusso luminoso" = "S")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Riduzione Flusso luminoso" = "S")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Riduzione Flusso luminoso" = "S")	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio		
Testo libero	Menu a tendina	Testo libero	Menu a tendina	Testo libero	Menu a tendina	Testo libero	Testo libero	Menu a tendina	Menu a tendina	Menu a tendina	Menu a tendina	Testo libero	Testo libero		
0	Selezione		Selezione		Selezione			Selezione	Selezione	Selezione	Selezione				

Tabella 5. Dati di funzionamento dei quadri elettrici

5 ZONE OMOGENEE		CODICE POD		0		CARATTERISTICHE GENERALI ZONE OMOGENEE																				
ID Quadro	ID Zona omogenea	Data del rilievo	Ubicazione zona omogenea	Tipologia di area illuminata	Specifiche altra tipologia area illuminata	Classificazione della strada e categoria illuminotecnica di riferimento	Tipologia manto stradale	Specifiche altra tipologia di manto stradale	Specifiche coefficiente medio di illuminanza	Specifiche fattore di specularità	Lunghezza totale strada (m)	Lunghezza strada (marciapiede escluso) (m)	Area superficie (m <sup>2</sup> )	Tipo carreggiata	Numero di corsie prima carreggiata	Numero di corsie seconda carreggiata	Presenza marciapiede	Specifiche lunghezza marciapiede (m)	Distribuzione stradale degli apparecchi	Specifiche altra distribuzione stradale degli apparecchi	Specifiche altra distribuzione degli apparecchi	Distanza longitudinale tra gli apparecchi (m)	Numero sostegni totale	Numero apparecchi totale	Note	
Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Strada", "Area pedonale", "Pista ciclabile", "Parco", "Piazza", "Incrocio", "Rotatoria", "Parcheggio")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Strada", "Area pedonale", "Pista ciclabile", "Parco", "Piazza", "Incrocio", "Rotatoria", "Parcheggio")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")
Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Menu a tendina	Testo libero	Menu a tendina	Menu a tendina	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Menu a tendina	Menu a tendina	Menu a tendina	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	
				Selezione		Selezione	Selezione							Selezione	Selezione	Selezione										

CARATTERISTICHE GENERALI ZONE OMOGENEE																								
Specifiche coefficiente medio di illuminanza	Specifiche fattore di specularità	Lunghezza totale strada (m)	Lunghezza strada (marciapiede escluso) (m)	Area superficie (m <sup>2</sup> )	Tipo carreggiata	Numero di corsie prima carreggiata	Numero di corsie seconda carreggiata	Presenza marciapiede	Specifiche lunghezza marciapiede (m)	Distribuzione stradale degli apparecchi	Specifiche altra distribuzione stradale degli apparecchi	Specifiche altra distribuzione degli apparecchi	Distanza longitudinale tra gli apparecchi (m)	Numero sostegni totale	Numero apparecchi totale	Note								
Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia manto stradale" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia manto stradale" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Strada")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Strada")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" diversa da "strada")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Strada", "Incrocio", "Rotatoria", "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "strada")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "strada" & SE "Tipo carreggiata" diverso da "Carreggiata Singola")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Strada", "Pista Ciclabile", "Piazza", "Incrocio", "Rotatoria")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Presenza marciapiede" = "S")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "strada")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "strada" & SE "Distribuzione stradale degli apparecchi" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Strada", "Area pedonale", "Pista Ciclabile", "Parco", "Piazza", "Incrocio", "Rotatoria", "Parcheggio")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di area illuminata" = "Altro")	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio								
Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Menu a tendina	Menu a tendina	Menu a tendina	Menu a tendina	Testo libero	Menu a tendina	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero								
					Selezione	Selezione	Selezione	Selezione		Selezione														

Tabella 6. Dati zone omogenee

6 APPARECCHI		CODICE POD		0		INSTALLAZIONE													
ID Quadro	ID Zona omogenea	ID Apparecchio	Altezza apparecchio [m]	Tipologia di installazione apparecchio	Specifica altra tipologia di installazione	Distanza base sostegno - inizio cavigliata [m]	Lunghezza braccio [m]	Tilt [°]	Età sostegno (alla data del rilievo)	Materiale sostegno	Presenza di altri elementi sul sostegno (es. telecamera, pannello solare)	Localizzazione apparecchio (Coordinata x)	Localizzazione apparecchio (Coordinata y)	Tipologia apparecchio	Specifica altra tipologia di apparecchio	Età apparecchio (alla data del rilievo)			
Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di installazione apparecchio" = "Altro")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di installazione apparecchio" = "Su palo", "Su braccio")	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di installazione apparecchio" = "Su braccio")	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia apparecchio" = "Altro")	Campo Obbligatorio		
Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Menu a tendina Selezione	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Menu a tendina Selezione	Menu a tendina Selezione	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Menu a tendina Selezione	Testo libero	Menu a tendina Selezione			

APPARECCHIO														LAMPADA			
Tipologia apparecchio	Specifica altra tipologia di apparecchio	Età apparecchio (alla data del rilievo)	Marca dell'apparecchio	Specifica altra marca dell'apparecchio	Modello dell'apparecchio	Tipo di chiusura dell'apparecchio	Specifica altro tipo di chiusura dell'apparecchio	Numero di lampade per singolo apparecchio	Perdite alimentatore [W]	Tipologia lampade	Potenza nominale della singola lampada [W]	Flusso luminoso nominale della singola lampada [lm]	Marca lampada	Modello lampada	Note		
Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia apparecchio" = "Altro")	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Marca" = "Altro")	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia di chiusura" = "Altro")	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio		
Testo libero	Menu a tendina Selezione	Menu a tendina Selezione	Menu a tendina Selezione	Testo libero	Testo libero	Menu a tendina Selezione	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Menu a tendina Selezione	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero		

**Tabella 7. Caratteristiche degli apparecchi**

7 DATI DI CONSUMO ENERGIA ELETTRICA											CODICE POD		0	
Anno di riferimento	Tipologia contratto	Specifica altra tipologia di contratto	Denominazione del Distributore	Denominazione del Fornitore	Potenza installata [kW]	Potenza contrattualmente impegnata [kW]	Cosφ tipico	Consumo annuale [kWh/anno]	Costo annuale [€/anno] (iva esclusa)	Note				
Campo NON Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio/ Condizionale (SE "Tipologia contratto" = "Altro")	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio				
Testo libero	Menu a tendina Selezione	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Autocompilato	Autocompilato	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero				

**Tabella 8. Consumi elettrici**

8 MANUTENZIONE		CODICE POD	0					
Anno di riferimento	Voce di spesa	Tipologia di affidamento	Denominazione affidatario	Attività	Remunerazione	Importo [€/anno] (iva esclusa)	Approvvigionamento materiali	Note
Campo NON Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio	Campo NON Obbligatorio
Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Testo libero	Menu a tendina Seleziona	Testo libero	Menu a tendina Seleziona	Testo libero

**Tabella 9. Dati di manutenzione**

**3.4.1 Aggiornamento della Scheda censimento Lumière (Roma Tre)**

Questa attività, che è stata svolta dall’Università Roma Tre, ha avuto come obiettivo la revisione e l’aggiornamento della scheda censimento degli impianti di illuminazione pubblica, definita nel progetto Lumière, in relazione ai contributi ed i feedback che sono provenuti dal network. Per questo motivo nel sub-obiettivo a.2 (implementazione del PELL sul territorio) sono stati organizzati numerosi incontri, tavole rotonde, eventi con i principali operatori e gestori del settore, con le associazioni di categoria (ASSIL, ASSISTAL) e gli enti ministeriali (Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell’ambiente) che ha consentito di fare emergere una interessante e proficua collaborazione, comportante una serie di modifiche al documento. Qui di seguito si riporta una sintesi dell’attività svolta e si rimanda al report specifico per i dettagli (RdS/PAR2015/006).

Il template e lo schema della scheda Lumière (Figura 1), precedentemente presentato, adottata in prima battuta nel corso della sperimentazione del progetto PELL (attività 3.1 Asse 3), è stato oggetto di attente analisi e di un processo di integrazione con altri formati già presenti sul territorio al fine di convergere in un’unica versione da adottare da tutti quale standard nazionale. Tale processo richiede ulteriore tempo perché si è in attesa della definizione ed approvazione dei nuovi CAM (Criteri Ambientali Minimi), che potrebbe comportare o meno qualche ulteriore variazione.



**Figura 1. Schema di principio della scheda censimento**

In tale contesto di rilevante importanza è stato il contributo della Regione Lombardia, la quale nella sua attività di censimento ha già predisposto un template per la raccolta delle informazioni e si è mostrata aperta nell'importarne molte dalla scheda censimento Lumière e anche quest'ultima ne ha ereditato alcune opzioni di scelta dei menu a tendina. Anche AgID è soggetto coinvolto in prima linea in tale processo di convergenza (si rimanda al report RdS/PAR2015/002 per maggiori dettagli sull'attività).

Tuttavia, sono state apportate varie modifiche che hanno interessato diversi aspetti.

Riguardo le coordinate adottate per geolocalizzare il POD e ogni singolo apparecchio, se la prima scelta aveva riguardato l'adozione del formato Gauss Boaga Datum Roma 40, si è deciso di virare sul corrente WGS84 (World Geodetic System), anche nell'ottica di un interfacciamento e fruizione agevole di tali informazioni anche in sistemi WebGIS. Attualmente sono in fase di valutazione nuovi standard introdotti dalla Comunità Europea in materia di geoportali.

Per quanto riguarda la classificazione stradale, si è andati incontro a quanto stabilito dalla nuova normativa EN13201:2015, in sostituzione della versione del 2003, la quale ha ridefinito le nomenclature ed in alcuni casi rivisto i relativi parametri illuminotecnici. Pertanto le opzioni del relativo menu a tendina sono state oggetto di rivalutazione.

Nell'ottica di programmare la possibilità di effettuare simulazioni illuminotecniche, è stata effettuata un'analisi comparativa tra i campi della scheda censimento con i principali SW presenti in commercio, identificando gli input fondamentali ed integrando quelli mancanti. Tale calcolo restituirà un'indicazione circa la valutazione progettuale del sistema di illuminazione pubblica presente in loco, grazie a KPI di natura statica che ne evidenzino le qualità legati ad aspetti prettamente tecnologici o alle potenze installate.

Si è deciso di aggiungere un campo relativo alla presenza o meno di un meter installato presso il quadro elettrico: la presenza di tale dispositivo consente il monitoraggio della fornitura del servizio di pubblica illuminazione. Un ulteriore campo introdotto ne specifica la classe di appartenenza (e, di conseguenza la sua accuratezza) e consente di avere un'indicazione circa la bontà delle misurazioni delle grandezze elettriche effettuate.

È emerso dalla riunione con la Regione Lombardia che lo stato di conservazione del quadro elettrico è un elemento che potrebbe essere impugnato in sede di contenziosi penali. Si sta valutando se renderlo non obbligatorio o rimuoverlo.

A livello degli apparecchi, è stata variata la nomenclatura "Perdite alimentatore [W]" in "Potenza ai morsetti dell'apparecchio [W]" per chiarire ed esemplificare il concetto di perdite che non è sempre compreso univocamente; inoltre è stato inserito un campo relativo all'integrazione nel palo o meno di apparecchi ivi presenti come telecamere, pannello solare, centralina meteo, etc.

Il processo di verifica, revisione, approvazione della nuova versione della scheda richiede ulteriore tempo perché, in primis, si è in attesa della definizione ed approvazione dei nuovi CAM (Criteri Ambientali Minimi) da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Ed inoltre, dovrà passare ed essere approvato anche a livello governativo affinché diventi un formato standard di riferimento nazionale per ogni censimento in materia di illuminazione guida, corredato da linee guida chiare ed esaustive. Una volta definita in modo certo, seguirà la riesamina del data model del database di archiviazione dati, in termini di struttura e di prestazioni nell'esecuzione di informazioni tramite Query.

### 3.4.2 Definizione ed implementazione di KPI (ENEA)

Nella annualità precedente sono stati identificati i **KPI teorici di progetto** e quelli **dinamici di misura** [1] mentre in questa prima annualità sono stati implementati nuovi **KPI di prestazione energetica ed illuminotecnica**.

#### *KPI teorici di progetto*

I KPI (Key Performance Indicator) teorici di progetto (indicatori statici), sono definiti per studiare l'impianto d'illuminazione pubblica e verificare il corretto dimensionamento in relazione alla potenza specifica installata, alla classificazione ed alla relativa categoria illuminotecnica della sede stradale cui è applicato,

all'ambiente circostante, alla tipologia di lampade adottate, nel rispetto dei parametri stabiliti dalle vigenti normative in materia e della sicurezza.

Questi indicatori di performance energetica di progetto fanno riferimento allo stato di fatto attuale degli impianti, secondo quanto presente nella scheda censimento, e/o a quello post-intervento di riqualificazione. Un altro aspetto di interesse sarà la presenza di sistemi di regolazione del flusso luminoso per stimare le percentuali previste di risparmio energetico ed economico che si conseguirebbero da progetto.

Come KPI di progetto si prenderanno in considerazione gli indicatori definiti dalla normativa UNI EN 13201-5 (Road lighting: Energy performance indicators), altri faranno riferimento ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) adottati con Decreto Ministeriale 23-12-2013, ed altri di natura sperimentale ed in fase di elaborazione.

In particolare:

**KPI della norma EN13201-5:**

– **Power Density indicator** [W/(lx·m<sup>2</sup>)] (**D<sub>p</sub>**): indica la potenza elettrica totale dell'impianto di illuminazione per garantire le condizioni luminose, in una determinata area, secondo i requisiti prestazionali indicati dalla normativa vigente. Questo indicatore consente di avere immediatamente una percezione della potenza elettrica impegnata in una data area riferita ad una specifica quantità di luce emessa.

$$D_p = \frac{P}{\sum_{i=1}^n (\bar{E}_i * A_i)}$$

D<sub>p</sub> = indicatore della potenza necessaria all'impianto di illuminazione [W/(lx \* m<sup>2</sup>)]

P = potenza del sistema dell'impianto di illuminazione che illumina aree pertinenti [W]

$\bar{E}_i$  = illuminamento orizzontale medio mantenuto riferito ad una sub-area «i» previsto come da normativa EN 13201-3 [lx]

A<sub>i</sub> = dimensione della sub-area «i» illuminata dall'impianto [m<sup>2</sup>]

n = numero delle sub-area da illuminare

La potenza del sistema, P, è calcolata come somma delle potenze delle sorgenti, degli ausiliari elettrici, e di qualsiasi altro dispositivo elettrico (unità di controllo del punto luce, switches, fotocellule etc.) installato per funzionare o regolare l'impianto in associazione con l'illuminazione dell'area, comprendente tutte le sotto-aree, da illuminare.

– **Annual Energy Consumption Indicator - AECEI** [kWh/m<sup>2</sup>] (**D<sub>E</sub>**): indica il consumo annuale di energia elettrica riferito ad una specifica area da illuminare per garantire le condizioni luminose previste dalla normativa vigente.

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m (P_j * t_j)}{A}$$

D<sub>E</sub> = indicatore del consumo energetico annale per un impianto di illuminazione stradale [kWh/m<sup>2</sup>]

P<sub>j</sub> = potenza di funzionamento riferita al periodo j<sup>th</sup> di funzionamento [W]

t<sub>j</sub> = durata del periodo j-esimo del profilo di funzionamento in cui P<sub>j</sub> è assorbita, riferito all'anno [h]

A = misura dell'area illuminata dalla stessa disposizione di apparecchi [m<sup>2</sup>]

m = numero di periodi con la stessa potenza P<sub>j</sub> di funzionamento (si considera anche il periodo in cui la potenza consumata è quiescente e quindi l'impianto di illuminazione non è funzionante)

Questi primi due indicatori consentono il confronto delle prestazioni energetiche di differenti soluzioni tecnologiche per il progetto di una stessa zona stradale. Per calcolare il potenziale risparmio energetico ottenibile con il miglioramento delle prestazioni energetiche, riducendo l'impatto ambientale, è necessario calcolare entrambi gli indicatori D<sub>p</sub> e D<sub>E</sub>.

### KPI sperimentali definiti nel progetto PELL:

– **KPI tecnologico:** indica la qualità dell'efficienza luminosa della sorgente adottata, cioè la quantità di luce prodotta in relazione alla potenza elettrica fornita; questo indicatore consente il confronto della prestazione luminosa della sorgente adottata rispetto al valore minimo previsto per la medesima tecnologia.

$$KPI_{tecnologico} = \frac{(efficienza\ luminosa)_{reale}}{(efficienza\ luminosa)_{minima\ teorica}} = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\varphi_i}{P_i}\right)}{N_{tot}}\right)}{\left(\frac{\sum_{k=1}^N (\eta_k)}{N_{tot}}\right)_{minima\_teorica}}$$

Dove:

$\sum_{i=1}^N \varphi$  Somma di tutti i dati nel tab "Apparecchi - Car.Tecniche", colonna AB "Flusso luminoso nominale della singola lampada [lm]"

$\sum_{i=1}^N P$  Somma di tutti i dati nel tab "Apparecchi - Car.Tecniche", colonna AA "Potenza nominale della singola lampada [lm]"

– **KPI geometrico:** indica se la potenza elettrica installata per m<sup>2</sup> di superficie è all'interno dell'intervallo ammesso per la classe illuminotecnica, definita dallo standard vigente (UNI 11248), riferita alla zona omogenea considerata. Per zona omogenea si considera un'area che necessita di uguali condizioni luminose per garantire la sicurezza della circolazione veicolare, pedonale e la fruizione degli spazi.

$$KPI_{geometrico} = \frac{(P/m^2)_{reali}}{(P/m^2)_{riferimento}} = \frac{\sum_{i=1}^N (P + P_{perdite})}{m^2} \bigg/ \left(\frac{P}{m^2}\right)_{riferimento}$$

Dove:

$P$  tab "Apparecchi - Car.Tecniche", colonna AA "Potenza nominale della singola lampada [lm]"

$P_{perdite}$  tab "Apparecchi - Car.Tecniche", colonna Y "Perdite alimentatore [W]"

$N$  tab "Zone omogenee", colonna Y "Numero apparecchi totale"

m<sup>2</sup> superficie

– **KPI confronto (vs BAT - Best Available Technology):** restituisce, sulla base del calcolo illuminotecnico relativo alla zona omogenea, un'indicazione circa il vantaggio che si potrebbe ottenere in termini energetici se si utilizzasse una BAT in sostituzione della sorgente installata. La BAT costituisce la migliore tecnologia sul mercato, affiancata anche dall'utilizzo di sistemi di riduzione del flusso in modalità adattiva.

$$(KPI\ confronto)_{BAT} = \frac{(P/m^2)_{reali}}{(P/m^2)_{BAT}} = \frac{\sum_{i=1}^N (P + P_{perdite})}{m^2} \bigg/ \left(\frac{P}{m^2}\right)_{BAT}$$

$$\left(\frac{P}{m^2}\right)_{BAT} = \left(\frac{P}{m^2}\right)_{CAM} * k$$

In questa prima fase si suppone che i valori di P/m<sup>2</sup> BAT siano inferiori dei valori di P/m<sup>2</sup> CAM. Il fattore di riduzione ( $k$ ) è in fase di definizione (<1) anche se in prima fase si può supporre essere pari a 0,9.

– **KPI confronto (vs BAU - Business As Usual):** restituisce, sulla base del calcolo illuminotecnico relativo alla zona omogenea, un'indicazione circa il vantaggio in termini energetici derivanti dall'utilizzo della sorgente installata rispetto all'utilizzo della BAU che costituisce la tecnologia usualmente adottata, affiancata anche dall'utilizzo di sistemi di riduzione del flusso in modalità adattiva.

$$(KPI\ confronto)_{BAU} = \frac{(P/m^2)_{reali}}{(P/m^2)_{BAU}} = \frac{\sum_{i=1}^N (P+P_{perdite})}{m^2} \bigg/ \left( \frac{P}{m^2} \right)_{BAU}$$

$$(P/m^2)_{BAU} = (P/m^2)_{CAM}$$

Allo stato attuale, si suppone che i valori di P/m<sup>2</sup> BAU siano medesimi ai valori di P/m<sup>2</sup> CAM.

- **KPI dimming:** restituisce un’indicazione sui risparmi energetici derivanti dall’utilizzo di strategie di dimming, statiche o adattive, rispetto al caso in cui l’impianto preso in considerazione funzioni sempre alla massima potenza, secondo i dati inseriti nella scheda censimento.

$$KPI\ dimming = \frac{(Consumo\ energetico)_{previsto\ dichiarato}}{(Consumo\ energetico)_{massimo\ teorico}}$$

#### KPI dinamici di misura

I KPI dinamici di misura sono funzionali all’analisi della potenza installata e del consumo energetico effettivo dell’impianto ed al monitoraggio dell’evoluzione temporale delle sue prestazioni. Si tiene conto dei consumi reali rapportati alla domanda dedotta dal progetto, dei parametri di gestione e regolazione (orologio astronomico, dimming) e permettono di avere un quadro completo ed esauriente circa l’operatività dell’impianto certificandone anomalie sistematiche o temporanee, scostamenti dei consumi energetici misurati rispetto al trend di funzionamento atteso e il risparmio ottenibile se il sistema funzionasse al massimo delle potenzialità.

In dettaglio:

- **KPI measured\_expected:** rivela lo scostamento tra il consumo energetico misurato e quello atteso considerando il profilo di dimming eventualmente adottato per l’impianto in esame come da progetto;

$$KPI\ measured\_expected = \frac{(Consumo\ energetico)_{misurato}}{(Consumo\ energetico)_{atteso}}$$

- **KPI measured\_maximum:** indica lo scostamento tra il consumo energetico misurato e quello totale, come da progetto, nel caso in cui l’impianto funzionasse alla massima potenza per tutto il periodo operativo.

$$KPI\ measured\_maximum = \frac{(Consumo\ energetico)_{misurato}}{(Consumo\ energetico)_{massimo\ teorico}}$$

#### 3.4.3 Implementazione di nuovi KPI di prestazione energetica ed illuminotecnica (Università Roma Tre)

Inoltre, l’Università Roma Tre ha studiato e approfondimento dei KPI, (dei quali si riporta una sintesi e si rimanda al report specifico per i dettagli (RdS/PAR2015/006), riferiti alla valutazione delle prestazioni teoriche dello stato di fatto, i cui dati di input provengono direttamente da alcuni dei dati contenuti nella scheda censimento, ed a quelle dinamiche legate alla misurazione dei consumi energetici che restituiscono un immediato quadro circa l’evoluzione temporale della funzionalità operativa e l’installazione progettuale degli impianti di illuminazione. Tramite i KPI è possibile un’analisi comparativa e di monitoraggio tra diversi impianti in uno stesso comune. Il prossimo step dell’attività consisterà nell’implementazione di KPI legati agli aspetti illuminotecnici in quanto si ritiene che siano importanti per valutare la correttezza della

fruizione visiva da parte degli utenti, calcolando luminanza (nel caso di sedi stradali veicolari) ed illuminamento (nel caso di sedi stradali pedonali), così come i parametri di uniformità e gli altri di cui i valori di riferimento si ritrovano nella normativa UNI EN-13201-2015.

Sono inoltre stati oggetto di studio e approfondimento i KPI (Key Performance Indicator) riferiti alla valutazione delle prestazioni teoriche dello stato di fatto ed a quelle dinamiche legate alla misurazione dei consumi energetici che restituiscono un immediato quadro circa l'evoluzione temporale della funzionalità operativa e l'installazione progettuale degli impianti di illuminazione. Tramite i KPI è possibile un'analisi comparativa e di monitoraggio tra diversi impianti in uno stesso comune.

In questa fase sono stati definiti ed implementati indicatori di *prestazione energetica* che evidenziano il corretto funzionamento dell'impianto durante l'evoluzione temporale; in dettaglio, sono:

– **KPI measured maximum consumption:** è un indicatore che riporta il confronto tra il consumo misurato giornalmente e il consumo massimo teorico che si avrebbe se l'impianto funzionasse alla massima potenza durante il periodo di funzionamento stabilito dai tempi di attivazione e disattivazione del timer astronomico. Tale indicatore, essendo il rapporto tra grandezze energetiche, è adimensionale. La formula per il calcolo è di seguito riportata

$$KPI\ mmc\ [adim] = \frac{(EC_{day@00:00} - EC_{day-24h@00:00})}{ep * (24 - (h_a - h_s))}$$

dove:

$EC_{day@00:00}$  è il consumo elettrico a mezzanotte del giorno considerato (kWh);

$EC_{day-24h@00:00}$  è il consumo elettrico a mezzanotte del giorno precedente a quello considerato (kWh);

$ep$  è la potenza installata sul quadro elettrico, destinata all'impianto di illuminazione pubblica, il cui valore è acquisito da quanto dichiarato in fase di compilazione della scheda censimento;

$h_a$  è l'ora di attivazione dell'impianto, stabilita dal timer astronomico per il giorno considerato;

$h_s$  è l'ora di disattivazione dell'impianto, stabilita dal timer astronomico per il giorno considerato;

L'uso del valore 24 è necessario in quanto restituisce il periodo complementare durante il quale funziona l'impianto.

