

**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. 6 – Periodo attività: 01/07/2024– 31/12/2024

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 state completate 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.

In particolare, per le attività di avvio delle comunità energetiche è stato completato lo sviluppo e l'aggiornamento di RECON previsti nella linea di attività, Smart Sim e Dhomus. Per quello che riguarda gli strumenti di gestione e valutazione sono stati finalizzati i moduli SIMUL e CRUISE e gli stessi sono stati validandoti su casi studio reali. Per quello che riguarda gli strumento aggiuntivi sociali, sono terminati gli sviluppi di LTE e di ECListener con avvio delle sperimentazioni. Per quello che riguarda gli strumenti energetici aggiuntivi sono state testate strategie di gestione e aggiornati modelli previsionali. L'Osservatorio ha consolidato i tavoli tematici e prodotto documenti su modelli giuridici, indicatori e protocolli, e sono andate avanti le attività di disseminazione e networking. Infine le attività delle Università sono state portate a termine producendo definizione di specifiche, progettazione e stato dell'arte da una parte, implementazione di linee guida, modelli, indicatori, scenari, applicazioni, librerie software e reti neurali dall'altra.

Nell'ambito del WP2 "Infrastrutture urbane energivore" sono state completate le Linee di Attività (ENEA e delle Università) che hanno riguardato lo sviluppo di tecnologie per il settore urbano con particolare riferimento alle infrastrutture energetiche pubbliche e alla interoperabilità delle infrastrutture digitali. Nella Smart City Platform è stata ottimizzata e sperimentata in un contesto regionale dimostrando la sua efficacia. La piattaforma nazionale interoperabile (PELL) è stata validata e ulteriormente utilizzata dagli operatori del settore e rappresenta un ambiente operativo in cui i dati possono essere immagazzinati e resi disponibili per i vari servizi a loro offerti. La piattaforma (CI-RES) per la predizione del rischio nelle infrastrutture critiche energetiche, arricchita di nuove funzionalità di valutazione della vulnerabilità degli asset edificati, è in grado di effettuare una analisi e una previsione a brevissimo termine del rischio e una valutazione di scenari di impatto delle IC al fine di aumentarne la resilienza. La smart road rappresenta un sistema che integra la infrastruttura stradale (veicolo-strada) con il sistema di gestione della città, al fine di offrire un monitoraggio puntuale e continuo di informazioni dai veicoli alla città e viceversa. I risultati della ricerca sono stati trasferiti attraverso numerose attività di diffusione dei tavoli di lavoro appositamente creati.

Nel WP3 “Mobilità” sono state completate le Linee di Attività (ENEA e delle Università) che hanno affrontato la tematica sia dal punto di vista tecnologico che dal punto di vista della pianificazione e gestione dei sistemi di trasporto. Sono stati completati 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 sviluppato un prototipo innovativo di servizio di trasporto basato su ricarica dinamica tramite pantografo e trasferimento di carica tra mezzi in convoglio. È stato sperimentato un sistema di scambio termico innovativo a cambiamento di fase per componenti di potenza di una stazione di ricarica e della batteria a bordo di un autobus. In tema di Modellizzazione ricarica BEV si sono realizzati dei sistemi informatici di supporto all’analisi della domanda di ricarica di veicoli elettrici per trasporto pubblico e privato nelle aree urbane. Per il tema della mobilità urbana è sviluppata una piattaforma avanzata di modelli integrati a supporto delle attività di analisi, pianificazione e monitoraggio della mobilità urbana, PRIORITY (Platform for the tRansition to sustaInable, zerO-caRbon mobility). L’attività di diffusione e networking ha visto la partecipazione a conferenze, gruppi di lavoro e tavoli nazionali e internazionali.

Nell’ambito del WP4 “Pompe di Calore e Climatizzazione sostenibile” sono state concluse le 11 Linee di Attività in corso, 4 a responsabilità ENEA e 7 a responsabilità delle università coinvolte. Le attività si sono principalmente concentrate sul completamento di alcune campagne di test e sull’analisi dei risultati sperimentali ottenuti. I test dinamici sulle pompe di calore doppia sorgente (aria-terreno e aria-sole) hanno fornito indicazioni importanti relativamente all’ottimizzazione delle logiche di gestione in funzione delle prestazioni orarie e dei carichi termici richiesti dall’utenza, variabili nell’arco della giornata. Sulla macchina con pannelli PV che fungono da evaporatori, è stato quantificato il beneficio del loro raffreddamento sulla produzione elettrica. Tra le altre attività, sono state completate quelle sulla misura delle emissioni sonore e sulla modellazione dei loro effetti in contesto urbano, quelle sugli strumenti per la valutazione dei guasti e quelli sulla prevenzione del brinamento attraverso l’uso di “frosting map”. Infine, ENEA e i cobeneficiari hanno partecipato a numerosi eventi di diffusione e networking.

