

**PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 202-24 - 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. 3 – Periodo attività: 01/01/2023– 30/06/2023

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 chiuse 5 Linee di Attività a responsabilità ENEA. Ci si è concentrati dunque sulla fase di prime applicazioni e di test. Sono state inoltre avviate 22 Linee di Attività universitarie, dove ci si è concentrati su analisi e progettazione. Per l'avvio della Comunità Energetica si è proceduto con le validazioni con i dati reali e si sono conclusi gli sviluppi e le implementazioni. Le applicazioni per la gestione e la valutazione delle Comunità sono state sperimentati tramite l'uso di dati reali accoppiati anche con dati realistici creati in laboratorio. Per gli strumenti aggiuntivi social, sono state effettuate operazioni per la messa in produzione e test per il miglioramento dell'usabilità. Sono stati effettuati test per gli strumenti aggiuntivi energetici. Sono andate avanti le attività di disseminazione e networking nazionale e internazionale.

Nell'ambito del WP2 “Infrastrutture urbane energivore” sono state concluse 5 Linee di Attività a responsabilità ENEA e avviate due Linee di Attività delle Università. La Progettazione evolutiva del framework per la governance dei dati urbani ha riguardato l'individuazione e la descrizione degli interventi da effettuare relativamente alla Smart City Platform, alla ontologia degli UrbanDataset e all'Urban Check-up Model. La piattaforma PELL IP ed Edifici è stata dotata di nuovi servizi in funzione delle esigenze manifestate dal mercato e dell'avanzamento del processo di innovazione gestionale delle infrastrutture e dei servizi dedicati ai contesti urbani e territoriali. Per la piattaforma di servizi CI-RES sono state definite le funzionalità operative, formalizzate le specifiche tecniche con una architettura modulare a più livelli che comprende servizi di back-end, servizi di gestione e interrogazione dati e un livello di front-end con l'interfaccia utente. In ambito Smart Road sono state sviluppate applicazioni per il monitoraggio dell'infrastruttura stradale intelligente con una prima prototipazione di due sistemi di misurazione del manto stradale. Sono stati divulgati i risultati della ricerca del WP2 e potenziato il network degli stakeholders e dei tavoli di lavoro.

Per il WP3 “Mobilità” le Linee di Attività concluse sono 13 (6 ENEA e 7 delle Università). Sono stati progettati e realizzati il set-up sperimentale per l’esecuzione di test di immersion-cooling e dell’algoritmo di degrado delle celle su un modulo (accumulo) oltre che ulteriori approfondimenti sui modelli per l’invecchiamento e sull’analisi di ulteriori funzionalità innovative per batterie commerciali.

Sul tema della ricarica dinamica per TPL, si sono date indicazioni sui costi di investimento per unità di percorrenza realizzata. È stata progettata l’architettura di bordo del bus in convoglio e per quanto riguarda lo scambio termico, è stato analizzato, progettato e testato il sistema integrato di gestione termica dell’inverter e delle batterie. Per lo studio dei profili di ricarica dei veicoli elettrici, sono stati predisposti dei questionari per le indagini Revealed preferences. Per quanto riguarda la mobilità urbana, è stata predisposta una prima versione del geo-database, in ambiente PostgreSQL/PostGIS, sono proseguite le attività di networking a livello nazionale e internazionale con i principali attori del settore della mobilità.

Nell’ambito del WP4 “Climatizzazione sostenibile e Pompe di Calore” sono state concluse 5 Linee di Attività a responsabilità ENEA e 5 dei co-beneficiari. Sono inoltre in corso 3 linee di attività e i co-beneficiari.

Sono stati realizzati due piezometri per il monitorare il livello di falda. Sono stati completati i due impianti per le PdC dual source e per le PdC con moduli PV-T. Sul tema delle tecnologie innovative, è stato completato l’impianto per il test del serbatoio a PCM. È proseguita la progettazione di impianto di climatizzazione per sistemi di produzione alimentare. Sul tema della diffusione delle PdC e degli strumenti per l’utenza, è proseguito il monitoraggio del Portale delle Offerte e è stato indagato il potenziale beneficio dell’applicazione di tecniche di DR (demand-response) sulla flessibilità d’uso delle PdC. L’attività di networking è proseguita sulla falsariga del secondo, con partecipazione ad eventi nazionali ed internazionali.