– **Electrical consumption:** è un indicatore che riporta il consumo elettrico giornaliero per l'intervallo di tempo considerato e selezionato tramite l'interfaccia grafica del portale PELL. È definito come la differenza del consumo energetico alle ore 00:00 di un giorno e del giorno precedente e l'unità di misura è kWh. La formula per il calcolo è di seguito riportata:

$$Electrical\ consumption\ [kWh] = EC_{day@00:00} - EC_{day-24h@00:00}$$

dove:

$EC_{day@00:00}$  è il consumo elettrico a mezzanotte del giorno considerato (kWh);

$EC_{day-24h@00:00}$  è il consumo elettrico a mezzanotte del giorno precedente a quello considerato (kWh);

Di seguito (Figura 2) è riportato l'andamento del consumo giornaliero di due POD (Point Of Delivery) del comune di Trapani, tra l'8 luglio e il 12 luglio 2016. Come si evince, chiaramente, poiché il tempo di

attivazione del timer astronomico va via via aumentando, si avrà un consumo giornaliero progressivamente crescente, con una variazione approssimativa di 40-50 W da un giorno al successivo.

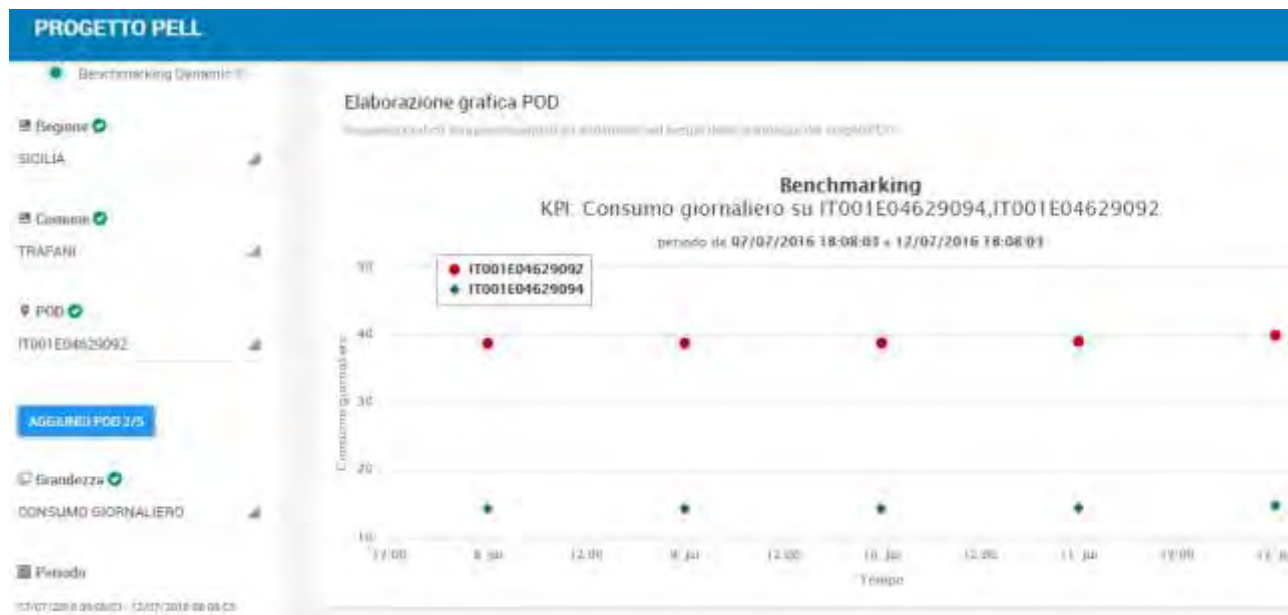


Figura 2. Esempio indicatore Electrical Consumption

L’implementazione di KPI legati agli aspetti illuminotecnici consente di valutare la correttezza della fruizione visiva da parte degli utenti così come diretta conseguenza è il grado di sicurezza.

Facendo riferimento alla normativa EN-13201, la cui versione del 2003 è stata sostituita da quella del 2015 che ha rimodulato le classi stradali, i requisiti illuminotecnici principali che devono essere garantiti da un’installazione di illuminazione pubblica sono (Tabella 10):

- luminanza (nel caso di sedi stradali veicolari) ed illuminamento (nel caso di sedi stradali pedonali);
- uniformità generale in condizioni di asciutto e bagnato;
- uniformità longitudinale;
- abbagliamento

Class	Luminance of the road surface of the carriageway for the dry and wet road surface condition			Disability glare		Lighting of surroundings
	Dry condition		Wet	Dry condition		
	$\bar{L}$ [minimum maintained] cd/m <sup>2</sup>	$U_o^a$ [minimum]	$U_i^a$ [minimum]	$U_{ow}^b$ [minimum]	$f_{T1}^c$ [maximum] %	$R_{gl}^d$ [minimum]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

Tabella 10. Requisiti illuminotecnici riportati nella Norma EN13201

Sulla base delle zone omogenee individuate e degli apparecchi ivi presenti riportati nella scheda censimento, sono calcolati KPI per ognuno dei suddetti parametri, evidenziando le situazioni in cui i valori non sono garantiti causa un errato dimensionamento progettuale.

La sezione relativa ai calcoli illuminotecnici sarà integrata e fruibile nel portale PELL nelle prossime annualità.

#### 3.4.4 Data analysis sui quadri elettrici (Università Roma Tre)

Tale attività è stata realizzata dall'Università Roma Tre i cui dettagli sono esposti nel report "Progettazione e sviluppo prototipale di strumenti per la gestione del PELL" (RdS/PAR2015/006).

Il portale PELL è organizzato nelle tre sezioni: prestazioni per il monitoraggio delle grandezze elettriche acquisite dagli smart meter; diagnostica, per evidenziare eventi anomali o grandezze al di fuori dei limiti previsti; benchmarking, per il confronto tra impianti. Implementate e attualmente correttamente funzionanti, l'analisi dei dati sia con i grafici che a livello di dati estrapolati direttamente dal database ha consentito di riscontrare malfunzionamenti, che il gestore ha confermato evidenziando la tempestività con cui il PELL ha rilevato tali anomalie, ma anche l'assenza di ricezione dati alla piattaforma per problemi spesso legati ai sistemi di comunicazione installati.

Ad esempio, il tool di diagnostica ha evidenziato problemi nell'acquisizione delle informazioni dal meter per un POD di Catania che il gestore ha confermato che si verificato un problema dovuto alla SIM, che sarà sostituita quanto prima, e che tuttavia il servizio di illuminazione è ugualmente garantito.

Grazie al PELL tale analisi avviene in tempi rapidi e consente mirate operazioni di manutenzione, conoscendo il motivo del malfunzionamento.

Numerose sono le informazioni che possono essere reperite a partire dalle schede censimento così come è possibile derivarne statistiche a livello più o meno aggregato. Tali informazioni saranno fruibili da parte di qualsiasi tipologia di utente. Di seguito si riportano alcuni esempi:

- Tipologia di contratto e numero di impianti
- Tipologia di sorgente e numero apparecchi
- Tipologia sorgenti organizzate secondo le potenze nominali
- Modalità di riduzione del flusso luminoso
- Età apparecchi installati
- Tipologia e numero di zone stradali
- Stato di conservazione quadro elettrico
- Funzionamento annuale impianti
- Consumo elettrico annuale per singolo comune
- Consumo elettrico annuale per regione

Altre statistiche rivelano che:

- tutti i 49 impianti sono telegestiti e con attività di rilevamento guasti da remoto.
- 1 impianto funziona in modalità tutta notte - mezza notte
- 4 impianti non effettuano la regolazione del flusso luminoso; dei 45 impianti rimanenti, il flusso luminoso può essere regolato in modalità punto-punto.

### 3.4.5 Definizione delle tecnologie BaU, BAT e BNAT nel settore lighting per illuminazione stradale (ENEA)

Nella definizione dei KPI sperimentali del progetto, sono stati introdotti alcuni termini quali BAT e BAU.

Di seguito si riporta la definizione dei termini (aggiungendo anche BNAT) per chiarire meglio come i concetti siano applicati a livello europeo all'ambito illuminotecnico. In particolare le fonti dalle quali sono state tratte le definizioni sono i due documenti più aggiornati e autorevoli del momento, quali:

- Final Report "Methodology for Ecodesign of Energy-related Products". MEErP 2011. Part 1- Methods. Redatto da COWI Belgium sprl -in association with- Van Holsteijn en Kemna B.V. (VHK) [2]
- Preparatory study on lighting systems. 'Lot 6'. Specific contract N° ENER/C3/2012-418 Lot 1/06/SI2.668525. Implementing framework contract ENER/C3/2012-418 Lot 1. Redatto da Paul Van Tichelen, Wai Chung Lam, Paul Waide, René Kemna, Lieven Vanhooydonck, Leo Wierda (VITO, VHK, Kreios) [3]

In particolare, nel 2005 a livello europeo è stato effettuato uno studio all'interno del Multiple Framework Contract for Technical Assistance Activities nel campo delle politiche del trasporto di energia (TREN/R1/350-2008 lot 3) ed in risposta ai termini di riferimento compresi nel contratto "Technical assistance for an update of the Methodology for the Ecodesign of Energy-using Products (MEEuP)". Nel report finale di questo studio intitolato "Methodology for Ecodesign of Energy-related Products". MEErP 2011. Part 1- Methods, è riportata la metodologia progettuale ecocompatibile dei prodotti che utilizzano energia (MEEuP) 1 e conseguentemente è stata prodotta una **definizione generale delle tecnologie BaU, BAT e BNAT**.

Nel documento specifico del settore lighting studio preparatorio "Preparatory study on lighting systems. 'Lot 6'. Specific contract N° ENER/C3/2012-418 Lot 1/06/SI2.668525. Implementing framework contract ENER/C3/2012-418 Lot 1. Redatto da Paul Van Tichelen, Wai Chung Lam, Paul Waide, René Kemna, Lieven Vanhooydonck, Leo Wierda (VITO, VHK, Kreios) " (lo studio è in corso di redazione) è riportato lo il cui scopo è quello di effettuare uno studio preparatorio limitata sui sistemi di illuminazione per l'esplorazione della fattibilità della progettazione ecocompatibile, l'etichettatura energetica, e / o le prestazione energetiche dei requisiti degli edifici. Le opzioni su dove andranno le tecnologie includono una idea di base su come implementare le misure possibili, senza entrare nei dettagli. Il potenziale risparmio energetico delle opzioni è considerata, ma non la fattibilità politica. Le opzioni potranno essere ulteriormente affrontate in un eventuale studio preparatorio completo. Questo studio segue la metodologia per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia (MEErP) Ecodesign of energy-related products (MEErP) Tasks 0, 1-4 and partly 7. Lo studio si basa sullo standard attuale di Ecodesign e lo standard in materia di etichettatura energetica sui prodotti di illuminazione. Il task 4 del report "Technologies prende in esame I prodotti disponibili includendo sia le tecnologie BAT che BNAT);

Partendo dai due documenti è stato possibile pervenire ad una definizione dei termini che viene di seguito riportata:

- **BaU** (Business-as-Usual): è definita come scenario per la baseline oppure definito base case. Nel caso delle tecnologie riferite alle sorgenti luminose e/o i sistema illuminazione (comprendendo il sistema apparecchio compreso di sorgente ed elettronica ed il sistema di controllo) possiamo definire BaU la tecnologia di riferimento presente nel momento corrente, a partire dalla quale fare ogni valutazione per determinare un potenziale migliorativo di una tecnologia più performante.

Nello studio preparatorio Lot 6, le considerazioni fatte per una strada a basso scorrimento (Lot 9 Preparatory Study for Public Street Lighting) fotografano come Bau (baseline) la seguente situazione:

- **Sorgente**: sorgente di sodio ad alta pressione (HPS - High Pressure Sodium) allo xenon con un ballast magnetico non dimmerabile.

- **Apparecchio:** apparecchio privo di una ottica interna, con un grado di Protezione IP45, e con un fattore di utilizzazione (UF) basso dal punto di vista ottico e di installazione

***E' evidente che nella definizione di BaU non si faccia menzione ad opportuni sistemi di controllo degli apparecchi di illuminazione.***

- **BAT (Best Available Technology):** la definizione del termine nello studio preparatorio Lot 6 viene analizzato nelle due parti che la compongono ossia *Best Technology* e *Available Technology*.

In particolare:

- *Best Technology* è la migliore tecnologia disponibile nel momento corrente in cui si effettua una valutazione intendendo la tecnologia "più efficace" per ottenere un elevato livello di prestazioni ambientali del prodotto utilizzato.

- *Available technology* è la tecnologia disponibile su una scala che ne consenta l'applicazione per il prodotto in questione in condizioni economicamente e tecnicamente valide, tenendo conto dei costi e dei benefici, se la tecnologia è utilizzata o prodotta all'interno degli Stati membri in questione o l'UE-28, purché siano ragionevolmente accessibili al fabbricante del prodotto (possibili barriere per l'adozione delle BAT possono essere i fattori di costo, la disponibilità al di fuori dell'Europa etc..).

Nello studio preparatorio Lot 6, le considerazioni fatte per una strada a basso scorrimento (Lot 9 Preparatory Study for Public Street Lighting) fotografano come BAT la seguente situazione:

Al 2017 la BAT sarà:

- **Sorgente:** una sorgente ad alogenuri metallici (MH-lamp) di nuova generazione Halide Lamps (MH) Lampade ad alogenuri metallici, un fattore di utilizzazione migliorato (UF); un reattore elettronico dimmerabile e con un appropriato sistema di controllo;

- **Apparecchio:** un apparecchio con una ottica BAT, un grado di protezione IP65 un vetro autopulente e quindi un elevato fattore di manutenzione dell'apparecchio (Luminaire Maintenance Factor LMF).

***Questo significa che ad oggi ed entro il 2017 il LED non è considerato la BAT in quanto ci sono ancora altre sorgenti luminose.***

Al 2020 la BAT sarà la sorgente LED con le seguenti caratteristiche:

- **Sorgente:** una sorgente LED con una efficienza luminosa di 120 lm/W come previsto da Lighting Europe (associazione europea dei produttori di apparecchi e sorgenti); con un driver elettronico dimmerabile ed un appropriato sistema di controllo; un fattore di utilizzazione (UF) migliorato ,

- **Apparecchio:** quindi un elevato fattore di manutenzione dell'apparecchio (Luminaire Maintenance Factor LMF)

***Questo significa che si assume che il LED consentirà un migliore controllo della distribuzione luminosa della luce. E' evidente che nella definizione di BAT si menzionino opportuni sistemi di controllo degli apparecchi di illuminazione.***

Di seguito si allega a titolo di esempio la Tabella 11 tratta dal "Preparatory study on lighting systems. 'Lot 6"

	HPS-70W	MH-60W	LED
	Worst Case 2017, Slow Traffic	MH BAT 2020 2017, Slow Traffic	LED BAT 2020 2017, Slow Traffic
ballast type	electronic	electronic, dim	electronic, dim
IP(ingress)	45	65	65
gpa	0,36	0,36	0,36
BGF	1	1,6	1,6
$\eta_{lamp}(lm/w)$	94	120	120
LLMF	0,95	0,95	0,80
LDR	0,5	0,75	1,00
LMF	0,84	0,90	1,00
U	0,22	0,67	0,80
LPD <sub>0</sub> (W/100 lm)	13,43	1,36	0,90

**Tabella 11. Worst Case” utilizzando la normativa vigente rispetto alla BAT 2020 a livello di sistema per l’illuminazione stradale**

– BNAT (Best Not (yet) Available Technology): la definizione del termine è la migliore tecnologia non ancora disponibile, cioè che non è ancora sviluppata su una scala che ne consenta l’applicazione del prodotto in questione, ma che è oggetto di ricerca e sviluppo (possibili barriere per l’adozione delle BNAT possono essere i fattori di costo o di ricerca e sviluppo al di fuori dell’Europa etc..).

Ovviamente possiamo pensare alla BNAT dal punto di vista della sorgente, dell’apparecchio ma anche del sistema di controllo.

**Qualche considerazione conclusiva su queste definizioni:**

- **BaU**: la baseline è la Sodio ad Alta pressione con le specifiche caratteristiche indicate nella definizione. Quindi una lampada a mercurio non è neanche considerata.
- **BAT**: al 2017 la BAT è la sorgente ad alogenuri metallici con sistema di controllo ed al 2020 è la sorgente LED con sistema di controllo. Quindi ad oggi il LED non è la migliore tecnologia disponibile su larga scala, è una tecnologia superiore a quella identificata come BAT che ha dunque un costo superiore. Nel 2020 il LED diventerà la BAT.
- **BNAT**: è qualsiasi tecnologia (sorgente/apparecchio/sistema di controllo) non commercializzata ma oggetto di ricerca e sviluppo. Ad esempio una tecnologia che si applica in altri ambiti e viene applicata agli impianti di illuminazione stradale, in fase di ricerca applicata quindi, si può considerare BNAT. Qualsiasi prodotto che oggi è disponibile sul mercato non è un BNAT ma lo sviluppo di nuove funzioni, in ambito di ricerca, che fosse successivamente implementata dalla azienda produttrice, può diventare il prodotto una BNAT.

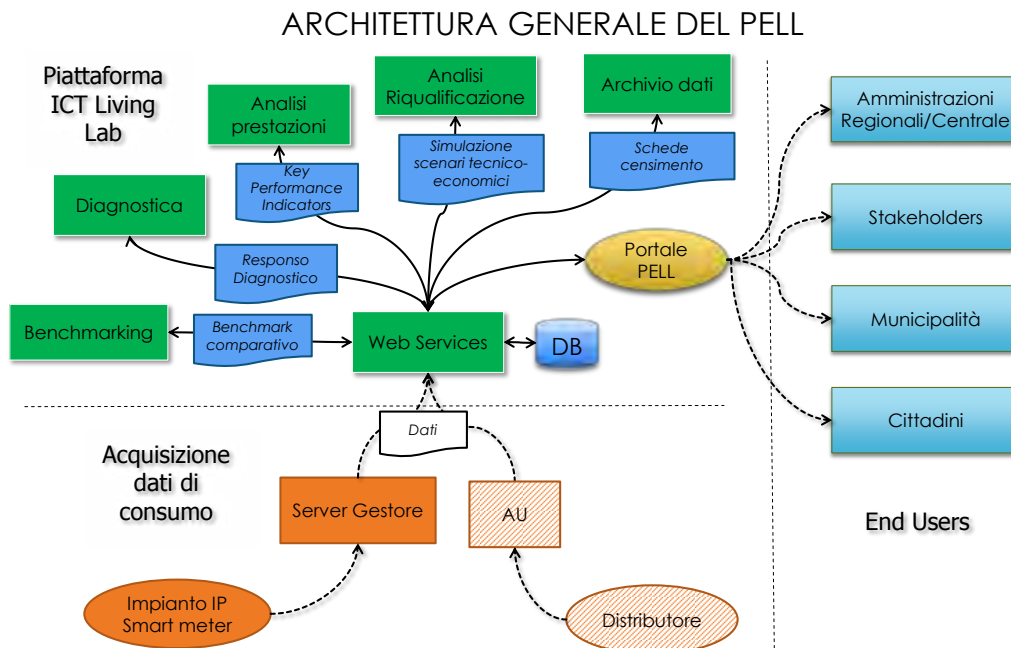
**3.5 Progettazione e sviluppo della piattaforma del PELL (ENEA)**

Obiettivo di questo task è stata la progettazione e lo sviluppo preliminare della Piattaforma PELL la cui architettura è sintetizzata nella figura di seguito riportata (Figura 3), nel quale la scheda censimento rappresenta il punto di partenza per alimentare il PELL con i dati, valutare le prestazioni statiche degli impianti, effettuare delle valutazioni di riqualificazioni, se necessarie, e quindi allacciare gli impianti al PELL per potere monitorare i dati che consentano di conoscere le prestazioni dinamiche degli impianti stessi.

In particolare, in questa prima annualità è stata terminata la progettazione dell’architettura software ed è iniziata una prima fase implementativa. Nello specifico, sono stati dapprima definiti i casi d’uso che il

portale dovrà supportare e quindi è cominciata una prima fase di sviluppo del portale che ha visto la realizzazione delle seguenti attività:

- realizzazione 'landing page';
- registrazione utente;
- integrazione upload schede censimento;
- integrazione librerie per il calcolo delle prestazioni illuminotecniche;
- revisione della base di dati;
- realizzazione sezioni informative;
- ingegnerizzazione grafica per la visualizzazione di benchmarking;
- diagnostica e prestazioni;
- implementazione di parte dei web service;
- revisione del motore per il calcolo di KPI ed indicatori diagnostici,
- ingegnerizzazione software e sistemistica generale.



**Figura 3. Schema generale dell'architettura del PELL**

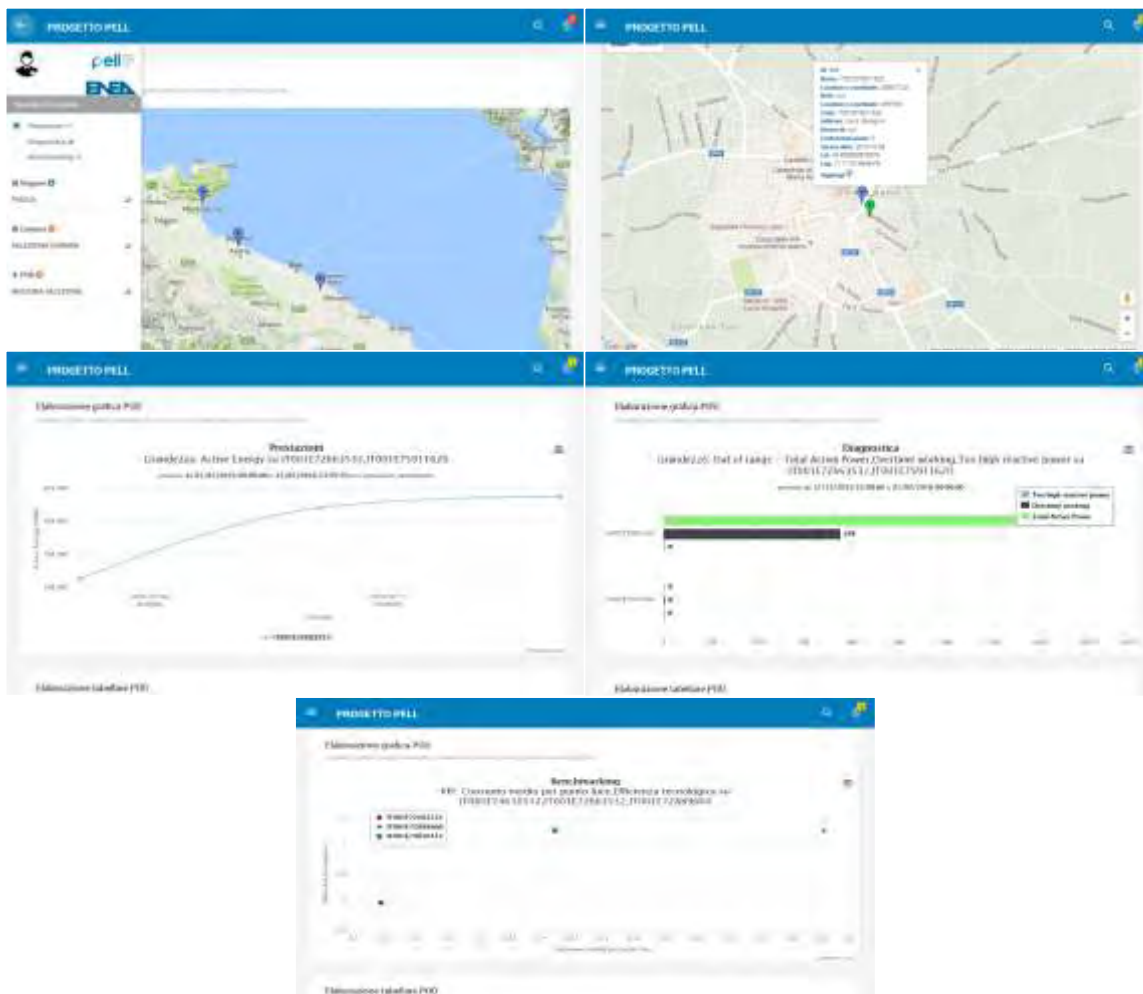


Figura 4. Estratto dalla piattaforma PELL

### 3.5.1 Use case PELL (Università Roma Tre)

Tale attività è stata realizzata dall’Università Roma Tre i cui dettagli sono esposti nel report “Progettazione e sviluppo prototipale di strumenti per la gestione del PELL” (RdS/PAR2015/006).

