

**PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2022-24 - RICERCA DI SISTEMA
ELETTRICO NAZIONALE**

Progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26 gennaio 2000

**AFFIDATARIO 1: AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE**

Tema:

Progetto 1.7 - Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

Durata: 36 mesi

Semestre n. 5 – Periodo attività: 01/01/2024– 30/06/2024

ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:

Il progetto 1.7 ha come obiettivo finale la accelerazione del processo di decarbonizzazione del sistema energetico, il quale passa attraverso una progressiva sostituzione, negli usi finali, dei combustibili fossili con il vettore elettrico, e che può avvalersi delle fonti rinnovabili in modo energeticamente ed economicamente efficiente. Il progetto è articolato in 4 Pacchetti di Lavoro (WP):

- WP1 – Comunità energetiche sostenibili
- WP2 - Infrastrutture urbane energivore
- WP3 – Tecnologie per la mobilità elettrica
- WP4- Pompe di calore e climatizzazione sostenibile.

Nell'ambito del WP1 "Comunità energetiche sostenibili" sono proseguite le Linee di Attività (ENEA e Università) che hanno riguardato lo sviluppo di ulteriori funzionalità delle applicazioni per l'avvio, la gestione, e la valutazione delle Comunità Energetiche Rinnovabili. Sono state rilasciate le nuove versioni degli strumenti RECON e Smart Sim e si è avviata la sperimentazione nella comunità energetiche reali di Anguillara. È proseguito lo sviluppo dei tool SIMUL e CRUISE, finalizzato all'integrazione su piattaforme di supporto decisionale per le CER e si sono consolidati e presentati i risultati della sperimentazione presso Lignano Sabbiadoro. Sono stati testati nuovi moduli hardware e software per dispositivi utente e sistemi di accumulo. Si è lavorato alla definizione di strategie di gestione della flessibilità lato residenziale e alla validazione di modelli per la previsione di carichi e produzione da impianti PV. L'Osservatorio sulle Comunità Energetiche ha ampliato la rete di soggetti coinvolti e ha intensificato le azioni di comunicazione e networking. Si sono avviate collaborazioni con Regioni, enti locali e stakeholder nazionali per rafforzare la governance e la diffusione delle CE. Le università hanno proseguito con attività di modellazione, sviluppo di algoritmi, indicatori e piattaforme, contribuendo a nuove pubblicazioni scientifiche.

Nell'ambito del WP2 "Infrastrutture urbane energivore" sono proseguite le Linee di Attività (ENEA e delle Università) che hanno riguardato l'implementazione e la applicazione prototipale delle piattaforme interoperabili per il monitoraggio e la valutazione delle infrastrutture urbane energivore. In particolare, è proseguita la sperimentazione della Smart City Platform nei comuni umbri e sono state implementate nuove funzionalità sia della SCP che delle piattaforme PELL IP e PELL Edifici; la piattaforma CI-RES è stata completata per essere modulare e resiliente, mentre sono state sviluppate nuove funzionalità del veicolo autonomo della smart road per l'analisi del contesto sonoro urbano e dei comportamenti di ricarica dinamica.

Promossa la diffusione dei risultati e il potenziamento del network degli stakeholders e dei tavoli di lavoro.

Nel WP3 "Mobilità" sono stati avviati i test sperimentali di abuso dei sistemi di accumulo ed è stata fatta una analisi di sensitività per i parametri dell'algoritmo di invecchiamento e second life. Riguardo la tematica relativa alla ricarica dinamica dei mezzi per TPL è stato individuato il luogo della sperimentazione, preparata la documentazione per la gara per la realizzazione della catenaria

monofilare e progettato il sistema per la realizzazione del negativo di terra di chiusura del circuito. Sono stati svolti i test sperimentali per la finalizzazione del sistema integrato di controllo termico con scambio termico bifase dell'inverter. Relativamente alla tematica relativa ai profili di ricarica per veicoli elettrici, è stata fatta una analisi socio-economica e psicoattitudinale del campione dell'indagine volta ad indagare i comportamenti di ricarica dichiarati. Per il tema della mobilità urbana, sono stati integrati nella piattaforma del sistema, i modelli di calcolo delle traiettorie sintetiche private, dei consumi energetici per categoria veicolare e dei costi esterni. L'attività di diffusione e networking è proseguita sulla falsariga dei periodi precedenti con la partecipazione a conferenze, gruppi di lavoro e tavoli nazionali e internazionali.

