

**PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2025-27 - RICERCA DI SISTEMA
ELETTRICO NAZIONALE**

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

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

Obiettivo: Decarbonizzazione

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

Durata: 36 mesi

Periodo attività: 01/01/2025 - 31/12/2025

ABSTRACT ATTIVITA' ANNUALE:

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 vettore elettrico si presta, in particolare, alla realizzazione di servizi flessibili, adattivi, facilmente misurabili ed integrabili e di conseguenza predisposti ad un nuovo modello di interazione con i fruitori di servizi energivori.

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 avviate 6 Linee di Attività a responsabilità ENEA e 11 a responsabilità dei co-beneficiari.

Per gli strumenti di avvio delle comunità energetiche si è proceduto con il perfezionamento del simulatore RECON, adeguato alla nuova normativa e arricchito con modelli dedicati a tipologie di utenza specifiche (RSA, centri commerciali). Sono proseguiti gli sviluppi di Smart SIM e della piattaforma DHOMUS, con sperimentazioni in contesti reali.

Per la gestione e la valutazione delle Comunità energetiche sono stati consolidati i moduli SIMUL e SignalMix, avviata la reingegnerizzazione del dimostratore per il mercato elettrico e predisposti aggiornamenti software per migliorare l'analisi dei dati e la configurazione delle CER.

Per gli strumenti aggiuntivi di tipo social è stato potenziato il sistema di Local Token Economy, con interventi su registrazione utenti e procedure di servizio e avviato lo studio di buone pratiche per il monitoraggio tramite ECListener.

Per gli strumenti aggiuntivi di tipo energetico è stata fatta la progettazione di massima dello Smart EV Charger per l'integrazione fra lo Smart Building F40 e mobilità elettrica, si è individuato la città per il caso studio per il Positive Energy District. Sul tema isola di calore urbana, è stata condotta una review relativa agli ultimi sviluppi su strategie e tecniche di mitigazione, sono in corso analisi per l'estrazione di dataset climatici puntuali in ambito urbano e analisi di comportamento degli utenti per contrastare il surriscaldamento nelle città.

Le università hanno contribuito con lo sviluppo di modelli di ottimizzazione per la gestione delle CER, algoritmi per la valutazione dei sistemi di accumulo, analisi dei modelli di business e delle modalità di ripartizione dei benefici economici, testing di strumenti semplificati come EASY-SIM,

generazione di profili di carico residenziali e aggiornamento dei database energetici. Sono stati definiti indicatori di resilienza edilizia e metodologie per la valutazione del Thermal Autonomy Time, oltre a studi sui Positive Energy District e sui City Climate Contract.

Si è infine effettuata la diffusione dei risultati della ricerca del WP1 e il potenziamento del network degli stakeholders, attraverso la formalizzazione del regolamento dell'Osservatorio sulle CER, la partecipazione a convegni nazionali e internazionali e il consolidamento dei principali tavoli di lavoro.

Nell'ambito del WP2 **“Infrastrutture urbane energivore”** sono state avviate 5 Linee di Attività a responsabilità ENEA e 1 a responsabilità dei co-beneficiari.

Per la governance dei dati urbani sono state progettate nuove funzionalità nella Smart City Platform per renderla più performante, un nuovo urban dataset e migliorata la web experience di UCUM.

Per il monitoraggio delle infrastrutture pubbliche tramite il Public Energy Living Lab si è lavorato su nuovi KPI strategici per la PA nel settore Illuminazione Pubblica e sono state caricate le prime scuole monitorate sul PELL Scuole. Per la piattaforma per la resilienza urbana basata sulle infrastrutture critiche CI-RES sono stati consolidati i dati geo-referenziati alla base della piattaforma stessa rilevanti per la protezione delle infrastrutture critiche. Per il veicolo della smart road sono state avviate le attività relative alla realizzazione di una seconda alimentazione basata su fuel cell a idrogeno e all'approvvigionamento sensori destinati al monitoraggio ambientale e termico urbano.