Per una progettazione chiara e lungimirante del PELL entro un contesto di piattaforma di distretto, sono stati elaborati gli Use Case PELL, specificando il task, gli attori coinvolti, la tipologia e la cadenza temporale di transito delle informazioni. Sono ripercorse le principali attività che saranno oggetto di revisione nell’ottica di un contesto più alto, ove il PELL diverrà una piattaforma a livello nazionale in grado di effettuare il monitoraggio delle risorse maggiormente energivore quali, oltre all’illuminazione pubblica, edifici pubblici, reti idriche, mobilità

Sono presentati 5 casi d’uso, nel caso del PELL circoscritto al panorama “Illuminazione” di seguito elencati:

- Caso d’uso "**Upload Scheda Censimento Lumière**": descrizione del flusso dati dalla compilazione della scheda censimento Lumière e l’archiviazione nella banca dati;
- Caso d’uso "**Retrieving & Monitoring**": descrizione del flusso dati che vanno dallo Smart Meter del quadro elettrico posto presso gli impianti di illuminazione pubblica alla Piattaforma PELL per l’acquisizione e il monitoraggio delle grandezze elettriche;
- Caso d’uso "**Diagnostics**": descrizione dell’attività di diagnostica del corretto funzionamento degli impianti di illuminazione pubblica;

- Caso d'uso "**Calcolo Illuminotecnico PELL**": descrizione dell'attività di calcolo dei requisiti illuminotecnici delle zone stradali individuate;
- Caso d'uso "**Data Visualization** ": descrizione del flusso di attività per la consultazione e la visualizzazione dei dati nel portale PELL.

A titolo di esempio viene qui riportato il primo di questi rimandando per gli altri all'apposito report

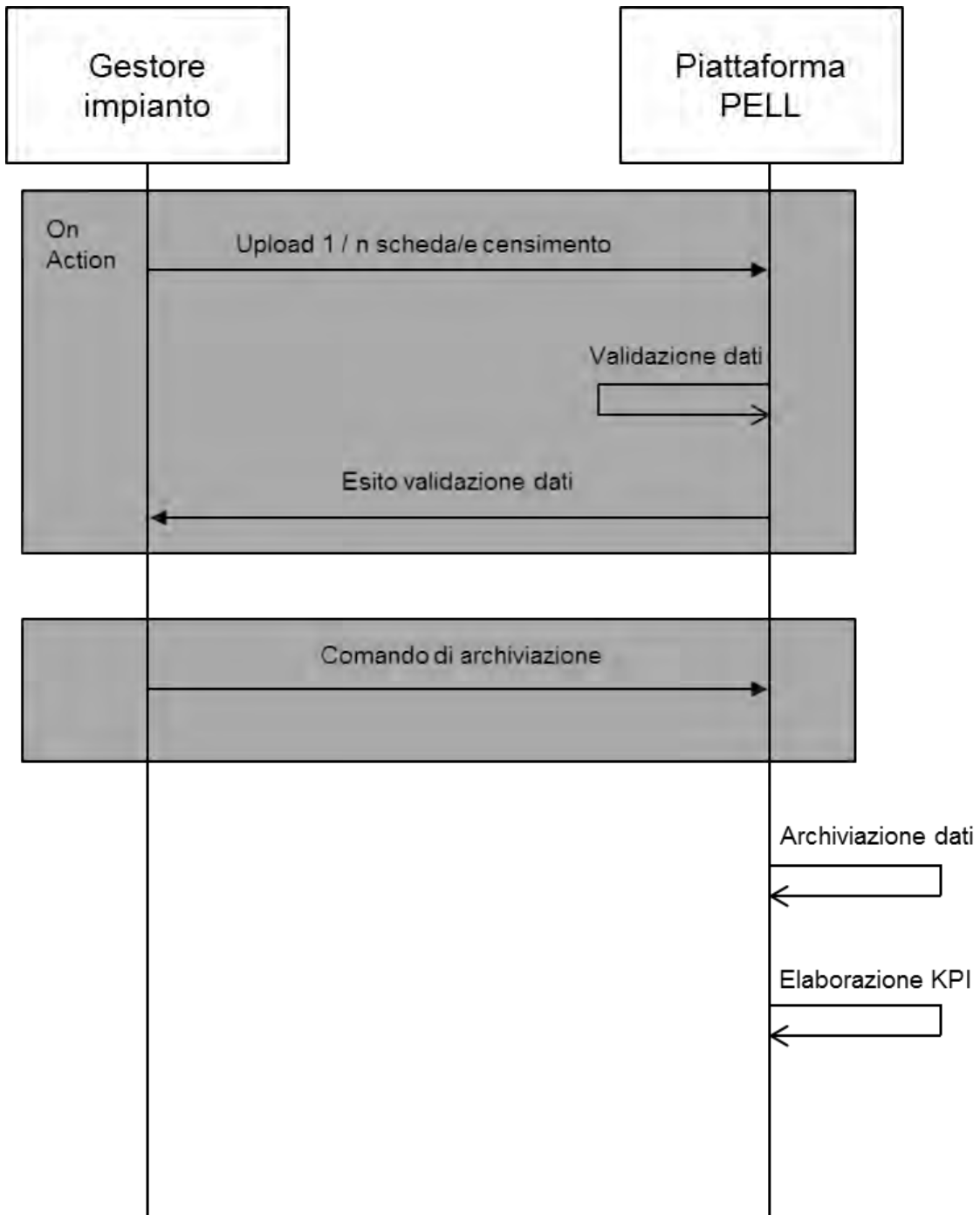
Descrizione

ID	Nome Caso d'uso
D5a.2.1	Upload Scheda Censimento Lumiere
Obiettivo (max 3 righe)	
Caricamento delle schede censimento Lumiere ed archiviazione nella banca dati	
Descrizione (max 10 righe)	
Il caso d'uso descrive il flusso dati che va dalla compilazione della scheda censimento Lumiere, relativa agli impianti di illuminazione pubblica, fino all'archiviazione nella banca dati della Piattaforma PELL.	

Attore	Descrizione	VINCOLI
Gestore Impianto	Il gestore dell'impianto o un tecnico comunale	---
Piattaforma PELL	Sistema di recupero e storage dei dati per successiva validazione ed elaborazione.	

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione
Scheda Censimento Lumiere	Proprietario Impianto	Gestore Impianto	Piattaforma PELL	Altre piattaforme verticali di distretto (se abilitate dal Proprietario dell'impianto)	Smart District Platform

Diagramma UML



## Sequenza delle Attività

N .	Quando si attiva l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore Informazione	Ricevitore informazione	Informazione scambiata	Requisiti scambio informazioni e (#)	VINCOLI: Formato Dati (FD) Protocollo Applicativo (PA); Mezzo Fisico (MF)
1	On Demand	Upload Scheda Censimento	Il Gestore Impianto compila la scheda censimento Lumiere e la invia alla Piattaforma PELL che la valida e restituisce l'esito della verifica	Gestore Impianto	Piattaforma PELL	Scheda Censimento Lumiere		FD: Scheda Censimento Lumiere PA: HTTP
2	On Demand	Archiviazione	Il Gestore Impianto invia il comando di archiviazione e della scheda censimento, la scheda viene archiviata nella banca dati della Piattaforma PELL	Gestore Impianto	Piattaforma PELL	Comando di Archiviazione	Ritardo <20 s	
3	Al termine dell'Archiviazione	Elaborazione KPI	La Piattaforma PELL elabora i dati e calcola i KPI di progetto.	Piattaforma PELL	Piattaforma PELL	KPI	---	---

### 3.5.2 Landing Page del portale PELL (Università Roma Tre)

Questa attività, che è stata svolta dall'Università Roma Tre, ha avuto come obiettivo la definizione della Landing Page del portale PELL del quale si riporta la struttura generale in figura (Figura 5) e si rimanda al report specifico per i dettagli (RdS/PAR2015/006).

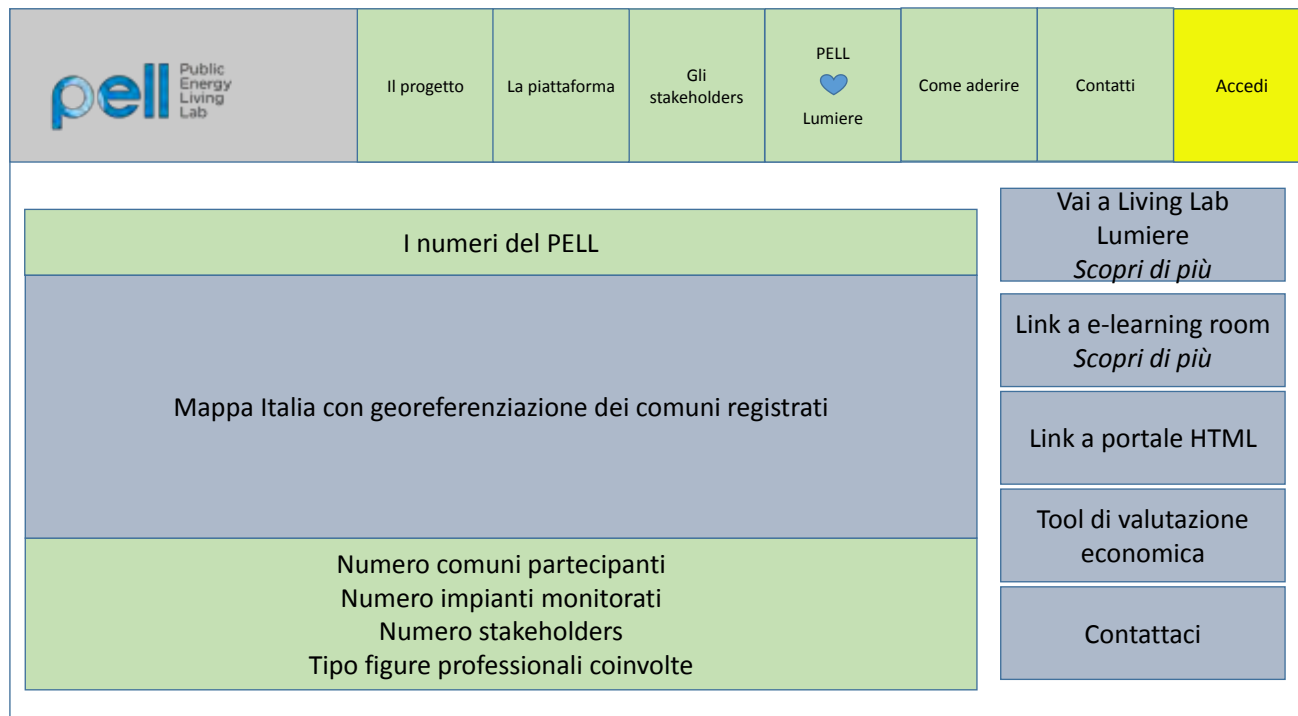


Figura 5. Landing Page del portale PELL

### 3.5.3 Mock-up page del portale PELL (Università Roma Tre ed ENEA)

Questa attività, che è stata svolta dall'Università Roma Tre in stretta collaborazione con ENEA, ha avuto come obiettivo la definizione della Mock-up Page del portale PELL del quale si riportano alcune immagini (Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9 e Figura 10) a titolo di esempio qualche e si rimanda al report specifico per i dettagli (RdS/PAR2015/006).



	Il progetto	La piattaforma	Gli stakeholders	PELL  Lumiere	Come aderire	Contatti	Accedi
	Come aderire (2)						
<p style="text-align: center;"><b>UTENTE NON REGISTRATO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Non va rilasciato alcun dato ✓</li> <li>• Informazioni sul progetto PELL e accesso alla documentazione ✓</li> <li>• Accesso al Living Lab Lumiere ✓</li> <li>• Accesso all'e-learning room ✓</li> <li>• Visualizzazione informazioni aggregate tramite WebGIS ✓</li> <li>• Tool di valutazione economica finanziaria orientativa di un impianto ✓</li> </ul> <p><b>Registrandoti come utente Comune potrai</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Censimento degli impianti</li> <li>• Visualizzazione di KPI per singolo impianto</li> <li>• .....</li> </ul>		<p style="text-align: center;"><b>UTENTE REGISTRATO - Comune</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informazioni sul progetto PELL e accesso alla documentazione ✓</li> <li>• Accesso al Living Lab Lumiere ✓</li> <li>• Accesso all'e-learning room ✓</li> <li>• Visualizzazione informazioni aggregate tramite WebGIS ✓</li> <li>• Tool di valutazione economica finanziaria ✓</li> <li>• Registrazione al PELL ✓</li> <li>• Censimento degli impianti ✓</li> <li>• Visualizzazione di KPI per singolo impianto ✓</li> <li>• Valutazione e validazione ipotesi progettuali di riqualificazione di un impianto ✓</li> <li>• Valutazione completa scenari tecnico-economici di un ipotesi progettuale ✓</li> <li>• Monitoraggio real-time degli impianti ✓</li> <li>• Diagnostica degli impianti monitorati ✓</li> <li>• TECNICO - ECONOMICI DI UN IPOTESI PROGETTUALE</li> </ul>					
Comincia a navigare		Comincia la registrazione					

Figura 6. Mock-up page: tipologia di utente ed adesione



	Il progetto	La piattaforma	Gli stakeholders	PELL  Lumiere	Come aderire	Contatti	Accedi
	Al click di Visualizzazione Informazioni aggregate – Utente Non Registrato (NR)						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accedi alla documentazione sul progetto PELL</li> <li>• Accedi al Living Lab Lumiere</li> <li>• Accedi all'e-learning room</li> <li>• Visualizzazione informazioni aggregate tramite WebGIS</li> <li>• Accedi al Tool di valutazione economica finanziaria</li> </ul>		<p><b>Filtro per informazioni/KPI «dinamici» (Su portale HTML)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periodo: anno, mese, settimana, giorno</li> </ul> <p><b>Informazione grafica time history</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KPI di consumo energetico a livello comunale</li> </ul> <p><b>Informazione grafica plot a due dimensioni</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KPI</li> </ul>					
<p><b>Filtro per informazioni/KPI «statici» (Su portale HTML)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scala: comune, provincia, regione, nazione (lista)</li> <li>• Tipo di gestione (consip, ...). (ELENCO)</li> <li>• Tipo di sorgente. (lista)</li> <li>• Tipo di strada (classe illuminotecnica) (lista)</li> <li>• Monitoraggio continuo PELL (si/no)</li> <li>• Gestore (lista)</li> <li>• Impianti di proprietà inferiore al 100 % (si/no con valore %)</li> </ul>		<p><b>Informazioni numeriche o testuali</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Numero dei POD, n. dei punti luce</li> <li>• Consumo annuale complessivo (da bolletta/scheda censimento)</li> <li>• Scadenza contrattuale</li> <li>• Gestore/i</li> <li>• Percentuale di proprietà comunale</li> </ul>					

Figura 7. Mock-up page: utente non registrato

	Il progetto	La piattaforma	Gli stakeholders	PELL  Lumiere	Come aderire	Contatti	Accedi
	Come aderire – Al click di comincia la registrazione – Utente Registrato - Comune (UR - C)						
<p><b>Anagrafica comune (Form di registrazione)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• comune</li> <li>• tipo di contratto (consip, etc...)</li> <li>• proprietà impianto (comune, azienda, mista)</li> <li>• scadenza contrattuale</li> <li>• nome gestore</li> <li>• anno ultima riqualificazione</li> <li>• nome e cognome referente comunale</li> <li>• email PEC referente comunale</li> <li>• numero telefonico ref comune</li> </ul> <p><b>Rappresentanti del comune autorizzati alla gestione dei dati</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nome e cognome</li> <li>• email</li> <li>• Organizzazione/ente di appartenenza</li> <li>• tipo di autorizzazione (read, read &amp; write)</li> </ul>							
<p>Anguillara Sabazia -&gt; Testo libero                  Consip -&gt; Menù a tendina con opzioni scheda censimento ed 'Altro' eventualmente da specificare                  mista -&gt; Menù a tendina (in caso di mista, aggiungere %)                  30.12.2020 -&gt; Da Selezionare con Calendario                  Esco energia -&gt; Testo libero                  2010 -&gt; Testo libero                  Mario Rossi-&gt; Testo libero                  mario.rossi@anguillara-sabazia.it (Inserire check per la mail, con @)                  +39.06.7894561</p> <p>mario rossi -&gt; Testo libero (In primis autocompilato con quanto scritto sopra)                  mario.rossi@gmail.com (Inserire check per la mail, con @)                  ESCO energia -&gt; Testo libero                  modifica dati immessi relativi agli impianti -&gt; Menù a tendina (Sindaco (READ) / ESCO (R/W) )</p>							
							<input type="button" value="INVIA"/>

Figura 8. Mock-up page: utente registrato



	Il progetto	La piattaforma	Gli stakeholders	PELL  Lumiere	Come aderire	Contatti	Accedi
	Accesso effettuato – Utente Registrato - Comune (UR - C) – R1 (4)						
<p><b>R1. Management schede censimento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Scarica il template della scheda censimento PELL / Lumiere e le linee guida alla compilazione ✓</li> <li>2. Scarica il documento di liberatoria ✓</li> <li>3. Carica il documento di liberatoria firmato</li> <li>4. Compila i dati comunali statistici (Compilati da responsabile gestione dati).                     <div style="float: right; margin-top: -20px;"> <input type="button" value="Scegli o trascina? (Facoltativo)"/> <input type="button" value="Invia"/> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipologie di lampade installate (menu a tendina LED; SAP, Ioduri, etc..) In questo caso è probabile che debbano essere selezionate più tipologie, per cui si dovrebbe poter mettere es: 40%SAP, 50% LED, 10% Ioduri (tendina con tecnologie scheda e percentuali, La somma fa 100) numeri interi e step di 5)</li> <li>• Potenza lampade installate (menu a tendina con i range per le tecnologie LED; SAP, Ioduri, etc..) In questo caso è probabile che debbano essere selezionate più tipologie, tante almeno quante sono le sorgenti indicate per cui si dovrebbe poter mettere es: SAP da 50 -100W, etc... (abbiamo le tabelle con i valori standard). Per i LED lascerei il campo editabile. (vedi scheda censimento)</li> <li>• Indicazione del numero di Pali installati (range) menù tendina (Con step di quanto? Direi: 10-49; 50-99; 100-499; 500-999; 1000-5000)</li> <li>• Indicazione del numero degli apparecchi di illuminazione installati (range) Indicazione del numero (Con step di quanto? Direi: 10-49; 50-99; 100-499; 500-999; 1000-5000)</li> </ul> </li> <li>5. Carica la scheda censimento PELL / Lumiere</li> </ol> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <input type="button" value="Tipologie di lampade installate"/>  <input type="button" value="Potenza lampade installate"/>  <input type="button" value="Numero pali"/>  <input type="button" value="Numero apparecchi installati"/> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <input type="button" value="Ritorna al menù principale"/> </div>							

Figura 9. Mock-up page: scheda censimento Lumière

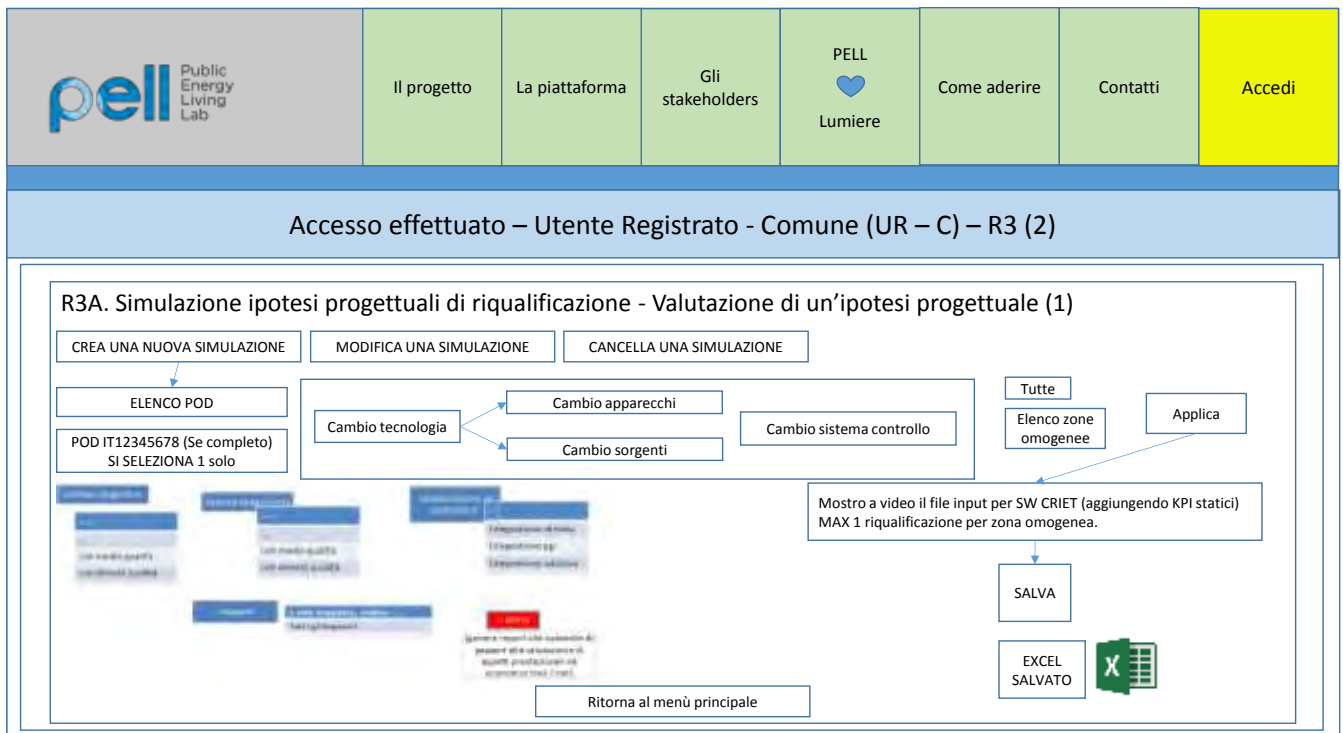


Figura 10. Mock-up page: utente registrato e simulazioni per nuove ipotesi progettuali

### 3.5.4 Implementazione ed analisi dati nella Piattaforma PELL (Università Roma Tre)

Questa attività, che è stata svolta dall'Università Roma Tre, ha avuto come obiettivo la progettazione e lo sviluppo preliminare del portale PELL, nel quale confluiscono tutti i dati degli impianti allacciati alla piattaforma. E' stato possibile svolgere questa fase preliminare, utilizzando i dati di alcuni Comuni Pilota allacciati al PELL. Qui di seguito si riporta una sintesi dell'attività svolta e si rimanda al report specifico per i dettagli (RdS/PAR2015/006).

Il portale è stato organizzato in tre sezioni:

- “prestazioni”: questa sezione è dedicata al monitoraggio delle grandezze elettriche acquisite dagli smart meter installati a livello di POD/quadri degli impianti di Illuminazione Pubblica allacciati al PELL;
- “diagnostica”: questa sezione è dedicata alla messa in evidenza di eventi anomali o di grandezze al di fuori dei limiti previsti;
- “benchmarking”: questa sezione è dedicata al confronto tra gli impianti.

E' stata implementata, e quindi attualmente e correttamente funzionante, la sezione di analisi dei dati per mezzo sia di grafici che dell'estrapolazione di dati direttamente dal database. Questa funzione ha consentito di riscontrare sia malfunzionamenti in alcuni degli impianti pilota allacciati al PELL (attività 3.1 Asse 3) - che il gestore ha confermato evidenziando la tempestività con cui il PELL ha rilevato tali anomalie - sia l'assenza di ricezione dati alla piattaforma per problemi spesso legati ai sistemi di comunicazione installati.