Nel WP4 "Pompe di Calore e Climatizzazione sostenibile" sono proseguite 11 Linee di Attività, 4 a responsabilità ENEA e 7 a responsabilità delle università coinvolte in questo WP. Sono state avviate le sperimentazioni sugli impianti con pompa di calore a doppia sorgente (con particolare attenzione alla caratterizzazione della sorgente geotermica); sono stati avviati i test di pompe di calore con refrigeranti a basso GWP e eseguiti quelli per la misura dei coefficienti di scambio termico di alcuni specifici refrigeranti. Sono state definite delle linee guida per l'esecuzione di test di tipo HiL e per la determinazione di "frosting map" dedicate per ogni pompa di calore e sono proseguite le attività di studio di tecniche avanzate di controllo per incrementare la flessibilità energetica della rete. Infine, sono proseguite le attività sui metodi di valutazione guasti e quelle sulla valutazione numerica dell'impatto acustico dovuto all'uso estensivo di pompe di calore in ambiente urbano.

ATTIVITA' SVOLTE	
<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	<u>Comunità energetiche sostenibili</u> Nel corso del quinto semestre, ENEA ha completato e rilasciato la versione 2.0 del simulatore RECON, aggiornata al quadro normativo e regolatorio definitivo e validata su alcuni casi studio per confronto con un simulatore commerciale, ampliandone le funzionalità con moduli per l'analisi di configurazioni con un numero indefinito di consumer, produttori e prosumer e diverse tipologie di utenti finali, oltre a diversi modelli di business. Nel corso del semestre sono stati rilasciati alcuni aggiornamenti di perfezionamento e correzione di bug. È proseguita l'attività di upgrade, test e manutenzione evolutiva, così come si è continuato a fornire il supporto tecnico agli utenti. È proseguito lo sviluppo evolutivo della piattaforma DHOMUS, con particolare attenzione alla semplificazione dell'interfaccia utente e all'integrazione di dispositivi residenziali, oggetto di sperimentazione ad Anguillara. In tale contesto, è stata aggiornata la dashboard di monitoraggio per gli utenti e avviata la raccolta dati per l'analisi dei comportamenti di consumo. È stato consolidato il lavoro su SIMUL e CRUISE, con completamento della documentazione tecnica di progettazione e con la preparazione dei test su nuovi casi studio. I risultati della sperimentazione presso Lignano Sabbiadoro sono stati raccolti in un rapporto tecnico e utilizzati come base per una pubblicazione scientifica in fase di redazione. Si è lavorato sulla progettazione della versione aggiornata di LTE, e si sono analizzati diversi possibili casi d'uso per la sperimentazione. Per

ECListener è continuato lo sviluppo della nuova piattaforma, con l'integrazione dei risultati del web crawling sulla Smart City Platform (SCP) e l'avvio della configurazione di algoritmi di sentiment analysis.

È proseguita la sperimentazione sul sito dimostrativo dell'edificio F40, dove sono stati eseguiti test su strategie di gestione della flessibilità basate su sistemi di accumulo, pompe di calore. Sono state condotte analisi sul comfort indoor e sulla compatibilità delle strategie di pre-riscaldamento con i vincoli di benessere termico. Sul dimostratore F50 sono stati completati i lavori di aggiornamento impiantistico e si è avviata la manutenzione evolutiva.

Si è rafforzata l'attività dell'Osservatorio sulle Comunità Energetiche, con l'attivazione del Tavolo Regioni che vede la partecipazione di gran parte delle Regioni italiane. È stato completato il regolamento interno e avviato il dialogo con stakeholder istituzionali. Sono proseguiti gli incontri pubblici, la partecipazione a fiere ed eventi di settore, e le azioni di coordinamento editoriale per la pubblicazione di articoli e materiali divulgativi.

Infrastrutture urbane energivore

L'attività ha riguardato la sperimentazione della SCP Smart Land e dell'IDP evoluto, installati sul server dei 4 comuni umbri; sono state configurate le connessioni tra le diverse solution verticali e la SCP per l'invio e persistenza dei dati nel formato UrbanDataset, andando a consolidare la piattaforma dove necessario. È stato inoltre avviato lo sviluppo di un tool per portare la metodologia UCUM disponibile sul web. E' stato completato l'aggiornamento della piattaforma UrbanBigData per l'elaborazione real time dei dati dinamici e del portale PELL 2.0 con il nuovo sistema di persistenza eXistDb. Inoltre è stata completata la progettazione del data model PELL Ospedali. Infine, è stato fornito supporto ai gestori per l'allaccio alla piattaforma PELL IP.

Sono stati trasferiti alcuni dei dati geospaziali presenti nella precedente piattaforma denominata CIPCast e pianificato il piano di migrazione delle attività sulla nuova piattaforma CI-RES. Quindi, sono stati effettuati i primi test sulla nuova piattaforma ed identificati i nuovi algoritmi da eseguire nella stessa. Tra questi è importante segnalare i software: i) OpenQuake, che consente di simulare gli effetti di eventi sismici e ii) WNTR (Water Network Resilience), che consente di simulare gli impianti idrici. Per tali software sono stati pianificati gli sviluppi e la gestione delle versioni sul GIT-LAB presente in ENEA.

