

**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 1.6 – Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali

Durata: 36 mesi

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

ABSTRACT ATTIVITA' ANNUALE:

L'obiettivo generale del progetto è sviluppare metodi, strumenti e soluzioni per incrementare l'efficientamento energetico del settore industriale, favorendo un approccio analitico e integrato che vada dal singolo prodotto/macchinario al processo produttivo, filiera produttiva fino al comparto/settore, con focus specifici sull'efficientamento dei processi termici, delle PMI, delle industrie hard to abate e sulle filiere dell'Off-Site Construction per la riqualificazione del parco immobiliare e del riutilizzo idrico. I risultati del progetto andranno a costituire una "cassetta per gli attrezzi" per le aziende nazionali per aiutarle a rafforzare la leadership industriale, l'autonomia e la resilienza in catene di valore strategiche e in aree di potenziali alleanze industriali, avvicinandole sempre più al paradigma di ecosistemi dinamici di innovazione. Le attività del primo anno hanno globalmente un carattere preparatorio rispetto alle attività degli anni seguenti, e, per ciascuna delle tematiche affrontate nel progetto, si sono concentrate su: ricognizione della letteratura internazionale e nazionale, definizione dei principali quadri conoscitivi, creazione delle basi per le necessarie interfacce con il mondo industriale e con gli stakeholder fondamentali, impostazione delle basi metodologiche, scelta di materiali e condizioni operative per le prove sperimentali. Inoltre, tutti i gruppi di lavoro ENEA sono stati impegnati nelle preliminari attività di pianificazione di dettaglio e organizzazione delle LA.

ATTIVITA' SVOLTE

WP1: Studi e soluzioni per l'efficientamento e l'ottimizzazione di prodotti, processi, distretti e filiere industriali

<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	LA 1.1: Preparazione, attuazione, monitoraggio e controllo della legislazione per l'ecoprogettazione e l'ecosostenibilità dei prodotti e per l'etichettatura energetica Supporto al MASE per la discussione degli studi preparatori e la successiva discussione dei nuovi Regolamenti di etichettatura energetica ed ecodesign (Direttiva 2009/125/EC) per sistemi di ventilazione, chiller e ventilatori industriali, apparecchi per la refrigerazione domestica e

	commerciale, sistemi di riscaldamento a bassa temperatura, asciugatrici domestiche, caldaie e scaldacqua, server e data storage products, aspirapolvere, stufe/caminetti e caldaie a combustibile solido e la votazione dei regolamenti di ecodesign per smartphone/tablet, alimentatori esterni/caricabatteria, asciugatrici domestiche e ventilatori domestici. Nell'ambito dei prodotti coperti dal Regolamento 2024/1781 supporto al MiMiT per la votazione dei regolamenti sul divieto di distruzione dei prodotti tessili e sue deroghe, e per la discussione degli studi preparatori sui requisiti di riparabilità dei prodotti sostenibili e su motori/variatori. Partecipazione ai Gruppi ADCO Ecodesign/Etichettatura energetica. Partecipazione ad un evento di diffusione dell'etichettatura energetica. Partecipazione ai lavori dell'IEC SC59D e SC59M, CENELEC TC59x e CEI TC59/61G.
	LA 1.2: Analisi di soluzioni di decarbonizzazione del calore industriale basate sull'impiego di tecnologie e logiche di demand response È stata condotta un'analisi di letteratura sulle tecnologie di decarbonizzazione del calore industriale, le strategie di demand-side management e le tecnologie di accumulo termico. Le soluzioni più adottate sono state messe a confronto in termini di maturità tecnologica, caratteristiche del calore prodotto, prestazioni energetiche e ambientali. Inoltre, sono stati individuati diversi metodi per valutare il potenziale del calore di scarto industriale. Tra questi, sono stati selezionati i più adatti in base ai dati preliminari raccolti da database europei e audit energetici.
	LA 1.5: Sostenibilità ed efficienza energetica nell'Elaborazione Dati Sono state definite metodologie e realizzati prototipi preliminari per il monitoraggio energetico del Data Center-HPC ENEA, nell'ambito del framework previsto per l'infrastruttura CRESCO. Le attività hanno riguardato l'acquisizione e l'archiviazione di dati energetici, termici e computazionali mediante MongoDB, la definizione di KPI per l'analisi dell'efficienza energetica e lo sviluppo preliminare di dashboard in Grafana per la visualizzazione, l'analisi e il supporto all'ottimizzazione dei consumi. Si sono avviate anche attività di profilazione dei consumi per alcuni software.
	LA 1.6: Studio sui trattamenti di natura non termica e trattamenti termici innovativi in sostituzione di processi termici tradizionali nell'industria alimentare: aggiornamento di best practices e ottimizzazione di una metodologia di valutazione energetica ed economica Nel 2025 sono state avviate attività di analisi dei processi ad alta intensità energetica, estese a nuovi ambiti applicativi nel settore alimentare. Sono stati condotti studi preliminari di fattibilità per valutare il potenziale energetico, economico e ambientale di tecnologie innovative rispetto a quelle tradizionali. È stato inoltre avviato l'aggiornamento delle buone pratiche e degli indicatori a supporto dell'ottimizzazione della Metodologia di Valutazione Energetica ed Economica (MVEE).