### 3.5.5 Processo di trasmissione dati e standard per l'interazione dei sistemi dei gestori degli impianti con il PELL (ENEA)

È importante ricordare che uno degli obiettivi principali del PELL è la creazione di una banca dati degli impianti di pubblica illuminazione che consenta di pervenire, a livello nazionale, ad una conoscenza approfondita del loro stato di fatto in termini di tecnologie, prestazioni, infrastruttura, consumi, smart service applicati, funzionalità ecc . Alla conoscenza statica dell'impianto si affianca inoltre la possibilità del

monitoraggio giornaliero dei consumi, dato importante non solo ai fini di controllo dei consumi del settore ma anche ai fini della valutazione "energetico/funzionale" sul funzionamento dell'impianto nel tempo. Il successo e la creazione della banca dati e del monitoraggio dei consumi, dipendono dall'adesione da parte delle amministrazioni alla piattaforma PELL, dalla loro volontà di recuperare e caricare i dati come richiesto e da un'agevole e valida trasmissione dei dati preceduta dalla creazione di un collegamento tra impianto (POD) e PELL. Per questo è stata avviata una fase sperimentale di raccolta e gestione dei dati allo scopo di monitorare e comprendere tanto le difficoltà di caricamento quanto quelle relative alla trasmissione dei dati. Parallelamente si è studiato, in collaborazione tanto con le amministrazioni quanto con i gestori degli impianti, la definizione dei requisiti tecnici essenziali per l'aggancio dell'impianto al PELL e indispensabili al suo corretto funzionamento. La definizione dei requisiti e la definizione del protocollo di adesione è essenziali all'inserimento dell'adesione al PELL nell'ambito dei bandi di riqualificazione energetica.

Nell'ambito della prima fase di sperimentazione del PELL con i comuni che vi hanno aderito, è emerso chiaramente che il detto "Paese che vai, usanze che trovi" trova pieno riscontro anche in questo contesto.

I comuni affidano la gestione degli impianti di illuminazione pubblica, senza preoccuparsi della definizione di standard e protocolli di trasmissione dati tantomeno la scelta prettamente tecnica dei sistemi informativi necessari per l'acquisizione.

Entrando maggiormente in dettaglio, è stato perciò necessario realizzare dei retrievers custom per le due situazioni con le quali ci si è dovuti interfacciare. Nel caso dei comuni della Puglia e della Sicilia è adottato il protocollo di scambio messaggi SOAP (*Simple Object Access Protocol*), con descrittori WSDL (*Web Services Description Language*) caratterizzati da metodi e parametri diversi. La questione più importante ha invece riguardato il formato di scambio dati, differente nella tipologia e nel numero di grandezze misurate, e che ha richiesto un tempo maggiore di analisi delle caratteristiche, delle possibili anomalie ed il processamento. Anche il tempo di campionamento è distinto, anche in relazione alla condizione di acceso/spento dell'impianto così come la disponibilità dei dati richiesti dal PELL.

Nei comuni della Puglia, le misure vengono effettuate con un tempo di campionamento costante, ogni 15 minuti. Tuttavia, saranno fruibili secondo il seguente layout temporale:

- Barletta Lun/Giov/Dom 6:00 - 7:00
- Montalbano Lun - Dom 4:00 - 7:00
- Melpignano Lun - Dom 7:30 - 10:00
- Manfredonia Lun - Dom 1:00 - 7:00

Inoltre, all'interrogazione del Web Service, i dati sono restituiti in formato XML, come si evince dalla Figura 11 che riporta due campioni nel momento di transizione di impianto da acceso a spento.

```

<campione data="2015-09-02" ora="19:45:00">
  <energia_attiva>470608.7</energia_attiva>
  <tensione_fase1>216.7</tensione_fase1>
  <tensione_fase2>212.4</tensione_fase2>
  <tensione_fase3>216.3</tensione_fase3>
  <corr_linea1>48.31</corr_linea1>
  <corr_linea2>48.72</corr_linea2>
  <corr_linea3>49.14</corr_linea3>
  <corr_neutro>25.07</corr_neutro>
  <pot_act_fase1>9.577</pot_act_fase1>
  <pot_act_fase2>9.275</pot_act_fase2>
  <pot_act_fase3>9.844</pot_act_fase3>
  <pot_act_tot>28.69</pot_act_tot>
  <cosphi_fase1> 0.92</cosphi_fase1>
  <cosphi_fase2> 0.9</cosphi_fase2>
  <cosphi_fase3> 0.93</cosphi_fase3>
  <cosphi_tot> 0.92</cosphi_tot>
</campione>
<campione data="2015-09-02" ora="19:30:00">
  <energia_attiva>470604.5</energia_attiva>
  <tensione_fase1>220.2</tensione_fase1>
  <tensione_fase2>215.8</tensione_fase2>
  <tensione_fase3>219.2</tensione_fase3>
  <corr_linea1> 0.0</corr_linea1>
  <corr_linea2> 0.0</corr_linea2>
  <corr_linea3> 0.0</corr_linea3>
  <corr_neutro> 0.0</corr_neutro>
  <pot_act_fase1> 0.0</pot_act_fase1>
  <pot_act_fase2> 0.0</pot_act_fase2>
  <pot_act_fase3> 0.0</pot_act_fase3>
  <pot_act_tot> 0.0</pot_act_tot>
  <cosphi_fase1> 0.0</cosphi_fase1>
  <cosphi_fase2> 0.0</cosphi_fase2>
  <cosphi_fase3> 0.0</cosphi_fase3>
  <cosphi_tot> 0.0</cosphi_tot>
</campione>

```

Figura 11. Formato scambio dati comuni della Puglia

Nel caso degli impianti di illuminazione gestiti da Gemmo SpA in Sicilia, il tempo di campionamento risulta variabile a seconda se sia acceso (ogni 30 minuti) o spento (ogni 2 ore) o nei momenti di transizione da una condizione all'altra (ogni 3 minuti, per garantire e assicurarne la corretta esecuzione). I dati sono fruibili fino al giorno precedente in cui viene effettuata la chiamata al WebService. Per quanto riguarda il formato di scambio dati, viene adottato il metodo di restituzione tramite stringa JSON (*JavaScript Object Notation*), come si vede in figura 12.

```

17 "SamplingData": [
18   {
19     "Municipality": "CATANIA",
20     "IDPCU": 8029004,
21     "ServerDateTime": "2015-09-06T23:40:53.667",
22     "FcuDateTime": "2015-09-06T23:40:19",
23     "Sunrise": "06:08:00",
24     "Sunset": "19:37:00",
25     "VL1": 237,
26     "VL2": 238,
27     "VL3": 238,
28     "PL1": 0.835,
29     "PL2": 0.943,
30     "PL3": 0.486,
31     "TotalP": 2.264,
32     "RL1": 1,
33     "RL2": 1,
34     "RL3": 1,
35     "RL4": 1,
36     "GPSLatitude": 0.0000000000,
37     "GPSLongitude": 0.0000000000,
38     "QL1": 0.248,
39     "QL2": 0.345,
40     "QL3": 0.209,
41     "TotalQ": 0.808,
42     "ActiveEnergy": 27991.241,
43     "InductiveEnergy": 3396.721,
44     "CapacitiveEnergy": 0.155,
45     "SL1": 0.871,
46     "SL2": 1.004,
47     "SL3": 0.529,
48     "TotalS": 2.404,
49     "IL1": 3.675,
50     "IL2": 4.218,
51     "IL3": 2.223,
52     "TotalResidualCurrent": 0.0,
53     "NeutralWireCurrent": 0.0,
54     "PFL1": 0.949,
55     "PFL2": 0.928,
56     "PFL3": 0.917
57   },
58 ]

```

Figura 12. Formato scambio dati comuni della Sicilia gestiti da Gemmo SpA

Da questo punto di partenza, uno degli intenti che il PELL persegue è stabilire un univoco standard di trasmissione dati e formati per chiunque voglia aderire a tale progetto, confidando in ottica futura siano accettati e diventino il fondamento in materia di illuminazione pubblica a livello nazionale. Ed anche in considerazione della Convenzione Servizio Luce 4 Consip (bando di gara “**Servizio Luce 4**” avente ad oggetto la gestione, conduzione e manutenzione degli impianti di Illuminazione Pubblica e Semaforici, nonché la fornitura del vettore di energia elettrica e la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica degli impianti) che rende obbligatoria l’iscrizione al PELL, è di primaria importanza fornire direttive precise e chiare, per omogeneizzare la mole di informazioni che saranno continuamente raccolte per gli impianti, entrando nel complesso mondo dei Big Data, e processarle in modo efficiente.

E’ stato pertanto effettuato uno studio preliminare sulle soluzioni che vengono adottate sul territorio: se come formato dati di risposta si è riscontrato che l’XML e il JSON sono i più comuni, per quanto riguarda la tipologia di Web Service, oltre al SOAP viene utilizzato anche il REST (*Representational state transfer*), la cui caratteristica principale è l’esistenza di risorse (fonti di informazioni), a cui si può accedere tramite un URI (*Uniform Resource Identifier*). In alcuni casi, per fruire dei dati e dei servizi in generale è necessario preliminarmente effettuare un’operazione di autenticazione, che di solito è fornita dal protocollo aperto *OAuth*, giunto ora alla seconda versione.

Un esempio che è stato preso in considerazione è il caso di AU, Acquirente Unico, che ha istituito il SII, Sistema Informativo Integrato, dalla legge n.129 del 13 agosto 2010. Tale Sistema ha la finalità di gestire i



l'integrazione inter-application dei sistemi di misura e lettura con altri già presenti o nuovi, supportati da diversi runtime environments.

In particolare, l'Annex C ed H, dal titolo rispettivamente *Recommended procedure for the generation of a ReadingType* ed *XML Schemas for message payloads*, fornisce un esteso elenco di reading types dal quale partire e costruire quello del caso e le informazioni xsd per gli sviluppatori Software.

Si riporta a mo' di esempio un breve estratto del xsd tratto dal paragrafo H.6 "MeterReadings", organizzato in una serie di *element*, con *simpleType* e *complexType*:

```
<xs:element name="DynamicConfiguration" minOccurs="0" maxOccurs="1" type="xs:string" svedl:modelReference="http://iec.ch/TC57/CIN-generic#ReadingType.dynamicConfiguration"/>
</xs:element>
<xs:element name="IntervalLength" minOccurs="0" maxOccurs="1" type="m:Seconds" svedl:modelReference="http://iec.ch/TC57/CIN-generic#ReadingType.IntervalLength"/>
<xs:element name="Kind" minOccurs="0" maxOccurs="1" svedl:modelReference="http://iec.ch/TC57/CIN-generic#ReadingType.Kind"/>
<xs:simpleType svedl:modelReference="http://iec.ch/TC57/CIN-generic#ReadingType.Kind">
<xs:restriction base="xs:string">
<xs:enumeration value="current"/>
<xs:enumeration value="currentAngle"/>
<xs:enumeration value="date"/>
<xs:enumeration value="demand"/>
<xs:enumeration value="energy"/>
<xs:enumeration value="other"/>
<xs:enumeration value="phaseAngle"/>
<xs:enumeration value="power"/>
<xs:enumeration value="powerFactor"/>
<xs:enumeration value="pressure"/>
<xs:enumeration value="time"/>
<xs:enumeration value="voltage"/>
<xs:enumeration value="voltageAngle"/>
<xs:enumeration value="volume"/>
</xs:restriction>
</xs:simpleType>
</xs:element>
<xs:element name="Multiplier" minOccurs="0" maxOccurs="1" svedl:modelReference="http://iec.ch/TC57/CIN-generic#UnitMultiplier">
<xs:simpleType svedl:modelReference="http://iec.ch/TC57/CIN-generic#UnitMultiplier">
<xs:restriction base="xs:string">
<xs:enumeration value="G"/>
<xs:enumeration value="M"/>
<xs:enumeration value="T"/>
<xs:enumeration value="0"/>
<xs:enumeration value="d"/>
<xs:enumeration value="k"/>
<xs:enumeration value="m"/>
<xs:enumeration value="micro"/>
<xs:enumeration value="n"/>
<xs:enumeration value="none"/>
<xs:enumeration value="p"/>
</xs:restriction>
</xs:simpleType>
</xs:element>
```

Figura 14. xsd estratto dal paragrafo H.6 "MeterReadings" della normativa CEI EN-61968-9:2014

E' una soluzione complessa che richiede maggior approfondimento e la necessità di avviare un dialogo con gli operatori nazionali del settore, gestori, ministeri ed anche Consip perché essendo una normativa internazionale, già recepita in ambito italiano dal CEI, che contempla il metering anche di altri ambiti oltre quello in ambito illuminazione, costituisce un cambiamento molto importante che deve essere valutato con gli enti ed autorità preposti per gli altri servizi. Tale aspetto assume un connotato strategico in ambito Smart City, nell'obiettivo di utilizzare uno standard unico per i diversi contesti energivori urbani, rendendoli omogenei ed interoperabili.

Al momento nel PELL, ciò che è stato con certezza definito è l'elenco di grandezze elettriche che si richiederanno all'atto di partecipazione al Servizio Luce 4 per gli scopi di monitoraggio e diagnostica. Di seguito sono riportate in Tabella 12, corredate da unità di misura, type e descrizione estesa. Sulla base delle esperienze finora effettuate, l'energia attiva e reattiva, quest'ultima risultante dalla somma capacitiva ed induttiva, sarà espressa in modo cumulato, e non come valore riferito al consumo reale nell'intervallo di tempo in considerazione.

Nome campo	Unità di misura	Tipo	Descrizione
activeEnergy	kWh	double	Energia attiva
voltagePhase1	V	double	Tensione fase R
voltagePhase2	V	double	Tensione fase S
voltagePhase3	V	double	Tensione fase T
currentLine1	A	double	Corrente di Linea 1
currentLine2	A	double	Corrente di Linea 2
currentLine3	A	double	Corrente di Linea 3
activePowerPhase1	kW	double	Potenza attiva fase R
activePowerPhase2	kW	double	Potenza attiva fase S
activePowerPhase3	kW	double	Potenza attiva fase T
totalActivePower	kW	double	Potenza attiva totale
powerFactorPhase1	cos( $\phi$ )	double	Fattore di potenza R
powerFactorPhase2	cos( $\phi$ )	double	Fattore di potenza S
powerFactorPhase3	cos( $\phi$ )	double	Fattore di potenza T
reactivePowerPhase1	kVAR	double	Potenza reattiva R
reactivePowerPhase2	kVAR	double	Potenza reattiva S
reactivePowerPhase3	kVAR	double	Potenza reattiva T
totalReactivePower	kVAR	double	Potenza reattiva totale
apparentPowerPhase1	kVA	double	Potenza apparente R
apparentPowerPhase2	kVA	double	Potenza apparente S
apparentPowerPhase3	kVA	double	Potenza apparente T
totalApparentPower	kVA	double	Potenza apparente totale
inductiveEnergy+capacitiveEnergy	kVARh	double	Energia reattiva

**Tabella 12. Elenco di grandezze elettriche stabilite in condivisione con Consip**

Rifacendosi a quanto stabilito e condiviso con Consip nel bando di gara Servizio Luce 4, il campionamento dei suddetti dati dovrà avvenire su base oraria e dovranno essere consultabili sul modulo di Energy Management.

Il PELL interrogherà su base giornaliera il sistema di raccolta dati acquisendo i dati delle grandezze elettriche. Questi dovranno essere messi a disposizione e fruibili giornalmente tramite Web Service opportunamente sviluppati da parte del fornitore. I dati saranno forniti tramite stream XML, il cui formato

sarà reso disponibile a Convenzione attivata, oppure, in prima fase, tramite il formato usualmente da essi adottato.

### 3.5.6 Definizione della architettura WebGIS, scelta delle metodologie e tecnologie con particolare focalizzazione verso sistemi OPEN (ENEA)

Obiettivo di questo task è stato di verificare l'opportunità, per gli scopi del PELL, di avvalersi delle funzionalità Web dei Geographic Information Systems (GISs) che consentono alle applicazioni GIS, tradizionalmente sviluppate per utenze stand-alone (dette anche di tipo *Desktop*), di essere implementate su web server (anche detto *map-server*). Tale tecnologia ha l'indubbio vantaggio di rendere "pubblici", i risultati ottenuti con il GIS attraverso la rete internet rendendo fruibili a tutti mappe tematiche e dati ad esse associati. L'accesso al WebGIS, tramite un dispositivo dotato di rete (PC, Tablet, Smartphone, ect.), avviene attraverso uno dei comunissimi browser internet come: Mozilla Firefox, Google Chrome, Internet Explorer, etc.

E' bene precisare che il WebGIS non è una semplice estensione di una programma GIS di tipo Desktop, ma fa parte della grande categoria di software *Web Oriented*. La rete è la via per l'interscambio dei dati attraverso il browser Web e la comunicazione si basa su un'architettura Client-Server.

Lo studio è stato finalizzato alla realizzazione di un prototipo su piattaforma WebGIS, con integrazione di una Open Smart Platform (OSP) con un sistema di visualizzazione Web GIS Geo SDI che ha visto come prima applicazione lo "SmartVillage" dell'ENEA (RdS/PAR2014/023) ma che sarà successivamente applicato al PELL nelle fasi successive.

E' stato dunque messo a punto il prototipo WebGIS SmartVillage concepito come uno strumento funzionale per la consultazione interattiva di dati geospaziali e mappe tematiche finalizzate al progetto stesso, rivolto anche a utenti non esperti.

I vantaggi legati all'utilizzo della tecnologia WebGIS sono:

- la condivisione globale di informazioni geografiche e di dati geospaziali,
- la facilità d'uso da parte degli utenti finali,
- la diffusione in rete e la capacità di raggiungere una più vasta platea di fruitori,
- la possibilità di utilizzare lo strumento WebGIS come elemento di consultazione delle informazioni arricchite dalla componente geospaziale, di interrogazione e di analisi di dati geografici e mappe tematiche.

La realizzazione del prototipo WebGIS Smartvillage, ha permesso di effettuare dei test, nell'ambiente controllato di Casaccia (CR Casaccia), come Case Study applicato ad alcune infrastrutture di illuminazione e di edifici. Attraverso un normale browser web, ogni utente (non necessariamente dotato di specifiche conoscenze GIS) può visualizzare le mappe che rappresentano i risultati prodotti nell'ambito delle proprie attività progettuali collegandosi all'indirizzo: <http://apic.casaccia.enea.it:8080/smartvillage/BaseApp.html>, e ad esempio visualizzare la lista dei tematismi attualmente caricati nel WebGIS, visualizzare le mappe tematiche e consultare la legenda presente.

Si è implementata quindi una infrastruttura di Dati Territoriali (*Spatial Data Infrastructure, SDI*): una SDI è una struttura che, oltre a gestire una grande quantità di dati, gestisce dati e relativi attributi, strumenti per la ricerca, visualizzazione dati (cataloghi e *webmapping*) e modalità di accesso ai dati.

In sintesi per la messa a punto del WebGIS in oggetto sono usati pacchetti Free/Open-Source Software (FOSS): Geodatabase (PostgreSQL/PostGIS), GIS Server (Geoserver), Analisi GIS e Geoprocessing (QGIS), WebGIS (geoSDI-Geoplatform) Figura 15.



Figura 15. Schema base di un WebGIS

### 3.5.7 Realizzazione di un prototipo su piattaforma WebGIS, con integrazione di una Open Smart Platform (OSP) con un sistema di visualizzazione Web GIS Geo SDI: L'applicazione WebGIS "SmartVillage" (ENEA)

E' stato messo a punto il prototipo WebGIS SmartVillage concepito come uno strumento funzionale per la consultazione interattiva dei dati geospaziali e mappe tematiche finalizzate al progetto stesso, rivolto anche a utenti non esperti.

L'architettura logica usata per implementare il WebGIS in oggetto è riportata nella Figura 17 e si articola nella catena operativa: Repository Dati -> Web Server (GeoServer) -> GeoSDI (WebGIS).

Il **Repository Dati** individua l'area di archiviazione che contiene l'insieme dei dati da utilizzare (in generale in formato GIS).

Per **Web Server** si intende l'insieme degli apparati e dei relativi software che consentono al sistema di organizzare le informazioni e renderle fruibili alla rete. Nel caso in oggetto si è scelto di utilizzare GeoServer (<http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>). Esso è un Web Server che permette di memorizzare i dati spaziali in quasi qualsiasi formato si preferisca. Dal punto di vista tecnico, GeoServer è l'implementazione di riferimento degli standard definiti dall'Open Geospatial Consortium (OGC) (<http://www.opengeospatial.org/>): Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS) e Web Map Service (WMS).

Tra i vantaggi legati all'utilizzo della tecnologia WebGIS sono: la condivisione globale di informazioni geografiche e di dati geospaziali, la facilità d'uso da parte degli utenti finali, la diffusione in rete e la capacità di raggiungere una più vasta platea di fruitori. Lo strumento WebGIS può essere utilizzato, perciò, come elemento di consultazione delle informazioni arricchite dalla componente geospaziale, di interrogazione e di analisi di dati geografici e mappe tematiche.

#### Effettuazione di test in un ambiente controllato (es: CR Casaccia) come Case Study.

Come mostrato in Figura 16 è stato messo a punto un prototipo WebGIS per l'effettuazione di test su infrastrutture di illuminazione ed edifici nell'ambiente controllato del Centro Ricerche della Casaccia. Attraverso un normale browser web ogni utente (non necessariamente dotato di specifiche conoscenze GIS) può visualizzare le mappe che rappresentano i risultati prodotti nell'ambito delle proprie attività progettuali collegandosi all'indirizzo: <http://apic.casaccia.enea.it:8080/smartvillage/BaseApp.html>, (Figura 15).



Figura 16. Pagina di ingresso al prototipo SmartVillage



Figura 17. Architettura logica del WebGIS implementato

Come si può vedere la schermata del WebGIS è divisa in tre aree: la prima, quella di sinistra contiene la lista di tutti i tematismi attualmente caricati nel WebGIS e che è possibile consultare, eliminare dalla vista, ricaricare nella vista, ecc. L'area centrale è quella riservata alla visualizzazione delle mappe tematiche, l'area di destra è quella dove è possibile consultare la legenda.

Selezionando i tematismi prescelti è possibile “costruire” la propria mappa tematica per le visualizzazioni del caso. Un esempio di quanto detto è mostrato nelle Figura 17.

Le funzioni che si possono eseguire nell’ambito del WebGIS sono quelle in alto a sinistra della pagina stessa del WebGIS di cui si riporta un ingrandimento in Figura 18.



Figura 18. Funzioni WebGIS

La Figura 19 mostra una delle funzionalità specificatamente implementate, che è quella alla quale si accede selezionando il pulsante (Get Feature Info, Figura 18). Cliccando su un punto qualsiasi del layer selezionato, vengono mostrate le informazioni o gli attributi quantitativi relativi al punto prescelto. La funzione di inquiry rende quindi possibile ottenere informazioni interattive su quel particolare strato informativo caricato all'interno del WebGIS (Figura 19).