È stato sviluppato un sistema per l'analisi del segnale di una coppia di microfoni, montati sul veicolo della Smart Road. Lo scopo è la misurazione dell'inquinamento acustico e la possibilità di rilevare la presenza di veicoli di soccorso nelle vicinanze, per permettere al veicolo di non essere di intralcio. Nella Smart Road sono state installate due colonnine classiche per la ricarica elettrica ed è stata allestita una piazzola per la ricarica induttiva statica. Sono state condotte sperimentazioni di ricarica induttiva.

Mobilità

Per la tematica relativa all'accumulo, sono stati svolti i test sperimentali di abuso tramite sovraccarica su singole celle di tipo LTO poste sia in aria aperta sia immerse nei liquidi dielettrici prescelti. Inoltre, relativamente

allo studio del modulo batterie, si è sostituito il microcontrollore del modulo batterie e implementato al ciclatore il ciclo di test prescelto per l'invecchiamento del modulo stesso. Sono state svolte prove preliminari di funzionalità e caratterizzazione delle batterie. Riguardo la tematica relativa alla ricarica dinamica dei mezzi per TPL, il sistema di accumulo innovativo sviluppato è stato integrato a bordo di uno dei due minibus a disposizione di ENEA per i test. Questo sistema di accumulo è composto da una batteria a 400 V; due convertitori DCDC in parallelo che portano la tensione da 400 V a 72 V e un sistema di raffreddamento dei componenti di potenza (batteria e convertitori). Sono stati quindi svolti i test preliminari per verificarne il corretto funzionamento ed è stato sviluppato il piano degli esperimenti (design of experiment - DOE) a cui sottoporre il veicolo per verificare le performance.

Sono stati svolti i test sperimentali per la finalizzazione del sistema integrato di controllo termico dell'inverter. È stato acquistato il circuito sperimentale bifase per il sistema integrato di controllo termico e la scheda elettronica di controllo e acquisizione dati per il circuito sperimentale.

Relativamente alla tematica relativa ai profili di ricarica per veicoli elettrici, le attività si sono concentrate sull'analisi dei dati provenienti dall'indagine SP, con la sistematizzazione dei risultati statistici e la loro integrazione nel modello comportamentale di ricarica. Sono stati sviluppati e testati i moduli software per la stima dei consumi e delle probabilità di ricarica a partire dalle catene di spostamento ricostruite dai Floating Car Data (FCD), ed è stata avviata l'applicazione al campione rappresentativo della provincia di Roma.

Riguardo alla tematica della mobilità urbana, è stato completato lo sviluppo di **PRIORITY** (Platform for the tRansition to sustainable, zero-carbon mobility), una piattaforma ideata per supportare la pianificazione sostenibile e l'obiettivo delle zero emissioni. La piattaforma comprende cinque moduli principali: Mobilità Privata, Mobilità Pubblica, Impatti, Charging Profile e Avoid-Shift. Questi moduli permettono di simulare i comportamenti di mobilità, analizzare l'offerta di trasporto, esplorare scenari di intervento e valutare consumi energetici, emissioni inquinanti e climalteranti, oltre alle esternalità associate.

Pompe di calore

Nel corso di questo semestre sono stati condotti test di caratterizzazione della sorgente geotermica con l'obiettivo di valutare la risposta termica del sottosuolo sollecitato con cicli simmetrici di prelievo e accumulo termico. Per quanto riguarda i test sulla macchina doppia-sorgente sono stati condotti in modalità dinamica sia con la sorgente aria che con la sorgente terreno e con diverse combinazioni di pozzi attivi. Per quanto riguarda le attività sulla pompa di calore a CO₂ a doppia sorgente aria-sole sono stati condotti anche in questo caso numerosi test di caratterizzazione del sistema, sia in modalità dinamica che statica (in quest'ultimo caso soprattutto in produzione ACS).

I test sulla PdC con refrigerante ultra-low GWP sono stati eseguiti con diverse impostazioni dell'inverter del compressore. I riscontri prestazionali, comparati con quelli ottenuti nel precedente triennio, a parità di frequenza dell'inverter, hanno mostrato un degrado delle prestazioni, probabilmente da addebitare al nuovo scambiatore aria-acqua-refrigerante.