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 semestre conclusivo sono stati condotti importanti avanzamenti nello sviluppo degli strumenti per l’avvio, la gestione e la valutazione delle Comunità Energetiche Rinnovabili. Il simulatore RECON è stato perfezionato con nuove funzionalità che sono state rilasciate al pubblico, tra cui la possibilità di definire cluster per diverse tipologie di utenze, il perfezionamento delle logiche relative alle sovvenzioni in conto capitale, l’aggiunta della sezione per la valutazione dell’utilizzo dei benefici economici della configurazione, ecc. Si è mantenuta la retrocompatibilità con i precedenti rilasci della versione 2.0. Sono stati implementati alcuni modelli economici e di business realizzati dal Dipartimento DIG del Politecnico di Milano nell’ambito della LA1.4, con particolare riguardo alla definizione delle curve di prezzo zonale orario dell’energia e ai prezzi CAPEX e OPEX delle tecnologie di produzione FER. È stato altresì predisposto in ambiente di test il modulo per il calcolo del contributo dei sistemi di accumulo sulla base delle caratteristiche dei modelli implementati dal Dipartimento DISA dell’Università di Bergamo nella

LA1.3. E' stato rilasciato il manuale utente ed è stata realizzata una prima versione della dashboard amministratore. Sono state implementate misure per rafforzare la cyber-sicurezza.

È stato aggiornato il modulo di calcolo Smart SIM e sono stati individuati i dati da condividere con le altre applicazioni Enea per le CER. La Piattaforma DHOMUS ha proseguito la sperimentazione presso 2 comunità energetiche in fase di costituzione ed è stata aggiornata con nuove funzionalità e algoritmi provenienti dalle attività universitarie. Sono stati inoltre completati e testati in ambiente controllato i moduli SIMUL e CRUISE, applicati a casi studio reali, utilizzati per validare metodologie e per produrre pubblicazioni scientifiche. È stato inoltre completato il portale SEC.

Per la Local Token Economy è stato completato lo sviluppo della piattaforma sia lato back end che lato front end per la parte relativa al Marketplace dove avviene l'erogazione di tutti i servizi che vedono il coinvolgimento del cittadino e della community. Si è svolta una prima sperimentazione con 1 comunità energetica e si sono raccolti i primi risultati in merito ad usabilità e problematiche di gestione dati. Per ECListener è stato completato lo sviluppo della piattaforma con porting su infrastruttura più robusta ed è stato introdotto un sistema di web crawling indipendente da servizi esterni. Per quanto riguarda i servizi energetici aggiuntivi, sono state testate le strategie di gestione per i dimostratori F50 e sito di Bari, con ottimizzazione dei carichi, comfort e integrazione sensori. Si è finalizzato il modello MILP per configurazione ottimale di Comunità Energetiche Locali Integrate e definito caso studio reale. Sono state concluse le analisi numeriche e sperimentali su materiali autopulenti e verde urbano per mitigazione isole di calore, con sistema web di monitoraggio microclimatico attivo in due siti pilota.

Le attività di diffusione e networking hanno portato all'organizzazione di eventi nazionali e internazionali, quali la DUT Partnership sui Positive Energy District e alla produzione di documenti tecnici sui modelli giuridici, indicatori e protocolli di comunicazione, rafforzando il supporto alla governance delle CER.

Infrastrutture urbane energivore

L'attività ha riguardato la conclusione della sperimentazione su SCP Smart Land e IDP privato, utilizzati su scala regionale per 4 comuni umbri; sono state ultimate ulteriori connessioni tra le diverse solution e la SCP. Essendo la sperimentazione avvenuta con successo, si prevede di continuare ad utilizzare la SCP con supporto di ENEA. Infine, è stato ultimato lo sviluppo della prima versione della UCUM web application.

È stata completata l'implementazione del servizio PELL TEE a supporto dei certificati bianchi e l'integrazione del convertitore XML-Shapefile sul portale PELL IP. Inoltre, è stato completato il portale PELL Scuole ed il tool LeniWebGui per il calcolo LENI.