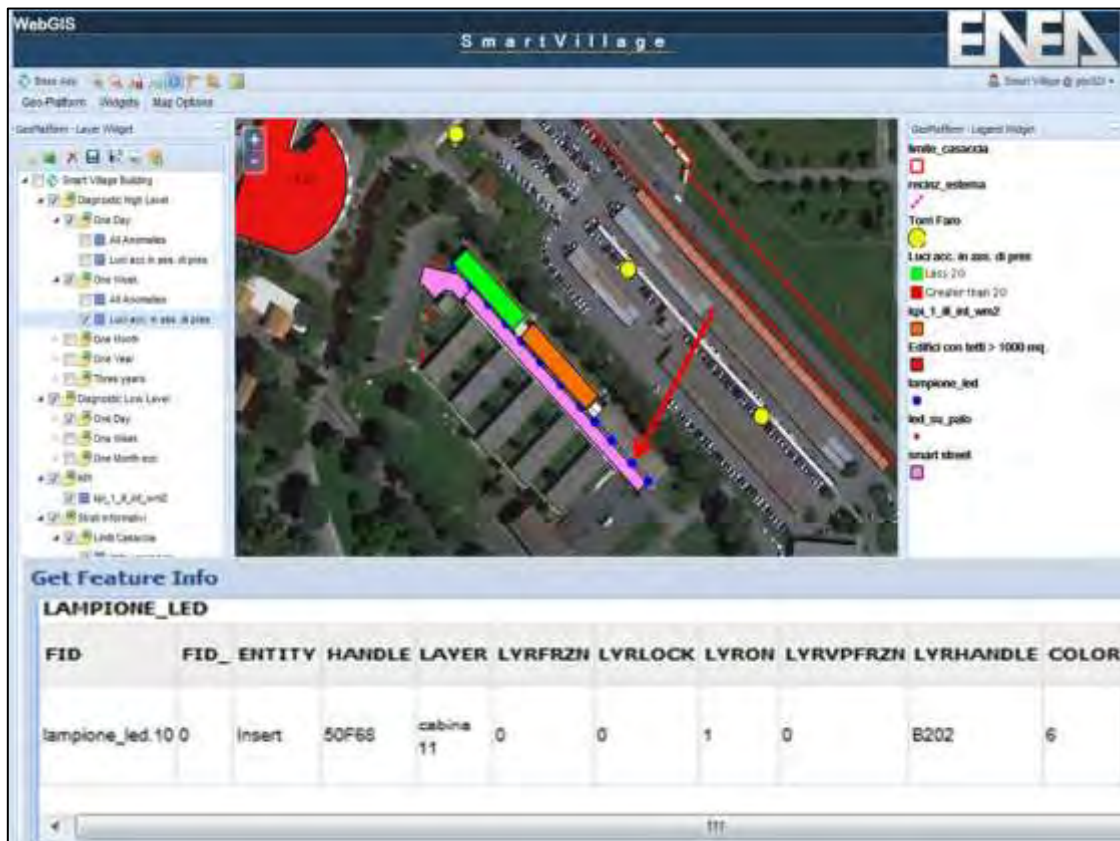


Figura 19. Funzione Get Feature Info: lampione a LED

Un altro esempio è quello di Figura 20.

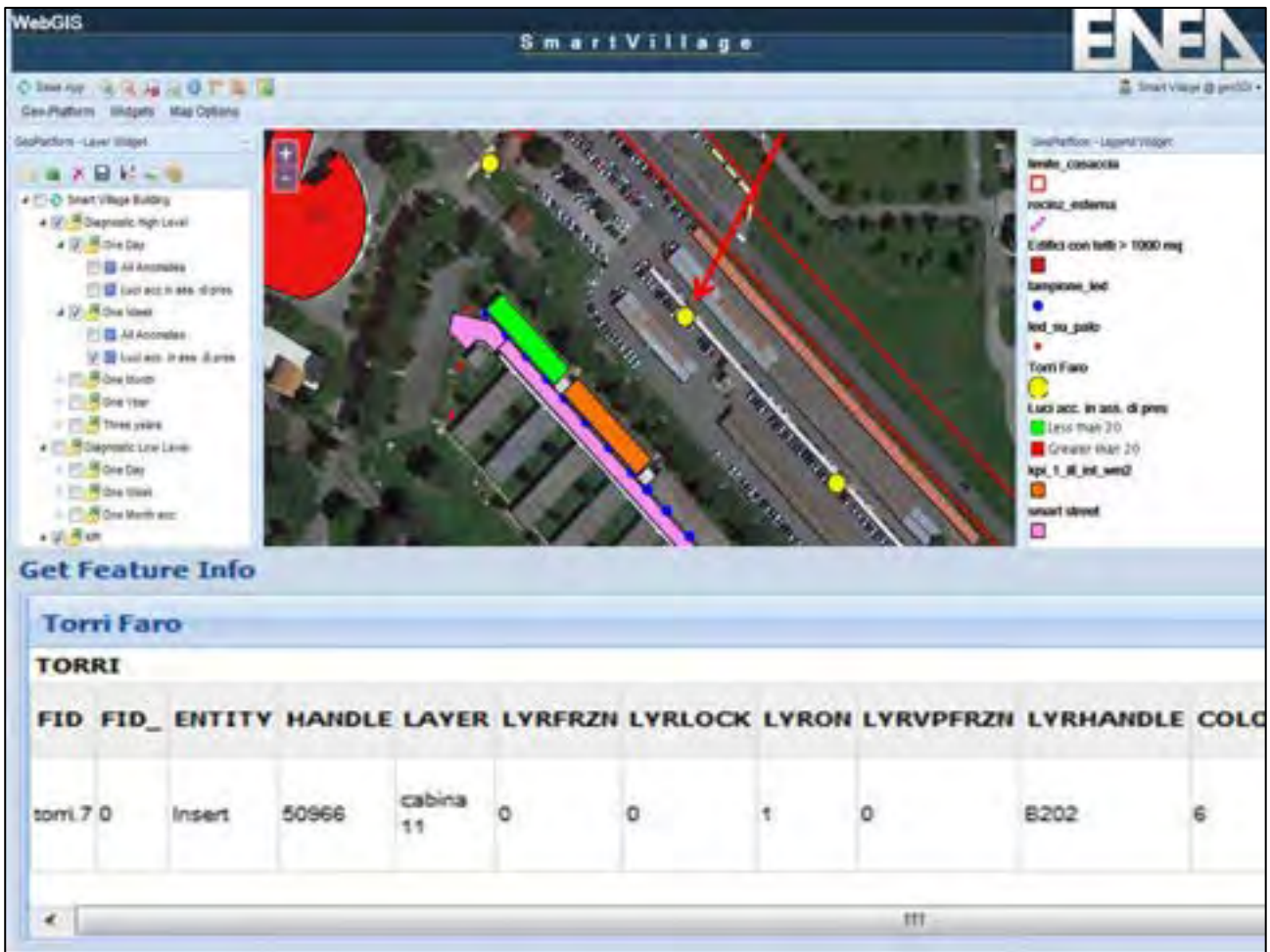


Figura 20. Funzione Get Feature Info: torre faro

Laddove, nelle tabelle del database PELL, ci siano, per esempio, dei campi relativi alla diagnostica, tramite webGIS è possibile visualizzare tali dati anche servendosi di diversi colori per i diversi significati della diagnostica stessa. Un esempio di quanto appena detto è dato per gli edifici: sono colorati in modo diverso a seconda del valore del KPI “luci accese in assenza di personale” per gli *smart buildings* F66 e F40 di Casaccia. Figura 21.



Figura 21. Tematizzazione delle diagnostiche

### 3.5.8 Integrazione del PELL con il WebGIS (ENEA)

La necessità di sperimentare l'integrazione del PELL nel WebGIS deriva dal fatto che un comune particolarmente virtuoso potrebbe richiedere una visualizzazione più puntuale ed integrata delle informazioni raccolte tramite la scheda censimento e tematizzare in modo custom ciò che gli interessa. In modo dinamico, si potrebbero attivare / disattivare layers diversi avendo immediatamente un quadro chiaro della situazione.

Dall'esperienza del WebGIS applicato presso lo SmartVillage ENEA Casaccia deriva l'applicazione anche ad altri contesti applicativi quali il PELL.

Dal punto di vista tecnologico, sono stati effettuati una serie di test affinché il RDBMS MySQL adottato per l'archiviazione dei dati dei POD censiti si interfacciasse correttamente con il WebGIS; e questo si è rivelato un aspetto più complesso, poichè generalmente il sistema che trova la sua massima integrazione è nei Geodatabase PostgreSQL/PostGIS, come è stato già detto in precedenza. Nel caso in questione, alla table *municipality* (Figura 22), afferente ai comuni registrati al PELL, è stata aggiunta una nuova colonna, denominata *point\_geometry*, di type *Geometry*, che prende in input le rispettive coordinate di latitudine e longitudine.

La colonna è di tipo *Generated* e *Virtual*, perchè non è realmente presente nel database ma ad ogni query effettua il calcolo per il quale è stata settata: in questo caso si tratta della conversione delle coordinate ad un elemento geometrico, impostando l'SRID (*Spatial Reference System Identifier*), ossia il sistema di riferimento, a 4326, corrispondente allo standard WGS84 (*World Geodetic System 1984*).

Di seguito si riporta in Figura 22 la table municipality, un estratto del complesso diagramma EER (*Enhanced Entity-Relationship Model*), in cui si evincono tutti i campi in essa presenti.



Figura 22. Table municipality, estratto dal diagramma EER del database

Il risultato sul portale WebGIS è la visualizzazione di una serie di punti rossi, dislocati geograficamente secondo le coordinate specificate, che rappresentano tutti i comuni che si sono registrati ed hanno partecipato alla prima fase sperimentale del PELL.

La tematizzazione è customizzabile e consente l'uso di simboli, forme e colori diversi. Tale aspetto viene definito su GeoServer e si ritrova come opzione selezionabile per qualsiasi Layer sul WebGIS (Figura 23).

Per quanto riguarda i POD, l'argomento è stato affrontato in maniera diversa. Nella compilazione delle schede censimento, in un primo momento era stato stabilito come sistema di riferimento il Gauss Boaga Roma 40 (EPSG:3003) ma successivamente si è optato per la conversione al formato WGS84 (EPSG:4326). A livello di database sono state pertanto aggiunte due colonne di latitudine e longitudine con i valori delle coordinate x ed y convertite del formato di partenza. Successivamente è stato effettuato il processo analogo al caso dei comuni, con la creazione del relativo Geometry Type, fruibile da parte del WebGIS.

Il diagramma EER risultante è mostrato in Figura 24. In Figura 25 ed in Figura 26 sono riportate delle visualizzazioni dei Comuni aderenti al PELL ed i POD afferenti ad un Comune aderente.



Figura 23. Visualizzazione dei comuni registrati al PELL su WebGIS



Figura 24. Table POD, estratto dal diagramma EER del database



### 3.5.9 Definizione di protocollo di adesione dei comuni alla piattaforma PELL (ENEA)

Il processo di definizione del protocollo di adesione è stato oggetto di attente riflessioni, perché si è in presenza di dati e come tali devono essere forniti ma soprattutto trattati in modo controllato e responsabile.

Il responsabile comunale, dopo aver preso visione delle possibilità che il PELL offre per una corretta gestione degli impianti di illuminazione pubblica, accede alla sezione di registrazione al PELL, articolata nelle seguenti fasi:

1. Compilazione dell'anagrafica, suddivisa in due fasi: si richiedono alcune informazioni circa il comune:

- Nome comune;
- Tipo di contratto;
- Proprietà impianto;
- Scadenza contrattuale;
- Nome gestore;
- Anno ultima riqualificazione;
- Nome e cognome referente comunale;
- Numero telefonico referente comunale;
- PEC referente comunale:
  - ✓ così come il nominativo del/dei rappresentante/i del comune autorizzato/i alla gestione dei dati;
- Nome e cognome;
- E mail di contatto;
- Organizzazione / Ente di appartenenza;
- Scadenza contrattuale;
- Tipo di autorizzazione.

2. La richiesta di registrazione viene presa in carico dal responsabile ENEA. Automaticamente, il referente comunale riceverà una mail in cui si attesta l'avvenuta registrazione e resta in attesa dell'approvazione da parte del responsabile ENEA. Una volta accettata, il referente comunale riceve una mail in cui si invia una password temporanea da modificare al primo accesso all'area riservata. A video apparirà la dicitura: «A seguito della tua richiesta di registrazione al PELL, hai tempo 72 ore per effettuare il tuo primo accesso e modificare la password temporanea.» Questo per attestare il reale interesse del comune ad entrare a far parte del mondo PELL.

Una volta effettuato il primo accesso al PELL, sarà necessario cambiare la password temporanea, con una a discrezione dell'utente, rispettando tuttavia i requisiti di lunghezza di almeno 8 caratteri, che contengano almeno un carattere numerico ed uno tra quelli considerati speciali. E' previsto anche un sistema di sicurezza, un captcha alfanumerico, corredato eventualmente anche da lettura audio dello stesso, che deve essere riscritto dall'utente per garantire di essere una persona fisica.

A processo ultimato con successo, avverrà in automatico il redirecting all'elenco dei servizi disponibili nell'area riservata, il primo dei quali riguarda ovviamente il completo management delle schede censimento.

Si prevede un processo articolato, in cui ogni fase è ben illustrata tramite un popup che ne spiega la modalità di esecuzione ed è approcciabile solo quando la precedente è andata a compimento in modo corretto. In dettaglio:

1. Download dell'empty template della scheda censimento, un file Excel organizzato con campi obbligatori, non obbligatori, condizionali sulla base della scelta di opzioni precedenti ed autocompilati. Concettualmente si parte da una visione di alto livello, di comune e di singolo POD (Point Of Delivery), per poi arrivare ad una vista puntuale, a livello di singolo apparecchio

presente in ogni zona stradale individuata (si rimanda al paragrafo 3.4 per la descrizione della scheda censimento)

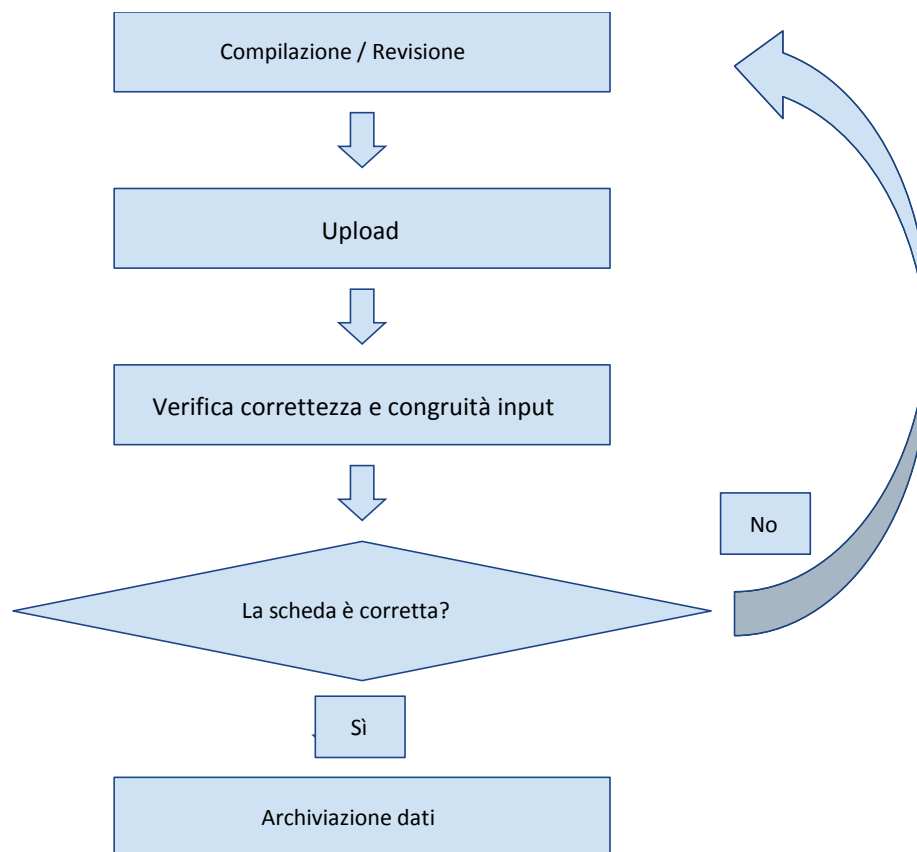
Per un'agevole ed accurata compilazione si rende obbligatorio il download del documento contenente le linee guida alla compilazione. Viene fatta particolare chiarezza sulla terminologia ed i concetti ivi contenuti, per evitare fraintendimenti ed errati intendimenti.

2. Download del documento in PDF di liberatoria e caricamento dello stesso con firma in calce e che sarà archiviato localmente. Sarà necessario allegare un documento di identità ed il codice fiscale. Le scansioni potranno essere sempre visualizzati, nuovamente ricaricati o cancellati al click dei rispettivi bottoni. In caso di cancellazione di un documento, l'utente avrà 72 ore per provvedere a caricarne il sostitutivo, oltre il quale si dovrà procedere ad una nuova registrazione utente.

Sulla liberatoria dovrà essere indicata una clausola nella quale si specificherà che l'adesione al PELL è valevole fino alla data indicata oppure si intende rinnovata ogni anno con tacito rinnovo etc...

Il bottone "Invia" consente un invio di una mail al rappresentante del comune autorizzandolo alla gestione dei dati con le credenziali di accesso all'area riservata.

3. Il gestore dei dati compila le informazioni comunali di natura statistica, presentate come menù a tendina con diversi range, che saranno fruibili a livello aggregato. In particolare si richiedono:
  - a. Tipologie di lampade installate
  - b. Potenza lampade installate
  - c. Numero pali
  - d. Numero apparecchi installati
4. Caricamento della/e scheda/e censimento degli impianti per verificarne lo stato dell'arte. Queste saranno sottoposte preliminarmente ad operazioni di controllo degli input inseriti, accertandone la validità e la coerenza. Dal lato interfaccia, in caso di esito negativo, il file sarà evidenziato in rosso e sarà possibile effettuare il download della stessa scheda in cui saranno evidenziati con un triangolo rosso le celle in cui sono stati riscontrati errori. Se la scheda risulta valida nelle informazioni presenti, sarà evidenziato in giallo a significare che non è stata ancora archiviata nel database. Infine, concluso con successo il processo di immagazzinamento dati, il file sarà evidenziato in verde. Il trasferimento dei dati al PELL segue pertanto il seguente flow chart (Figura 27).



**Figura 27. Iter per acquisizione ed archiviazione dati della scheda censimento**

5. Il documento originariamente caricato potrà essere visualizzato, nuovamente ricaricato o cancellato al click dei rispettivi bottoni. Da questo momento in poi, il documento di liberatoria firmato dal gestore dei dati non potrà essere più cancellato.

L'applicativo per il caricamento e la validazione delle schede censimento è stato realizzato in collaborazione con CRIET [1]

6. Una prima indicazione circa il file di censimento appena caricato sarà data da due barre, come si riscontra nella successiva Figura 28. La prima fa riferimento al numero di dati obbligatori inseriti rispetto al totale; la seconda mostra, sulla base delle informazioni inserite, il numero di KPI di progetto disponibili in relazione a quelli disponibili.

Tale grafico ha un impatto immediato e chiaro per l'utente registrato: oltre ad una consapevolezza della qualità del censimento effettuato, è di stimolo a cercare di reperire ulteriori e quante più possibili informazioni per migliorarne l'indicatore ed avere di conseguenza un quadro più completo circa le performance degli impianti di illuminazione di propria competenza. Il colore è funzione del numero di dati inseriti:

- Nel caso dei dati obbligatori, si avrà il colore:
  - rosso, nel caso siano inferiori ad un terzo del totale e quindi 15;
  - giallo, da un terzo a due terzi del totale, da 16 a 30;
  - verde, oltre i due terzi del totale, da 31.
- Nel caso dei KPI disponibili, si avrà il colore:

- rosso, nel caso non siano calcolabili KPI, diretta conseguenza della scarsità di informazioni inserite;
- giallo, da 1 alla metà del totale, allo stato attuale 3 (approssimato per eccesso);
- verde, oltre la metà del totale.



Figura 28. Barre indicanti lo status delle schede censimento e dei KPI disponibili

Infatti è stato preferito che le barre non avessero un’accezione “negativa”, ovvero specificando i dati non presenti/i KPI non disponibili per non incorrere in scoraggiamenti o rifiuti nell’utilizzo del PELL. Lo scopo del PELL è quello di essere di supporto e di invogliare, con un approccio di carattere *data driven*, il processo informativo e quindi decisionale/gestionale dei responsabili comunali.

### 3.5.10 Modalità di consultazione di una prima serie di dati caricati sulla piattaforma, relativi allo stato dell’impianto oggetto di analisi, da parte di amministratori e cittadini. (ENEA)

La creazione della banca dati PELL e la varietà dei dati caricati consente ad amministratori e cittadini di poter disporre di una serie d'informazioni generali inerenti agli impianti di pubblica illuminazione. Le informazioni possono essere reperite e visualizzate mediante accesso al PELL e sono relative, al momento, ai consumi degli impianti e alle loro prestazioni espresse per mezzo d'indicatori .

Alla prima fase sperimentale del PELL hanno partecipato 10 comuni del sud Italia, essendo il PELL attualmente limitato alle regioni a convergenza, di seguito elencati:

- **Regione Sicilia**
  - Agrigento (AG)
  - Balestrate (PA)
  - Catania (CT)
  - Sciacca (AG)
  - Trapani (TP)
  
- **Regione Puglia**
  - Barletta (BT)
  - Conversano (BA)
  - Melpignano (LE)
  - Manfredonia (FG)
  - Montalbano Elicona (ME)

Ogni comune ha effettuato il censimento di alcuni dei suoi impianti di illuminazione pubblica, per un totale di 49 impianti, così ripartiti (Tabella 13).

Dato il successo del PELL sia in termini di partecipazione durante l'evento ufficiale di presentazione sia da parte degli stakeholders ed operatori del settore che hanno collaborato e dato il loro contributo alla realizzazione della scheda censimento, diverse sono le richieste di adesione al PELL pervenute ai responsabili amministrativi e tecnici del progetto, tra i quali si annoverano il comune di Livorno, Pisa, Cagliari (Figura 29).

<i>Comuni</i>	<i>Numero Impianti</i>
<b>Regione Sicilia</b>	
<i>Agrigento (AG)</i>	6
<i>Balestrate (PA)</i>	7
<i>Catania (CT)</i>	10
<i>Montalbano Elicona (ME)</i>	2
<i>Sciacca (AG)</i>	10
<i>Trapani (TP)</i>	5
<i>Totale</i>	40
<b>Regione Puglia</b>	
<i>Barletta (BT)</i>	1
<i>Conversano (BA)</i>	1
<i>Manfredonia (FG)</i>	4
<i>Melpignano (LE)</i>	3
<i>Totale</i>	9

**Tabella 13. Ripartizione Comuni coinvolti e numero di impianti allacciati al PELL**

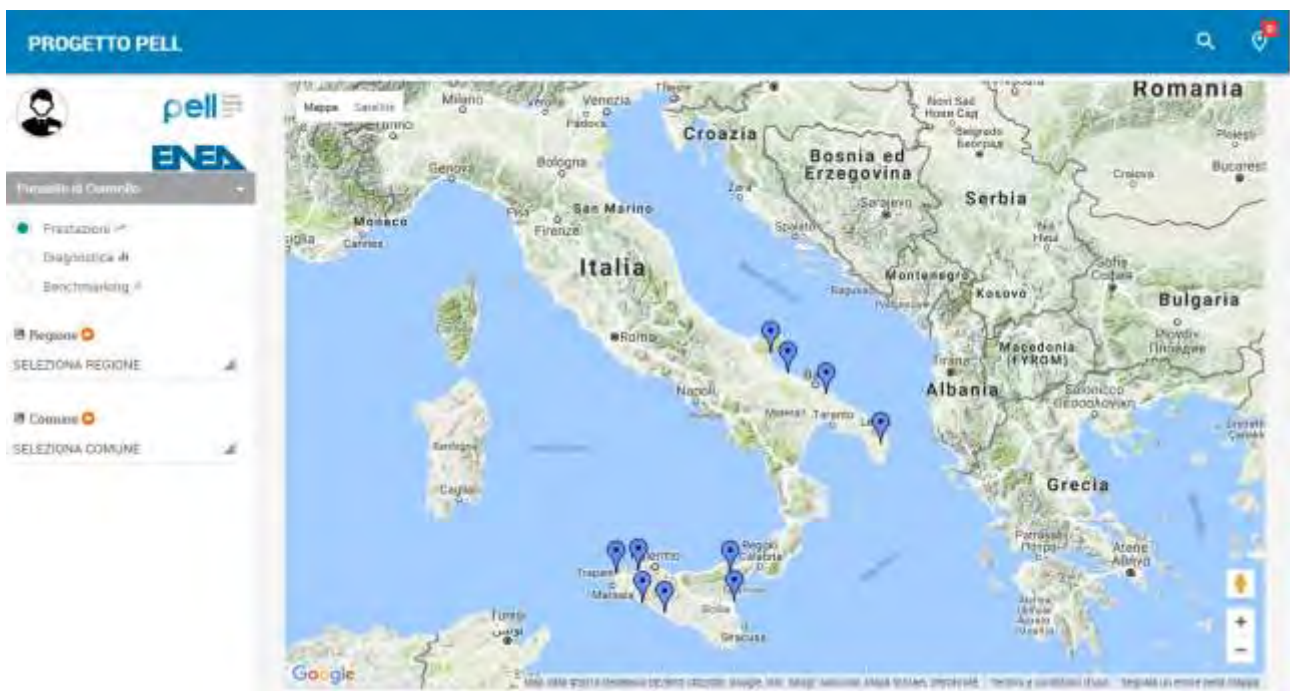


Figura 29. Visualizzazione dei comuni registrati sul portale PELL

Selezionando la regione Sicilia tra le opzioni presenti nel menù a tendina della sidebar, la visualizzazione viene centrata e viene zoomata, come si vede in Figura 30.