	LA 1.9: Efficienza energetica nelle filiere vitivinicola e olivicolo-olearia italiane: censimento e classificazione preliminare delle aziende, raccolta di Best Practice Analisi dello stato dell'arte attraverso la revisione della letteratura e lo studio approfondito dei processi di produzione vitivinicola. Estensione dell'approccio metodologico ai processi di estrazione dell'olio, con focus sull'analisi dei consumi energetici nelle diverse fasi produttive e sulla raccolta delle Best Practice di efficientamento. Sviluppo di questionari sui consumi energetici delle filiere vitivinicola e olearia finalizzati al censimento, alla classificazione energetica preliminare delle aziende e alla selezione di casi studio.
Università degli Studi di Bari "Aldo Moro" Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti	LA 1.11: Consumi energetici in oleifici. Criteri di progettazione e gestione di un sistema di autoconsumo di energia da fonti rinnovabili in oleifici Durante il primo anno di attività è stata svolta un'analisi della letteratura al fine di comprendere l'articolazione del processo di produzione dell'olio di oliva. Sono state evidenziate le necessità di energia elettrica e termica nei frantoi moderni a ciclo continuo che utilizzano decanter (centrifughe orizzontali) a due e a tre fasi. Inoltre, sono stati avviati contatti con impianti produttivi del territorio al fine di raccogliere dati utili alla quantificazione del fabbisogno energetico di edifici e impianti.
ENEA	LA 1.12: Ottimizzazione delle filiere Off-Site per la riqualificazione energetica degli edifici: potenziamento dell'osservatorio OFFICIO, identificazione di casi studio ed elaborazione preliminare di linee guida per il settore Nel 2025 le attività si sono concentrate: (i) sulla riattivazione e potenziamento della rete di stakeholder dell'Osservatorio Nazionale OFFICIO; in tale ambito, sono state integrate nuove lettere di interesse da parte di stakeholder, è stata ideata ed elaborata la struttura dei tavoli di lavoro e organizzato un evento di presentazione per raccogliere l'interesse degli stakeholder; (ii) sul potenziamento del sito web; in tale ambito, sono stati pianificati ed avviati i principali cambiamenti del sito (con particolare attenzione alla migliore fruizione degli atlanti e database già presenti); (iii) sulla prima definizione della struttura delle linee guida; (iv) sulla realizzazione di eventi e materiale di diffusione.
Politecnico di Milano Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito	LA 1.14: Mappatura di casi studio a livello nazionale inerenti alla riqualificazione dell'involucro edilizio attraverso sistemi costruttivi off-site. Analisi critica, attraverso specifici indicatori, di casi esemplari Nell'ambito della linea di attività è stata completata la mappatura dei principali casi studio nazionali di riqualificazione attraverso sistemi OSC, organizzati in un database strutturato. È stata avviata l'analisi di casi emblematici: la struttura delle interviste alle aziende è stata definita e gli incontri preliminarmente programmati. Sono stati individuati i principali KPI per l'analisi di fattibilità tecnico-economica, validati su un caso studio pilota, in attesa di estensione su larga scala.

