

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. 3 – Periodo attività: 01/01/2020 – 30/06/2020

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 terzo semestre entrano nel vivo dell'esecuzione delle attività di ricerca e delle analisi sperimentali, e, per ciascuna delle tematiche affrontate nel progetto, si sono concentrate su: progettazione e avvio attività legate ai dimostratori, svolgimento attività sperimentali di laboratorio, raccolta e analisi dati, preparazione delle prime attività di informazione e diffusione.

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 preparato la campagna informativa sull'etichettatura energetica e fornito supporto al MISE per le attività regolatorie e di negoziazione.

Nell'ambito del WP2, il cui obiettivo è la definizione di un catalogo di configurazioni costruttive standard per soluzioni di facciata da realizzare in modalità off-site, ENEA ha progettato il dimostratore in scala 1:1 e analizzato l'impianto ricorrente. UNIROMA1 ha definito un abaco dei prodotti più performanti con l'obiettivo di definire soluzioni standardizzate in numero ridotto applicabili per la deep renovation, il CINTEST ha costruito una check-list di raccolta dati per definire il disegno AS-IS dei processi produttivi, UNIME ha progettato la struttura di base che accoglierà i materiali progettuali in un unico portale accessibile, con differenti privilegi, ai partner di progetto e al pubblico, mentre POLIMI ha svolto un'attività di analisi dello stato dell'arte di materiali/tecnologie per le costruzioni a secco.

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 approfondito lo sviluppo del MOF base Cu (HKUST-1) mediante sintesi

meccanochimica, UNIFI ha provveduto alla definizione e prima caratterizzazione del nanomateriale magnetico, mentre UNIROMA1 ha individuato strategie di sintesi volte a migliorare la stabilità in acqua del MOF base Cu (HKUST-1). Per quanto riguarda il sotto-obiettivo (ii) ENEA ha svolto attività legate alla sintesi ad umido di materiale combinato Ca/Fe/Al con altri precursori del Fe e alla sintesi di ferro acetato ossido di grafene (GO) con metodo Hummers. DENERG ha studiato l'integrazione di accumulo termochimico basato su processo di Calcium Looping per stoccaggio di energia da solare a concentrazione, UNIROMA3 ha proceduto alla sintesi di catalizzatori NiO/nanorod-CeO2 con diversi contenuti di nichel mediante sintesi idrotermale "one-pot", UNIROMA1 ha implementato un modello completo di un sistema redox, in ambiente Matlab, mentre DII EUNIVAQ ha effettuato uno studio sulla cinetica di calcinazione del sorbente. Nell'ambito del sotto-obiettivo (iii) invece ENEA ha avviato l'analisi dei dati per l'aggiornamento del database di progetti di recupero di calore e della pre-mappatura di processi produttivi e utilizzo di calore, mentre UNIROMA2 ha lavorato alla specializzazione della metodologia generale impostata nel 2019 e DII EUNIVAQ ha proceduto alla creazione di modelli per il dimensionamento preliminare di sistemi ORC che utilizzano calore di scarto di processi industriali e pompe di calore a compressione. Infine, DPIA-UNIUD ha predisposto i modelli necessari per dimensionare reti di teleriscaldamento interne ad aree industriali.

Nell'ambito del WP4, il cui obiettivo è la determinazione e valutazione di indici di riferimento affidabili per il settore produttivo manifatturiero, ENEA ha aggiornato la metodologia di analisi dei dati e avviato le attività di determinazione degli indici globali elettrici e termici, avviando anche l'analisi degli interventi di efficientamento effettuati e individuati, CINTEST ha analizzato le fasi principali del processo e le caratteristiche più importanti per il settore vetro, UNIROMA2 ha definito i requisiti necessari per lo sviluppo di una piattaforma online per permettere l'erogazione del questionario di maturità, DIIN-UNISA ha approfondito il processo di fabbricazione del vetro piano, mentre UNIFI ha terminato l'analisi della letteratura, individuando 7 metodi di stima dei consumi energetici delle tecnologie di un impianto e avviando le analisi sul settore vetro. Infine, DICAM-BO ha analizzato i diversi componenti tecnologici che possono essere presenti nei sistemi di recupero del calore.