Infine, sono state svolte attività di diffusione dei risultati e organizzati diversi incontri per i tavoli di lavoro nell'ambito delle infrastrutture urbane e la standardizzazione dei dati.

Per il WP3 **“Tecnologie per la Mobilità Elettrica”** sono state avviate 7 Linee di Attività a responsabilità ENEA e 2 a responsabilità dei co-beneficiari.

Il primo anno è stato impiegato prevalentemente per l'analisi dello stato dell'arte ed è comune a tutte le attività avviate, dallo studio della sicurezza per l'utilizzo dell'idrogeno come combustibile nei veicoli, ai meccanismi di invecchiamento dei sistemi di accumulo, al dimensionamento di una linea di trasporto pubblico locale in convoglio, fino alla definizione delle specifiche del sistema di gestione termica degli azionamenti elettrici e dell'integrazione del sistema di raffreddamento bifase con la pompa di calore termica per il recupero di calore di scarto dell'inverter.

In questo primo anno è stata svolta l'analisi dei risultati delle indagini Revelead Preferences (RP) svolte nel precedente triennio di ricerca ai fini dell'impostazione del nuovo modello di ricarica urbana. Sul tema della mobilità urbana è stata definita la nuova architettura di sviluppo della piattaforma, è stato allestito l'ambiente hardware e software della piattaforma. Infine, Sono stati divulgati i risultati della ricerca del WP3 e potenziato il network degli stakeholders e dei tavoli di lavoro.

Nell'ambito del WP4 **“Pompe di Calore e Climatizzazione sostenibile”** sono state avviate 9 Linee di Attività, di cui 5 a responsabilità ENEA e 4 a responsabilità dei co-beneficiari.

Sul tema dei sistemi integrati con applicazioni geotermiche sono iniziate le attività di progettazione e modellazione dell'apparato sperimentale dedicato all'accumulo geotermico stagionale, precedute da indagini e sondaggi per la possibile realizzazione di un nuovo pozzo geotermico. Relativamente alle attività su componenti, sviluppi tecnologici e applicazioni speciali si è avviata una approfondita revisione dell'impianto per sbrinamento con accumulo a PCM, sono state svolte nuove sperimentazioni sull'impianto con pompa di calore a CO2 a doppia sorgente (sole-aria) ed è iniziata la valutazione di modifiche impiantistiche per adattare l'impianto all'uso specifico per i climi freddi. Riguardo alle attività sul Centro di competenza sulle pompe di calore elettriche sono state raccolte le adesioni di alcuni importanti stakeholders della filiera delle pompe di calore, in rappresentanza di costruttori, progettisti, installatori e del mondo della ricerca; in occasione dei colloqui preliminari sono state stabilite le tematiche meritevoli di essere affrontate nell'ambito delle attività del Centro, le cui attività sono state ufficialmente avviate a fine anno.

Infine, riguardo le attività di diffusione, sono state svolti numerosi interventi di networking a livello nazionale in convegni e workshop e a livello internazionale, con partecipazione alle periodiche attività del TCP IEA sulle Heat Pumping Technologies.