	Riguardo l'applicazione della pompa di calore con refrigerante a basso GWP a servizio dell'impianto di produzione alimentare multilivello, è stata completata l'attività di installazione e di messa a punto del sistema di misura e di acquisizione dati L'attività di analisi delle emissioni sonore per via sperimentale è stata avviata con l'individuazione di alcune installazioni adatte alla campagna di misure da effettuare. In particolare, ne sono state individuate tre di diversa taglia e tipologia, ritenute adatte per avere un set di condizioni di prova sufficientemente variabili. Le attività di diffusione sono proseguite con partecipazione ai principali eventi nazionali e internazionali sul tema della climatizzazione con pompe di calore.
Università Bergamo Dipartimento di Ingegneria e scienze applicate	WP1 – Perfezionamento dei modelli implementati in ambiente Matlab dei sistemi di accumulo, la valutazione tecnica include taglie, tecnologie, vita operativa ed economica e valuta il potenziale di diffusione dei sistemi di accumulo in abbinamento con configurazioni di autoconsumo diffuso. I modelli distinguono tra accumuli localizzati presso un'utenza specifica e accumuli energetici di comunità. Analisi dei cicli di carica e scarica con i relativi rendimenti. L'analisi svolta include l'analisi di sensitività al variare della capacità degli accumuli installati per individuare la soluzione che massimizza l'autoconsumo diffuso e quella che rappresenta il migliore rapporto qualità/prezzo. I modelli sono stati validati su casi studio reali o ricavati dalla letteratura tecnica.
Politecnico di Milano Dipartimento di Ingegneria Gestionale	WP1 - Analisi del potenziale di mercato delle CER basata su un sondaggio condotto su 1.000 persone rappresentative della popolazione italiana. Elaborazione di scenari di diffusione delle CER considerando il grado di accettazione dei benefici economici, la superficie disponibile per l'installazione di impianti fotovoltaici e il contingente previsto dal Decreto CER. Sviluppo di modelli in ambiente Matlab per la valutazione di diversi tipi di personas e la ripartizione dei benefici economici della configurazione. Completamento della valutazione di sostenibilità economica dei benefici conseguibili da ciascuna macro tipologia di PMI nell'adesione ad una token economy ed analisi dei risultati con individuazione del modello di remunerazione/incentivazione economicamente efficiente ed efficace attraverso i token.
Università di Milano Bicocca Dipartimento di Scienze Economico- Aziendali e Diritto per l'Economica	WP1 - Ultimata l'attività di ricognizione e analisi degli aspetti giuridici sottesi alla costituzione delle Comunità energetiche rinnovabili. Ricognizione e analisi delle esperienze e dei diversi modelli giuridici di CER adottati sul territorio nazionale, oltre allo studio del partenariato pubblico-privato come strumento per la creazione della CER. Partecipazione a tavoli tecnici e webinar per studiare e contribuire alla promozione delle CER sul territorio nazionale

Politecnico di Torino Dipartimento di Energia	WP1 - E' stata definito un processo per caratterizzare i consumi energetici tipologici nell'aggregato di utenti preso in esame. Tramite l'analisi statistica dei profili di carico giornalieri di ciascun utente, sono stati estratti indicatori di forma giornalieri che ne descrivono le principali caratteristiche. Questi indicatori sono stati utilizzati come input per un'analisi di clustering, che ha identificato gruppi rappresentativi di profili di carico giornalieri. L'analisi di clustering sfrutta gli indicatori di forma per raggruppare gli edifici che mostrano una similarità rispetto ad essi. È stato consolidato il framework di KPI per le comunità energetiche strutturato su diversi livelli di analisi (singolo utente, intera CER, interazione della CER con la rete elettrica) e per diversi ambiti di applicazione (energetico, ambientale, economico e sociale). Inoltre, è stato impostato il sistema di benchmarking interno ed esterno per realizzare un confronto tramite indicatori di performance applicati alla comunità energetica nel tempo o a più comunità energetiche da comparare. Creazione dei primi database geografici, che riportano: profili orari medi mensili di consumi, produzione e producibilità di energia da fonti rinnovabili, tutti i dati aggregati a scala municipale. Introduzione di funzioni che consentono di valutare lo scambio di energia all'interno di ciascun comune, favorendo scenari di autoconsumo collettivo e ottimizzazione della rete locale.
Sapienza Università di Roma - Centro Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Ambiente	WP1 - E' stato ampliato del database dell'applicativo SMART-SIM, sono stati raccolti ulteriori 593 questionari, con conseguente aggiornamento delle analisi e dei benchmark.
Politecnico di Milano Dipartimento di Architettura e Studi Urbani	Affinamento di indicatori atti a caratterizzare la flessibilità energetica associata agli usi termici di un edificio residenziale e di cluster di edifici. Simulazione numerica di un prototipo condominiale atta a implementare di logiche di controllo flessibile finalizzate all'autoconsumo di energia rinnovabile e alla stabilità della rete elettrica. Sono stati considerati 3 livelli di performance energetica (esistente, ristrutturazione profonda e nuovo passivo) e 3 contesti climatici (Milano, Roma e Palermo).
Università di Roma Tor Vergata Dipartimento di Ingegneria Industriale	WP1 – È stato realizzato un sistema per ampliare le funzionalità del robot Pepper, integrando un pulsossimetro Bluetooth per la misurazione dei parametri vitali. È stato sviluppato un supporto ergonomico in stampa 3D, fissato al braccio del robot per l'uso in sicurezza.
Università Bologna Dipartimento Ingegneria dell'energia elettrica e dell'Informazione "Guglielmo Marconi"	WP1 – Verifica dei modelli individuati per il trattamento e la caratterizzazione delle serie temporali delle curve di carico elettrico attraverso una sperimentazione su dataset reali. Nello specifico sono stati sviluppati e implementati metodi di riconoscimento dei dati anomali basati su distribuzioni di probabilità e trasformata wavelet.
Università di Parma Dipartimento di Ingegneria e Architettura	WP1 – Implementazione della libreria dei modelli matematici per la simulazione dei sistemi energetici integrati e delle comunità energetiche rinnovabili e analisi parametrica degli effetti di un incremento del tasso di sostituzione elettrica dei fabbisogni di riscaldamento e mobilità.