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 svolto un'analisi preliminare delle diagnosi energetiche presentate da parte delle imprese e ha modellato impianti di depurazione per la valutazione di misure tecnico-gestionali di efficientamento energetico, mentre DICAM-BO ha proseguito lo studio di diverse tipologie di scenari per la rete fognaria del bacino sperimentale Fossolo. Inoltre, DICEA ha investigato il processo di nitrificazione e denitrificazione simultanee e la rimozione di fosforo in reattori MBBR in continuo ad aerazione alternata, POLIMI ha portato a conclusione l'indagine bibliografica, mentre DICAM-TN ha effettuato uno screening delle tecnologie di riduzione dei fanghi

ATTIVITA' SVOLTE	
AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO	SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO
ENEA	<u>LA1.2</u> Preparazione della campagna informativa sull'etichettatura in collaborazione con la Commissione Europea e le Associazioni nazionali di categoria dei produttori e dei consumatori e Legambiente. Supporto al MISE per negoziazione con la Commissione Europea/Stati Membri

dell' "omnibus amendment" dei Regolamenti di etichettatura /ecodesign pubblicati nel 2019 relativo alla nuova definizione di "valori dichiarati" e la discussione dei requisiti per l'illuminazione. Partecipazione alla riunione semestrale dei Gruppi ADCO etichettatura ed ecodesign per la sorveglianza del mercato.

LA2.2

È stato progettato il dimostratore in scala 1:1 sul quale saranno posizionati i provini da testare su tavola vibrante e i sistemi di aggancio. È stato analizzato l'impianto ricorrente e si è cominciato a ipotizzare possibili soluzioni impiantistiche integrabili ai pacchetti standardizzati. Molte le occasioni di interfaccia con gli altri partner per definire in maniera congiunta percorsi comuni: attività indispensabile al fine dell'individuazione del catalogo di soluzioni standard.

LA3.2

Nel primo semestre della LA 3.2 è stato approfondito lo sviluppo del MOF base Cu (HKUST-1) mediante sintesi meccanochimica. Il materiale ottenuto, caratterizzato da 2000 m²/g di superficie, è stato studiato nelle proprietà strutturali, morfologiche, termiche e funzionali mediante misure di adsorbimento di CO₂ e N₂. Per via meccanochimica sono stati sintetizzati un altro MOF base Fe dalla selettività inferiore a HKUST-1, ma con migliore stabilità, e nanoparticelle magnetiche in corso di caratterizzazione.

LA3.9

SubLA1.4. Lo studio si è focalizzato sulla sintesi ad umido di materiale combinato Ca/Fe/Al con altri precursori del Fe: ferro acetato. SubLA1.6.2. Sintesi di ossido di grafene (GO) con metodo Hummers modificato. Purificazione GO con impianto di microfiltrazione. Caratterizzazione membrana GO con camera di prova per determinare i flussi permeati. Per le membrane metalliche: individuati i materiali (perovskite La_{0.6}Sr_{0.4}Fe_{0.8}Co_{0.2}O_{3-δ} su substrato AISI 316L) e lo spessore del sistema (1.55 mm).

LA3.19

Analisi dati delle diagnosi energetiche consegnate a ENEA in seguito al D.Lgs. 102/2014 a dicembre 2019 da grandi aziende e aziende energivore per i settori tessile, caseario, produzione di prodotti da forno. Estrapolazione delle informazioni relative ai consumi di energia termica e agli interventi di recupero di calore realizzati e individuati. Analisi dei dati per l'aggiornamento del database di progetti di recupero di calore e della pre-mappatura di processi produttivi e utilizzo di calore.

LA4.2

Il primo sem. 2020 ha visto la raccolta e l'organizzazione delle circa 11.200 nuove diagnosi pervenute ad ENEA al 31 dicembre. Si è aggiornata la metodologia di analisi dei dati e si sono avviate le attività di determinazione degli IPE globali elettrici e termici. Parallelamente si è avviata una fase di censimento degli interventi energetici effettuati nel quadriennio precedente riportato in diagnosi e di quelli proposti. Si è coordinata l'attività da svolgere con il supporto delle Università.

LA5.2

Raccolta e analisi preliminare delle diagnosi energetiche presentate da parte delle imprese ai sensi del D.lgs. n.102/2014. Raccolta dati e modellazione di impianti di depurazione per la valutazione di misure tecnico-gestionali di efficientamento energetico. Approvvigionamento di dispositivi passivi di diffusione gas in mezzo liquido per test su scala pilota. Pianificazione di test comparativi per quantificare il coefficiente di trasferimento gas-liquido (KLa) dei sistemi di trasferimento.

