

PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2019-21 - RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE
Progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26 gennaio 2000

ENEA

Tema 1.6 Titolo del progetto: Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali

Durata: 36 mesi

Semestre n. 5 – Periodo attività: 01/01/2021 – 30/06/2021

ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:

L'obiettivo generale del progetto è la realizzazione di strumenti e metodologie per la promozione e diffusione delle tecnologie ad alta efficienza energetica, allo scopo di favorire il mercato di prodotti più performanti sia a livello di componenti sia a livello di sistemi energetici e contribuire alla riduzione della bolletta energetica nazionale aumentando la competitività del settore produttivo rispetto ai mercati internazionali. Le attività del quinto semestre entrano nel vivo della fase applicativa e dimostrativa, e, per ciascuna delle tematiche affrontate nel progetto, si sono concentrate su: realizzazione di campagne informative, prime fasi di realizzazione dei dimostratori, svolgimento attività sperimentali di laboratorio, prime fasi di sviluppo di prodotti software.

Per quanto riguarda il WP1, il cui obiettivo è promuovere uno sviluppo tecnologico in linea con i target comunitari, proteggere l'industria dalla concorrenza sleale delle importazioni di prodotti non-conformi a basso prezzo, assicurare il consumatore-utente del sistema elettrico nazionale sulle reali prestazioni energetiche, funzionali e dell'efficienza dei materiali dei prodotti acquistati e supportare il Paese nel raggiungimento degli obiettivi di miglioramento dell'efficienza energetica pianificati in risposta agli obblighi comunitari, ENEA ha realizzato la campagna informativa sull'etichettatura energetica e contribuito in sede europea alla definizione e messa a punto di standard di ecoprogettazione.

Nell'ambito del WP2, il cui obiettivo è l'ottimizzazione dei processi di costruzione e gestione dell'ambiente costruito attraverso la standardizzazione di soluzioni di off-site construction, ENEA ha realizzato simulazioni per studiare l'efficacia delle soluzioni oggetto di analisi e ha realizzato attività preparatorie alla realizzazione del pilot. UNIROMA1 ha predisposto delle analisi necessarie alla progettazione del dimostratore e delle indagini da svolgere su di esso, il CINTEST ha individuato i fattori critici di successo di alcuni dei processi produttivi oggetto di studio, andando a definire delle strategie di ottimizzazione, UNIME ha realizzato il sistema di monitoraggio video che sarà utilizzato per la fase di cantiere, mentre POLIMI si è focalizzato sullo studio e disegno di soluzioni di chiusura verticale, orizzontale superiore e su spazi aperti, e partizione orizzontale

Il WP3 è invece caratterizzato da un triplice obiettivo, ovvero: (i) il design, la sintesi e il testing funzionale di un materiale composito a base di metal organic framework e nanoparticelle magnetiche e il design della componente magnetica; (ii) la definizione e valutazione degli indici prestazione per l'ottimizzazione del processo di decarbonizzazione, la sintesi e caratterizzazione di materiali avanzati per la separazione di gas, l'accumulo di eccessi di energia e la valorizzazione del carbonio; (iii) la realizzazione di strumenti di supporto alle decisioni per una maggiore diffusione dei progetti di recupero del calore. Per quanto riguarda il sotto-