Politecnico di Milano Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria	WP1 - Completato lo sviluppo delle funzionalità base del dimostratore, eseguiti ulteriori test sugli smart contract in scenari differenti, risolti alcuni bug del loro funzionamento, e migliorata la loro configurabilità. Inizio dello sviluppo delle interfacce verso gli smart contract, miglioramento dei servizi di calcolo off-chain e progettazione interfacce utente, con definizione delle maschere di inserimento dati.
Università della Campania Dipartimento di Ingegneria	WP1 - È stato definito uno specifico modello astratto per ogni classe di dispositivi (per monitoraggio e gestione energetica) e sono state applicate le metodologie (analisi e clustering) per estrarre le informazioni necessarie dai dati disponibili per istanziare i modelli concreti.
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Informatica	WP1 - Completamento dei software di ispezione e inizio campagne di acquisizione dei dati: SW1: modulo software per la raccolta di dati sulle Energy Community a partire da piattaforme di social media (X e Meta nello specifico); SW2: modulo software per la raccolta di documenti pubblici disponibili sul Web e riguardanti il tema delle Energy Community; SW3: Dataset di messaggi riguardanti il dominio delle Energy Community raccolti dalla piattaforma di social media X (ex Twitter); SW4: Dataset di messaggi riguardanti il dominio delle Energy Community raccolti dalla piattaforma di social media Meta
Università RomaTre Dipartimento di Ingegneria Industriale elettronica e meccanica	WP1 – È stata simulata e verificata in campo una strategia ADR a livello POD per il Dimostratore di Smart Building F40.
Università degli Studi di Genova Centro servizi di Ateneo territoriale (CeSAT)	WP1 - L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di una metodologia per la pianificazione ottima di una CER volta alla scelta dei membri da includere nella CER e al dimensionamento delle taglie degli impianti di generazione di energia elettrica da fonte rinnovabile e dei sistemi di accumulo a batteria da installare presso i membri della CER. In particolare, il modello matematico sviluppato consente di scegliere i membri della CER, tra un set di possibili candidati, che siano caratterizzati da profili di carico e di produzione di energia tali da massimizzare l'energia condivisa virtualmente all'interno della CER.
Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche	WP1 – Nell'ambito dello sviluppo della piattaforma software, sono state svolte una serie di attività preliminari fondamentali per definirne l'architettura, la logica di funzionamento e i modelli sottostanti. Tali attività hanno riguardato sia la fase di definizione funzionale, sia la formalizzazione matematica del sistema. Sono state individuate le tecnologie energetiche da implementare e le modalità di ottimizzazione da adottare (economica, ambientale, multi-obiettivo), definendo al contempo i flussi operativi e la struttura delle interfacce utente. È stata sviluppata la base matematica del software, includendo bilanci energetici, vincoli tecnici e funzioni obiettivo, a supporto dell'algoritmo di ottimizzazione e dell'implementazione computazionale.
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Ingegneria	WP1 - Sviluppo di una configurazione innovativa di microrete basata sul Power Splitter Model (PSM), pensata per edifici residenziali plurifamiliari. Il sistema integra la rete pubblica in corrente alternata con un impianto fotovoltaico e un bus in corrente continua a bassa tensione (LVDC), che consente la condivisione fisica dell'energia tra tutte le unità abitative,