ATTIVITA' SVOLTE

<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	<p><u>Comunità energetiche sostenibili</u></p> <p>Le prime versioni dei moduli di calcolo per impianti mini-idroelettrico e per gli impianti minieolici di RECON sono state validate con dati reali. Inoltre, è stata riprogettata dell’architettura informatica dell’applicazione per adeguarsi all’aggiornamento del quadro normativo. Per Dhomus sono stati implementati il database e le interfacce informatiche per la comunicazione con altre applicazioni. È stato implementato il processo per l’importazione automatica delle schede Smart Sim. Si è sviluppato un foglio di calcolo la flessibilità su scala giornaliera, mensile, stagionale e annuale e definita la struttura del database che includerà i risultati dell’attività. Sono stati progettati di servizi avanzati di Assisted Living che utilizzano sensori di contesto e il robot PEPPER.</p>

I componenti sviluppati per SIMUL, CRUISE e Signal-Mix sono stati sperimentati, ognuno in modo coerente al suo stadio di sviluppo. In particolare, tale sperimentazione è avvenuta in un caso studio basato sull'utilizzo di dati reali applicati a configurazioni di comunità energetiche rinnovabili ipotetiche create in laboratorio e in ulteriori tre casi studio basati su un caso pilota reale di comunità energetica, in configurazione di autoconsumo collettivo presso un complesso condominiale.

Per quello che riguarda la Loken Token Economy, il server è stato installato e predisposto per la fase di messa in produzione del servizio. Sono state definite le integrazioni necessarie per completare il servizio e i miglioramenti necessari all'usabilità dell'ambiente sia di front end (marketplace) sia lato utente (domanda/offerta di servizi) sia lato amministrazione di comunità. Per ECListener si è realizzato un prototipo di interfaccia grafica per la visualizzazione di cruscotti e tabelle dati. I dati vengono interrogati ed esportati con interfacce informatiche sviluppate ad hoc.

Sono stati potenziati i sistemi di gestione degli smart building dimostrativi ed è stato effettuato il primo test sulla flessibilità energetica in ambiente simulato. Sono stati sviluppati i modelli matematici delle tecnologie energetiche candidate a far parte della configurazione ottimale di una comunità energetica locale integrata. Per le isole di calore sono stati effettuati i primi test dei materiali autopulenti con esposizione in ambiente urbano. Si è effettuato, inoltre, il monitoraggio e la valutazione di un sistema evaporativo in un asilo del Comune di Roma, con coinvolgimento di bambini e staff tecnico.

È stato costituito l'Osservatorio ENEA per la comunità energetiche, composto da circa 40 stakeholder a rappresentanza della filiera CER. L'Osservatorio è stato presentato a Key Energy, fiera internazionale dedicata alla filiera dell'energia. Vi è stata un'intensa attività di diffusione e promozione, con supporto alle PA. È proseguita la partecipazione alle task force della DUT Partnership sui Positive Energy District. Sono proseguiti i workshop internazionali sulle procedure pubbliche per la transizione urbana sostenibile e la partecipazione a eventi internazionali consolidati e a convegni nazionali in Italia.

Infrastrutture urbane energivore

Per la Smart City Platform il focus è stato sul setup e configurazione delle due macchine virtuali contenenti IDP e SCP sull'infrastruttura cloud dei comuni umbri, con risoluzione dei problemi individuati dai penetration test effettuati sui prodotti ENEA. È stata completata la definizione dei nuovi UrbanDataset (UD) da utilizzare nella sperimentazione finale con i comuni umbri. Riguardo l'Urban Check-Up Model (UCUM) è stata effettuata la progettazione preliminare per trasportare la metodologia UCUM in una applicazione web (che sarà sviluppata da una ditta esterna).

È stato testato un caso pilota per l'implementazione del servizio PELL TEE a consuntivo, ovvero un servizio che consente di esportare dal PELL

i dati necessari al GSE per l'erogazione degli incentivi relativi ai certificati bianchi. È stata inoltre completata la progettazione dell'upgrade dell'integrazione SCP-PELL. È stato inoltre avviato lo studio dell'integrazione dei tool esterni all'interno del PELL, in particolare un tool di conversione del formato dei file ed un tool a supporto della pianificazione di interventi di riqualificazione energetica nella pubblica amministrazione. È stata inoltre rilasciata la prima release della scheda Smart Street Services e sottoposta ad AgID. Infine, è stato avviato un gruppo di lavoro congiunto con l'obiettivo di riuscire a fornire un quadro complessivo dello sviluppo della Mobilità, quale verticale, a livello nazionale andando a costruire una "scheda censimento PELL Mobilità".