<p>UNIROMA1 (CITERA)</p>	<p><u>LA2.5</u></p> <p>Con l'obiettivo di individuare un catalogo di configurazioni ottimizzate è stata effettuata una classificazione dei prodotti presenti sul mercato, definendone le caratteristiche principali, le criticità e delineandone il campo di applicazione in funzione di tipologia costruttiva, zona climatica e sismica. E' stato definito un abaco dei prodotti più performanti con l'obiettivo di definire soluzioni standardizzate in numero ridotto applicabili per la deep renovation.</p>
<p>CINTEST</p>	<p><u>LA2.8</u></p> <p>È stata costruita una check-list di raccolta dati per definire il disegno AS-IS dei processi produttivi. In particolare, la check-list dovrà essere distribuita alle aziende della supply chain della soluzione standardizzata scelta e include informazioni per descrivere il processo produttivo, determinare le sue performance e per effettuare una analisi di ciclo di vita del prodotto. Sono state contattate alcune aziende nazionali a cui è stata distribuita la check-list.</p> <p><u>LA4.11</u></p> <p>Il gruppo di ricerca si è concentrato sullo studio del processo produttivo del settore vetro, analizzando le fasi principali del processo e le caratteristiche più importanti in termini di parametri di influenza e vettori energetici utilizzati. È stata avviata un'analisi della letteratura tecnico-scientifica a supporto della definizione di indicatori di prestazione energetica di riferimento e si è lavorato alla specializzazione della metodologia generale impostata nel 2019 per il settore vetro.</p>
<p>UNIME</p>	<p><u>LA2.10</u></p> <p>Nel I° semestre le attività di interfaccia con gli altri partner sono state di primaria importanza al fine di comprendere caratteristiche ed elementi da inserire sul portale. Sono stati acquisiti database statici (excel) dai partner ed è iniziata un'attività di modifica, integrazione e conversione degli stessi in oggetti dinamici. E' stata progettata la struttura di base che accoglierà i materiali progettuali in un unico portale accessibile, con differenti privilegi, ai partner di progetto e al pubblico (privati cittadini e tecnici del settore).</p>
<p>POLIMI (LECCO)</p>	<p><u>LA2.12</u></p> <p>Output della LA è la creazione di un atlante della costruzione stratificata a secco: metodi, materiali, sistemi e case history. Nel I° semestre è stata svolta un'attività di analisi dello stato dell'arte di materiali/tecnologie per le costruzioni a secco. È stata effettuata una scomposizione tecnologico/funzionale dell'involucro definendo 8 categorie di classificazione generando un database dei prodotti disponibili. E' dunque seguita un'attività di interfaccia con UNIME al fine di definire caratteristiche e input necessari per trasferire il database sul portale.</p>
<p>UNIFI (UGO SCHIFF)</p>	<p><u>LA3.4</u></p> <p>L'attività di ricerca si è focalizzata sulla definizione del nanomateriale magnetico e delle caratteristiche morfo-strutturali che garantiscono la maggior efficienza in termini di trasferimento energetico, identificato con nanoparticelle ottaedriche di magnetite di 20 nm ricoperte di acido trimesico, sulla sintesi mediante decomposizione termica in benzilettere di ca. 1 g del materiale e sulla caratterizzazione delle sue principali caratteristiche chimico-fisiche.</p>
<p>UNIROMA1 (CHIMICA)</p>	<p><u>LA3.6</u></p> <p>Le attività di ricerca del primo semestre della LA 3.6 sono state indirizzate all'individuazione di strategie di sintesi volte a migliorare la stabilità in acqua del MOF base Cu (HKUST-1) sviluppato da ENEA per la separazione della CO2 da miscele di post-combustione. A seguito della definizione della migliore procedura di sintesi UNIROMA1 sta sviluppando un HKUST-1 modificato mediante una parziale sostituzione del ligando.</p>