obiettivo (i), ENEA ha effettuato la caratterizzazione funzionale sul composito HKUST-1 Fe₃O₄ UNIFI sviluppato durante la seconda annualità e proseguito l'attività di caratterizzazione termica e morfologica dei MOF funzionalizzati prodotti da UNIROMA1, UNIFI ha realizzato la sintesi di un nuovo batch di nanoparticelle di Fe₃O₄ ricoperte con acido trimesico in sospensione acquosa stabile e proseguito le caratterizzazioni sui campioni ENEA, mentre UNIROMA1 ha svolto attività di ricerca indirizzate all'ottimizzazione del materiale composito. Per quanto riguarda il sotto-obiettivo (ii) ENEA ha portato avanti le attività sperimentali legate al banco prova al plasma e al calcinatore e carbonatatore. DENERG ha realizzato un'analisi tecnico-economica che ha permesso di stimare i costi di decarbonizzazione (CAPEX e OPEX) tramite cattura della CO₂ con CaL dei processi di produzione del cemento e acciaio, UNIROMA1 ha messo a punto il banco prova e realizzato i primi test di funzionamento, mentre DIIEUNIVAQ ha progettato e realizzato il modello freddo in plexiglass ed effettuato le prime campagne sperimentali per valutare la portata di solido in uscita dal calcinatore. Nell'ambito del sotto-obiettivo (iii) invece ENEA ha completato la metodologia di valutazione degli interventi di recupero di calore e ha avviato le attività di realizzazione del software integrato, mentre UNIROMA2 ha ulteriormente sviluppato il database di tecnologie e portato avanti le attività di interazione con le parti interessate e DIIEUNIVAQ ha migliorato e integrato i codici sviluppati nelle annualità precedenti e avviato le attività legate a un caso di studio individuato nel settore caseario. Infine, DPIA-UNIUD ha perfezionato i modelli per il calcolo degli indicatori di prestazione economica e avviato le attività legate alla realizzazione di un caso di studio.

Nell'ambito del WP4, il cui obiettivo è la determinazione e valutazione di indici di riferimento affidabili per il settore produttivo manifatturiero, ENEA ha avviato i contatti con tre associazioni di settore per il proseguimento dell'analisi degli indici di prestazione energetica e concluso la progettazione esecutiva del tool di Energy Management, CINTEST ha iniziato l'analisi dei processi principali per i settori farmaceutico, della fonderia e dell'incenerimento dei rifiuti, analizzandone parametri di influenza e flussi di energia coinvolti, UNIROMA2 ha proseguito le attività di raccolta e valutazione dei risultati sulla maturità nella gestione energetica delle aziende ottenuti dal questionario erogato attraverso il portale web ENEA e avviato parallelamente le attività di raccolta e la valutazione degli indicatori di prestazione energetica delle diagnosi del 2015 e del 2019, DIIN-UNISA ha effettuato la caratterizzazione energetica dei processi produttivi dei settori Fonderia, Incenerimento Rifiuti e Farmaceutico, mentre UNIFI ha analizzato letteratura e diagnosi energetiche relative ai settori fonderie, industrie farmaceutiche e di smaltimento rifiuti, stilando le rispettive liste di tecnologie energy-saving. Infine, DICAM-BO ha provveduto all'elaborazione dei dati raccolti e al calcolo di indicatori energetici aggiornati, di stabilimento e per le fasi di pressatura, essiccazione e cottura.

Per quanto riguarda il WP5, il cui obiettivo è la messa a punto di strumenti in grado di favorire la conversione degli impianti di depurazione (ID) in strutture in grado di assicurare il recupero di risorse e principalmente di energia elettrica e termica, garantendo la qualità degli effluenti allo scarico, ENEA ha ulteriormente sviluppato il software prodotto nella LA5.1 e progettato l'unità pilota di upgrading biologico in accoppiamento con sistema di trasferimento gas-liquido di tipo passivo, mentre DICAM-BO ha effettuato l'analisi della letteratura scientifica inerente i Performance Indicators usualmente utilizzati nelle reti di drenaggio urbano. Inoltre, DICEA ha investigato gli effetti della centrifugazione e della microondazione sul potenziale di biometanazione di fanghi di depurazione municipali caratterizzati da sostanza organica lentamente biodegradabile, POLIMI ha validato il modello di metanogenesi idrogenotrofa ex-situ, implementato in Open Modelica in configurazione CSRT, mentre DICAM-TN ha eseguito la caratterizzazione delle biomasse residuali da utilizzare come feedstock del processo HTC.