Definizione dettagliata della piattaforma CI-RES per componenti funzionali: piattaforma di sviluppo, unità di backup, piattaforma in produzione: frontend e backend (software per algoritmi e dati). Definizione delle tipologie di utenti. Definizione delle specifiche software delle diverse componenti della piattaforma e stima di costi e tempi di realizzazione. Infine è stato acquisito il materiale hardware necessario.

È stato completato l'aggiornamento hardware del veicolo con l'installazione dei nuovi inverter e l'acquisizione di un pacco di batterie al litio di ricambio. È stata completata l'attività di caratterizzazione fisica e aggiornamento del software di controllo del veicolo. È stata completata l'attività relativa allo studio di fattibilità di un prototipo di detector di difetti del manto stradale basato sulla misura di distanza raccolta da un LIDAR di navigazione, montato sul veicolo.

Coinvolgimento attivo della Pubblica Amministrazione ai fini dell'applicazione dei nuovi modelli gestionali di infrastrutture e servizi mediante incontri presso alcuni Comuni (Trani, Matera). Avvio del progetto "Laboratorio a cielo aperto" presso il Comune di Pitigliano. Costituzione del Network. Collaborazione Meters&More per l'adozione delle variabili presenti nella sezione dati dinamici del datamodel PELL IP a livello della Chain2, su scala internazionale (europea). Realizzato un piano di comunicazione con una proposta di aggiornamento del sito web SUE e collegamento a LinkedIn. Proseguita l'attività di diffusione.

Mobilità

È stato progettato e realizzato il set-up sperimentale per l'esecuzione di test di immersion cooling su celle sottoposte ad abuso. È stato messo a punto l'algoritmo di valutazione del degrado della capacità off-line e valutato su un caso sperimentale. Si sono fatti i primi test sperimentali sul modulo.

Nell'ambito del tema della ricarica dinamica per TPL, nel terzo semestre sono stati analizzati i limitati dati di letteratura disponibili, derivanti da progetti dimostrativi/sperimentali, nell'ambito delle Electric Road Systems (ERS), al fine di trarre indicazioni sui costi di investimento per unità di percorrenza realizzata. Il range dei valori economici di investimento sembrerebbe essere molto ampio in tutti i casi, ciò dipenderebbe dai vincoli tecnico-economici connessi alla fase realizzativa, per i quali viene fornita una prima generica indicazione nel report.

E' stato inoltre progettato il sistema integrato di gestione termica dell'inverter e delle batterie con l'acquisto dei materiali necessari e della pompa di calore termica.

Per lo studio dei profili di ricarica dei veicoli elettrici, sono stati predisposti dei questionari per le indagini Revealed preferences, rivolte ai possessori di auto elettriche, e Stated preferences, rivolte ai potenziali utilizzatori di auto elettriche. Inoltre si è collaborato alla messa a punto, diffusione e valutazione del questionario e dei risultati e Sviluppato e finalizzato il nuovo algoritmo per il calcolo dei profili di ricarica del trasporto pubblico locale.

Per quanto riguarda la mobilità urbana, è stata predisposta una prima versione del geo-database, in ambiente PostgreSQL/PostGIS, mediante la definizione di un apposito tool di sviluppo e controllo realizzato in ambiente Python. Le tabelle create coprono una vasta gamma di dati statistici legati al territorio, inclusi dati geografici, demografici e socio-economici. Le tabelle create includono anche le tracce GPS e le traiettorie estratte dal campione FCD fornito da Roma Servizi per la Mobilità.

Infine, si è proseguita Attività di networking a livello nazionale e internazionale con i principali attori del settore della mobilità, in particolare con la partecipazione all'EIT URBAN MOBILITY 2023 PARTNERS' DAY ad Amsterdam, al HEV TCP EXCO MEETING a Bruxelles e all'ALKEEMIA BATTERY FORUM 2023 a Murano.