DENERG	<p><u>LA3.13</u></p> <p>L'integrazione di accumulo termochimico basato su processo di Calcium Looping per stoccaggio di energia da solare a concentrazione (CSP) con ciclo Brayton o Rankine, mostra efficienze nette di circa 40%, consentendo produzione di energia elettrica decarbonizzata con un indice con SPECCA di 2 GJ/tonCO₂. La configurazione Sorption Enhanced Water Gas Shift combinata con CaL e con riduzione diretta del ferro (DRI) produce una riduzione delle emissioni dirette di CO₂ superiori al 80%.</p>
UNIROMA3	<p><u>LA3.15</u></p> <p>Sintesi di catalizzatori NiO/nanorod-CeO₂ con diversi contenuti di nichel mediante sintesi idrotermale "one-pot". Processo di riduzione del nichel in idrogeno tramite H₂-TPR. Caratterizzazione dei campioni ridotti Ni/CeO₂ tramite XRD e H₂-TPD. Test di reforming a secco di CO₂ con metano in funzione della temperatura. Test di stabilità catalitica a 800 °C per 15 ore. Analisi della morfologia dei campioni formulati tramite FE-SEM-EDS, BET, BJH.</p>
UNIROMA1 (INGEGNERIA)	<p><u>LA3.16</u></p> <p>Implementazione di un modello completo di un sistema redox, in ambiente Matlab, riproducendo i flussi di massa ed energia sulla base delle cinetiche delle reazioni di letteratura. A partire dai flussi in uscita dall'altoforno, si sono implementati un processo di Calcium Looping per la separazione della CO₂ e un processo di Chemical Looping Combustion per la ossidazione dei reflui basato sull'utilizzo di ossidi misti come oxygen carrier e carbonio reso disponibile da biomassa.</p>
UNIROMA2	<p><u>LA3.22</u></p> <p>Il gruppo di ricerca, in collaborazione con ENEA, si è inizialmente dedicato alla definizione di una strategia atta ad individuare i settori industriali sui quale focalizzare inizialmente l'interesse e al coinvolgimento di aziende e fornitori di tecnologie per testare e validare gli strumenti precedentemente sviluppati. Parallelamente si è lavorato alla specializzazione della metodologia generale impostata nel 2019 e alla continuazione nel popolamento del database di tecnologie di recupero.</p> <p><u>LA4.5</u></p> <p>Il gruppo di ricerca si è concentrato sulla definizione dei requisiti necessari per lo sviluppo di una piattaforma online per permettere l'erogazione del questionario di maturità sviluppato l'anno precedente. Dopo discussioni con ENEA è partita l'attività di raccolta e valutazione degli indicatori di prestazione energetica presenti nelle diagnosi energetiche del 2015 e del 2019 per il settore vetro, lavorando all'analisi della loro variazione attraverso gli strumenti identificati nel 2019.</p>
DII EUNIVAQ	<p><u>LA3.11</u></p> <p>È stato effettuato uno studio sulla cinetica di calcinazione del sorbente: la dolomite è stata sottoposta ad analisi TGA-DSC, i risultati ottenuti sono stati elaborati secondo le relazioni fornite da Kissinger per ottenere il grado di reazione, l'energia di attivazione e il fattore pre-esponenziale. I parametri estrapolati hanno permesso di calcolare il tempo necessario per il completamento della reazione di calcinazione ad una data temperatura.</p> <p><u>LA3.25</u></p> <p>L'attività condotta nel primo semestre del secondo anno di attività ha portato al miglioramento del codice sviluppato nel primo anno riguardante l'ottimizzazione energetica di reti di scambiatori di calore. Inoltre si è proceduto alla creazione di modelli per il dimensionamento preliminare di sistemi ORC che utilizzano calore di scarto di processi industriali e pompe di calore a compressione. Nel secondo caso il modello è stato arricchito attraverso delle funzioni di costo che consentono una prima analisi di fattibilità economica.</p>