Astronautica, Elettrica ed Energetica	migliorando l'autoconsumo, l'efficienza energetica e l'integrazione delle fonti rinnovabili. Progettazione di algoritmi per la ripartizione dell'energia fotovoltaica, tra cui l'Enhanced Democratic Splitting Function, che assegna la potenza prodotta in modo equo considerando i consumi storici degli utenti.
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura	WP1 - Sono stati sviluppati e implementati interventi pilota basati su soluzioni passive di mitigazione microclimatica, con l'integrazione di sensori per il monitoraggio delle condizioni ambientali locali. È stato definito un protocollo di analisi che ha previsto la messa a punto di test qualitativi e osservazioni dirette sul campo. Parallelamente, sono stati coinvolti diversi stakeholders per validare l'approccio metodologico e garantire la coerenza degli obiettivi con le esigenze del contesto. E' continuata l'analisi sui PED italiani, in sviluppo o in programmazione, verificando le istanze della neutralità climatica include nei Climate City Country.
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Fisica	WP1 – Sono state completate le simulazioni degli scenari mitigativi dell'isola urbana di calore di Roma basati sull'applicazione dei materiali ad alto albedo. Una volta completate le simulazioni, i risultati sono stati analizzati per la valutazione del beneficio termico legato all'implementazione della tecnica di mitigazione simulata rispetto al caso di riferimento. La differenza di temperatura tra il caso di riferimento e i vari scenari è stato analizzato in termini di distribuzione spaziale e temporale per diverse classi di densità edilizia.
Università di Bologna Dipartimento di Informatica, Scienza e Ingegneria	WP2 – Si sono consolidati i risultati ottenuti, si è effettuato il debug del software e si sono svolti una serie di incontri di training on the job per mettere i ricercatori ENEA in grado di modificare e mantenere gli strumenti SW.
Politecnico di Milano Dipartimento di Ingegneria gestionale e Dipartimento di Energia	WP2 – Sono stati raccolti e analizzati diversi dataset di KPI già esistenti, selezionando quelli più rilevanti sulla base di criteri di efficacia, misurabilità e aderenza agli obiettivi di sostenibilità. Sono state analizzate schede di raccolta dati statici e dinamici per illuminazione pubblica, scuole e ospedali. Sono stati sviluppati i mockup con eXist-db e Spark per l'estrazione dei dati.
Università dell'Insubria Dipartimento di Economia	WP2 – Integrazione delle mappe concettuali sia nelle schede censimento UCUM relative alle 3 nuove verticali di servizio urbano sviluppate nel primo anno di attività ("Efficienza, Prestazione e Gestione degli Edifici Comunali; "Verde Urbano e Soluzioni Nature-Based"), sia nelle schede censimento sviluppate nel precedente triennio di attività (Illuminazione Pubblica, Mobilità, Sicurezza Urbana). Supporto all'integrazione del modello di gap analysis e delle schede complete nel tool digitale UCUM e verifica solidità metodologica del modello di gap
Università di Bergamo Dipartimento di Ingegneria Gestionale, dell'Informazione e della Produzione	WP2 – E' stato esteso il modello dei casi d'uso per ottenere una pseudo-specifica di tutte le funzioni del portale. Questa attività ha consentito lo sviluppo di una metodologia di testing funzionale end-to-end. Il testing è stato realizzato con Javascript/Node.js e il framework Playwright, simulando l'interazione dell'utente.

Università degli Studi di Milano Bicocca Dipartimento di Scienze Economico-Aziendali e Diritto per l'Economica	WP2 - Validazione dei risultati della <i>sentiment analysis</i> condotta con tecniche tradizionali nel periodo precedente e identificazione dei temi di maggiore interesse per gli utilizzatori dei servizi di mobilità elettrica. Creazione del dataset necessario per realizzare la fase di <i>training</i> del <i>tool</i> di GenAI impiegato nella fase finale dello studio. Ampliamento della base campionaria e analisi del nuovo dataset con <i>tool</i> di GenAI. Realizzazione del convegno “ <i>Mobilità elettrica. Analisi e prospettive del contesto italiano</i> ”
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica	WP2 – Sono proseguite le analisi energetiche in contesto internazionale per le quali sono state definite le variabili geometriche di confronto (variabili geometriche, impiantistiche e di destinazione d'uso) necessarie alla definizione di casistiche rappresentative dell'analisi per determinare i valori di soglia del LENI (kWh/m ² year) e determinare le differenze dei consumi al variare delle località e evidenziandone gli impatti climatici e progettuali sulle diverse tipologie di edifici.
Università RomaTre Dipartimento Ingegneria Civile, Informatica e delle Tecnologie Aeronautiche	WP2 - Nella prima fase di attività è stato approfondito il tema della vulnerabilità sismica degli edifici scolastici in Italia, con riferimento al comportamento sismico degli elementi non-strutturali e i metodi per la valutazione della vulnerabilità sismica. Nella seconda fase è stato approfondito il tema del rischio sismico degli edifici scolastici con elementi non-strutturali (NSE). Sono stati studiati i metodi per la valutazione della vulnerabilità sismica dei principali NSE, con particolare attenzione a quelli basati sulle performance (PBA). Sono stati individuati i criteri per la classificazione sismica degli elementi non strutturali per una rappresentazione sintetica del livello di rischio e i parametri di performance più appropriati (KPI).
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Ingegneria informatica, automatica e gestionale	WP2 - Sperimentazione dell'integrazione in RecSIM di un modello di rete elettrica basato su librerie open source per il calcolo del powerflow e della stima, dal punto di vista elettrico, la bontà delle operazioni suggerite da RecSim stesso. In particolare sono state svolte le seguenti attività: implementazione attraverso il linguaggio di programmazione Python di un modello digitale di reti elettriche basato sulla libreria Pandapower, integrazione di Pandapower con il simulatore RecSIM, definizione e implementazione delle procedure per la verifica, dal punto di vista elettrico, delle sequenze di operazioni di ripristino suggerite dal simulatore RecSIM
Università di Palermo Dipartimento di Ingegneria	WP2 – Definizione dell'architettura del DataLake e approvvigionamento degli apparati hardware necessari alla realizzazione del sistema completo. Abbiamo inoltre individuato le sorgenti dati di test, e abbiamo popolato il DataLake sviluppando un apposito modulo Python per raggiungere tale obiettivo.
Università dell'Aquila Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale	WP2 – E' stata approfondita nel dettaglio la metodologia la cui ossatura era stata definita nel semestre precedente e si è fatta una sintesi di tutti i contributi dei rappresentanti dei singoli settori scientifico disciplinari partecipanti alla ricerca. Tale sforzo ha consentito di valorizzare l'approccio multidisciplinare della ricerca stessa. Contestualmente, sono state condotte le prime analisi sul caso di studio individuato, in particolare è stata conclusa la ricerca archivistico documentale, svolto il rilievo fotogrammetrico e termico da UAV, svolta la mappatura delle tipologie di involucro ed iniziata la modellazione BIM dell'edificio.