Pompe di calore

Sono stati realizzati due piezometri, a carotaggio continuo, con sensori di livello e di temperatura per il monitoraggio del livello di falda. Sono state condotte misure di conducibilità termica sui campioni di roccia dei carotaggi e completata la correlazione litostratigrafica e ricostruzione areale del campo geosonde.

A livello impiantistico è proseguito l'assemblaggio di impianto HiL per test PdC dual-source e sono stati implementati i programmi di monitoraggio e gestione. Sull'impianto SOLAIRHP è stata completata l'attività di assemblaggio nuova componentistica e la predisposizione della catena di misura, del nuovo sistema di controllo e del programma di gestione remota. Sono stati eseguiti i primi test di calibrazione sul sistema elettrico di gestione carichi elettrici da fotovoltaico verso utenza simulata tramite inverter e resistenze.

Sul sistema di sbrinamento con serbatoio a PCM, è stato rivisto il suo progetto con nuovo sistema di tenute. Sono state completate le attività di assemblaggio e di realizzazione della catena di misura e del programma di controllo del circuito canalizzato ad aria, del circuito ausiliario ad acqua e del circuito refrigerante. È proseguita la progettazione di impianto climatizzazione per sistemi di produzione alimentare multilivello.

È proseguita l'attività di monitoraggio del portale offerte e l'analisi critica delle sue potenzialità e criticità. Sono state analizzate le potenziali applicazioni di tecniche di DR (demand-response) al settore della climatizzazione nell'ottica di incrementare la flessibilità d'uso delle PdC e ridurre l'impatto sulla rete elettrica, con particolare riferimento ai picchi di potenza richiesta per il loro impiego nel riscaldamento civile.

È proseguita l'attività di networking a livello nazionale e internazionale con i principali attori del settore della climatizzazione. Tra i principali

	<p>contributi, si segnala la partecipazione alla 14th IEA Heat Pump Conference, alle riunioni del Gruppo Italiano pompe di Calore, a convegni organizzati da Assoclimate, Università ed Enti di formazione.</p>
<p>Università di Bologna Dipartimento di Informatica, Scienza e Ingegneria</p>	<p>WP2 - È stata analizzata e riprogettata l'applicazione per navigare l'ontologia delle specifiche Smart City Platform e su questa base si è implementata e testata la nuova versione. Si è implementato un approccio per gestire la modifica contemporanea dell'ontologia da parte di più utenti autorizzati. Inoltre, si è spostato il software all'interno di un "container Docker", cioè una tecnologia che permette rendere più facile la sua distribuzione e di renderlo più stabile.</p>
<p>Università di Perugia Dipartimento di Ingegneria</p>	<p>WP2 - È stato sviluppato un simulatore per il veicolo basato sul modello di Ackermann che tiene conto delle caratteristiche fisiche del veicolo. È stata poi sviluppata un'interfaccia grafica basata sul SW GraphHopper (software open-source per la pianificazione di percorsi stradali) che calcola i waypoints intermedi di un percorso in base alle posizioni di inizio e di arrivo. È stata effettuata un'analisi preliminare sugli algoritmi richiesti per lo sviluppo di uno stack di navigazione autonoma a partire da un insieme di waypoints, realizzando il design architetturale del sistema di navigazione ed è stato preliminarmente implementato e testato il modulo di inseguimento di traiettoria.</p>
<p>Università di Pisa Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni</p>	<p>WP3 - Ulteriori approfondimenti hanno riguardato, per quanto attiene le tecniche di determinazione dei parametri dei modelli data-based, l'analisi di modelli ad intelligenza artificiale, con approfondimento relativo alle strategie di apprendimento automatico, e i modelli statistici, impiegati laddove non sia possibile misurare sperimentalmente i parametri di interesse.</p>
<p>Università di Pisa Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione</p>	<p>WP3 - Effettuata un'analisi delle più promettenti funzionalità innovative da aggiungere alle future batterie commerciali. Infatti, le funzionalità innovative individuate nel secondo semestre di attività sono state analizzate con approcci simulativi/sperimentali per valutare il rapporto costi e benefici da esse introdotto.</p>
<p>Università di Firenze Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale</p>	<p>WP3 - Progetto dell'architettura di bordo in modo che i veicoli (in convoglio) siano ricaricabili contemporaneamente dalla stessa linea di alimentazione. L'architettura di ricarica è stata rivista e il progetto del nuovo veicolo e quello del prototipo esistenti resi compatibili con la ricarica in contemporanea e in parallelo dalla stessa catenaria mentre i veicoli sono in movimento in convoglio.</p>
<p>Università di RomaTre Dipartimento di Ingegneria</p>	<p>WP3 - Test sperimentali nelle diverse modalità di funzionamento, acquisizione dei dati e post-elaborazione. Sviluppo della strategia di controllo per sistemi di raffreddamento 2-Phase. Nell'ambito dello sviluppo di una "piattaforma per la sostenibilità e per la transizione energetica della mobilità urbana", partendo dalle informazioni trasmesse da un campione di veicoli sonda (FCD), sono stati realizzati 4 moduli software in linguaggio python al fine di interagire in lettura/scrittura con il geo-database della piattaforma, apportare filtri e correzioni ai dati, ricostruire le traiettorie per singolo veicolo e generare specifiche elaborazioni statistiche.</p>