ATTIVITA' SVOLTE

WP1: Comunità energetiche sostenibili

<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	Nel primo anno il simulatore RECON è stato aggiornato in base alla nuova normativa, con l'introduzione di modelli per strutture socioassistenziali (RSA) e centri commerciali. Sono stati rilasciati aggiornamenti software, GUI e manuale utente, e proseguito il supporto tecnico agli utenti. Per SmartSIM è stata completata la progettazione della visualizzazione dei KPI per l'Home Page pubblica e completata la revisione dell'interfaccia grafica del sito comprensivo di un nuovo logo. È stata avviata l'attività di sviluppo per l'integrazione del modulo di calcolo semplificato denominato EasySIM. La piattaforma DHOMUS ha continuato la sperimentazione in contesti reali. Per gli strumenti di valutazione delle CER, il codice SIMUL è stato consolidato e applicato a un caso studio di CER con mix fotovoltaico e cogeneratore a biogas. Un ulteriore caso studio di CER è stato impostato e analizzato tramite l'utilizzo dell'applicazione SIMUL-WEB per valutare diverse configurazioni di comunità. Si è avviata l'evoluzione di SignalMix con la definizione dei requisiti tecnici per le necessarie licenze software che sono state quindi acquisite. È stata inoltre completata la reingegnerizzazione in Python del dimostratore per il mercato elettrico, con ottimizzazione del flusso, semplificazione del codice e miglioramento della configurazione. Per la Local Token Economy sono stati consolidati i servizi rivolti ai cittadini, migliorando registrazione e procedure e risolvendo bug. ECListener è stato aggiornato con librerie innovative per l'analisi ed estrazione di keywords dai testi ed è stata rilasciata la versione finale della piattaforma modulare, gestita in produzione sulla piattaforma Kubernetes. È stato avviato il lavoro sui servizi energetici di supporto alle CER e, per l'integrazione tra smart building F40 e mobilità elettrica, sono stati predisposti colloqui tecnici ed eseguita la progettazione di massima dello Smart EV Charger. Sul tema Positive Energy District, è stato scelto il caso studio di Imola ed è stato sviluppato il modello operativo. Per la mitigazione del microclima urbano è in fase di svolgimento una review aggiornata sul tema dell'isola di calore e delle soluzioni puntuali di mitigazione, sono in via di definizione dei dataset climatici puntuali per analisi energetici e è in corso un'analisi preliminare sul comportamento e le referenze dei cittadini in presenza di ondate di calore. Infine, per la sicurezza dei componenti energetici, è stata condotta una ricerca sulle tecniche di protezione sismica

	di armadi elettrici e individuati i provini per test realistici, avviando contatti con le aziende per la realizzazione dei sistemi antisismici. Sul fronte diffusione, è stato formalizzato il regolamento dell'Osservatorio CE e organizzato un evento a Key Energy 2025. I risultati sono stati presentati in convegni e diffusi tramite canali social e sito ENEA. Sono Proseguite le attività internazionali nei principali network (EERA JPSC, DUT Partnership, Capacities2.0, Mission Cities, IEA TCP Cities), con partecipazione a meeting e conferenze di rilievo (Japan Energy Summit, Osaka Expo, PED Conference, EERA JPSC Steering Committee, PVSEC).
Politecnico di Milano Dipartimento di Energia	L'attività ha riguardato l'impostazione dei problemi di ottimizzazione alla base dei due algoritmi da sviluppare. Sono stati raccolti, organizzati ed elaborati i dati necessari alla costruzione dei profili d'uso orari annuali per le diverse categorie di utenza considerate ed è stata definita la struttura formale dei modelli matematici di ottimizzazione, specificandone le funzioni obiettivo, l'insieme dei parametri richiesti, le variabili decisionali e i vincoli rilevanti. Sono stati inoltre identificati e descritti gli output attesi degli algoritmi e le sequenze di operazioni necessarie per l'elaborazione dei dati.
Università Bergamo Dipartimento di Ingegneria e scienze applicate	Le attività hanno riguardato l'individuazione delle strategie di modellazione necessarie all'implementazione del progetto. In particolare, è stato valutato l'utilizzo del software Trnsys per modellare i componenti principali (elettrolizzatore, compressore, accumulo ad alta pressione e celle a combustibile) da trasferire successivamente in ambiente Matlab per ottenere una loro modellazione più dettagliata. Inoltre, è stata effettuata la ricerca bibliografica relativa alle tecnologie da modellare e la ricerca dei dati di funzionamento in termini di design and off-design per i componenti più critici.
Politecnico di Milano Dipartimento di Ingegneria Gestionale	È stata avviata la mappatura e l'analisi delle Comunità Energetiche Rinnovabili presenti in Italia, propedeutica all'analisi dell'evoluzione dei modelli di business abilitanti le CER. Inoltre, è stata effettuata un'analisi della letteratura tecnico-scientifica relativa alle modalità di gestione e ripartizione dei benefici economici generati dalle Comunità Energetiche Rinnovabili.
Centro Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Ambiente CITERA - Sapienza	È stata eseguita un'attività di testing su EASY-SIM al fine di validare il modello semplificato attraverso confronti con i risultati di SMART-SIM e con dati reali di consumo. È stata, inoltre, verificata l'accuratezza delle funzioni di regressione per riscaldamento e raffrescamento, analizzando gli scostamenti rispetto ai benchmark. Parallelamente sono state effettuate prove di robustezza per garantire affidabilità e coerenza degli output.
Politecnico di Torino Dipartimento di Energia	È stata avviata la generazione di profili di carico residenziali con metodologia per creare profili giornalieri sintetici da metadati e variabili esogene. Si è completata la raccolta e il pre-processamento dei dati per i test massivi e avviata l'analisi comparativa tra diverse architetture generative per l'addestramento del modello. Sono stati delineati i criteri di valutazione per la generalizzazione del modello.