Università di Perugia Dipartimento di Ingegneria	WP2 – L'attività ha perseguito lo sviluppo e l'integrazione di un sistema di navigazione autonoma per il veicolo elettrico tramite l'aggiornamento del sistema di interfacciamento tra il navigatore globale e la pipeline di navigazione del veicolo e lo sviluppo di quest'ultimo con l'implementazione di un modulo di localizzazione, basato su GPS-RTK e LIDAR e di pianificazione locale della traiettoria.
Università di Roma Tor Vergata Dipartimento di Ingegneria Industriale	WP2 – È stato sviluppato un prototipo sperimentale per la rilevazione dei segnali acustici dei veicoli di soccorso. Le attività hanno riguardato la caratterizzazione delle sirene e lo sviluppo di algoritmi basati su reti neurali convoluzionali per identificarne e classificarne la tipologia.
Università di Pisa Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni	WP3 - Lo studio si propone di formulare un modello matematico di invecchiamento delle batterie che possa integrare le caratteristiche di accuratezza di un modello fisico (P2D) con quelle di velocità di calcolo di un modello circuitale equivalente (ECM). A seguito dei test sperimentali condotti nella fase precedente del lavoro è stato possibile sviluppare il modello proposto.
Università di Pisa Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione	WP3 - Si sono analizzate le possibili soluzioni progettuali per la realizzazione di un sistema di bilanciamento dinamico delle tensioni delle singole celle che compongono un modulo di batterie.
Sapienza Università di Roma Dipartimento Ingegneria Chimica Materiali Ambiente	WP3 - E' stato sviluppato un modello integrato delle celle Li-ione, combinando le equazioni relative al comportamento elettrochimico e a quello termico della cella, con quelle relative al sistema di scambio termico ad immersione. Tale modello è stato applicato a condizioni di sovracorrente in celle di diversa tipologia (NMC, NCA, e LFP), e a quella, particolarmente critica, di presenza di una cella del pacco già in condizioni di thermal runaway, per valutare la capacità del sistema di raffreddamento nel prevenire l'estensione delle condizioni di emergenza.
Università di Firenze Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale	WP3 – Completamento del sistema di accumulo innovativo e integrazione a bordo di uno dei minibus di progetto, con relativo test di validazione in condizioni statiche e dinamiche. Identificazione del sito per l'installazione dell'infrastruttura di ricarica, studio delle caratteristiche dell'infrastruttura e sviluppo delle tecnologie veicolari necessarie alla captazione energetica durante la marcia
Università di RomaTre Dipartimento di Ingegneria	WP3 - Definizione dei requisiti tecnici per la conversione della stazione di ricarica. Modifiche al progetto attualmente esistente per poter impiegare il sistema di raffreddamento bifase. Adeguamento dei convertitori elettronici di potenza. Sviluppo e test dell'algoritmo di profilazione degli spostamenti FCD per l'identificazione dei punti di interesse e la ricostruzione delle catene di spostamenti.
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Ingegneria Aeronautica, Elettrica ed Energetica	WP3 - Identificazione dei modelli di scambio termico in flow boiling disponibili in letteratura. Analisi delle prestazioni di tali modelli per individuare quelli da utilizzare per i dati sperimentali ottenuti negli evaporatori dell'ENEA.