Sapienza Università di Roma Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica	WP3 - I dati raccolti nella precedente attività sperimentale sono stati analizzati e confrontati con le principali correlazioni e modelli di scambio termico disponibili in letteratura.
Università di Salerno Dipartimento di Ingegneria Civile	WP3 - Co-progettazione degli scenari SP, delle modalità di somministrazione e del piano campionario mediante test-pilota e test in tempo reale sui dati raccolti.
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica	WP4 - Sono state completate le simulazioni, sviluppando le rappresentazioni grafiche e numeriche dei risultati ai fini delle successive comparazioni. Inoltre, è stato redatto il rapporto tecnico con esposizione delle metodologie di simulazione e dei risultati ottenuti.
Università Politecnica delle Marche - Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche	WP4 - Sulla base dei modelli sviluppati e delle configurazioni impiantistiche identificate, sono stati formulati problemi di ottimizzazione multi-obiettivo per ottimizzare il dimensionamento al variare delle strategie di controllo. Sono state elaborate delle mappe di dimensionamento ottimizzate, cioè delle curve di Pareto, con cui scegliere la migliore configurazione della PdC e la taglia dello stoccaggio.
Alma Mater Studiorum Università di Bologna Dipartimento di Ingegneria industriale	WP4 - Sono stati condotti studi di letteratura sulle metodologie per la conduzione di test dinamici su sistemi polivalenti basati su PdC. È stato tarato il sistema di controllo dell'apparato HiL che verrà utilizzato per effettuare test dinamici. Sono state condotte attività sperimentali su PdC Dual-source accoppiata ad un campo sonde di lunghezza molto inferiore alla nominale per valutare i tempi di risposta del terreno attraverso un sistema di misura della temperatura a fibra ottica.
Alma Mater Studiorum Università di Bologna Dipartimento di Ingegneria industriale	WP4 - Sono stati effettuati test sperimentali per costruire la frosting map di una PdC per diverse modalità di funzionamento, in modo da ricavare informazioni per definire la frosting map di una generica PdC con il numero minimo di misure empiriche. Attraverso la frosting map è stata sviluppata una metodologia per ottimizzare le tempistiche dei cicli di defrost.
Università degli Studi di Padova Dipartimento di Ingegneria Industriale	WP4 - Sviluppo di un modello dinamico di PdC a CO ₂ a doppia sorgente integrato con blocchi per il gas-cooler e per il pannello PV-T. I risultati numerici sono stati validati con misure sperimentali su una PdC funzionante in modalità solare e aria. Il modello permette di eseguire simulazioni stagionali del sistema e di sviluppare strategie di controllo per la scelta delle fonti termiche.
Università degli Studi di Napoli Federico II Dipartimento di Ingegneria Industriale	WP4 - È stato simulato il comportamento stagionale della PdC domestica aria-aria per gli stessi climi e scenari di intensità di guasto considerati nel semestre precedente, esaminando in questo caso il funzionamento di una macchina reversibile (ovvero in funzione sia per la finalità di raffrescamento che per la finalità di riscaldamento).

<p>Università di Pisa Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni</p>	<p>WP4 - Avviata la predisposizione del database per catalogare le proprietà di emissione acustica di macchine per la climatizzazione residenziale.</p>
--	---