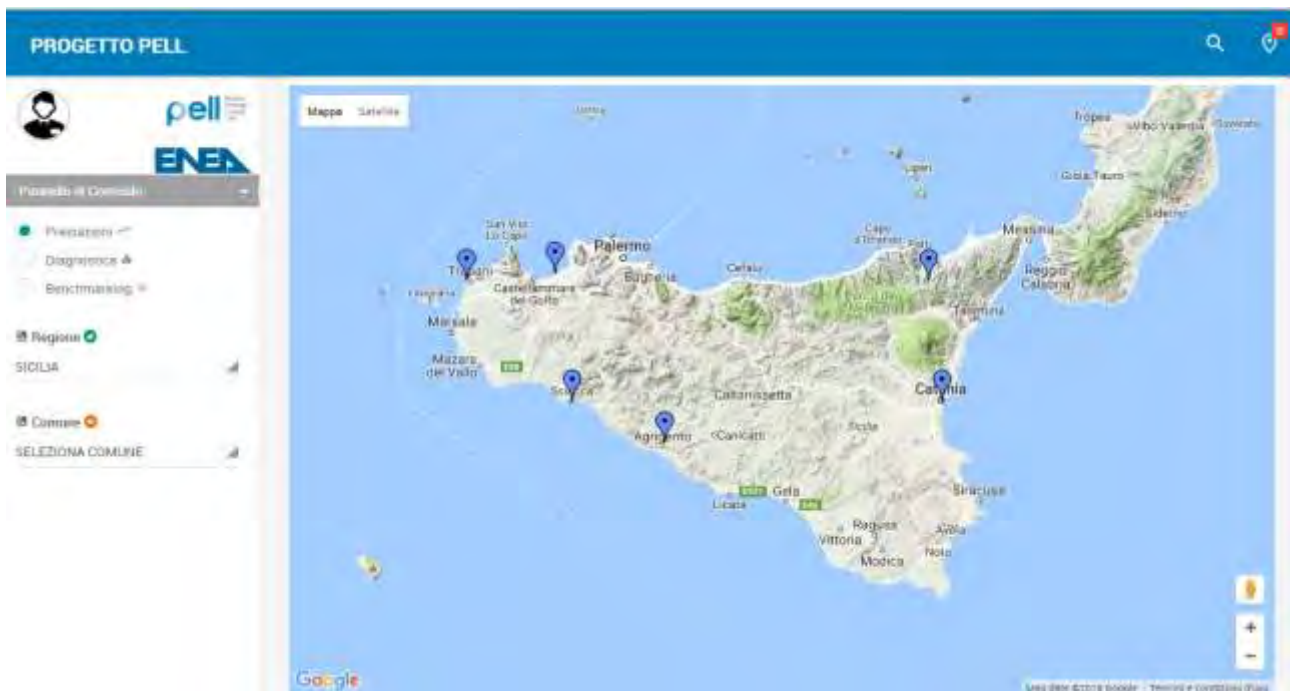
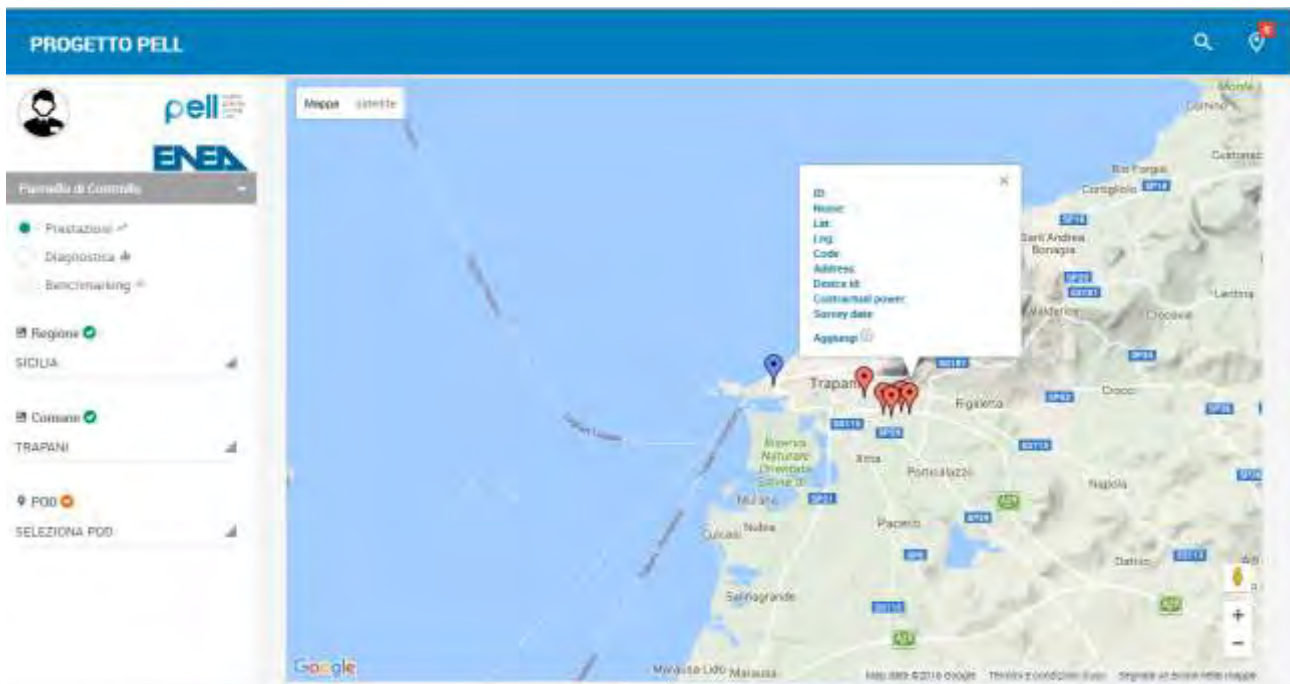


Figura 30. Focus sui comuni della regione Sicilia

Selezionando un comune, appaiono i relativi impianti censiti e caricati sulla piattaforma PELL: un popup visualizzerà una serie di informazioni, tra le quali l’identificativo, il codice, la latitudine e longitudine, la potenza contrattuale, etc. e che possono essere customizzate (Figura 31).



**Figura 31. Esempio di visualizzazione dati per un Comune**

Numerose sono le informazioni che possono essere reperite a partire dalle schede censimento così come è possibile derivarne statistiche a livello più o meno aggregato.

Di seguito si riportano alcuni esempi di tabelle di dati che possono essere estrapolate dalla piattaforma PELL per analizzare le informazioni acquisite con la scheda censimento.

I dati visualizzabili, su base aggregata, da un utente generico (utente non registrato) possono essere relativi alla tipologia di contratto ed al numero di impianti correlati (Tabella 14).

<i>Tipologia di contratto</i>	<i>Numero impianti</i>
<i>Maggior tutela</i>	4
<i>Mercato libero</i>	45

**Tabella 14. Tipologia di contratto e numero di impianti**

Piuttosto che visualizzare il numero di apparecchi installati negli impianti di una Regione/Comune ed associare la tipologia di sorgente luminosa (Tabella 15), in questo caso possiamo avere una visione di quante sorgenti luminose di un certo tipo siano ancora presenti sul territorio comunale, regionale o nazionale.

<b>Tipologia sorgenti</b>	<b>Numero apparecchi</b>
<b>HG - Mercurio alta pressione</b>	0
<b>SAP - Sodio alta pressione</b>	942
<b>SBP - Sodio Bassa pressione</b>	123
<b>LED</b>	2600
<b>INC - Incandescenza</b>	1
<b>ML - Miscelate</b>	0
<b>IM - Ioduri metallici</b>	132
<b>F - Fluorescente</b>	2
<b>A - Alogena</b>	4
<b>Totale</b>	3804

**Tabella 15. Tipologia di sorgente e numero apparecchi**

Può essere interessante la visualizzazione delle tipologie di sorgenti luminose, associato alle potenze nominali ed al numero effettivo di apparecchi nei quali sono installate le tecnologie. Questo permette di arrivare ad un dettaglio interessante per capire le potenze elettriche presenti negli impianti di illuminazione di un dato Comune, Regione (\* Vi sono anche 27 sorgenti LED indicate con potenza nominale 0 W giustificate dalla mancanza delle lampade o del sostegno in loco) (Tabella 16).

<i>Tipologia sorgenti</i>	<i>Potenza nominale [W]</i>	<i>Numero apparecchi</i>
<b>SAP - Sodio alta pressione</b>	70	347
	150	403
	250	181
	400	11
<b>SBP - Sodio Bassa pressione</b>	150	123
<b>LED*</b>	20	3
	26	2
	41	967
	45	45
	50	4
	55	776
	56	12
	68	30
	71	383
	85	14
	89	4
	102	10
	108	322
	150	1
<b>INC - Incandescenza</b>	25	1
<b>IM - Ioduri metallici</b>	50	12
	70	66
	150	52
	250	2
<b>F - Fluorescente</b>	58	2
<b>A - Alogena</b>	70	1

**Tabella 16. Tipologia sorgenti organizzate secondo le potenze nominali**

Altre informazioni visualizzabili possono essere la modalità di funzionamento degli impianti (Tabella 17) e l'età media degli apparecchi per capire se siano stati riqualificati o sia necessario prevedere un intervento di sostituzione degli stessi (Tabella 18).

<i>Modalità di riduzione del flusso</i>	<i>Numero impianti</i>
<i>Statica</i>	38
<i>Dinamica</i>	11

**Tabella 17. Modalità di riduzione del flusso luminoso**

<i>Età apparecchi</i>	<i>Numero apparecchi</i>
<i>&lt; 3 anni</i>	2831
<i>≥ 3 anni &amp; &lt; 5 anni</i>	382
<i>≥ 5 anni &amp; &lt; 10 anni</i>	0
<i>≥ 10 anni</i>	591

**Tabella 18. Età apparecchi installati**

Per una analisi di dettaglio del territorio può essere rilevante visualizzare la tipologia della classificazione stradale ed il numero di zone che vi afferiscono (Tabella 19) oppure in base alle indicazioni riportate sulla scheda censimento è possibile visualizzare lo stato di conservazione degli impianti (Tabella 20) e/o il numero di ore di accensione annue (Tabella 21). Inoltre può essere utile visualizzare il consumo elettrico annuale (dichiarato nella scheda censimento) a livello comunale ( Tabella 22) o regionale (Tabella 23).

<b>Tipologia zone</b>	<b>Numero zone</b>
<b>A1 – Autostrade extraurbane – Limite di velocità 130-150 km/h – ME1</b>	0
<b>A1 – Autostrade urbane – Limite di velocità 130 km/h – ME1</b>	0
<b>A2 – Strade di servizio alle autostrade extraurbane – Limite di velocità 70-90 km/h - ME2</b>	0
<b>A2 -- Strade di servizio alle autostrade urbane – Limite di velocità 50 km/h - ME2</b>	0
<b>B – Strade extraurbane principali – Limite di velocità 110 km/h - ME2</b>	0
<b>B – Strade di servizio alle strade extraurbane principali – Limite di velocità 70-90 km/h - ME3b</b>	0
<b>C – Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) – Limite di velocità 70-90 km/h - ME2</b>	0
<b>C – Strade extraurbane secondarie – Limite di velocità 50 km/h - ME3b</b>	0
<b>C – Strade extraurbane secondarie con limiti particolari – Limite di velocità 70-90 km/h - ME2</b>	0
<b>D – Strade urbane di scorrimento – Limite di velocità 70 km/h - ME2</b>	0
<b>D – Strade urbane di scorrimento – Limite di velocità 50 km/h - ME2</b>	0
<b>E – Strade urbane interquartiere – Limite di velocità 50 km/h - ME2</b>	1
<b>E – Strade urbane di quartiere – Limite di velocità 50 km/h - ME3b</b>	122
<b>F – Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) – Limite di velocità 70-90 km/h - ME2</b>	0
<b>F – Strade locali extraurbane – Limite di velocità 50 km/h - ME3b</b>	0
<b>F – Strade locali extraurbane – Limite di velocità 30 km/h - S2</b>	0

**Tabella 19. Tipologia e numero di zone stradali**

<i>Stato di conservazione</i>	<i>Numero impianti</i>
<b>Nuovo</b>	3
<b>Accettabile</b>	33
<b>Da ricablare</b>	0
<b>Da sostituire</b>	13

**Tabella 20. Stato di conservazione quadro elettrico**

<i>Numero ore [h]</i>	<i>Numero impianti</i>
<b>&lt; 4000</b>	0
<b>≥ 4000 &amp; &lt; 4100</b>	24
<b>≥ 4100</b>	25

**Tabella 21. Funzionamento annuale impianti**

<i>Comune</i>	<i>Consumo elettrico annuale [kWh]</i>
<b>Agrigento</b>	33996
<b>Balestrate</b>	166669,2
<b>Barletta</b>	80118
<b>Catania</b>	120916
<b>Manfredonia</b>	201043
<b>Melpignano</b>	139442
<b>Sciacca</b>	110703,5
<b>Trapani</b>	47264,4

**Tabella 22. Consumo elettrico annuale per singolo comune**

Si fa presente che le schede censimento compilate per gli impianti dei comuni di Conversano e Montalbano non riportano l'informazione relativa al consumo elettrico annuo.

<i>Regione</i>	<i>Consumo elettrico annuale [kWh]</i>
<b>Puglia</b>	420603
<b>Sicilia</b>	479549,1

**Tabella 23. Consumo elettrico annuale per regione**

Altre statistiche effettuate hanno rivelano che:

- tutti i 49 impianti sono telegestiti e con attività di rilevamento guasti da remoto.
- 1 impianto funziona in modalità tutta notte - mezza notte
- 4 impianti non effettuano la regolazione del flusso luminoso; dei 45 impianti rimanenti, il flusso luminoso può essere regolato in modalità punto-punto.

Il portale di visualizzazione dei dati di censimento è stato concepito con l'idea di mostrare indicatori, grafici e statistiche differenziate sulla base della tipologia di utenti che abbia accesso. Quanto mostrato qui è ciò che un Utente Non registrato potrebbe visualizzare sul portale del PELL (dati sempre aggregati).

### **3.6 Le grandi infrastrutture e la gestione grandi quantità di dati : ElasticSearch (ENEA)**

Si parla di "big data" quando i dati da gestire superano le capacità di memorizzazione, gestione e analisi tipiche dei tradizionali sistemi per le basi di dati. Le caratteristiche generali di questi enormi magazzini di dati vengono spesso descritte secondo tre dimensioni, dette le tre "v" dei big data (volume, varietà, velocità). In tale categoria rientrano sicuramente tutte le applicazioni del tipo "IoT<sup>1</sup>" cioè sensori, videocamere, contatori e quant'altro arricchisca tali progetti nella tematica delle 'Smart Cities and Communities' ed in particolare in quella del controllo delle infrastrutture pubbliche energivore (es. edifici pubblici, illuminazione pubblica, reti idriche, trasporti pubblici, etc.) che è per sua natura fonte di grandi quantità di dati tra loro eterogenei.

In tale scenario, una piattaforma che ambisca al controllo e la valutazione delle prestazioni (consumi e funzionalità) delle infrastrutture pubbliche energivore (es. edifici pubblici, illuminazione pubblica, reti idriche, trasporti pubblici, etc.) non può non porsi il problema di come gestire e rendere fruibili al meglio tali dati e le loro elaborazioni.

La tecnologia dei Data Base Management System (DBMS) relazionali, ottima per un gran numero di applicazioni, risulta non essere più efficiente quando si devono trattare questi temi.

L'eterogeneità delle informazioni, sia in termini qualitativi che quantitativi, la loro raccolta distribuita sul territorio, la criticità e talora la riservatezza ne rendono complessa la gestione con strumenti tradizionali.

La maturità raggiunta dalle tecnologie NoSQL fa pensare che è arrivato il momento di prendere in considerazione questo nuovo approccio per lo sviluppo di questi progetti (il mondo delle aziende ict sta già investendo in questo settore in modo considerevole) e, perché no, studiare la possibilità di un'eventuale migrazione dei repository legacy a questo nuovo mondo.

Pertanto l'obiettivo di questa attività è di approfondire la conoscenza di uno dei DBMS NoSQL tra i più diffusi, ElasticSearch, cercando di capire quanto strumenti di questo genere possono realmente permettere un salto nel "futuro" rendendo di fatto più performanti i sistemi informativi di un sistema orientato al controllo di grandi infrastrutture energetiche.

---

<sup>1</sup> Internet of Things

### 3.6.1 DBMS NoSQL

NoSQL è l'acronimo di "Not Only SQL" e deve essere inteso come un'alternativa al ben più famoso modello relazionale.

Ormai anche le più grosse aziende del mondo come Google e Amazon utilizzano strumenti di questo tipo per gestire al meglio i loro documenti e migliorare le performance dei loro sistemi; e organizzazioni di ricerca come il CERN implementano sulle proprie infrastrutture decine di nodi ai fini del monitoraggio del loro sistemi ICT utilizzando queste nuove tecnologie.

Con l'ormai consolidata era dei BigData è necessario al giorno d'oggi dotarsi di sistemi flessibili (o smart) che consentano di gestire informazioni non necessariamente strutturate e provenienti dalle sorgenti più disparate.

Tutto questo moltiplicato per il numero di data provider che un'applicazione IoT è chiamata a gestire, impone necessariamente di aumentare di qualche ordine di grandezza le unità di misura finora gestite.

Se finora abbiamo ragionato sui GB o TB da adesso in poi i TB saranno l'unità di misura minima su cui ragionare, moltiplicando tutto questo per il numero di nodi sui quali le nostre future applicazioni saranno distribuite.

Quando si ragiona in termini di Big Data occorre tener presente alcune caratteristiche come:

- **Volume**, inteso come enorme quantità di dati;
- **Varietà**, diverse tipologie di dato;
- **Velocità**, che spesso accompagna la produzione del dato stesso;
- **Veracità**, che non solo che i dati siano corretti, ma che anche l'analisi su questi ultimi sia corretta.

Ecco che allora i DBMS relazionali presentano dei seri limiti:

- **Join**, mettere in relazione tabelle di milioni (che potranno diventare miliardi) di tuple potrà mettere a dura prova qualsiasi server;
- **Conflitto di impedenza**: problema causato dal cercare di armonizzare le applicazioni IoT, che tipicamente sono sviluppate con linguaggi OO, con i modelli relazionali;
- **Scalabilità**: sarà sempre più necessario poter scalare orizzontalmente e questo non è possibile per tutti i DBMS relazionali, specie quelli Open Source. Alcuni sistemi commerciali lo consentono ma a costi spesso proibitivi;
- **Schema rigido**; il modello relazionale prevede il disegno del DB in modo particolarmente rigido per la quale ragione è necessario effettuare una progettazione accurata. Questo approccio però difficilmente può tenere conto degli sviluppi del dominio a cui si riferisce e una modifica anche ad una sola tabella del DB può essere particolarmente onerosa.

Al tempo stesso i sistemi NoSQL presentano una serie di vantaggi considerevoli:

- **Semplicità**, sia in fase di installazione dell'infrastruttura iniziale sia nel disegno logico del DB, tenendo conto che:
  - Un'eventuale richiesta di maggiori risorse normalmente viene soddisfatta con l'aggiunta di ulteriori nodi senza che questo infici il sistema attuale che, anzi, se ne avvantaggia;
  - Qualsiasi modifica al formato dei documenti non influisce minimamente su quanto già memorizzato.
- **Object Oriented**: non è necessario mappare le entità gestite dall'applicazione con il DB. I documenti del DB sono una rappresentazione diretta degli oggetti del dominio;
- **Costi**: i sistemi NoSQL sembrano essere più economici sotto diversi punti di vista:
  - Infrastrutturale;
  - Manutenzione;
  - Licenze;
  - Sviluppo.

- **Replicazione e distribuzione:** spesso i DB NoSQL possiedono queste caratteristiche che rendono i sistemi più robusti in termini di fault tolerance e migliorano le prestazioni potendo distribuire non solo i dati ma anche il carico di richieste;
- **Flessibilità:** la mancanza di uno schema predefinito rende i DB NoSQL estremamente flessibili. Possono salvare dati e variabili eterogenei senza alcun problema.

### 3.6.2 Il teorema CAP

Il teorema CAP (Figura 32 ), formulato per la prima volta da Eric Brewer nel 2000, afferma che un sistema distribuito può al massimo soddisfare contemporaneamente due delle tre seguenti caratteristiche:

1. **Consistency:** tutti i nodi hanno gli stessi dati, e dopo ogni modifica, essi riflettono tale modifica agli altri nodi replica;
2. **Availability:** il sistema è sempre disponibile e risponde sempre a tutte richieste;
3. **Partition Tolerance:** intesa come capacità di un sistema di resistere e recuperare perdite di dati o guasti. Se un nodo non è più disponibile per un qualsiasi problema il sistema continua a funzionare.

I DBMS relazionali, che supportano le prime due caratteristiche non sono più la soluzione migliore, o quantomeno l'unica, per soddisfare le applicazioni odierne e future; queste infatti, dovendo essere sviluppate su sistemi distribuiti in larga scala, hanno bisogno di availability e partition tolerance, ponendo di fatto la consistenza in secondo piano.

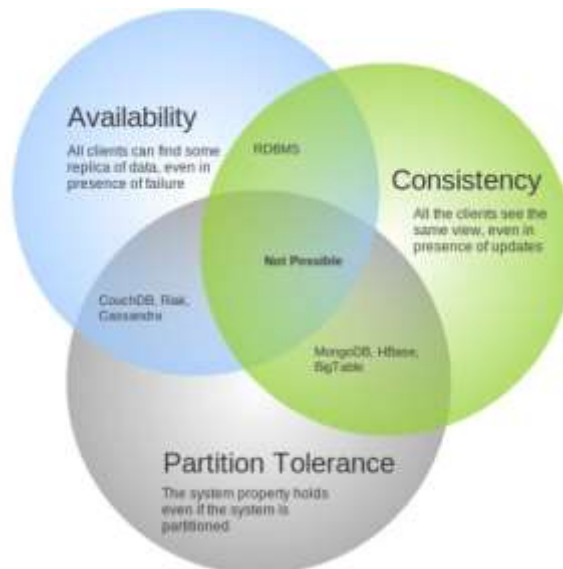


Figura 32. Il teorema CAP

### 3.6.3 ACID vs BASE

Mentre i sistemi relazionali si basano su un set di proprietà definito ACID, i nuovi DB NoSQL utilizzano un modello completamente differente chiamato BASE.

#### Transazioni ACID

Come detto, i DBMS relazionali fanno dell'integrità e disponibilità dei dati la propria forza. Per offrire queste caratteristiche si basano su una serie di proprietà delle loro transazioni note come ACID acronimo di:

- **Atomicità:** una transazione è un'operazione atomica, o tutto o niente;
- **Consistenza:** il DB si deve trovare in uno stato consistente prima e dopo l'esecuzione di una transazione;

- **Isolamento:** ogni transazione è indipendente dalle altre, non deve alterare l'esecuzione di un'altra;
- **Durabilità:** o persistenza. I cambiamenti apportati al DB non devono andare persi.

ACID è un approccio molto rigoroso, che pone molta attenzione alla availability e alla consistency. Il teorema CAP impedisce ai database basati su ACID di assicurare partition tolerance.

#### Approccio BASE

Come detto i sistemi distribuiti sono una realtà e NoSQL è la più naturale risposta in quanto segue un approccio detto BASE, del tutto diverso dal modello ACID di cui sopra.

BASE si basa su tre principi ed è l'acronimo di:

- **Basic Availability:** la disponibilità dei dati è garantita. Invece di gestire un grande e monolitico sistema, affidandosi alla resistenza ai guasti dello stesso, si preferisce suddividere i dati su più nodi creando un'infrastruttura intrinsecamente "fault tolerant". Non assicura la consistenza dei dati.
- **Soft state:** lo stato del sistema può cambiare nel tempo e non c'è alcuna garanzia che i dati rimangano invariati, anche in assenza di modifiche. L'onere di assicurare la consistenza dei dati è lasciato all'applicazione.
- **Eventual consistency:** il sistema garantisce che i dati convergeranno ad uno stato consistente, senza garanzie su quando questo accadrà. Con lo stesso principio i dati saranno propagati in tutto il sistema. Non sono effettuati controlli sulla consistenza tra una transazione e l'altra.

Al contrario dei RDBMS, i sistemi BASE si focalizzano sulla disponibilità del servizio anziché sulla consistenza.