DPIA-UNIUD	<p><u>LA3.27</u></p> <p>Durante il primo semestre 2020 l'unità di Udine ha svolto le seguenti attività:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ha avviato lo sviluppo di un modello di calcolo Excel VBA per dimensionare reti di teleriscaldamento, interne ad aree industriali, atte a recuperare calore di scarto da industrie energivore e cederlo ad altre aziende; • Ha predisposto un modello per valutare alcuni indicatori dell'impatto ambientale di tali reti, in particolare l'impronta carbonica e i consumi d'acqua diretti e indiretti (water-energy nexus); • Ha raccolto dati tecnici sui componenti d'impianto da letteratura e da aziende produttrici.
DIIN-UNISA	<p><u>LA4.8</u></p> <p>Nel periodo Gen 2020–Giu 2020, relativamente al WP 4 del Progetto 1.6 del piano triennale 2019-2021 della Ricerca di Sistema elettrico nazionale, il DIIN-UNISA, seguendo la metodologia precedentemente definita, ha approfondito il processo di fabbricazione del vetro piano. Mediante integrazione delle informazioni raccolte su base teorica con i dati estratti dalle diagnosi energetiche, si è giunti alla schematizzazione delle fasi di processo e all'individuazione degli usi energetici associati.</p>
UNIFI (DIEF)	<p><u>LA4.14</u></p> <p>Nel 1° semestre del 2020 UNIFI ha terminato l'analisi della letteratura, individuando 7 metodi di stima dei consumi energetici delle tecnologie di un impianto. Focalizzandosi sulle vetrerie, ha studiato il funzionamento del ciclo produttivo e come esso varia in base al prodotto (vetro piano, fibra di vetro, ecc.). Ha classificato le soluzioni tecnologiche disponibili secondo le caratteristiche d'impianto, le fasi produttive e i limiti di applicabilità e ha progettato il modello di assessment.</p>
DICAM-BO	<p><u>LA4.16</u></p> <p>Analisi delle diagnosi energetiche di aziende ceramiche che presentano un sistema CHP. Creazione di un database di raccolta dati utile alla ricostruzione di un assetto impiantistico medio di sistema CHP a servizio della fase di atomizzazione. Individuazione dei parametri energetico-ambientali idonei a descrivere tale assetto. Analisi preliminare di strategie di ottimizzazione: sfruttamento dei flussi termici a medio/bassa entalpia con sistemi ORC per incrementare l'efficienza del processo.</p> <p><u>LA5.5</u></p> <p>Nel primo semestre sono stati analizzati i diversi componenti tecnologici che possono essere presenti nei sistemi di recupero del calore. Sono stati analizzati casi reali ed è analizzata la letteratura scientifica del settore. Si sono quindi iniziati ad analizzare dei dati reali di portata e temperatura delle acque reflue per il sistema fognario di Bologna e si sono valutate le variabilità di tali grandezze nel tempo e nello spazio e in funzione delle condizioni meteorologiche esterne.</p>
DICEA	<p><u>LA5.6</u></p> <p>È stato investigato il processo di nitrificazione e denitrificazione simultanee e la rimozione di fosforo in reattori MBBR in continuo ad aerazione alternata. Efficienze di rimozione di TOC, TIN e P-PO43- fino al 100%, 82% e 81% sono state ottenute mantenendo l'ossigeno disciolto tra 0.2 e 3 mg L-1 e il rapporto C/N influente a 3.6. L'analisi della comunità batterica del biofilm ha rivelato la coesistenza di batteri nitrificanti e di denitrificanti con capacità di accumulare fosforo.</p>

<p>POLIMI (INGEGNERIA)</p>	<p><u>LA5.8</u></p> <p>È stata conclusa l'indagine bibliografica da cui è emerso che:</p> <ul style="list-style-type: none"> • non vi è una metodica SHMA standard ed 1 solo paper (1996) che si occupa specificamente di questo tema; • i metodi misura sono principalmente manometrici; • i valori di SHMA sono dell'ordine di 100, 270-300 e fino a 359 mlCH₄/gVSS/d, rispettivamente per biomasse sospese/granulari e biomasse sospese soggette ad upgrade; • il limite principale dei metodi fino ad ora impiegati è la non discriminazione rispetto all'attività omoacetogeni.
<p>DICAM-TN</p>	<p><u>LA5.10</u></p> <p>L'attività di ricerca del primo semestre è stata incentrata sullo screening delle tecnologie di riduzione dei fanghi. Tra tutte le soluzioni disponibili sono state considerate le tecnologie disponibili a scala dimostrativa o industriale che consentono una riduzione in massa, ed eventualmente in volume, della produzione di fango e che siano caratterizzate da un basso consumo energetico. Lo screening è stato eseguito per tecnologie applicate alla linea acque e alla linea fanghi.</p>