	Sono stati aggiornati database geografici: edifici (uso e altezza), impianti FER con localizzazione per indirizzo. Sviluppato modello di machine learning per rilevare impianti solari ottimizzare il database sulle tecnologie solari esistenti. Si sta studiando un'architettura dinamica per il back-end, per supportare i futuri aggiornamenti del database.
Politecnico di Milano Dipartimento di Architettura e Studi Urbani	È stata definita la metodologia per il calcolo del Thermal Autonomy Time, che esprime il tempo durante il quale l'edificio è in grado di mantenere una temperatura interna soddisfacente in assenza di fornitura energetica. Questo indice consentirà di valutare in chiave qualitativa e comparativa la resilienza del parco edilizio al rischio di blackout, fornendo riferimenti utili per strategie di gestione della domanda e per interventi di efficientamento. Inoltre, è stato definito un ulteriore archetipo edilizio che per metterà di estendere la caratterizzazione della flessibilità associata agli usi termici.
Università di Napoli Dipartimento di Ingegneria	È stata effettuata una analisi dello stato dell'arte relativo alle metodologie e strumenti di calcolo attualmente disponibili in letteratura per la gestione ottima di comunità energetiche rinnovabili (CER) caratterizzate dall'impiego di tecnologie sostenibili per la produzione di energia. Inoltre, è stata avviata l'analisi che disciplina il settore delle CER in Italia che deriva da quanto stabilito nell'articolo 22 della direttiva UE 2018/2001 RED II.
Università degli Studi di Roma Tor Vergata Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica	È stata eseguita una ricerca sullo stato dell'arte e sono stati esaminati documenti e linee guida nazionali e internazionali sull'argomento con i risultati di un confronto parametrico tra metodologie esatte e semplificate proposte in letteratura con particolare attenzione alla loro applicabilità in casi reali.
Università Bologna Alma Mater Dipartimento Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione "Guglielmo Marconi"	L'attività è consistita in una analisi volta all'identificazione del caso studio. Al termine dell'analisi è stata scelta, di comune accordo, la città di Imola e, nello specifico, l'area dell'autodromo Enzo e Dino Ferrari come centro del futuro Distretto ad Energia Positiva.
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura	Si è svolta la ricognizione dei dati disponibili e l'identificazione dei dati mancanti relativamente ai CCC per procedere nello studio delle città della Mission 100. Aggiornamento del repertorio delle best practice e i casi studio inerenti ai distretti energetici (Energy District) positivi (PED) o neutri (NED).