ATTIVITA' SVOLTE

AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO	SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO
<p>ENEA</p>	<p><u>LA1.3</u></p> <p>Campagna informativa sulla nuova etichettatura energetica: distribuzione opuscolo ENEA, convegni e interviste; azioni preparatorie per l'indagine sulla presenza delle etichette in un campione di punti vendita. Supporto al MISE per discussione con la CE, Stati Membri e stakeholder delle proposte di Regolamenti per bollitori elettrici, telefoni cellulari/tablet e unità di ventilazione. Partecipazione alla riunione dei Gruppi ADCO etichettatura ed ecodesign per la sorveglianza del mercato. Preparazione e discussione delle Linee Guida per la standardizzazione e i responsabili politici per minimizzare i rischi di elusione e delle azioni sinergiche con il progetto ANTICSS.</p> <p><u>LA2.3</u></p> <p>L'attività relativa al primo semestre 2021 ha visto la realizzazione di simulazioni in regime stazionario e dinamico a 3 latitudini diverse. Le simulazioni hanno consentito di indagare le risposte in termini di risparmio energetico dopo l'applicazione delle soluzioni studiate nella seconda annualità. La scelta si è uniformata alle annualità precedenti ricadendo su Bologna, Roma e Palermo. Sono altresì state intraprese le prime attività finalizzate alla realizzazione del pilot.</p> <p><u>LA3.3</u></p> <p>E' stata effettuata la caratterizzazione funzionale sul composito HKUST-1 Fe3O4 UNIFI sviluppato durante la seconda annualità utilizzando le nanoparticelle di magnetite fornite dal partner UNIFI. Il materiale ha mostrato capacità di adsorbimento di CO2 simile a quella misurata per i compositi sviluppati con nanoparticelle ottenute in ENEA per via meccanochimica e completa rigenerazione mediante MISA a campi magnetici più bassi. Inoltre è proseguita l'attività di caratterizzazione termica e morfologica dei MOF funzionalizzati prodotti da UNIROMA1.</p> <p><u>LA3.10</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Progettazione e realizzazione di un banco prova al plasma a barriera dielettrica; • Ottimizzazione della sintesi di catalizzatori per la valorizzazione di CO2 a base di rutenio supportati da: (i) ceria, (ii) calcio zirconato; • Primi test catalitici sulla reazione di metanazione con rutenio supportato da ceria; • Disegni costruttivi e progettazione esecutiva del calcinatore; • Prime simulazioni dell'intero circuito calcinatore e carbonatore per la produzione intensificata di H2 con cattura di CO2. <p><u>LA3.20</u></p> <p>L'attività si è focalizzata su: completamento della metodologia di valutazione degli interventi di recupero di calore, attraverso lo sviluppo e l'integrazione di modelli per il confronto delle opzioni rispetto all'insieme degli indici di prestazione economica e la stima dell'incertezza ad essi associata (metodo Monte Carlo); ricerca bibliografica sul Life Cycle Assessment di interventi di recupero; preliminare integrazione dei moduli del software e creazione di un'interfaccia utente; attività preliminari per la realizzazione di un caso studio.</p> <p><u>LA4.3</u></p> <p>Nel primo sem. 2021 si è proseguita l'attività di analisi per la determinazione degli indici di prestazione energetica (IPE) del settore manifatturiero. Per l'individuazione degli IPE di secondo livello: si sono definiti i contatti con le associazioni di categoria dei settori fonderie, farmaceutica e termovalorizzazione; si è avviata la fase di analisi. Si è conclusa la fase di progettazione esecutiva</p>