È stata testata la piattaforma CI-RES e sono stati introdotti i socket per le applicazioni più comuni. Sono state populate le banche dati relative ai dati pubblici (open data) e a quelli strutturali delle infrastrutture critiche in possesso del laboratorio TERIN-ICER-ICS. Sono state realizzare le pipeline per i nuovi software integrati (OpenQuake e WNTR) sulla piattaforma PROXMOX/Kubernetes del laboratorio TERIN-ICER-ICS.

Sono state effettuate alcune stime della resilienza del sistema elettrico, in particolare relativamente alla gestione ottimale delle squadre in caso di perdita di una o più sottostazioni nel sistema di distribuzione.

Le attività sulla Smart Road si sono concentrate sugli aspetti di sperimentazione in campo di quanto sviluppato durante il progetto. In particolare, è stato sviluppato un comportamento reattivo del veicolo per la fermata automatica in caso di presenza di veicoli di soccorso con sirena attiva e ne sono state caratterizzate le prestazioni. Sono state simulate le interazioni tra il veicolo e la città; in un verso l'invio di un messaggio di allarme da parte di un passeggero, con risposta da parte della Smart Road attraverso il lampeggiamento di un lampione; nell'altro il ricalcolo del percorso del veicolo a fronte di un allarme da parte della città circa l'esondazione di un corso d'acqua.

Mobilità

Per la tematica relativa all'accumulo, sono stati analizzati i dati raccolti dai test sperimentali di abuso e sono stati svolti test di abuso su più celle per simulare la propagazione del thermal runaway all'interno dei pacchi batteria. Questi test sono stati svolti sia in aria aperta sia con celle immerse nel fluido che è risultato più promettente dall'analisi svolta. Relativamente al modulo batterie, si è svolto un test accurato di caratterizzazione per ogni batteria del modulo, sviluppato un modello matematico delle batterie e verificato che è adatto a servire come riferimento per la quantificazione dello stato di degrado delle celle.

Riguardo la tematica relativa alla ricarica dinamica dei mezzi per TPL, sono stati eseguiti i test pianificati precedentemente sull'autobus dotato dell'innovativo sistema di accumulo. Per il test di valutazione del consumo di kWh dell'autobus è stato svolto un percorso che simula una linea di trasporto pubblico con fermate e ripartenze, lungo 2,46 km. Le prove di ricarica tramite pantografo e condivisione della carica sono state invece eseguite con l'autobus in oggetto che veniva guidato sul banco a rulli. In queste la rete, "simulata" tramite un alimentatore, ricaricava la batteria fino ad una potenza di 14,5 kW mentre un secondo autobus, dotato di un sistema di accumulo sviluppato in precedenza e collegato elettricamente al primo autobus, assorbiva o erogava l'energia da quest'ultimo risultando così in una condivisione della carica delle batterie.

Relativamente alla tematica dei profili di ricarica per veicoli elettrici, le attività si sono focalizzate sul completamento dell'applicazione e sulla validazione del software TRIO sul caso di studio romano, con la ricostruzione dei profili giornalieri e zonali di ricarica. Sono stati analizzati scenari infrastrutturali alternativi e svolte valutazioni economiche sugli investimenti necessari per la dotazione di punti di ricarica. Le attività di diffusione hanno incluso la partecipazione a conferenze nazionali e internazionali, a consolidamento dei risultati raggiunti.

Riguardo alla tematica della mobilità urbana, è stata testata e validata la piattaforma PRIORITY nel contesto della Città Metropolitana di Roma, utilizzando dati provenienti da sensori, dispositivi mobili e fonti open data. In particolare, sono stati verificati il back-end, che gestisce i moduli modellisti, i big data e gli indicatori ambientali ed economici, e il front-end, che offre un'interfaccia interattiva per l'esplorazione e la visualizzazione dei risultati. I test hanno confermato l'efficacia di