Università di Salerno Dipartimento di Ingegneria Civile	WP3 - (i) costruzione del database di calibrazione, (ii) definizione delle possibili formulazioni matematiche dei modelli di “charging behavior”, (iii) calibrazione di un primo set di modelli, (iv) definizione delle variabili di input propedeutiche alla stima dei comportamenti di ricarica, definizione e formalizzazione degli output.
Università di RomaTre Dipartimento di Ingegneria	WP3 - È stato implementato un impianto modellistico finalizzato a: 1)ricostruire i profili di spostamento degli utenti dei servizi di trasporto collettivo in ambito urbano, a partire da differenti livelli di disponibilità dei dati monitorati; 2)calcolare indicatori di accessibilità dei servizi di trasporto collettivo, associabili sia a singole zone dell’area di studio sia a coppie di zone (origine–destinazione); 3)valutare in modo quantitativo le prestazioni offerte dai servizi di trasporto collettivo, anche in termini di efficienza energetica; 4)derivare informazioni necessarie ad alimentare modelli di ripartizione modale per la valutazione di politiche e interventi di shift modale a favore del trasporto collettivo in un’ottica di sostenibilità energetica.
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica	WP4 - Sono state ricavate le equazioni di correlazione, in forma semplificata, tra le dimensioni delle sonde geotermiche e la potenza termica richiesta dalle pompe di calore, avvalendosi dei parametri progettuali precedentemente individuati. È stata individuata anche l’equazione inversa per determinare la potenza della pompa di calore in relazione alla dimensione della sonda geotermica disponibile. È infine stato avviato lo studio di una procedura per la corretta valutazione della conducibilità media del terreno in base alla variazione delle sue proprietà stratigrafiche.
Università Politecnica delle Marche Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche	WP4 - Gli archetipi di configurazioni impiantistiche tipiche, formulati come modelli che combinano dati fisici e sperimentali, addestrati e validati nelle precedenti fasi del progetto, sono stati testati sperimentalmente in una struttura di laboratorio di tipo HiL (hardware in the Loop) e resi disponibili come tool open source, in modo da poter essere impiegati all’interno di MPC (Model Predictive Control).
Alma Mater Studiorum Università di Bologna - Dipartimento di Ingegneria industriale	WP4 – Nell’ottica di definire le condizioni al contorno per l’esecuzione di test HiL su pompe di calore, è stata definita una procedura per riprodurre il comportamento termico dinamico di un edificio ad uso residenziale di 140 m2. Le caratteristiche termofisiche dell’edificio sono state implementate sul software di controllo e sono stati condotti dei test di simulazione dinamica sul funzionamento di una PdC dual source, opportunamente modellata.
Alma Mater Studiorum Università di Bologna Dipartimento di Ingegneria industriale	WP4 – Sono state applicate le linee guida per la definizione di frosting map specifiche per ogni PdC a due diverse pompe di calore, una da 10 kW e una da 60 kW. Le frosting map sperimentali sono state confrontate con quelle teoriche evidenziando una consistente riduzione della frosting region valutata per via sperimentale ed una diversa inclinazione della linea di demarcazione tra quest’ultima e la condensing region.
Università degli Studi di Padova Dipartimento di Ingegneria Industriale	WP4 – È proseguita l’attività di misura dei coefficienti di scambio termico durante la condensazione di due fluidi refrigeranti a basso GWP (Global Warming Potential) in canali di piccolo diametro (1 e 3,4 mm). I test sono stati eseguiti a portate e titoli variabili. I risultati sono stati confrontati con dati di letteratura evidenziando deviazioni alle più basse portate specifiche investigate per il fluido R1233zd(E).

Università degli Studi di Napoli Federico II Dipartimento di Ingegneria Industriale	WP4 – È stato addestrato un metodo di machine learning SVM (Support Vector Machine) per la previsione dei guasti attraverso un ampio set di calibrazione in termini di temperatura ambiente. È stata inoltre effettuata un'analisi parametrica per stimare il numero di parametri di input necessari per la corretta calibrazione, individuandone 5 (tra cui temperature di aspirazione e mandata compressore).
Università di Pisa Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni	WP4 - È stata condotta una valutazione numerica dell'impatto acustico dovuto all'uso estensivo di pompe di calore in ambiente urbano con uno specifico software di simulazione. Sono stati realizzati modelli dei reticoli urbani (porzioni dei centri cittadini) per 4 differenti casi di studio, caratterizzati da significative differenze geometriche. In questi modelli sono state disposte diverse tipologie di pompe di calore e sono stati simulati gli impatti acustici prodotti sul paesaggio sonoro.