	<p>del nuovo tool di Energy Management e parallelamente si è avviata la procedura di individuazione ed incarico della società software.</p> <p><u>LA5.3</u></p> <p>Integrazione del software risultante dall'attività LA 5.1 per il benchmarking e l'assegnazione della classe energetica, con software per analisi di scenari. Raccolta dati per moduli di ottimizzazione energetica ID. Valutazioni della possibilità di recupero di energia termica dai reflui depurati in uscita dagli ID. Progettazione dell'unità pilota di upgrading biologico in accoppiamento con sistema di trasferimento gas-liquido di tipo passivo, sulla base dei risultati delle linee di attività LA 5.1 e LA 5.2.</p>
<p>UNIROMA1 (CITERA)</p>	<p><u>LA2.6</u></p> <p>L'attività di ricerca svolta ha riguardato la selezione dell'edificio e dei moduli di isolamento oggetto di sperimentazione. Sono state analizzate le caratteristiche geometriche, tecnologiche e costruttive dell'immobile per sviluppare un idoneo progetto di isolamento a cappotto e a parete ventilata, nel rispetto dei limiti di trasmittanza previsti da normativa vigente. È stato realizzato il modello energetico dell'edificio attraverso un software certificato per verificare le prestazioni ante e post operam.</p>
<p>CINTEST</p>	<p><u>LA2.9</u></p> <p>Coinvolgendo gli elementi in grado di implementare le Best Practices grazie a metodi di BPR sono stati individuati i fattori critici di successo di alcuni dei processi produttivi. Successivamente sono state individuate delle strategie di ottimizzazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Riconversione del processo produttivo dei cd. Sistemisti in base agli ordini e non più su base previsionale; • Conseguente riduzione del lead time operativo; • L'implementazione del processo di distribuzione basato su l'utilizzo di scaffalature drive-in che facilitano il picking; • Analisi ABC migliorata; • Utilizzo di Software dedicati alla pianificazione della logistica. <p><u>LA2.14</u></p> <p>Questa fase preliminare della ricerca è stata condotta mediante l'analisi economica Life Cycle Costing combinata ad un'analisi Life Cycle Assessment dei dati ambientali. Le EPD pubblicate a livello nazionale sono state ordinate per processo e per tipologia di materiale isolante. Successivamente sono stati analizzati:</p> <ul style="list-style-type: none"> • I prezzi, sia della fase di acquisto sia di installazione; • Le categorie di impatto ambientale; • I costi esterni, economici e ambientali, del cambiamento climatico associato alle emissioni; • Metodi di monetizzazione; • Attualizzazione dei valori di monetizzazione. <p><u>LA4.12</u></p> <p>Nel primo semestre del 2021 il gruppo di ricerca ha iniziato l'analisi dei processi principali per i settori farmaceutico, della fonderia e dell'incenerimento dei rifiuti, analizzandone parametri di influenza e flussi di energia coinvolti, con il supporto di un'approfondita analisi della letteratura tecnico-scientifica. Sono state poi definite preliminarmente delle formulazioni per gli indicatori ideali di prestazione energetica per i processi più rilevanti dei primi due settori sotto analisi.</p>

UNIME	<p><u>LA2.11</u></p> <p>Nel periodo di riferimento l'attività si è focalizzata sulla realizzazione del sistema di monitoraggio video oggetto dell'accordo. In particolare, dopo averne definito l'architettura considerando lo stato dell'arte delle tecniche e dei sistemi di videoregistrazione per cantieri edili, si è realizzato un sistema di ripresa video basato sul software open source Zoneminder e cam IP PTZ Full HD. Il sistema è stato testato su una macchina virtuale Linux ed è in corso l'integrazione nel portale web.</p>
POLIMI (LECCO)	<p><u>LA2.13</u></p> <p>Obiettivo della LA2.13 è l'integrazione di soluzioni d'involucro conformi nell'Atlante S/R strutturato nella LA2.12. Il I semestre si è focalizzato sullo studio e disegno di soluzioni di chiusura verticale, orizzontale superiore e su spazi aperti, e partizione orizzontale (UNI 8290). Per ciascuna soluzione sono state proposte e analizzate differenti tipologie strutturali e prestazionali, ed è stata avviata nel mese di Giugno l'attività di verifica prestazionale con analisi termo-igrometrica FEM.</p>
UNIFI (UGO SCHIFF)	<p><u>LA3.5</u></p> <p>Sintesi di un nuovo batch di nanoparticelle di Fe₃O₄ ricoperte con acido trimesico in sospensione acquosa stabile (20 mg/mL) inviato a UNIROMA1. Caratterizzazione delle proprietà morfologiche e fisiche del campione. Misure magnetiche e di efficienza ipertermica ad alta temperatura sui campioni preparati da ENEA. Caratterizzazione della struttura magnetica di nanoparticelle di Mg_xFe_{3-x}O₄ attraverso l'utilizzo della spettroscopia Mossbauer in alto campo. Stesura di tre articoli relativi all'attività 2020.</p>
UNIROMA1 (CHIMICA)	<p><u>LA3.7</u></p> <p>Le attività di ricerca sono state indirizzate all'ottimizzazione del materiale composito. In particolare sono stati sintetizzati MOF bimetallici sviluppati al fine di migliorare i profili di uptake e rilascio di CO₂, mantenendo comunque l'attenzione sulla stabilità in acqua dei MOF sintetizzati. Lo studio si è focalizzato sulla possibilità di creare un MOF, con struttura analoga al HKUST-1, contenente rame e magnesio valutando differenti rapporti stechiometrici tra i due metalli.</p>
DENERG	<p><u>LA3.14</u></p> <p>L'analisi tecno-economica ha permesso di stimare i costi di decarbonizzazione (CAPEX e OPEX) tramite cattura della CO₂ con CaL dei processi di produzione del cemento e acciaio. Il costo della CO₂ evitata risulta di 54-69 €/tCO₂ per il processo di produzione di clinker. Per la produzione di acciaio, sono 22-24 €/tCO₂ da altoforno e BOF, e 63-71 €/tCO₂ da riduzione diretta e EAF. Sono all'analisi sistemi CaL di cattura della CO₂ integrati con impianti solari a concentrazione.</p>
UNIROMA1 (INGEGNERIA)	<p><u>LA3.17</u></p> <p>Messa a punto del banco prova: installazione delle linee: a) vapore - con serbatoio, flussimetro, surriscaldatore, linea immissione in forno; b) CO₂ - con bombola, flussimetro, linea di immissione in forno. Il sistema è controllato da consolle tramite codice Labview appositamente sviluppato. Effettuati primi test di funzionamento in modalità fluidizzazione, regolando la temperatura e le percentuali relative di acqua e CO₂. I test confermano il funzionamento del sistema in modalità controllata.</p>
UNIROMA2	<p><u>LA3.23</u></p> <p>Nel primo semestre del 2021, come pianificato il gruppo di ricerca ha proseguito il suo lavoro su tre direzioni principali. E' proseguito il popolamento del database di tecnologie e l'aggiornamento</p>