WP2: Infrastrutture urbane energivore

<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	Per la Smart City Platform è stata effettuata la progettazione e avviato lo sviluppo di una serie di importanti aggiornamenti software relativi ai diversi componenti, tra cui l'implementazione della comunicazione sincrona che permette di ottenere e trasmettere dati urbani in modo più veloce e tempestivo nella SCP. Riguardo gli UrbanDataset, è stato progettato e poi sviluppato un UD chiamato Remote Resource Feedback per i contatori di visita dei siti e delle app, da utilizzare nella Smart Land dell'Umbria. Si è inoltre lavorato all'analisi dell'ontologia nell'ottica della progettazione della versione 3.0 delle specifiche Semantic e Information. Riguardo UCUM si sta lavorando al consolidamento della web application su server ENEA. Per la piattaforma Public Energy Living Lab è stata avviata la progettazione delle API per l'esportazione dei KPI ritenuti strategici dalle amministrazioni pubbliche locali e centrali. È stata inoltre indentificata una prima lista di nuovi KPI da implementare sul PELL IP. Per quanto riguarda PELL Scuole, saranno inserite le prime scuole sul portale per avviare il popolamento della piattaforma. È stato inoltre integrato il convertitore GeoJSON per l'esportazione delle schede scuole nel formato standard di interoperabilità geotopografico. Le attività principali relativamente alla piattaforma CI-RES, hanno riguardato il completamento dell'acquisizione e porting dei dati, includendo i dati open source sulle infrastrutture viarie, ferroviarie, energetiche (elettricità e gas), acqua, l'acquisizione dei dati meteorologici, i dati sulle franosità e subsidenza, dati censuari etc. Inoltre è stato avviato lo sviluppo di una interfaccia testuale autonoma gestita da intelligenza artificiale in grado di rispondere sulle tematiche delle infrastrutture critiche. Per l'infrastruttura Smart Road sono state sviluppate le attività previste, con avanzamento sia sul sistema di alimentazione ausiliaria sia sulla sensoristica destinata al monitoraggio urbano e all'integrazione a bordo del veicolo autonomo. Per quanto riguarda la seconda alimentazione basata su fuel cell a idrogeno, è stato completato lo studio tecnico finalizzato all'individuazione della soluzione più idonea rispetto ai requisiti dell'infrastruttura. A seguito dell'analisi delle alternative disponibili e delle verifiche tecnico-economiche, la cella a combustibile è stata individuata, selezionata e acquisita presso l'operatore economico individuato. Parallelamente, è stata condotta un'analisi di mercato per la scelta della sensoristica destinata al monitoraggio ambientale e termico urbano, con particolare riferimento ai sensori installabili a bordo del veicolo autonomo. In tale ambito, le termocamere sono state selezionate e acquisite. Per quanto riguarda invece la centralina di controllo della qualità dell'aria da installare sul veicolo autonomo, è stata completata la fase di individuazione della soluzione tecnologica più adeguata ed è stata avviata la relativa procedura di acquisizione.

	Per i tavoli di lavoro è stato avviato il confronto con Agid e Consip per la stipula di Accordi di Collaborazione a potenziamento del PELL. Inoltre sono stati organizzati diversi eventi nell'ambito del PELL. I risultati delle attività sono stati presentati in workshop e convegni e diffusi sul sito SUE, sui social ENEA e su media diversi. Infine è stata pubblicata la norma UNI 11973:2025 e avviata la preparazione degli eventi volti alla relativa diffusione, in collaborazione con UNI.
Politecnico di Milano Dipartimento di Energia	Le attività si sono concentrate sull'analisi preliminare delle schede tipologiche relative agli edifici scolastici di raccolta dati "statici" fornite da ENEA, finalizzata alla loro strutturazione e all'individuazione di eventuali miglioramenti. Parallelamente, è stata avviata la definizione dei Key Performance Indicators (KPI) di riferimento per i database statici, includendo la selezione dei KPI di letteratura e l'identificazione di quelli specificamente calcolabili dai dati PELL.