	PRIORITY, evidenziandone efficienza, completezza e accessibilità: la piattaforma consente infatti di personalizzare i parametri di analisi e di supportare l'accesso simultaneo di più utenti senza perdita di performance. <u>Pompe di calore</u> Nel corso di questo semestre, che conclude il triennio di ricerca, le attività si sono principalmente concentrate nel completamento di alcune campagne di test e sull'analisi dei risultati sperimentali ottenuti. In dettaglio, i test dinamici sulla pompa di calore geotermica hanno dato interessanti indicazioni riguardo la sua capacità di soddisfare i fabbisogni di utenze tipo a seconda della configurazione testata e possono essere utilizzati per il suo dimensionamento di massima. Anche i test sulla macchina aria-sole hanno fornito indicazioni importanti relativamente all'ottimizzazione delle logiche di gestione della pompa di calore in funzione delle sue prestazioni orarie, non soddisfacenti con evaporatore solare in presenza di basso irraggiamento, ma molto elevate nelle ore centrali della giornata. Dal punto di vista elettrico, è stato quantificato il beneficio del raffreddamento dei pannelli PV sulla produzione elettrica. Sul sistema di sbrinamento in studio, è stata ricercata, per via modellistica, una configurazione più performante per lo scambiatore aria-acqua-refrigerante che funge da evaporatore della PdC. I test condotti sulla macchina a servizio del container-serra hanno prodotto alcuni interessanti spunti, riguardo la corretta operazione del sistema e consentito di individuare alcune criticità risolubili con una opportuna revisione della configurazione del circuito o delle logiche di gestione della pompa di calore. Infine, l'analisi dei test di emissione sonora ha mostrato il beneficio di alcuni sistemi di mitigazione del rumore al variare della frequenza del suono prodotto dalla pompa di calore. Le attività di diffusione si sono concretizzate nella emissione di pubblicazioni che raccolgono alcuni risultati della ricerca.
Università Bergamo Dipartimento di Ingegneria e scienze applicate	WP1 - Implementazione in ambiente Matlab dei sistemi di ricarica dei veicoli elettrici, con analisi tecnica delle tecnologie e del relativo quadro normativo e legislativo europeo e nazionale in configurazioni di autoconsumo diffuso. Il lavoro include l'individuazione dei principali parametri tecnici per l'analisi e la simulazione di sistemi di accumulo e colonnine di ricarica elettrica. I modelli numerici sviluppano l'analisi energetica ed economica di colonnine di ricarica elettrica inseriti in contesti di autoconsumo diffuso nelle configurazioni previste dalla normativa. I modelli sono stati validati su casi studio reali o ricavati dalla letteratura tecnica.
Politecnico di Milano Dipartimento di Ingegneria Gestionale	WP1 – Analisi di sensitività che include l'effetto delle variazioni del costo dell'energia (-20%/+20%), del costo iniziale di installazione degli impianti (-10%/+10%) e della quota di energia condivisa. Ricerca obiettivo per determinare il valore del CAPEX per ottenere un ritorno ottimale dell'investimento. Validazione dell'analisi su cinque casi studio reali forniti da ENEA, confrontando i risultati ottenuti con il modello Matlab con quelli derivanti da RECON. Valutazione dell'impatto, in termini di sostenibilità economica, dell'applicazione dei modelli di Local Token Economy precedentemente individuati al contesto delle Local Energy Communities e dei benefici derivanti da tale sinergia per il sistema elettrico nazionale.

Università di Milano Bicocca Dipartimento di Scienze Economico- Aziendali e Diritto per l'Economica	WP1 - Stesura dei template operativi per fornire, ai soggetti potenzialmente interessati alla costituzione di una CER, la documentazione utile a semplificare la costituzione della stessa. Redazione del volume <i>“Comunità energetiche: linee guida per la loro efficace implementazione a livello nazionale”</i> . Realizzazione del convegno <i>“Lo sviluppo delle Comunità Energetiche Rinnovabili. Modelli collaborativi tra pubblico e privato”</i> .
Politecnico di Torino Dipartimento di Energia	WP1 – Sono stati definiti indicatori compatti caratterizzanti la prestazione energetica, le condizioni dell’ambiente interno, lo sfruttamento della fonte rinnovabile e il grado di flessibilità energetica degli utenti considerati, oltre alla definizione di un processo metodologico di calcolo e valutazione dello smart readiness indicator applicato ad utenze di tipo residenziali. Realizzata la piattaforma prototipale sulle fonti rinnovabili e sulle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) con interfaccia in inglese e strutturata in tre moduli: disponibilità delle risorse rinnovabili dal livello nazionale a quello locale; confronto tra produzione da FER e consumi energetici per settore tramite grafici; realizzazione di cinque possibili scenari di produzione e scambio di energia rinnovabile.
Sapienza Università di Roma Centro Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Ambiente	WP1 – Formulazione semplificata della procedura di calcolo denominata EASY SIM, che conserva gli stessi input della versione originaria, ma introduce delle semplificazioni nel calcolo degli output per ridurre i tempi computazionali, questa versione semplificata è in fase di testing.
Politecnico di Milano Dipartimento di Architettura e Studi Urbani	WP1 – Elaborazione delle simulazioni numeriche condotte e calcolo degli indicatori di flessibilità per ogni caso d’uso. Costituzione di un database interrogabile dei risultati. Stesura del rapporto di progetto e di un articolo scientifico.
Università di Roma Tor Vergata Dipartimento di Ingegneria Industriale	WP1 – È stato implementato un protocollo di comunicazione che consente a Pepper di interagire con il paziente, guidandolo nella misurazione e trasmettendo i dati raccolti. Sono state sviluppate interfacce vocali e visive e un sistema cloud sicuro per archiviare le cartelle cliniche digitali, garantendo protezione dei dati e accessi differenziati.
Università Bologna Dipartimento Ingegneria dell'energia elettrica e dell'Informazione "Guglielmo Marconi"	WP1 – Valutazione dei risultati ottenuti in relazione all’identificazione del dato anomalo e predisposizione di algoritmi per la simulazione degli scambi di energie in comunità energetiche, considerando diverse strategie di gestione dei sistemi di accumulo. Il codice prodotto è infine stato consolidato e rilasciato ad ENEA.
Università di Parma Dipartimento di Ingegneria e Architettura	WP1 – Redazione dei documenti tecnici di dettaglio sui risultati ottenuti e rilascio su piattaforma open-access del codice sviluppato in MATLAB® con libreria completata dalla logica di gestione dello strumento realizzato.
Politecnico di Milano Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria	WP1 - Terminato lo sviluppo del dimostratore con il completamento dei servizi di interfacciamento verso gli smart contract e lo sviluppo delle interfacce utente. Test completo di tutta l'applicazione, verifica dei risultati e della corretta implementazione del modello adottato per la gestione del mercato elettrico. Scrittura della documentazione e dei report di progetto.