	<p>della metodologia di valutazione preliminare di interventi di recupero di calore. Sono state realizzate ulteriori interviste con i fornitori di tecnologie di recupero di calore. Infine è proseguita la sperimentazione sul campo degli strumenti sviluppati, con l'approfondimento di un caso di studio avviato l'anno precedente e l'individuazione di un nuovo caso di studio.</p> <p><u>LA4.6</u></p> <p>Sono proseguite le attività di raccolta e valutazione dei risultati sulla maturità nella gestione energetica delle aziende ottenuti dal questionario erogato attraverso il portale web ENEA. A tale scopo sono stati condotti incontri con le associazioni di categoria dei settori farmaceutico, della fonderia e dell'incenerimento dei rifiuti. Sono state avviate parallelamente le attività di raccolta e la valutazione degli indicatori di prestazione energetica delle diagnosi del 2015 e del 2019 per un campione significativo di aziende intervistate. Le analisi condotte hanno fornito dei primi risultati parziali condivisi per ora con il solo gruppo di ricerca.</p>
DIIEUNIVAQ	<p><u>LA3.12</u></p> <p>È stata definita la geometria di un modello freddo che riproduce a freddo e in scala ridotta il funzionamento idrodinamico del calcinatore. Alcuni parametri del modello freddo assumeranno valori simili a quelli del reattore; sono stati, quindi, scelti gas e particelle solide tali da ottenere le similitudini necessarie. Il modello freddo è stato progettato e realizzato in plexiglass. Sono state effettuate le prime campagne sperimentali per valutare la portata di solido in uscita dal calcinatore.</p> <p><u>LA3.26</u></p> <p>L'attività condotta nel primo semestre del terzo anno ha portato al miglioramento del codice sviluppato per la sintesi della rete HEN e ai primi risultati per un caso di studio individuato nel settore caseario. È stata avviata l'integrazione nel modello generale della rete HEN dei due moduli dedicati all'impiego di sistemi ORC e di pompe di calore. Per un caso di studio individuato nel settore di trattamento del latte, è stata impostata un'analisi della rete HEN esistente attraverso la metodologia della pinch technology sviluppata.</p>
DPIA-UNIUD	<p><u>LA3.28</u></p> <p>Durante il primo semestre 2021 l'unità di Udine ha svolto le seguenti attività, pertinenti alla LA 3.28:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Predisposizione di un modello per calcolo indicatori di prestazione economica; • Implementazione, verifica e integrazione dei modelli creati; • Avvio di contatti aziende per raccolta dati su profili energetici e realizzazione casi studio.
DIIN-UNISA	<p><u>LA4.9</u></p> <p>Nel primo semestre della terza annualità, nel WP4 del Progetto 1.6 del piano triennale 2019-21 della RdS elettrico nazionale, il DIIN-UNISA ha effettuato la caratterizzazione energetica dei processi produttivi dei settori Fonderia, Incenerimento Rifiuti e Farmaceutico. Il confronto con le associazioni di categoria ha permesso di realizzare per ciascun settore una mappatura dei processi e di presentare una proposta di lavoro sulla base dei vettori energetici più utilizzati e delle fasi maggiormente energivore.</p>
UNIFI (DIEF)	<p><u>LA4.15</u></p> <p>UNIFI ha analizzato letteratura e diagnosi energetiche relative ai settori: fonderie, industrie farmaceutiche e di smaltimento rifiuti. Sono state stilate le rispettive liste di tecnologie energy-saving, che sono state suddivise per fase e asset d'impianto. Consultando le diagnosi, sono stati</p>