Lo scopo dei database NoSQL è infatti fornire una base di dati sempre disponibile ed espandibile a piacere, anche se questo significa non garantire dati sempre aggiornati in tempo reale.

#### 3.6.4 Tassonomia dei DB NoSQL

Esistono diversi DBMS NoSQL, ognuno con le proprie peculiarità, ognuno con i propri punti di forza e di debolezza.

È tuttavia possibile classificare tali DBMS in quattro distinte categorie:

##### DB Key-value

Sono i DBMS con il modello dei dati più semplice e intuitivo. Essi salvano semplicemente delle coppie chiave-valore.

Le chiavi sono mappate all'interno di contenitori logici chiamati "bucket" i quali non raggruppano fisicamente i dati ma servono solo in fase di lettura per creare subset di oggetti.

Viene usata una tabella hash per mappare le chiavi all'interno di ogni bucket.

Per leggere un valore è necessario conoscere la chiave e il bucket in cui si trova.

Non avendo una sintassi di interrogazione sofisticata, questo tipo di database non sono l'ideale quando è necessario interrogare o aggiornare i dati.

Inoltre, all'aumentare del volume dei dati, mantenere un insieme di chiavi uniche può diventare complesso.

##### Document-based

Si tratta anche in questo caso di collezioni di coppie chiavi-valore. La differenza con i key-value DB è che gruppi di chiavi possono essere raggruppati in strutture complesse chiamate appunto, documenti.

Grazie a questa sovrastruttura, è possibile definire un metodo per cercare i documenti che rispondono a certi criteri.

### Column-based

Questi DBMS, in contrapposizione ai DBMS relazionali "row-oriented", memorizzano i dati per colonne anziché per righe. Queste colonne sono raggruppate in strutture chiamate "famiglie" che ricordano molto il concetto di tabella.

La differenza sostanziale da una tabella relazionale è che una famiglia non definisce a priori le colonne al suo interno.

Le righe in una famiglia possono avere un numero differente di colonne l'una dall'altra. L'organizzazione per colonne ha un alto impatto a livello di performance. I valori in una stessa colonna sono contigui su disco.

In fase di ricerca tutti i valori di una colonna vengono caricati in memoria, rendendo le interrogazioni più veloci.

### Graph-based

Si basano sulla teoria dei grafi, quindi utilizzano i concetti di:

- **Nodi**, che rappresentano le informazioni principali e più importanti.
- **Archi**, che rappresentano attraverso informazioni secondarie le relazioni tra i nodi.

Questi DBMS possono essere visti come un caso particolare di quelli document-oriented. Basta delegare alcuni documenti alla rappresentazione delle relazioni. Un utilizzo quasi scontato per questi database sono i social network.

Un aspetto interessante è la possibilità di sfruttare gli algoritmi dei grafi per ottimizzarne l'utilizzo.

### 3.6.5 Svantaggi del modello NoSQL

Ovviamente anche questo tipo di DBMS possiedono dei punti di debolezza.

- **Consistenza** dei dati: NoSQL assicura la possibilità di scalare agevolmente in orizzontale e di replicare i dati in diversi server. Facendo riferimento al teorema CAP illustrato in precedenza, questo assicura availability e partition tolerance. L'integrità dei dati, quindi deve necessariamente essere messa in secondo piano.
- **Standardizzazione**: la natura open-source di questi sistemi può essere considerata il loro più grande punto di forza e di debolezza allo stesso tempo. Questo perché esistono molte implementazioni, ognuna diversa dall'altra. Ancora non si può fare affidamento su uno standard come lo è SQL per il modello relazionale. L'integrazione in sistemi persistenti può richiedere grossi sforzi. In più una migrazione da un database NoSQL può creare non poche difficoltà. È necessario fare le dovute considerazioni quando si pensa di adottare questi database.

La filosofia stessa del movimento NoSQL non pretende di soppiantare il modello relazionale. Vuole essere solo un'alternativa per quelle applicazioni a cui un database tradizionale non è più sufficiente talora affiancando lo stesso per svolgere compiti specifici con prestazioni più elevate.

### 3.6.6 ElasticSearch

ElasticSearch, da ora ES, è un server di ricerca basato su Lucene<sup>2</sup>, con capacità di ricerca Full Text, con supporto ad architetture distribuite.

Scritto in Java, tutte le funzionalità sono nativamente esposte tramite interfaccia RES Tful<sup>3</sup>, mentre le informazioni sono gestite come documenti JSON<sup>4</sup>.

ES può essere usato per cercare qualsiasi tipo di documento e fornisce un sistema di ricerca scalabile, quasi di tipo real-time, con supporto al multitenancy.

---

<sup>2</sup> Pagina ufficiale di Lucene: <https://lucene.apache.org>

<sup>3</sup> REpre- sentational State Transfer, particolare approccio architetturale che sfrutta il protocollo HTTP per il trasferimento di dati

<sup>4</sup> JavaScript Object Notation, protocollo per memorizzare informazioni in maniera organizzata, semplice e accessibile

ES è distribuito; questo significa che i dati possono essere partizionati e memorizzati su sistemi diversi (o nodi) nei quali vengono a loro volta suddivisi in cosiddetti shard. Questi shard, porzioni di dati suddivisi in modo trasparente da ES, possono essere di due tipi, come si vedrà in seguito: primari o repliche.

Ogni nodo contiene uno o più shard, ed è in grado di agire da coordinatore, delegando le operazioni necessarie allo shard (o agli shard) corretti. Routing e ribilanciamento sono effettuati automaticamente

Intorno a ES esistono altri tools o plugin, alcuni free altri a pagamento, che arricchiscono la suite.

È possibile inoltre utilizzare ES in versione Cloud ma a pagamento (gratis la trial per 2 settimane).

ES nel gennaio 2016 è risultato essere il motore di ricerca più utilizzato.

Cuore di ES è il sistema automatizzato di analisi del linguaggio. ES è in grado di analizzare porzioni di testo in qualsiasi lingua e formato, indicizzando in modo efficiente termini chiave e persino sinonimi rappresentando un sistema di ricerca dalle potenzialità incredibili.

ES utilizza un particolare linguaggio basato su JSON per codificare la struttura di una ricerca. A differenza del linguaggio SQL, il query DSL è componibile a piacere in modo da garantire la massima libertà di ricerca.

### Parlare a ES

JAVA, 2 modi :

- Node client
  - Questo client si unisce ad un cluster locale come un "NON-DATA-NODE". Non mantiene i dati veri e propri ma sa dove recuperarli nel cluster.
- Transport client
  - Questo client è più leggero e può essere usato per inviare richieste a cluster remoti senza "unirsi" necessariamente ai cluster.

Entrambi i client parlano ai cluster sulla porta 9300.

Importante che la versione Java sia quella almeno di ES, non inferiore.

### RESTful API with JSON over HTTP

Tutti gli altri linguaggi possono comunicare con ES sulla porta 9200 usando le API RESTful, anche tramite linea di comando con cURL.

ES fornisce client ufficiali per diversi linguaggi: Groovy, JavaScript, .NET, PHP, Perl, Python, and Ruby. A questi si aggiungono comunità più o meno grandi che forniscono driver di altri linguaggi.

Una richiesta a ES è sostanzialmente un HTTP request:

```
curl -X<VERB> ' <PROTOCOL>:// <HOST>: <PORT>/ <PATH>?<QUERY_STRING>' -d '<BODY>'
```

Es.:

Request	Response
<pre>curl -i -XGET 'localhost:9200/'</pre>	<pre>HTTP/1.1 200 OK Content-Type: application/json; charset=UTF-8 Content-Length: 323 {   "name" : "es_paulo_node-1",   "cluster_name" : "es_paulo_dev",   "version" : {     "number" : "2.3.3",     "build_hash" : "218bdf10790eef486f2c41a3df5cf a32dadcfde",     "build_timestamp" : "2016-05-17T15:40:04Z",     "build_snapshot" : "final",     "lucene_version" : "5.5.0"   },   "tagline" : "You Know, for Search" }</pre>

il parametro -i permette di avere all'inizio della risposta l'header HTTP.

Con il parametro -d è possibile aggiungere una richiesta più strutturata in formato JSON

Es.:

Request	Response
<pre>curl -XGET 'http://localhost:9200/_count?pretty' -d '{   "query": {     "match_all": {}   } }'</pre>	<pre>{   "count" : 0,   "_shards" : {     "total" : 5,     "successful" : 5,     "failed" : 0   } }</pre>

Utilizzando Sense nel proprio browser è possibile minimizzare la struttura delle richieste. Questo è un esempio di come il comando

```
curl -XGET 'localhost:9200/_count?pretty' -d '
```

diventa in Sense

```
GET /_count
{
  "query": {
    "match_all": {}
  }
}
```

### 3.6.7 Document Oriented

Si ha sempre più a che fare con dati strutturati in modo eterogeneo e memorizzarli in rigide architetture relazionali diventa sempre più problematico.

Forse allora è meglio gestire gli oggetti per quello che sono, degli articolati documenti che possono contenere informazioni delle più disparate su cui a seguito avremo bisogno di effettuare ricerche.

ES, essendo document-oriented in modo nativo, memorizza l'intero oggetto/documento nel proprio storage indicizzando ogni singola informazione (a meno che non gli si dica espressamente di non farlo per certi dati).

ES è particolarmente efficace sulle ricerche complesse full-text.

### JSON

ES utilizza la notazione JSON, uno standard che grazie alla sua maturità si è particolarmente diffuso.

La serializzazione dei documenti è ormai supportata dai principali linguaggi di programmazione ed è diventato lo standard di riferimento per i DBMS NoSQL.

Un esempio di notazione JSON:

```
{
  "email": "john@smith.com",
  "first_name": "John",
  "last_name": "Smith",
  "info": {
    "bio": "Eco-warrior and defender of the weak",
    "age": 25,
    "interests": [ "dolphins", "whales" ]
  },
  "join_date": "2014/05/01"
}
```

Un esempio di creazione documento JSON con PHP

Request	Response
<pre>&lt;?php \$arr = array('a' =&gt; 1, 'b' =&gt;</pre>	<pre>{"a":1,"b":2,"c":3,"d":4,"e":5}</pre>

```
2, 'c' => 3, 'd' => 4, 'e' => 5);
echo json_encode($arr);
?>
```

Un esempio di estrazione di un valore da un documento JSON con PHP

Request	Response
<pre>&lt;?php \$json = '{"foo-bar": 12345}'; \$obj = json_decode(\$json); print \$obj-&gt;{'foo-bar'}; ?&gt;</pre>	12345

### 3.6.8 Index vs Index vs Index

In ES il termine indice assume tre differenti significati. Al fine di chiarire meglio il loro utilizzo si fa riferimento alla più nota terminologia usata nei DB relazionali.

1. **Index (noun)**
  - È a tutti gli effetti il Database dove i documenti vengono memorizzati.
2. **Index (verb)**
  - È l'azione di memorizzazione di un oggetto in un index (noun). È l'equivalente del comando SQL INSERT con l'eccezione che se il documento esiste già viene rimpiazzato con il nuovo (UPDATE).
3. **Inverted index**
  - Nei DB relazionali è possibile creare indici su uno o più campi per migliorare il data-retrieval. La stessa cosa fa ES impiegando una struttura chiamata Inverted index. Per default, ogni campo del documento è indicizzato (cioè ha un Inverted Index) che ne permette la ricerca successiva. È possibile anche non indicizzare un campo ma di fatto questo lo rende non utilizzabile in fase di ricerca. Vedi più avanti la sezione in cui gli Inverted index vengono trattati in modo più approfondito.

### 3.6.9 Distribuito per natura

La natura di ES lo rende di fatto uno strumento per la gestione dei dati distribuiti, in modo del tutto trasparente all'utente.

#### Caratteristiche intrinseche di ES

ES è dotato di una serie di funzionalità embedded che gli consentono, di:

- Partizionare i documenti in diversi container (shards) che possono essere a loro volta memorizzati su uno o più nodi di un cluster; gli shards si suddividono in:
  - Primari;
  - Repliche.
- Gestire il bilanciamento di tali shards tra i vari nodi del cluster in modo da rendere più efficiente possibile tanto l'indicizzazione quanto la ricerca;
- Ogni shard è automaticamente duplicata come meccanismo contro la perdita accidentale dovuta ad eventuali problemi hardware/software;
- Redirigere le richieste di ogni nodo del cluster verso i nodi che mantengono tali dati a cui si è interessati;
- Integrare nel cluster nuovi nodi o redistribuire gli shards a seguito di eventuali perdite di nodi.

#### Modelli di scalatura

ES è del tutto scalabile sia in verticale che in orizzontale.

Per scalatura verticale si intende l'incremento di risorse sulla stessa macchina; questo approccio ovviamente ha limiti evidenti dovuti all'impossibilità di ingrandire all'infinito le potenzialità di un calcolatore.

La scalatura orizzontale invece consiste nell'aggregare risorse esterne che di volta in volta servono per ingrandire il sistema, che si affiancano all'architettura originaria ricomponendone la struttura. Così facendo la capacità di crescita è teoricamente infinita.

Basandosi sul concetto di nodi, ES gestisce nativamente entrambe le soluzioni, distribuendo i nodi del cluster tanto su nuovi volumi della stessa macchina quanto su risorse esterne aggiunte.

La configurazione che permette di scalare un sistema ES è particolarmente semplice da predisporre, anche se i parametri sono molti e permettono di tarare in modo preciso e funzionale ogni diversa architettura dati necessaria.

### Cluster di nodi

Ogni istanza di ES è di fatto un nodo. Più nodi con lo stesso cluster\_name compongono un cluster. Di default ES assegna ad uno dei nodi la prerogativa di master.

ES è in grado di distribuire tra i vari nodi del cluster i vari shard (primari e repliche) all'interno dei quali vengono memorizzati i documenti.

Con il comando GET /\_cluster/health è possibile conoscere lo stato del cluster, i nodi che lo costituiscono, gli shards, ecc.

Un altro parametro restituito da tale comando è relativo allo status, che può assumere 3 diversi valori:

- Verde, tutti gli shards (primari e le repliche) sono attivi;
- Giallo, tutti gli shards primari sono attivi mentre non tutte le repliche lo sono;
- Rosso, non tutti gli shards primari sono attivi.

### Shard

Uno shard è un'unità di lavoro a basso livello (continua....)

[https://www.elastic.co/guide/en/elasticsearch/guide/current/\\_add\\_an\\_index.html](https://www.elastic.co/guide/en/elasticsearch/guide/current/_add_an_index.html)

<https://www.elastic.co/guide/en/elasticsearch/guide/current/inside-a-shard.html>

Uno shard primario risiede su un solo ed unico nodo mentre la sua replica può, ed è conveniente, risiedere in un altro nodo. È la configurazione di default nel momento in cui si hanno almeno due nodi in un cluster.

Per aumentare la ridondanza, ma non certo le performance, è possibile impostare (anche dinamicamente) il numero di replica ad un valore maggiore di 1 (che è il default). A questo punto il sistema distribuirà le n repliche di ogni shard primario sui diversi nodi.

Anche in questo caso non ha senso impostare un valore troppo alto di repliche e comunque minore al numero di nodi.

Con un nodo solo vengono attivati solo gli shard primari. Assegnare le repliche non avrebbe molto senso sullo stesso nodo.

In questo caso lo stato del sistema è GIALLO (tutte gli shard attivi ma non le repliche)

Per attivare il meccanismo di replica occorre aggiungere al cluster almeno un altro nodo. Questa funzione si attiva in modo automatico appena il sistema aggiunge al cluster un nuovo nodo.

In caso di failure del nodo 1 il sistema è in grado di promuovere un restante nodo come Master (necessario in un cluster) e di trasformare le repliche degli shard persi come shard primari.



Figura 33. Esempio gestione shard

Nel caso il nodo 1 fosse nuovamente disponibile, ES dovrebbe essere in grado di ristabilire la situazione precedente e comunque far in modo da redistribuire gli shards sui diversi nodi, compreso quello riattivato (Figura 33)

### 3.6.10 Data In, Data Out

I sistemi di memorizzazione di oggetti rappresentano la realtà molto meglio dei sistemi relazionali che, al contrario, necessitano di un'impostazione rigida di righe e colonne delle informazioni gestite.

Un oggetto è una struttura dati in memoria e per poterla in qualche modo spedirla e/o riceverla attraverso la rete è conveniente serializzarla in un formato come JSON. Un oggetto così realizzato, oltre ad essere leggibile da una persona, costituisce un documento JSON.

ES è un *distributed document store* e può gestire strutture anche complesse di oggetti annidati, ecc. Tali strutture devono però rispecchiare la logica di business del sistema che si intende progettare, tenendo presente che ES indicizza ogni campo per default. Tali indici sono chiamati *Inverted Index* e permettono una ricerca particolarmente rapida.

#### Cos'è un documento

Anche se talvolta i due termini vengono utilizzati come sinonimi, in ES c'è una chiara distinzione tra oggetto e documento.

Un oggetto è solo una rappresentazione JSON e può contenere a sua volta altri oggetti annidati, In ES un documento è l'oggetto root che viene serializzato in JSON; tutti gli altri oggetti innestati eventualmente non sono a loro volta documenti ma semplicemente oggetti.

Precisazione a parte, un oggetto JSON contiene coppie di chiave-valore dove la chiave rappresenta il nome del dato o della proprietà mentre il valore può assumere diversi formati: stringa, numeri, boolean, array, un altro oggetto.

```
{
  "name":      "John Smith",
```

```
"age":          42,  
"confirmed":    true,  
"join_date":   "2014-06-01",  
"home": {  
  "lat":        51.5,  
  "lon":        0.1  
},  
"accounts": [  
  {  
    "type": "facebook",  
    "id":   "johnsmith"  
  },  
  {  
    "type": "twitter",  
    "id":   "johnsmith"  
  }  
]
```

### Metadata dei documenti

Un documento non consiste solo in un insieme di dati ma possiede anche i cosiddetti metadata, cioè informazioni che lo riguardano. Tali informazioni sono diverse ma quelle che ci possono interessare al momento sono sostanzialmente 3:

- **\_index**, è il riferimento del “contenitore” in cui vive il documento, (vedi DB);
- **\_type**, la classe dell’oggetto che il documento rappresenta, (vedi Table)
- **\_id**, l’identificatore univoco del documento.

Per una guida completa sui metadata:  
<https://www.elastic.co/guide/en/elasticsearch/guide/current/mapping.html>

### Indicizzare un documento

I documenti vengono indicizzati, memorizzati e resi ricercabili usando l’API *index()*.

Ma prima occorre individuare dove farlo vivere, a che tipo di informazioni si riferisce e come ritrovarlo univocamente.

Come visto poc’anzi **\_index**, **\_type** e **\_id** servono a questo scopo.

Al momento della scrittura di un nuovo documento pertanto, è necessario strutturare il comando di PUT (o POST) nel modo seguente:

```
PUT /{index}/{type}/{id}  
{  
  "field": "value",  
  ...  
}
```

Nel caso si voglia lasciare a ES il compito di assegnare un ID, è obbligatorio utilizzare il comando POST tralasciando il campo id.

L’ID così autogenerato sarà una stringa GUID lunga 20 caratteri in formato URL-safe e codificato Base64.

### Ritrovare un documento

Per recuperare un documento si utilizza il comando GET

```
GET /{index}/{type}/{id}
```

Il nome dell'indice è obbligatorio mentre tipo e id possono essere omessi.

Se si forniscono tutte e tre le informazioni ES recupererà il documento specifico con `_id` uguale all'identificativo inserito. Sempre che esista.

Nell'output viene inserito un importante metadato chiamato `source`. Esso contiene tutte i campi del documento con i loro valori. Volendo è possibile limitare l'insieme dei campi specificando l'elenco nella query. Simile a `SELECT *` e `SELECT {field list}`.

Qualora fosse necessario controllare l'esistenza di un documento specifico senza vederne il contenuto, è possibile dare il comando `XHEAD` come segue:

```
curl -i -XHEAD http://localhost:9200/index/type/id
```

Il comando restituirà solo l'Header HTTP con il codice di ritorno 200 se il documento è stato trovato o il codice 404 in caso di insuccesso.

### Aggiornare un documento

I documenti in ES non possono essere modificati. Quando vi è la necessità di modificarne il contenuto quello che avviene in pratica è un rimpiazzo:

1. Viene recuperato il documento;
2. Viene modificato il contenuto in memoria;
3. Viene eliminato il vecchio documento;
4. Viene aggiunto quello nuovo modificato.

Per aggiornare il documento si utilizza sempre l'API `index()` perché, come detto, più che una sostituzione è un rimpiazzo vero e proprio.

L'operazione di `Update` coinvolge altri due metadati: `_version` e `created`.

Il primo, impostato a 1 al momento della prima scrittura, viene incrementato di 1; il secondo è un flag che viene impostato a `false` per indicare che il documento attuale non è quello originale.

### Gestire i conflitti

Visto che c'è il rischio di inserire un documento con un `_id` già esistente con la perdita del vecchio documento, si consiglia di controllarne la presenza come spiegato sopra.

In realtà ES fornisce anche opzioni più raffinate a seconda del caso in cui il documento contenga un `_id` gestito dall'utente a livello applicativo oppure autogenerato.

Nel secondo caso, l'inserimento avviene con il comando `POST` specificando semplicemente il nome dell'indice e il tipo. In questo caso ES garantisce l'univocità dell'`_id` creato.

Se invece siamo noi ad attribuire l'`_id`, ES possiede l'opzione `_create` che, aggiunta al termine del comando, impedisce ad ES di aggiungere il documento se ne esiste già un altro con lo stesso `_id`.

La sintassi è la seguente:

```
PUT /{index}/{type}/{id}?op_type=create
```

oppure:

```
PUT /{index}/{type}/{id}/_create
```

I comandi sono equivalenti e ritornano il codice 201 in caso di successo o 409 in caso di conflitto.

### Aggiornamento parziale

C'è un'altra API chiamata `update` che serve a modificare parzialmente un documento.

Di fatto il meccanismo non cambia rispetto a quello sopra descritto. La differenza sostanziale sta nel fatto che con `update` si effettua una sola richiesta a ES riducendo tempi e traffico sulla rete tra nodi e shards.

In questo caso viene utilizzato il comando `POST` con la seguente sintassi:

```
POST /{index}/{type}/{id}/_update
{
  "doc" : {
    "fieldname 1" : "value 1",
    "fieldname 2" : "value 2",
    ...
    "fieldname n" : "value n"
  }
}
```

I nomi dei campi possono essere sia quelli già presenti nel documento ma, se necessario, possono essere anche nuovi attributi del documento.

Questo è una grossa distinzione tra i database relazionali e quelli NOSQL.

#### Aggiornamento con script

È possibile effettuare un aggiornamento tramite script, in linguaggio Groovy.

```
POST /{index}/{type}/{id}/_update
{
  "script" : "ctx._source.fieldname+=1"
}
```

Per ragioni di sicurezza lo scripting è disattivato per default o, meglio, agisce in una sandbox. Se si intende utilizzare questa feature in modo che agisca proprio sui documenti occorre inserire nel file di configurazione l'apposito comando:

```
script.groovy.sandbox.enabled: false
```

#### Cancellare un documento

I documenti in ES possono essere cancellati con il comando DELETE.

```
DELETE /{index}/{type}/{id}/
```

In caso di successo il codice di ritorno è 200 mentre se il documento non esiste il codice è 404.

Il corpo della risposta riporta anche il numero di versione incrementato di 1, sia nel caso di successo che nel caso in cui non venga trovato. Questo serve a ES per tenere traccia di tutte le operazioni effettuate e diffondere l'informazione tra i nodi.

Il documento cancellato non viene eliminato subito fisicamente ma viene semplicemente marcato come deleted. L'operazione di cancellazione vera e propria viene fatta in background.

Questo consente ad ES di essere pronto per altre richieste.

#### Gestire i conflitti

Anche per ES esiste la possibilità di accesso concorrente ai documenti e una loro modifica effettuata in contemporanea da due o più utenti potrebbe avere conseguenze spiacevoli. Chiaramente dipende dalla logica di business alla base dell'applicazione.

Nel mondo dei database vi sono due approcci distinti al problema.

#### Pessimistic concurrency control

Largamente utilizzato nel mondo dei DB relazionali, questo approccio parte dal presupposto che i conflitti possono avvenire con grande probabilità. Quello che si fa allora per evitare l'evento è di bloccare la riga che si intende aggiornare prima di leggerla in modo tale che nessun altro possa fare altrettanto.

