

**PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2022-24 - 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. 4 – Periodo attività: 01/07/2023 – 31/12/2023

ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:

L'obiettivo generale del progetto è sviluppare metodi, strumenti e soluzioni per incrementare l'efficacia delle azioni di efficientamento energetico in ambito industriale favorendo un approccio analitico e integrato che vada dal singolo prodotto/macchinario al processo produttivo, distretto industriale, 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 quarto semestre rappresentano un ponte tra l'intensa attività sperimentale e di elaborazione dati del secondo anno e la fase più applicativa e dimostrativa del terzo anno di attività, e, per ciascuna delle tematiche affrontate nel progetto, si sono concentrate su: estensione e consolidamento della base di conoscenze, integrazione e test della struttura dei database e software, consolidamento e coinvolgimento diretto delle reti di stakeholder identificati, esecuzione di attività sperimentali, esecuzione attività di disseminazione, intensificazione delle attività di coordinamento dei cobeneficiari di progetto.

Per quanto riguarda il WP1, i cui obiettivi generali sono (i) proteggere l'industria nazionale ed europea dalla concorrenza sleale delle importazioni di prodotti non-conformi, (ii) assicurare il consumatore, utente del sistema elettrico nazionale, sulle reali prestazioni energetiche, funzionali e dell'efficienza dei materiali per i beni acquistati, e (iii) supportare il Paese nel raggiungimento degli obiettivi di miglioramento dell'efficienza energetica pianificati in risposta agli obblighi comunitari, e ai più recenti obiettivi di sostenibilità dell'economia circolare (durabilità, riparabilità, riciclabilità, ecc.), ENEA ha proseguito le attività di supporto ai ministeri competenti nella negoziazione dei regolamenti di ecodesign ed etichettatura energetica, e le principali collaborazioni nazionali e internazionali, e ha inoltre intensificato le attività di disseminazione.

Nell'ambito del WP2, il cui obiettivo generale è quello di realizzare studi e sviluppare soluzioni per l'efficientamento e l'ottimizzazione di processi, distretti e filiere industriali, ENEA ha: (i) analizzato ulteriori studi di letteratura per la caratterizzazione dei processi industriali di interesse ed il perfezionamento e l'ampliamento del database sviluppato; (ii) perfezionato la metodologia di valutazione dei benefici economici ed energetici dell'utilizzo di tecnologie non termiche, termiche innovative e tradizionali nei processi industriali per il trattamento degli alimenti e analizzato

ulteriori casi di studio; (iii) avviato le attività preparatorie per la definizione della metodologia integrata per l'analisi energetica a livello di filiera e l'identificazione delle buone pratiche, intensificato le attività di gestione degli stakeholder e disseminazione, avviato le attività preparatorie per la realizzazione del framework decisionale relativo ai materiali "innovativi" o "non convenzionali"; (iv) elaborato i primi dati pervenuti dal questionario distribuito alle aziende vitivinicole siciliane e identificato prime ipotesi per interventi di efficientamento; (v) prodotto e caratterizzato il MOF CALF-20 in forma composita con nanoparticelle di magnetite fornite dal partner UNIFI-DCUS. Inoltre, il cobeneficiario UNIVAQ_DIIIE1 ha caratterizzato la variabilità nella richiesta e nella disponibilità delle potenze termiche nei processi industriali di specifici settori industriali, UNISA_DIIN1 consolidato l'analisi bibliografica sulle tecniche innovative e tradizionali di pelatura di pomodoro e di estrazione di composti di interesse dai residui della produzione di pomodoro concentrato e avviato la fase di definizione metodologica, POLIMI_DIG1 ha condotto interviste ad attori operanti nel comparto OSC come fornitori di soluzioni e di materiali, POLIMI_DABC ha organizzato in tabelle excel e schede descrittive di sintesi i dati raccolti per l'analisi di dettaglio delle due filiere (acciaio e legno), UNIVPM_DIISM ha completato la definizione del metodo alla base dello strumento per l'analisi dell'efficienza energetica di processo e degli impatti ambientali correlati all'utilizzo delle risorse, UNIBO_DA ha catalogato e analizzato i materiali dell'abaco giudicati idonei alla mappatura secondo i criteri stabiliti nel primo semestre e successivamente affinati, UNIFI_DCUS ha sintetizzato e caratterizzato nanoparticelle di magnetite (NPM) ottimizzate per la tecnologia MISA, UNIROMA1_DC ha continuato la sperimentazione per l'ottimizzazione della sintesi del CALF-20.