	<p>analizzati gli interventi effettuati e proposti dalle aziende italiane in tutti e 3 i settori. Attualmente, si stanno validando le liste mediante la consultazione di esperti delle associazioni di categoria.</p>
DICAM-BO	<p><u>LA4.17</u></p> <p>Individuazione delle fonti bibliografiche su consumi energetici ed emissioni inquinanti del settore delle piastrelle di ceramica. Elaborazione dei dati raccolti e calcolo di indicatori energetici aggiornati, di stabilimento e per le fasi di pressatura, essiccazione e cottura. Descrizione del processo produttivo e dello sviluppo impiantistico per le fasi analizzate. Individuazione di variabili driver per l'efficiamento energetico e di tecnologie per la riduzione dei consumi specifici.</p> <p><u>LA5.12</u></p> <p>La ricerca svolta ha riguardato l'analisi della letteratura scientifica inerente i Performance Indicators usualmente utilizzati nelle reti di drenaggio urbano. In parallelo si sono cercati di individuare i costi delle principali tecnologie verdi (tetti verdi, sistemi di infiltrazione, pavimentazioni permeabili, ecc.) presenti nei prezzari regionali o costruendo dei prezzi a corpo in funzione dei costi dei singoli materiali e delle specifiche lavorazioni per la realizzazione di tali sistemi.</p>
DICEA	<p><u>LA5.7</u></p> <p>Sono stati investigati gli effetti della centrifugazione e della microondazione sul potenziale di biometanazione di fanghi di depurazione municipali caratterizzati da sostanza organica lentamente biodegradabile. Le prove di microondazione sono state condotte con diverse durate di irraggiamento (0.5, 1 e 2 ore), temperature (40°C e 80°C) e % di fango microondato (50% e 100%). Le prove di centrifugazione sono state condotte a diverse concentrazioni iniziali di solidi totali (4%, 6%, 7%, 9% e 18%).</p>
POLIMI (INGEGNERIA)	<p><u>LA5.9</u></p> <p>Il modello di metanogenesi idrogenotrofa ex-situ, implementato in Open Modelica in configurazione CSRT, è stato validato sul reattore pilota CSRT operante nell'ambito del progetto PerFormWater2030 su un periodo di 200 giorni nel quale erano presenti diversi cambi operative e condizioni dinamiche. I risultati di simulazione sono risultati molto soddisfacenti. Il modello è stato inoltre applicato su un limitato set di dati medi riferiti al pilota ENEA, con risultati per ora solo parziali.</p>
DICAM-TN	<p><u>LA5.11</u></p> <p>L'attività di ricerca del primo semestre è stata svolta seguendo quanto indicato nello STEP#1 e nel Task 2.1 dello STEP#2. E' stata eseguita la caratterizzazione delle biomasse residuali da utilizzare come feedstock del processo HTC. In particolare, sono state svolte analisi chimico fisiche su digestato da fanghi di depurazione municipali e sulla frazione organica dei rifiuti solidi utilizzata, poi, in aggiunta al digestato.</p>