Università della Campania Dipartimento di Ingegneria	WP1- Rilasciato uno strumento prototipale (software sviluppato in-house) a supporto dell'analisi e dell'applicazione di tecniche di Process Mining, che deduca informazioni da serie temporali di dispositivi che consumano o producono energia.
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Informatica	WP1 – Completamento del software di acquisizione e analisi, in particolare SW5: Moduli software per l'analisi dei dataset; Completamento dell'acquisizione dei dati e il relativo popolamento dei dataset su social media Meta e X. Analisi dei dati raccolti.
Università RomaTre Dipartimento di Ingegneria Industriale elettronica e meccanica	WP1 – L'attività ha riguardato lo sviluppo in un ambiente di simulazione e verifica sperimentale di strategie di gestione che consentano la ricarica Fast di veicoli elettrici in Smart Building dotati di forniture elettriche sottodimensionate
Università degli Studi di Genova Centro servizi di Ateneo territoriale (CeSAT)	WP1 – L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di modelli matematici per la gestione ottima di aggregati di CER in grado di offrire servizi di flessibilità all'interno del Mercato per il Servizio di Dispacciamento (MSD). Tali modelli, aventi la funzione di Energy Management System (EMS), operano a diverso grado di dettaglio e scala temporale, essendo essi a servizio dell'aggregatore che gestisce l'insieme delle CER, dei gestori delle singole CER e dei membri stessi della singola CER. Al fine di offrire servizi ancillari nell'MSD, le singole CER possono essere dotate di sistemi di accumulo a batteria centralizzati dedicati.
Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche	WP1 – Le attività si sono concentrate sull'implementazione pratica della piattaforma e sulla validazione delle funzionalità sviluppate, con un progressivo passaggio dalla fase di prototipazione a quella di rilascio operativo. Sulla base delle specifiche e dei modelli definiti, è stata sviluppata l'infrastruttura software, integrando i moduli grafici, i motori di calcolo e i componenti di ottimizzazione. Sono stati inoltre predisposti i sistemi di caricamento dei dati, la gestione delle tecnologie selezionate e le interfacce utente interattive. Sono stati condotti test interni di verifica delle funzionalità (design, operation, simulazione, export dati) e di coerenza dei risultati. L'attività ha incluso la correzione di anomalie, l'adeguamento delle unità di misura e la produzione di un primo set documentale a supporto dell'utente (manuale, guida rapida, schermate illustrative).
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica	WP1 - Definizione di un sistema di monitoraggio energetico low-cost e open-source. Realizzazione di un dispositivo Power Alert , in grado di monitorare i flussi elettrici e supportare scenari di comunità energetiche virtuali, segnalando eventuali sovraccarichi. Lo studio è stato validato su casi applicativi eterogenei, classificati per tipologia edilizia, contesto urbano e profilo d'utenza. Studio di casi eterogenei di aggregazione di utenti finali e successiva clusterizzazione dei risultati in base a tipologia di edificio, tessuto urbano, destinazione d'uso e tipologia di utenza.