Il WP3 ha invece l'obiettivo di guidare le imprese nel passaggio da un approccio all'efficienza a progetto o dettato da esigenze contingenti a un approccio di miglioramento continuo, e fornire ai decisori politici/istituzionali elementi per valutare con maggiore consapevolezza politiche volte al risparmio e alla gestione energetica. ENEA ha quindi portato avanti le attività di coordinamento settoriale con ENAC, Federazione Gomma Plastica, SMI, Assoimmobiliare per la redazione delle linee guida settoriali e definizione di fogli di rendicontazione condivisi, analizzato le diagnosi energetiche per il settore del tessile e calzaturificio, coordinato i fornitori esterni per sviluppo ToolPMI e grafica linee guida e i cobeneficiari accademici. Inoltre, il cobeneficiario POLIMI_DIG2 ha approfondito, con l'ausilio di analisi di letteratura, le tecnologie e gli approcci per l'efficientamento energetico applicabili agli ambiti tessile e calzaturificio, UNIFI_DII ha condotto un'analisi della letteratura inerente alle soluzioni "energy-saving" adottabili nel settore delle acciaierie e della plastica, UNIBO_DIN ha identificato le principali soluzioni di efficientamento energetico applicabili nel contesto industriale manifatturiero (ceramica), UNIROMA3_DE ha mappato i dati di impresa AIDA e dati socioeconomici ISTAT e eseguito un matching spaziale con matrici di distanza di diversa natura, geografica e amministrativa, e ha realizzato i codici in R per l'implementazione delle analisi dei dati sulle diagnosi connesse con i dati di impresa, UNIROMA2_DII studiato e definito la struttura dello strumento e identificato i singoli requisiti derivanti dalle normative ISO 50000, formulando quesiti preliminari per il modello di valutazione, UNISA_DIIN2 ha raccolto le informazioni necessarie per la caratterizzazione energetica dei principali processi produttivi ed ausiliari relativi ai più significativi codici ATECO collegati alla produzione della plastica, UNITUS_DEIM ha identificato i processi energeticamente più rilevanti nel settore della plastica, UNIBAS_SI ha proseguito, coordinandosi con ENEA sugli esiti della

ricerca bibliografica delle metodologie di calcolo per l'individuazione delle opportunità di risparmio energetico, con un confronto tra le diverse metodologie.

Nell'ambito del WP4, il cui obiettivo è dimostrare, attraverso lo sviluppo di tecnologie efficienti, materiali, reattori e processi, la fattibilità di un nuovo processo di produzione ad alta pressione (10 bar) di idrogeno verde da biomasse residuali ad emissione negativa di CO₂, ENEA ha eseguito test di SEG con i parametri ottimizzati ottenuti nella LA 4.1, identificato l'effetto del pretrattamento HTC, proseguito le attività sul reattore al plasma DBD implementando una nuova configurazione per l'introduzione della membrana perovskitica riscaldata elettricamente. Inoltre, il cobeneficiario UNIVAQ_DIIIE2 ha concentrato le attività sullo sviluppo del modello CFD del reattore pre-dimensionato, POLITO_DENERG ha eseguito analisi dettagliate per l'industria del cemento calcolando gli indici di SPECCA al raggiungimento di zero emissioni di CO₂ e implementato in Aspen il modello preliminare di acciaierie e DRI (direct reduction of iron), UNIROMA1_DICMA1 ha eseguito i primi test sperimentali.

Per quanto riguarda il WP5, il cui obiettivo è sviluppare tecnologie e metodologie per l'efficientamento energetico del settore idrico, dalle reti di raccolta fognarie agli impianti di trattamento delle acque reflue, con ulteriore estensione alle infrastrutture dedicate al riutilizzo finale dei reflui come fonti idriche non convenzionali, ENEA ha eseguito le attività sperimentali relative all'impianto MBBR, al sistema di disinfezione UV e alla pirolisi catalitica, ha valutato i risultati del software DEES e l'energia rinnovabile producibile tramite digestione dei fanghi ex-situ, e ha raccolto dati per la valutazione costi delle filiere di riuso idrico effluenti depurati. Inoltre, il cobeneficiario UNITN_DICAM ha concluso l'identificazione della "shortlist" dei sistemi di trattamento avanzati in linea acque e linea fanghi per l'adeguamento energetico di impianti esistenti e avviato la predisposizione di schede tecniche, UNINA_DICEA ha implementato in un reattore a membrane in scala da banco il processo biologico assimilativo per la rimozione e il recupero dell'azoto, operato in condizioni mixotrofe (acetato + H₂), UNIROMA1_DICMA2 ha valutato la liquefazione idrotermale (HTL) per la produzione di un precursore di biofuel liquido a partire da fanghi di supero dal trattamento dei reflui civili.