Politecnico di Milano Dipartimento di Ingegneria Gestionale	LA 1.15: Verso l'industrializzazione edilizia: identificazione e analisi di casi di successo e supporto allo sviluppo delle catene di valore del comparto OSC in Italia Nel periodo M1-M12, le attività svolte nell'ambito di LA 1.15 si sono concentrate sull'identificazione di casi studio nazionali di applicazione di soluzioni OSC per la riqualificazione energetica di edifici esistenti. I casi sono stati classificati secondo differenti assi di analisi. Tali assi risultano rilevanti per evidenziare le condizioni favorevoli allo sviluppo del comparto OSC e potranno costituire esempi paradigmatici utili per attività di formazione e divulgazione, finalizzate a mettere in luce le caratteristiche che favoriscono o ostacolano l'adozione di soluzioni OSC.
"Alma Mater Studiorum" - Università di Bologna Dipartimento di Architettura	LA 1.16: Sostenibilità e circolarità delle soluzioni OSC per la riqualificazione edilizia come servizio Nel periodo M1-M12, le attività svolte nell'ambito di LA 1.15 si sono concentrate sull'identificazione di casi studio nazionali di applicazione di soluzioni OSC per la riqualificazione energetica di edifici esistenti. I casi sono stati classificati secondo differenti assi di analisi. Tali assi risultano rilevanti per evidenziare le condizioni favorevoli allo sviluppo del comparto OSC e potranno costituire esempi paradigmatici utili per attività di formazione e divulgazione, finalizzate a mettere in luce le caratteristiche che favoriscono o ostacolano l'adozione di soluzioni OSC.
ENEA	LA 1.17: Ottimizzazione dei materiali sorbenti per la separazione di miscele CO₂/N₂ in presenza di acqua ENEA ha progettato e realizzato metal-organic frameworks (MOFs) a base di CALF-20 e CALF-20 con parziale sostituzione dei nodi metallici mediante processi di sintesi meccanochimiche non convenzionali. I materiali sintetizzati sono stati caratterizzati mediante analisi strutturale, termica, morfologica e funzionale per valutarne l'applicabilità nei processi di interesse avendo come obiettivo l'ottimizzazione delle performance separative nelle miscele post-combustione. Sono stati inoltre sperimentati processi di granulazioni del CALF-20 per superare i limiti connessi al loro utilizzo come sorbenti.
Università degli Studi di Firenze Dipartimento di Chimica "Ugo Schiff"	LA 1.19: intesi e caratterizzazione di nanoparticelle magnetiche a base di ossidi di ferro con struttura a spinello funzionalizzate con acido ossalico per la preparazione di un composito granulare con elevata capacità separativa di miscele CO₂/N₂ da postcombustione (vapore acqueo in miscela pari a 4-7% vol) L'attività si è focalizzata sulla sintesi di nanoparticelle di magnetite di ca. 30 nm funzionalizzate con acido ossalico e sulla loro caratterizzazione mediante TEM, XRD e misure magnetiche, per la preparazione di nanocompositi granulari a base di CALF-20 con alto valore di SAR. Parallelamente è stata esplorata anche la sintesi di maghemite drogata con magnesio. I risultati conseguiti contribuiscono a massimizzare l'efficienza energetica della tecnologia MISA, favorendo la decarbonizzazione.

Sapienza Università di Roma Dipartimento di Chimica	LA 1.21: Funzionalizzazione della componente organica per migliorare le proprietà di adsorbimento della CO₂ in presenza di acqua dei materiali selezionati come sorbenti per la separazione di miscele CO₂/N₂ da post combustione La LA 1.21 ha previsto la funzionalizzazione idrofobica del CALF-20 (Calgary Framework 20), un MOF selezionato da ENEA per la separazione di miscele CO₂/N₂ da processi di post-combustione, al fine di migliorarne le prestazioni. Il materiale è stato ottenuto sia mediante sintesi a partire da precursori idrofobici, sia attraverso modifiche post-sintesi del CALF-20 mediante l'impiego di composti organici idrofobi utilizzati come agenti di idrofobizzazione superficiale.
--	--

WP2: Efficienza energetica nei settori produttivi con focus sul comparto delle PMI: indici di prestazione energetica, analisi degli interventi, studio di bestpractice, strumenti di supporto per le diagnosi energetiche e valutazione degli interventi di efficientamento energetico

<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	LA 2.1: Analisi settoriali, sviluppo di modelli e tool di supporto alle diagnosi energetiche, individuazione di KPI e valutazione tecnico economica delle opportunità di efficientamento energetico – PARTE I In questo primo anno ENEA, ha avviato tutte le attività previste dal progetto. Analisi settoriale per Carta, Cinema, Fonderie, l'attività ha visto anche il coinvolgimento delle rispettive associazioni di categoria. Tavolo tecnico sulle PMI andando ad analizzare esperienze simili avviate in altri stati e successivamente coinvolgendo i partner accademici per la definizione di strumenti e metodologie. Analisi bibliografica per valutare l'applicazione di metodologie semplificate LEAN nelle PMI.
Politecnico di Milano Dipartimento di Ingegneria Gestionale	LA 2.3: Database di interventi di efficienza energetica per le PMI: sviluppo del framework e casi applicativi Attività all'interno del Tavolo Tecnico sulle PMI: analisi di programmi internazionali simili in particolare di Stati Uniti e Corea. Studio della Tassonomia, analisi e definizione di metodologie di assesment, in collaborazione con TOR VERGATA, per la raccolta dei dati necessari all'individuazione di opportunità di efficientamento energetico.
Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" Dipartimento di Ingegneria dell'Impresa "Mario Lucertini"	LA 2.4: Sviluppo di strumenti e metodi per l'identificazione di misure di efficientamento energetico in settori di interesse del contesto delle PMI italiane Attività all'interno del Tavolo tecnico sulle PMI: analisi e definizione di metodologie di assesment, in collaborazione con POLIMI, per la raccolta dei dati necessari all'individuazione di opportunità di efficientamento energetico. Sviluppo di schede intervento specifiche, con l'individuazione di buone pratiche, nell'ambito delle opportunità relative agli impianti di aria compressa.