Sapienza Università di Roma Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura	WP1 – Nel sesto semestre i dati raccolti sono stati messi a sistema e analizzati attraverso un approccio comparativo, con l’obiettivo di correlare parametri ambientali e percezioni di comfort. L’elaborazione delle informazioni ha permesso di valutare l’efficacia delle soluzioni passive adottate e di trarre considerazioni complessive sull’impatto degli interventi. E’ stata conclusa 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 stati definiti due scenari mitigativi dell’isola urbana di calore basati sull’aumento della percentuale di verde in città e tre scenari mitigativi basati sulla combinazione dell’applicazione dei materiali ad alto albedo e dell’incremento di verde urbano. Le simulazioni relative a tali scenari sono state quindi effettuate per il mese di luglio 2020. Infine, i risultati numerici sono stati analizzati con lo stesso approccio usato per le precedenti simulazioni.
Università di Bologna Dipartimento di Informatica, Scienza e Ingegneria	WP2 - Nell’ultimo semestre sono state svolte le attività di reportistica e documentazione e si è discusso delle possibili evoluzioni future del software.
Politecnico di Milano Dipartimento di Ingegneria gestionale e Dipartimento di Energia	WP2 – Nell’ultimo semestre sono stati utilizzati i KPI e i mockup di estrazione per analisi off-line sui database di illuminazione pubblica. Sono stati identificati trend, benchmark e outlier nei dati statici e dinamici. Queste analisi evidenziano il potenziale del lavoro svolto. Permettono inoltre di approfondire le caratteristiche degli impianti e, in prospettiva, degli edifici scolastici e ospedalieri.
Università dell'Insubria Dipartimento di Economia	WP2 - Sperimentazione di tutte le sei schede censimento UCUM sviluppate sul Comune pilota di Pitigliano, verifica della solidità metodologica dell'analisi dei gap e della sua intellegibilità da parte dell'Amministrazione comunale direttamente coinvolta nel processo di compilazione delle schede, con restituzione dei risultati sia per singolo verticale di servizio sia complessiva in termini di digital gap da colmare e di punti di forza da valorizzare nel percorso di digitalizzazione dei servizi in atto nel Comune
Università di Bergamo Dipartimento di Ingegneria Gestionale, dell'Informazione e della Produzione	WP2 – E' stato sviluppato e messo a punto un (micro-)servizio di anomaly detection sui dati dinamici del PELL con algoritmi di clustering per l'apprendimento "non supervisionato". Gli algoritmi e il (micro)-servizio sono stati implementati con il linguaggio Python e la libreria Scikit-learn.
Università degli Studi di Milano Bicocca Dipartimento di Scienze Economico-Aziendali e Diritto per l'Economica	WP2 - Ottimizzazione dei LLM (Large Language Model) implementati per l’analisi delle recensioni. Confronto con gli stakeholder e condivisione delle evidenze dello studio per favorire una migliore gestione futura dei servizi di mobilità elettrica.