#### Optimistic concurrency control

È l'approccio utilizzato da ES che ritiene che i conflitti possono capitare con scarsa probabilità. Si tenga presente che ES è particolarmente adatto in quei contesti in cui i dati, una volta prodotti e archiviati, vengono modificati raramente.

Tuttavia ES è in grado di capire se un documento letto e modificato da un utente è stato nel frattempo modificato anche da qualcun altro.

In questo caso ES non effettua l'aggiornamento e restituisce un codice di errore. Sarà l'applicazione che si dovrà occupare della gestione del conflitto.

Pertanto si suggerisce di creare funzioni specifiche di gestione dei conflitti che andranno usate ogni volta che si effettua una variazione dei dati.

Il controllo ottimistico di ES

Oltre ad essere architetturelmente distribuito, ES è anche asincrono e concorrente. Questo significa che le modifiche eventuali su uno stesso documento possono arrivare da più nodi, anche in momenti che non rispecchiano la sequenza cronologica delle modifiche vere e proprie.

In questo caso è necessario utilizzare l'informazione `_version`. Quando la nostra applicazione dovrà salvare un documento modificato è conveniente indicare anche il numero di versione del documento che si ha in memoria. Questa la sintassi.

```
PUT /index/type/id?version=n
```

A questo punto l'applicazione dovrà testare il codice di ritorno. Se 200 è tutto OK altrimenti il codice di ritorno sarà 409 (conflitto) e dovranno essere prese decisioni, magari informando l'utente del problema, rileggendo il nuovo documento modificato da altri, ecc.

External version

Non è insolito l'affiancamento di ES ad un database relazionale da cui regolarmente si prelevano i dati per effettuare ricerche con maggiori performance sfruttando le caratteristiche intrinseche di ES .

Ma i dati che provengono dal database potrebbero essere stati modificati e questo potrebbe generare conflitti, stavolta dall'esterno.

Se i dati contengono un numero di versione, che sia un numero intero, allora è possibile istruire ES affinché utilizzi quel numero piuttosto che il proprio contatore.

In questo caso il numero di versione viene gestito in modo leggermente diverso, in fase di aggiornamento: mentre nei casi descritti sopra il numero di versione deve essere lo stesso, nel caso di gestione esterna il numero di versione precedente deve essere minore.

Pertanto se si applica una modifica ad un documento con un numero di versione uguale a 5, si potrà effettuare l'aggiornamento con 6, 7 o altro superiore ma non con 4, 3, ecc.

In questo caso la sintassi del comando è:

```
PUT /index/type/id?version=n&version_type=external
```

Ricerca multipla di documenti

Con ES è possibile ricercare più di un documento alla volta con un'unica richiesta. Questo rende il sistema ancora più performante e riduce sensibilmente il traffico di rete.

Si utilizza l'API `_mget` inserendo nel corpo della richiesta un'array docs che serve ad indicare quali documenti estrarre.

Request	Response
<pre>GET /_mget {   "docs" : [     {       "_index" : "websi te",       "_type" : "bl og",       "_id" : 2     }   ] }</pre>	<pre>{   "docs": [     {       "_index": "websi te",       "_type": "bl og",       "_id": "2",       "_version": 9,       "found": true,       "_source": {         "text": "Starting to get the hang of ...",       }     }   ] }</pre>

<pre>         },         {           "_index"         }       ],       "website",       "_type"     ],     "pageviews",     "_id" : 1   } ] </pre>	<pre>         "title": "My first external blog entry"       },       {         "_index": "website",         "_type": "pageviews",         "_id": "1",         "_version": 1,         "found": true,         "_source": {           "views": 0         }       }     ] </pre>
--	--

### Operazioni massive

Con ES è possibile anche indicizzare, aggiornare e cancellare grandi quantità di documenti in modalità batch, passando i dati tutti insieme invece che formulare singole richieste.

L'API che realizza questo è chiamata bulk e il formato è il seguente:

```

{ action: { metadata }}\n
{ request body      }\n
{ action: { metadata }}\n
{ request body      }\n
...

```

La riga action/metadata indica quale azione compiere su quali dati.

Le azioni possibili sono:

- **create**, crea un nuovo documento solo se non esiste
- **index**, crea un documento nuovo o lo rimpiazza
- **update**, aggiorna parzialmente un documento
- **delete**, cancella un documento

I metadata sono i soliti che identificano un documento:

- **\_index**
- **\_type**
- **\_id**

La riga request invece viene utilizzata per indicare quali informazioni inserire e/o aggiornare.

Nel caso di delete non viene utilizzata.

Esempio:

```

POST /_bulk
{ "create": { "_index": "website", "_type": "blog", "_id": "123"} }
{ "title": "My first blog post" }
{ "index": { "_index": "website", "_type": "blog" } }
{ "title": "My second blog post" }
{ "delete": { "_index": "website", "_type": "blog", "_id": "123"} }
\n

```

Ricordarsi anche il linefeed finale!

La risposta consiste in un JSON in cui vengono riportati i singoli risultati.

Il metadata errors (true or false) indica se sono avvenuti errori. In caso di true occorrerà scorrere gli item uno ad uno per cercare quelli con il campo "error" non vuoto.

Se si opera sullo stesso indice e addirittura sullo stesso indice/tipo si possono utilizzare rispettivamente i seguenti comandi, omettendo nei metadata quanto riportato nel comando POST.

```
POST /index/_bulk
POST /index/type/_bulk
```

Dimensioni consigliate

Non vi è un numero ottimale di richieste per bulk. Tutto dipende dalla configurazione HW del nodo a cui viene passato il comando. Oltre un certo limite il sistema può degradare perdendo il vantaggio derivante dal batch. Il tutto non dovrebbe superare i 15 MB circa.

3.6.11 SWOT Analysis

Tenendo presente quanto visto finora, le competenze sui DBMS relazionali, e gli obiettivi che ci si prefigge, potrebbe essere conveniente fare una rapida sintesi dei punti di forza e di debolezza che questa tecnologia può rappresentare per il laboratorio e quali siano i rischi e le opportunità che potremmo incontrare.

Strength	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Open Source, nessun costo per licenze;</li> <li>• Distribuito per natura, è in grado di scalare orizzontalmente su tutte le risorse che gli si mette a disposizione;</li> <li>• La distribuzione non è solo dei dati ma serve anche a bilanciare le richieste e a distribuire su più nodi le query utente;</li> <li>• Consente repliche di sicurezza riducendo drasticamente il rischio di perdita dei dati. Il recovery dei dati è trasparente;</li> <li>• Gestisce documenti eterogenei e non strutturati. L’inserimento di nuovi tipi di dato non influisce sulla struttura del DB;</li> <li>• Strumento ideale per gestire grossi moli di dati provenienti da sistemi di logging o da applicazioni IoT;</li> <li>• Community vivace e numerosa;</li> <li>• Presenza di numerosi add-on o plugin che ne arricchiscono le funzionalità e ne semplificano l’uso;</li> <li>• Compatibile con tutti gli standard del momento (Java, PHP, JSON, REST, ...).</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnologia ancora in piena evoluzione;</li> <li>• Non si è ancora imposta come leader dei DBMS NoSQL che sono ad oggi già un certo numero;</li> <li>• Le conoscenze anche a livello accademico non sono ancora così diffuse, almeno localmente. Quindi trovare studenti/neolaureati già competenti è difficile;</li> <li>• Ridondanza dei dati, specie per i DB document based;</li> <li>• Migrazione da sistemi relazionali difficoltosa anche se non impossibile;</li> <li>• Necessario rivedere tutte le funzionalità di accesso ai dati cablate nelle applicazioni attuali.</li> </ul>
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L’adozione di questa nuova tecnologia ci permette di essere all’avanguardia per quanto riguarda la gestione dei BigData;             <ul style="list-style-type: none"> <li>• La capacità di adattarsi ai contenuti, in particolare a quelli destrutturati, consente di aggiungere nuove sorgenti dati senza alterare la struttura complessiva del DB;</li> <li>• Le caratteristiche intrinseche di ES ci permetterebbero di risolvere tanto il problema di distribuire i dati (performance) quanto di</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La maturità della tecnologia e la sua diffusione non sono ancora tali da garantire un futuro certo. Ogni investimento in tal senso andrebbe pianificato con attenzione;             <ul style="list-style-type: none"> <li>• La facilità con cui si installa e configura ElasticSearch può far pensare che non servano particolari competenze. Se non si pianifica un’adeguata formazione per il personale che se ne dovrebbe occupare a diverso titolo si corre il rischio di vanificare egli enormi vantaggi che</li> </ul> </li> </ul>

gestire repliche dei dati stessi su nodi differenti (sicurezza).	questa tecnologia offre; <ul style="list-style-type: none"> <li>• La migrazione dalla piattaforma attuale a quella eventualmente sviluppata su ES potrebbe richiedere competenze specifiche e tempi particolarmente lunghi.</li> </ul>
--	--

Da quanto evidenziato dallo schema la relativa gioventù di ES lo rende particolarmente appetibile in termini di performance e stimolante per gli sviluppatori open-mind.

L'approccio innovativo basato su documenti non necessariamente strutturati a priori facilita e velocizza i tempi di sviluppo di applicazioni e servizi che ne possono sfruttare da subito le particolari funzionalità.

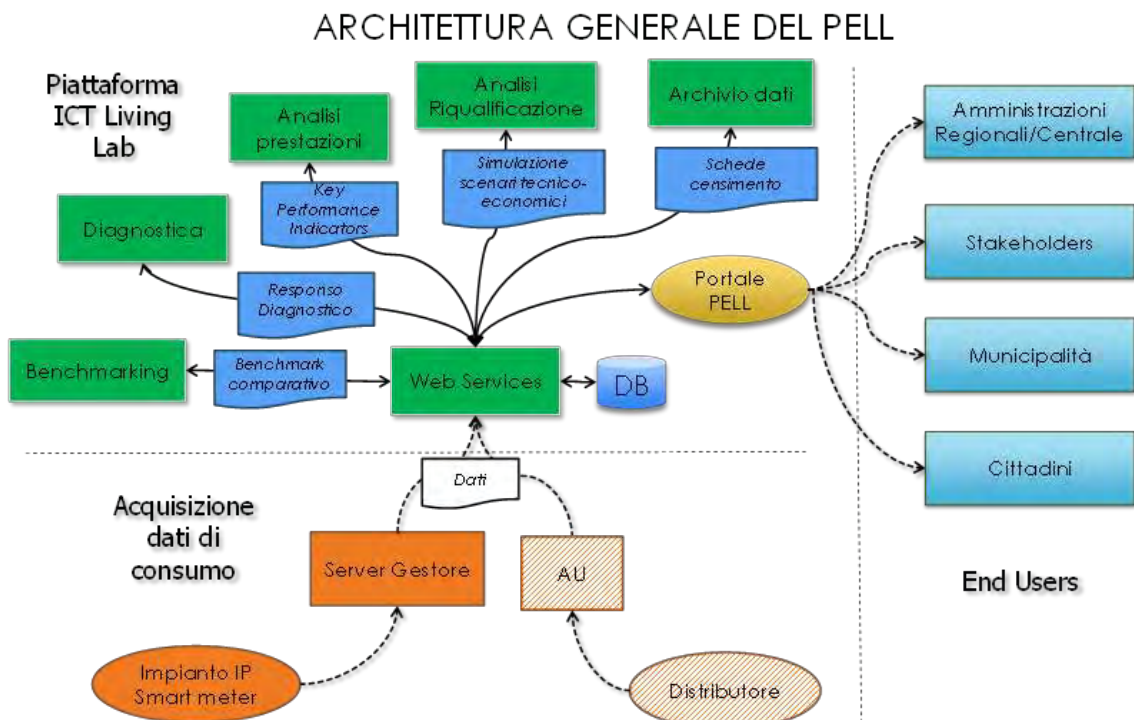
Particolarmente adatto a sviluppare servizi IoT e a gestire BigData, può creare difficoltà nell'eventuale migrazione di piattaforme DB esistenti.

Un suggerimento fornito dallo stesso team di sviluppo di ES consiste nell'affiancare questo strumento ai DBMS relazionali in uso travasando periodicamente blocchi di dati che poi possono essere interrogati con maggiore efficienza. In particolare, laddove non si abbiano applicazioni in tempo reale questo compromesso permette di slegare i due mondi traendo il massimo vantaggio da entrambi i sistemi.

Per le applicazioni nuove il ricorso ad ES è fortemente consigliato specie in un ambiente di ricerca come il nostro dove l'innovazione dovrebbe essere sempre uno dei punti di riferimento.

## 4 Conclusioni

Alla fine di questa prima annualità è stato raggiunto l'obiettivo prefisso quale lo sviluppo metodologico e la progettazione macrofunzionale di una piattaforma pubblica energivora con una prima applicazione all'ambito dell'illuminazione pubblica. Di seguito si riporta la macro architettura generale della Piattaforma PELL (Figura 34).



**Figura 34. Schema generale dell'architettura del PELL**

L'applicazione della metodologia ad alcuni comuni pilota (sono 6 Comuni in Sicilia e 4 Comuni in Puglia per un totale di 49 impianti allacciati) ha permesso di verificare sul campo la piattaforma progettata, utilizzare la scheda censimento per caratterizzare gli impianti oggetto di valutazione e verificare i KPI, quelli già

studiati nelle annualità precedenti (statici e dinamici) e quelli nuovi di valutazione energetica ed illuminotecnica.

Per una progettazione chiara e lungimirante del PELL entro un contesto di piattaforma di distretto, sono stati elaborati gli Use Case PELL, specificando il task, gli attori coinvolti, la tipologia e la cadenza temporale di transito delle informazioni. Sono ripercorse le principali attività che saranno oggetto di revisione nell’ottica di un contesto più alto, ove il PELL diverrà una piattaforma a livello nazionale in grado di effettuare il monitoraggio delle risorse maggiormente energivore quali, oltre all’illuminazione pubblica, edifici pubblici, reti idriche, mobilità

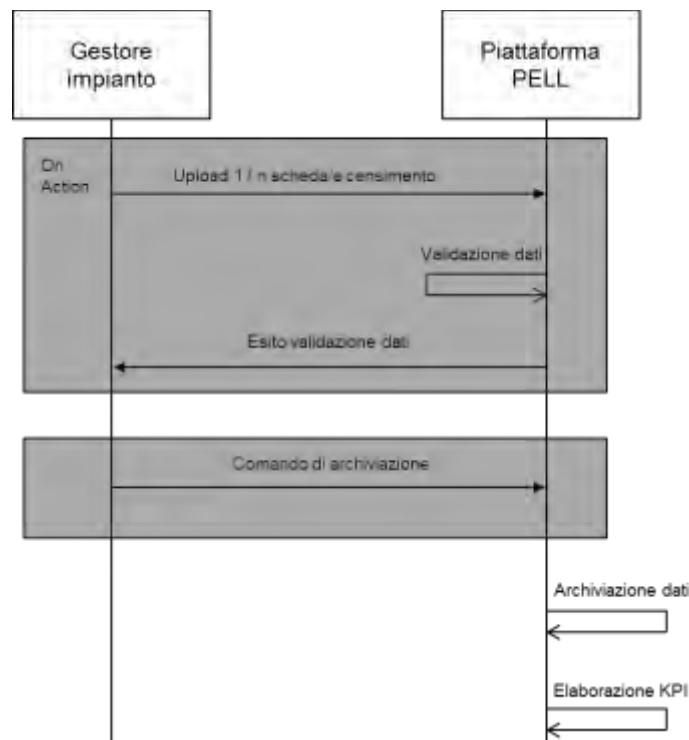
Sono stati identificati 5 casi d’uso, nel caso del PELL circoscritto al panorama “Illuminazione”, quali: Caso d’uso "**Upload Scheda Censimento Lumière**"; Caso d’uso "**Retrieving & Monitoring**"; Caso d’uso "**Diagnostics**"; Caso d’uso "**Calcolo Illuminotecnico PELL**" e Caso d’uso "**Data Visualization**".

A titolo di esempio viene qui riportato il primo di questi rimandando per gli altri all’apposito report.

Descrizione

ID	Nome Caso d’uso				
D5a.2.1	Upload Scheda Censimento Lumiere				
Obiettivo (max 3 righe)					
Caricamento delle schede censimento Lumiere ed archiviazione nella banca dati					
Descrizione (max 10 righe)					
Il caso d’uso descrive il flusso dati che va dalla compilazione della scheda censimento Lumiere, relativa agli impianti di illuminazione pubblica, fino all’archiviazione nella banca dati della Piattaforma PELL.					
Attore	Descrizione				VINCOLI
Gestore Impianto	Il gestore dell’impianto o un tecnico comunale				---
Piattaforma PELL	Sistema di recupero e storage dei dati per successiva validazione ed elaborazione.				
Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione
Scheda Censimento Lumiere	Proprietario Impianto	Gestore Impianto	Piattaforma PELL	Altre piattaforme verticali di distretto (se abilitate dal Proprietario dell’impianto)	Smart District Platform

Diagramma UML



### Sequenza delle Attività

N	Quando si attiva l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore Informazione	Ricevitore informazione	Informazione scambiata	Requisiti scambio informazione (#)	VINCOLI: Formato Dati (FD) Protocollo Applicativo (PA); Mezzo Fisico (MF)
1	On Demand	Upload Scheda Censimento	Il Gestore Impianto compila la scheda censimento Lumiere e la invia alla Piattaforma PELL che la valida e restituisce l'esito della verifica	Gestore Impianto	Piattaforma PELL	Scheda Censimento Lumiere		FD: Scheda Censimento Lumiere PA: HTTP
2	On Demand	Archiviazione	Il Gestore Impianto invia il comando di archiviazione e della scheda censimento, la scheda viene archiviata nella banca dati della Piattaforma PELL	Gestore Impianto	Piattaforma PELL	Comando di Archiviazione	Ritardo <20 s	
3	Al termine dell'Archiviazione	Elaborazione KPI	La Piattaforma PELL elabora i dati e calcola i KPI di progetto.	Piattaforma PELL	Piattaforma PELL	KPI	---	---

E' stata anche implementata l'analisi dei dati nella piattaforma provenienti dai POD/quadri allacciati e la sua visualizzazione su GIS dei quali si riporta la tabella dei POD con l'estratto dal diagramma EER del database (Tabella 24 ) ed una visualizzazione geografica di alcuni Comuni allacciati (Figura 35 ).

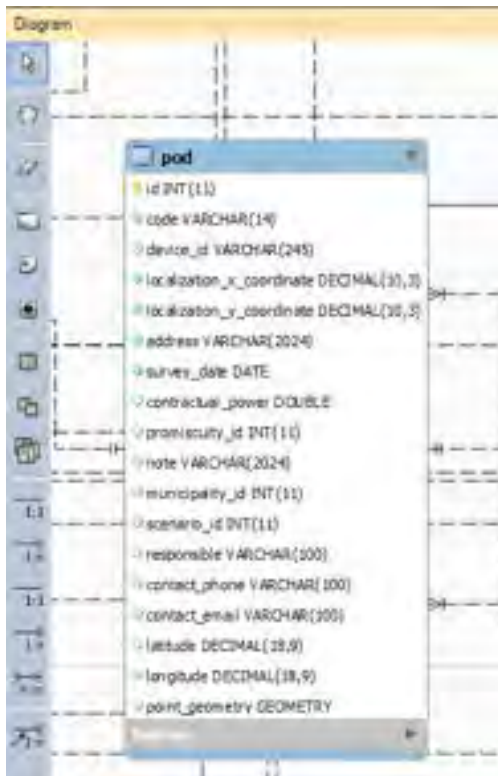


Tabella 24. Tabella POD, estratto dal diagramma EER del database

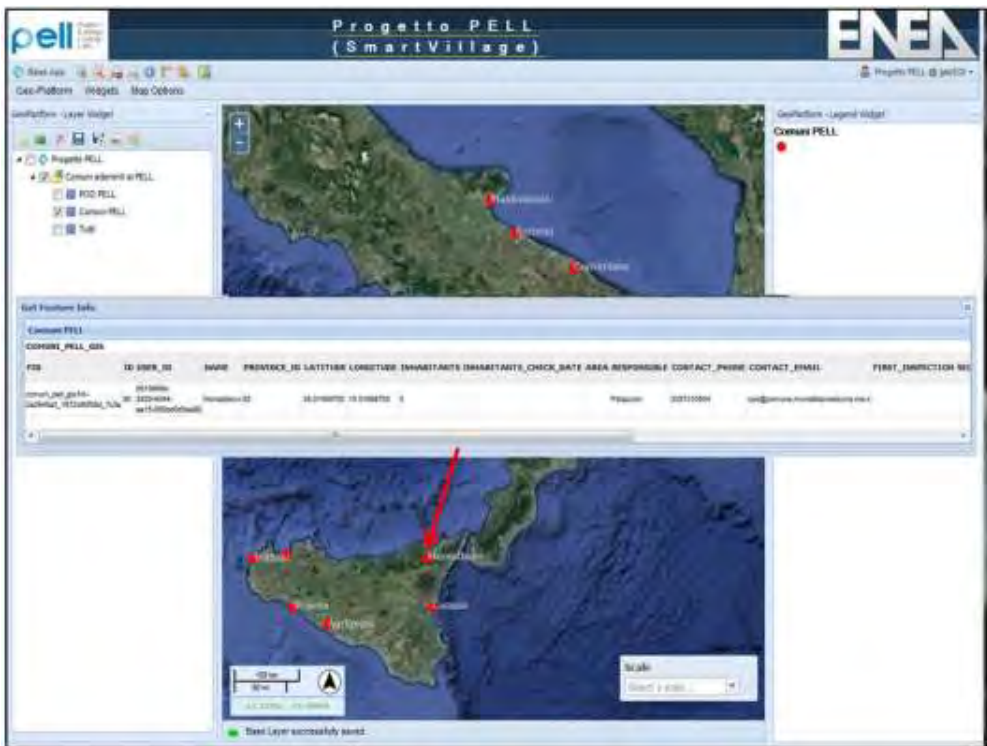


Figura 35. Visualizzazione Comuni aderenti al PELL

Lo studio, iniziato quest'anno, relativo alle nuove tecnologie per la gestione di grandi quantità di dati ha certamente evidenziato nuove possibili applicazioni nel prosieguo dello sviluppo della piattaforma che arricchendosi di informazioni da raccogliere dovrà essere in grado di gestire una grande quantità di dati.

Per il prosieguo dell'attività si ritiene necessario cominciare a sviluppare altri ambiti di applicazione della piattaforma PELL con la sua estensione ad una rete di edifici pubblici andando quindi a predisporre la stessa attività metodologica applicata al sezione illuminazione pubblica e quindi definendo i casi d'uso, andando a redigere un facsimile di scheda censimento degli edifici, identificando la tipologia di edifici sulla quale implementare un primo prototipo di piattaforma. Parallelamente, per quanto riguarda l'ambito dell'illuminazione pubblica, si dovrà proseguire con l'implementazione del portale del PELL per consentire agli utenti (registrati e non) la visualizzazione dei dati statici relativi ad informazioni aggregate ad esempio relative alla percentuale di impianti riqualificati e non, alle tecnologie (sorgenti) installate sul territorio, ai consumi energetici complessivi imputabili all'illuminazione pubblica a livello regionale, alla percentuale di Comuni aderenti al servizio PELL etc., e procedere con l'implementazione dei servizi che consentano la valutazione della fattibilità di riqualificazione di un impianto censito.

## 5 Riferimenti bibliografici

1. L. Blaso, G. Giuliani, N. Gozo, C. Honorati Consonni, A. Tundo (ENEA), F. Marino, F. Moretti (Università degli Studi Roma Tre) "Public Energy Living Lab: un Living Lab interregionale per i consumi energetici nel settore pubblico". Ottobre 2015, Progetto cofinanziato dall'unione Europea *Programma Operativo Interregionale Fesr 2007 – 2013 Energie Rinnovabili E Risparmio energetico*.
2. COWI Belgium sprl in association with Van Holsteijn en Kemna B.V. (VHK). "Final Report Methodology for Ecodesign of Energy-related Products". MEErP 2011. Part 1- Methods.
3. Paul Van Tichelen, Wai Chung Lam, Paul Waide, René Kemna, Lieven Vanhooydonck, Leo Wierda (VITO, VHK, Kreios). "Preparatory study on lighting systems. 'Lot 6'. Specific contract N° ENER/C3/2012-418 Lot 1/06/SI2.668525. Implementing framework contract ENER/C3/2012-418 Lot 1".

## 6 Abbreviazioni ed acronimi

UC: use case