Università degli Studi della Basilicata Dipartimento di Ingegneria	LA 2.5: Sviluppo di uno strumento informatico dedicato agli assesmentlight nelle PMI per l'individuazione delle principali opportunità di efficientamento energetico e casi studio Attività all'interno del Tavolo tecnico sulle PMI: Integrazione dell'analisi dei benefici multipli ambientali (emissioni, uso di acqua, etc) nella valutazione delle opportunità di intervento. Sviluppo di schede specifiche di intervento relative agli impianti da fonte rinnovabile e agli impianti di cogenerazione.
"Alma Mater Studiorum" - Università di Bologna Dipartimento di Ingegneria Industriale	LA 2.6: La decarbonizzazione nell'industria manifatturiera italiana: uso dell'idrogeno in co-combustione nei motori primi cogenerativi Analisi della letteratura scientifica e tecnica relativa all'utilizzo di idrogeno in co-combustione al gas naturale in impianti cogenerativi.
Università degli Studi di Firenze Dipartimento di Ingegneria Industriale	LA 2.7: Analisi delle soluzioni tecnologiche e delle pratiche lean per la riduzione dei consumi energetici in settori economici di rilievo Analisi di letteratura relativa all'utilizzo delle pratiche LEAN nelle PMI con un focus relativo alla loro applicazione per la riduzione degli sprechi energetici. Avvio dell'analisi degli interventi di efficientamento energetici proposti in letteratura per i settori Cartario e delle sale Cinematografiche e dei Teatri.
Università degli Studi Roma TRE Dipartimento di Economia	LA 2.8: Metodi econometrici per valutazione d'impatto delle politiche applicati alle dinamiche di efficienza energetica d'impresa Analisi della letteratura sui driver dell'adozione degli interventi di efficienza energetica nelle imprese, con particolare attenzione a barriere e soluzioni modellistiche. Avvio della costruzione di un database integrato sugli interventi di efficientamento, basato sul portale ENEA Audit 102 e integrato con variabili provenienti da fonti esterne (AIDA, Istat, GSE, ecc.).

WP3: Sviluppo di Tecnologie CCS per l'efficientamento dell'industria HtA e il raggiungimento degli obiettivi Net-Zerow

<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	LA 3.1: Sviluppo di materiali e processi per la produzione di vettori energetici da gassificazione intensificata con cattura di CO2 ad emissioni negative Nella prima annualità sono state condotte analisi energetiche/economiche di processi di valorizzazione di CO ₂ , quali gassificazione di biomasse anche in combinazione con plastiche, e reforming del metano. Sono stati sviluppati catalizzatori e sorbenti per applicazione nei vari processi di valorizzazione di CO ₂ , inclusi il reattore al plasma freddo e la bilancia termogravimetrica in pressione. E' proseguita la mineralizzazione di CO ₂ su scorie ed è in progettazione il gassificatore in pressione.

WP4: Nuove tecnologie, metodologie e strumenti per la neutralità energetica e l'ottimizzazione del settore della depurazione delle acque reflue in linea con le normative nazionali e comunitarie

<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	LA 4.1: Nuove tecnologie, metodologie e strumenti per la neutralità energetica: valutazione della efficienza energetica, trattamenti termochimici dei fanghi e upgrading biologico di flussi gassosi Elaborazione diagnosi energetiche 2023 degli impianti di depurazione italiani. Software DEES aggiornato, online, testato e in corso di validazione. Condotti test di pirolisi e HTC su fanghi con approccio DoE e sviluppo modello per confronto scenari di gestione. Sviluppo di sistema sperimentale per prove di compostaggio con biochar. Avvio dell'attività sperimentale di biometanazione del syngas. Primi test batch sull'utilizzo del biochar come mezzo adsorbente della CO₂.
	LA 4.2: Nuove tecnologie, metodologie e strumenti per la neutralità energetica: modellazione per l'efficientamento energetico, ottimizzazione dei processi depurativi, copirólisi dei fanghi e valorizzazione dei sottoprodotti Collaudo funzionale degli impianti su scala pilota. Analisi dello stato dell'arte dalla letteratura tecnico-scientifica sui processi di co-pirólisi fanghi-plastiche, biometanazione e modellazione degli impianti di depurazione. Eseguite prove di co-pirólisi fango-polistirene. Definizione dei protocolli sperimentali e impostazione del piano di prova per le attività. Avvio raccolta dati operativi di produzione e accumulo energetico per i nuovi moduli di DEES.