Sapienza Università di Roma Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica	WP2 – In questo ultimo semestre sono stati messi a confronto i risultati delle simulazioni effettuate per alcuni casi studio simulati precedentemente con il tool LENICALC e quelli derivanti dalla nuova versione online del software LeniWeb per verificare la coerenza dei risultati e quindi la corretta implementazione della procedura di calcolo nella versione online.
Università RomaTre Dipartimento Ingegneria Civile, Informatica e delle Tecnologie Aeronautiche	WP2 - In questo ultimo semestre è stata formulata una procedura semplificata per l'analisi del rischio sismico degli elementi non strutturali di edifici scolastici, per individuare gli elementi più critici. Il metodo proposto è stato implementato nell'applicazione python NSE-SCHOOL. Inoltre sono state sviluppate apposite linee guida per l'uso della scheda PELL-SCHOOL-RE in presenza di elementi non strutturali NSE nonché la scrittura di un manuale d'uso dell'app NSE-SCHOOL.
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Ingegneria informatica, automatica e gestionale	Nell'ultimo semestre sono continuate le attività di sviluppo e di ingegnerizzazione di RecSIM. Il sistema risultante, denominato OPT-RecSIM, integra il simulatore di resilienza RecSIM, sviluppato dall'ENEA, con un modello di scheduling per macchine parallele identiche. Sono stati proposti diversi scenari di guasti su una rete metropolitana, che dimostrano l'efficacia del procedimento. I risultati sottolineano il valore dell'integrazione delle tecniche di ottimizzazione nelle strategie di risposta alle emergenze, che in ultima analisi migliorano la resilienza urbana e accelerano gli sforzi di ripristino dell'energia elettrica. In particolare, sono state aggiunte delle procedure di individuazione del guasto prima assenti in RecSIM.
Università di Palermo Dipartimento di Ingegneria	WP2 - Individuati gli strumenti più performanti per analizzare i dati; grazie al modulo MongoDB Spark Connector e alla trasformazione dei dati da una forma fortemente annidata a una forma tabellare, sono state utilizzate le API di SparkSQL per le successive analisi e sono stati calcolati i KPI richiesti. Tutta la metodologia di trasformazione e analisi dei dati è stata concepita per lavorare su piattaforme di calcolo distribuito. Sebbene l'attività sia stata condotta su server stand-alone, la stessa metodologia e lo stesso codice potrebbero essere portati su cluster con qualsiasi numero di nodi senza alcuna modifica.
Università dell'Aquila Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale	WP2 – È proseguita l'attività di ricerca iniziata nei semestri precedenti approfondendo prevalentemente le analisi sul caso di studio, in particolare modo svolgendo tutte quelle di livello avanzato e completando il modello navigabile con le informazioni necessarie. Gli avanzamenti sono stati condivisi con ENEA. È stato redatto e completato il rapporto finale.
Università di Perugia Dipartimento di Ingegneria	WP2 – Si è terminata l'integrazione tra i moduli SW del veicolo di navigazione autonoma interfacciando tra il navigatore globale e la pipeline di navigazione del veicolo e il pianificatore locale della traiettoria. È stato sviluppato il modulo per il riconoscimento e la segmentazione del manto stradale, per distinguere aree percorribili da ostacoli e margini della strada. È stata infine condotta la validazione sperimentale del sistema di navigazione in condizioni operative reali.
Università di Roma Tor Vergata	WP2 – Analisi del livello di rumore ambientale tramite campagne fonometriche e algoritmi di machine learning per la classificazione del contesto stradale. È stata realizzata un'interfaccia utente capace di

Dipartimento di Ingegneria Industriale	comunicare in tempo reale sia la presenza di veicoli di emergenza sia il grado di rumore urbano.
Università di Pisa Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni	WP3 - Le simulazioni effettuate con il modello hanno evidenziato che esso è in grado di rappresentare in modo efficace le variazioni dei parametri P2D, riflettendole sul comportamento macroscopico tipico di un ECM. Questo approccio integrato ha dimostrato di poter apprezzare il degrado della batteria sia in termini di energia disponibile che di prestazioni in potenza, fornendo un modello utile per analisi e studi sul comportamento delle batterie al litio in funzione di scenari tipici di funzionamento di batterie per applicazioni veicolari. E' però necessaria un'ulteriore validazione su scenari più complessi e diversificati.
Università di Pisa Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione	WP3 - L'attività è proseguita con l'esecuzione di uno studio che permettesse di valutare quali funzionalità aggiuntive possono essere implementate nel modulo batterie già sviluppato. L'obiettivo finale del lavoro è la realizzazione del sistema, che potrà essere integrato, come componente esterno, al modulo di batterie Second Life realizzato nelle precedenti annualità.
Sapienza Università di Roma Dipartimento Ingegneria Chimica Materiali Ambiente	WP3 - Sono stati elaborati i risultati delle simulazioni con diversi fluidi refrigeranti e diverse condizioni operative. Questi mostrano che, in tutte le condizioni di funzionamento con carico elevato, il raffreddamento consente di ridurre le temperature delle diverse celle consentendo di prevenire fenomeni di thermal runaway. Nel caso delle prove con una delle celle in thermal runaway, il raffreddamento diretto evita un coinvolgimento generalizzato del resto del modulo, ma non riesce ad evitare il surriscaldamento delle celle più vicine. Questo consentirebbe di dimensionare adeguati sistemi di intervento mirati.
Università di Firenze Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale	WP3 - Svolgimento di prove su banco a rulli per investigare la capacità del minibus dotato del sistema di accumulo innovativo di recuperare energia anche durante la marcia. Svolgimento di prove in convoglio per determinare la capacità dei minibus di progetto di condividere la carica in maniera efficace.
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 Astronautica, 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 - Specificazione, calibrazione e validazione dei modelli di Charging Behavior definitivi e coerenti con la framework modellistica sviluppata da ENEA.