WP3: Tecnologie per la Mobilità Elettrica

<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	Nel primo anno sono state condotte attività di ricerca bibliografica e analisi tecnico-scientifica finalizzate alla definizione dei parametri e delle condizioni operative rilevanti per i rilasci di idrogeno in ambito veicolare, nonché alla valutazione delle tecnologie di rilevamento e dei database di incidenti disponibili. Tali risultati costituiscono una base utile per la successiva analisi degli scenari incidentali di veicoli a idrogeno. Dopo un'analisi dello stato dell'arte delle batterie per applicazioni automotive e dei protocolli di ricarica a basso impatto sul degrado della batteria, sono state avviate delle prove vita su celle Litio-ione. Per le tecnologie per il trasporto Pubblico Locale, è stato valutato lo stato dell'arte ed è stato implementato il modello di simulazione che sarà poi alimentato con dati reali necessario al dimensionamento di una linea di trasporto in convoglio basata su autobus con accumulo elettrico, mentre per il sistema di scambio termico bifase sono state definite le specifiche del sistema di gestione termica degli azionamenti elettrici e dell'integrazione del sistema di raffreddamento bifase con la pompa di calore termica per il recupero di calore di scarto dell'inverter, oltre che della scheda di controllo e regolazione. Per quanto riguarda le attività relative ai modelli per la stima della domanda di energia di ricarica, in questo primo anno è stata svolta l'analisi dei risultati delle indagini Revelead Preferences (RP) svolte nel precedente triennio di ricerca ai fini dell'impostazione del nuovo modello di ricarica urbana. Riguardo alla LA dedicata alla mobilità urbana, è stato acquisito e pre-processato il campione FCD su scala nazionale relativo al mese di ottobre 2024. È stato inoltre integrato il geodatabase della piattaforma Priority per

	l'archiviazione e la gestione degli strati informativi relativi alle seguenti unità amministrative: Regioni, Città metropolitane, Province e Comuni.
Università di Pisa Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni	Nell'ambito dell'attività riguardante la caratterizzazione e successiva analisi di prestazione per i sistemi di accumulo in ambito automotive, si è proceduto alle analisi preliminari su tecnologie già impiegate (esempio batterie LFP o NMC) o di prossimo impiego (esempio batterie al sodio) per individuare celle e profili di utilizzo correlati a questo ambito di ricerca.
Università di Pisa Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione	Nell'ambito dell'attività riguardante lo sviluppo e la sperimentazione di funzioni avanzate di bilanciamento dinamico e configurazione dinamica del pacco batterie, è stata condotta un'analisi bibliografica delle architetture più rilevanti per l'implementazione di sistemi di bilanciamento dinamico. Parallelamente, è stata avviata la fase progettuale di una matrice di interruttori, necessaria all'implementazione degli scambi energetici tra le celle nell'ambito del bilanciamento dinamico.
Università di Salerno Dipartimento di Ingegneria Civile	È stata avviata la definizione del questionario relativo all'indagine sulla propensione di acquisto dei veicoli elettrici su cui sarà basato il modello di scelta da svilupparsi nei successivi periodi di ricerca.

WP4: Pompe di calore e climatizzazione sostenibile

<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	Sul macrotema dei sistemi integrati con applicazioni geotermiche è iniziata la progettazione dell'apparato sperimentale dedicato specificamente allo studio delle potenzialità di accumulo geotermico stagionale. La soluzione individuata, il cui allestimento è previsto nelle annualità successive, consentirà la simulazione di accumulo termico anche da fonte solare. Sul versante dell'accoppiamento alle pompe di calore, nella stagione invernale sono stati svolti numerosi test per valutare gli effetti della corretta gestione ed installazione sull'efficienza complessiva del sistema. Per quanto riguarda il macrotema dei componenti, degli sviluppi tecnologici e delle applicazioni speciali si è avviata una approfondita revisione delle possibili soluzioni per l'accumulo a PCM per usi di sbrinamento, valutando il possibile uso di fluidi bio-based e diverse tipologie di scambiatori di calore integrati nel serbatoio stesso; inoltre è stata avviata la progettazione di un sistema modulare per l'alloggiamento dello scambiatore aria-acqua refrigerante sulla pompa di calore a R1234ze. Sull'impianto con pompa di calore a CO ₂ a doppia sorgente (sole-aria) sono proseguite le attività di analisi dei dati ottenuti nelle precedenti sperimentazioni e sono stati effettuati nuovi test, in particolare con l'impiego della sorgente aria e in produzione ACS; sono inoltre state condotte valutazioni di modifiche impiantistiche per l'uso specifico per i climi freddi e per l'ottimizzazione