Università di RomaTre Dipartimento di Ingegneria	WP3 - È stata sviluppata e validata una catena modellistica per l'analisi della domanda di mobilità privata e la stima di scenari di shift modale, integrata nella piattaforma per la sostenibilità urbana "PRIORITY". L'approccio, basato su dati FCD, algoritmi di clustering e modelli analitici, ha permesso di caratterizzare i motivi degli spostamenti, calcolare i fattori di espansione e simulare l'impatto di diversi livelli di performance del trasporto pubblico. I risultati confermano l'efficacia di modelli data-driven nel supportare strategie di mobilità sostenibile e nel contribuire alla riduzione dei consumi energetici.
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica	WP4 - È stata messa a punto una procedura per la stima della conducibilità media del terreno in base alla variazione delle sue proprietà stratigrafiche e è stato confrontato il risultato con le misure di conducibilità media ricavate da prove in situ (TRT – Thermal Response Test). Sono state inoltre condotte le simulazioni del funzionamento di sonde geotermiche per la valutazione della loro utilizzabilità come sistemi di accumulo termico. Infine, è stato valutato, tramite modello matematico, l'effetto di sollecitazioni impulsive sulla perturbazione del campo termico in ottica DSM (Demand Side Management).
Università Politecnica delle Marche Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche	WP4 - Per verificare le logiche di controllo DSM, si è analizzato il funzionamento della pompa di calore geotermica dual source disponibile presso ENEA, mettendo in evidenza la convenienza nell'uso ottimale delle sorgenti e il ruolo della flessibilità energetica nella gestione del sistema. Sono proposte delle linee guida per la valutazione di sistemi simili e per la miglior selezione della sorgente per aumentare l'efficienza della pompa di calore e ridurre l'energia elettrica utilizzata dalla rete.
Alma Mater Studiorum Università di Bologna - Dipartimento di Ingegneria industriale	WP4 – Dopo la messa a punto delle linee guida per la corretta esecuzione di test in modalità HiL, sono stati eseguiti test dinamici su una pompa di calore doppia sorgente. I risultati sperimentali sono stati confrontati con quelli delle simulazioni e hanno evidenziato che i COP medi stagionali ottenuti possono essere significativamente inferiori (-12%) di quelli ottenuti da simulazione dinamica, evidenziando quindi il beneficio dei test dinamici rispetto alle simulazioni.
Alma Mater Studiorum Università di Bologna Dipartimento di Ingegneria industriale	WP4 – Dopo aver definito una logica di controllo per la gestione ottimale dei cicli di defrost, questa è stata applicata ad una macchina da 60 kW in differenti condizioni climatiche. L'indagine ha consentito di quantificare il beneficio energetico del sistema di sbrinamento ottimizzato, evidenziando l'incremento di energia termica erogata e la riduzione del consumo di energia elettrica grazie all'impiego di cicli di defrost "intelligenti".
Università degli Studi di Padova Dipartimento di Ingegneria Industriale	WP4 – È stato indagato per via modellistica e sperimentale un innovativo sistema di accumulo termico a PCM costituito da uno scambiatore di calore bar-and-plate con PCM al suo interno. L'alettatura dello scambiatore ha permesso di ridurre di circa l'80% il tempo necessario per fondere tutto il PCM. È stato infine realizzato un modello che integra una pompa di calore dual-source con il sistema di accumulo proposto e con utenze tipo.
Università degli Studi di Napoli Federico II Dipartimento di Ingegneria Industriale	WP4 – È stato effettuato un confronto tra il metodo semi-deterministico basato sull'inversione del modello digitale e il metodo di machine learning per la previsione dei guasti: Il confronto ha evidenziato che, in con strumenti più accurati, il metodo di Machine Learning è più efficace per la determinazione dello status della macchina Utilizzando strumenti di misura meno accurati, il metodo semi-deterministico mantiene un'efficacia

	maggiore soprattutto nella determinazione dello sporcamento al condensatore.
Università di Pisa Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni	WP4 – Per la valutazione analitica dell'impatto acustico prodotto dall'uso estensivo di pompe di calore è stato realizzato un modello di calcolo semplificato, per riprodurre l'impatto delle emissioni rumorose delle pompe di calore sul paesaggio sonoro, attraverso relazioni analitiche, valide per reticoli urbani di dimensioni fissate. Il modello semplificato è stato validato con i risultati ottenuti dalle simulazioni delle precedenti attività.