	delle prestazioni termodinamiche dei pannelli PVT che fungono da evaporatore in condizione di basso irraggiamento; sono infine stati avviati studi preliminari sui carichi termici prevedibili per la struttura mobile che sarà impiegata per la produzione alimentare confinata e ne è stata avviata la progettazione. Relativamente al macrotema del Centro di competenza sulle pompe di calore elettriche, nel corso di numerosi incontri con le singole organizzazioni, sono state raccolte le adesioni alla partecipazione alle attività del Centro di Competenza e sono stati definiti i temi tecnici prioritari da affrontare con i partners: tra questi, sono stati ritenuti di massima importanza i temi della formazione, soprattutto di progettisti ed installatori e l'interazione di queste figure professionali tra di loro e con i costruttori; è stata anche impostata la messa a punto di strumenti di progettazione semplificati, ma professionali, per il corretto dimensionamento degli impianti di riscaldamento. Il Centro di Competenza sulle pompe di calore è stato costituito e ha iniziato le proprie attività a fine anno. Infine, riguardo le attività di diffusione, sono state svolte numerosi interventi di networking a livello nazionale in convegni e workshop (tra questi si segnalano gli eventi organizzati, tra gli altri, da Assoclima-Anima sul ruolo delle pompe di calore in Italia, gennaio 2025, da Confindustria Assisital sulla climatizzazione degli edifici pubblici, maggio 2025 e dal MASE sulle sonde geotermiche a bassa entalpia, maggio 2025), e a livello internazionale, con partecipazione al periodico ExCo meeting IEA del TCP sulle Heat Pumping Technologies tenutosi a Montreal, in Canada.
Sapienza Università di Roma Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica	Sono state impostate attività preliminari alla realizzazione del modello di simulazione di pozzi BHE (borehole Heat Exchangers) in configurazioni di accoppiamento con il solare termico, tra cui anche test dedicati, con particolare riferimento alla definizione di possibili schemi d'impianto e dei principi di gestione in funzione dei fabbisogni dell'utenza, delle caratteristiche del terreno e della potenza dell'impianto.
Università degli Studi di Padova Dipartimento di Ingegneria Industriale	WP4. Sono state avviate delle valutazioni relative alle modifiche agli impianti esistenti per garantire elevati livelli di sicurezza per gli operatori e per le strutture in test con fluidi potenzialmente infiammabili e tossici. È iniziata anche la fase di produzione di dati sperimentali per la stima dei coefficienti di scambio in condensazione.
Università degli studi di Napoli Federico II Dipartimento di Ingegneria Industriale	È iniziata l'analisi di nuove configurazioni impiantistiche e di valutazione dei fluidi di lavoro più adatti ai climi freddi, con l'obiettivo di ottenere prestazioni energetiche superiori rispetto alle soluzioni attuali.
Università Politecnica delle Marche Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche	Con l'obiettivo generale di proporre metodi per massimizzare il potenziale di flessibilità energetica degli impianti di climatizzazione, è stata avviata la prima fase dell'attività di ricerca che, in continuità con quelle del triennio precedente, prevede la definizione di archetipi di sistemi impiantistici di pompe di calore dotati di controlli ottimizzati di tipo MPC (Model Predict Control).