ATTIVITA' SVOLTE

<i>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</i>	<i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i>
ENEA	<p><u>LA1.2</u></p> <p>Supporto ai Ministeri per i Regolamenti di ecodesign/etichettatura per ventilatori, aspirapolvere, alimentatori esterni/caricabatteria, stufe/caminetti a combustibile solido. Partecipazione ai Gruppi ADCO Ecodesign/Etichettatura. Conclusione del Tavolo Italiano per il Regolamento ESPR e la Direttiva Diritto alla Riparazione. Tre eventi di diffusione. Partecipazione all'IEC SC59D, CLC TC59x e CEI TC59/61G.</p> <p><u>LA2.2</u></p>

L'attività di ricerca ha riguardato l'analisi di ulteriori studi di letteratura per la caratterizzazione dei processi industriali di interesse ed il perfezionamento e l'ampliamento del database sviluppato nella LA 2.1. In particolare, i moduli relativi ai sottosectori industriali sono stati arricchiti con ulteriori dati inerenti alle richieste di energia termica/frigorifera delle singole fasi di processo. Si è quindi proceduto all'implementazione e al popolamento dei moduli relativi ai casi di studio di specifici processi industriali basati sull'impiego di reti di scambiatori di calore.

LA2.5

Estensione/consolidamento dell'analisi bibliografica sulle tecnologie non termiche impiegate nell'industria alimentare. Valutazione di ulteriori casi di studio e relativi indici di processo per valutare i benefici energetici, non-energetici ed ambientali. Integrazione e modifica della precedente metodologia MVEE definendo tecniche di normalizzazione per ciascun indice, ottimizzazione dei coefficienti pesati e delle soglie di impatto. Stesura preliminare di linee guida per le aziende.

LA2.8

Avvio delle attività preparatorie per la definizione della metodologia integrata per l'analisi energetica a livello di filiera e l'identificazione delle buone pratiche. Avvio delle attività di supporto all'osservatorio (messa in opera di pagine LinkedIn e sito web per la diffusione delle informazioni e l'interazione con gli stakeholder, pubblicazione online del questionario). Conduzione di una serie di interviste a stakeholder della filiera per approfondimenti su barriere e vantaggi percepiti relativamente all'OSC e compilazione del questionario. Organizzazione e partecipazione a eventi di disseminazione e primi contatti con Cortexa per l'organizzazione del tavolo di lavoro con i sistemisti. Avvio delle attività preparatorie per la realizzazione del framework decisionale relativo ai materiali "innovativi" o "non convenzionali".

LA2.13

Acquisizione dei primi questionari energetici compilati dalle aziende vitivinicole siciliane.

LA2.14

Avvio elaborazione dei primi questionari energetici pervenuti, prima elaborazione dei consumi energetici totali e dei consumi energetici parziali associati ai processi produttivi, elaborazione di indicatori energetici relativi alla produzione vinicola annua. Elaborazioni prime ipotesi per le soluzioni per la riduzione dei consumi e l'efficientamento energetico dei processi produttivi.

LA2.16

Nel primo semestre della LA 2.16 ENEA ha prodotto il MOF CALF-20 in forma composita con nanoparticelle di magnetite fornite dal partner

	<p>UNIFI-DCUS. La sintesi del composito è stata realizzata in fase liquida mediante attivazione in microonde. Il materiale ottenuto è stato caratterizzato nelle sue proprietà strutturali, termiche, morfologiche e funzionali effettuando misure di adsorbimento di CO₂ e N₂ e valutandone la rigenerazione mediante induzione magnetica.</p> <p><u>LA3.2</u></p> <p>Attività di coordinamento settoriale con ENAC, Federazione Gomma Plastica, SMI, Assoimmobiliare per la redazione delle linee guida settoriali e definizione di fogli di rendicontazione condivisi. Analisi delle diagnosi energetiche per il settore del tessile e calzaturificio. Attività di coordinamento con i fornitori esterni per sviluppo ToolPMI e grafica linee guida. Attività di coordinamento e dei cobeneficiari accademici.</p> <p><u>LA4.2</u></p> <p>Il primo semestre della LA 4.2 ha riguardato test di SEG con i parametri ottimizzati ottenuti nella LA 4.1, è stato identificato l'effetto del pretrattamento HTC, il risultato principale è stato la minore concentrazione di TAR con biomassa non-HTC (5 g/Nm³ vs. 10 g/Nm³). Sono proseguite le attività sul reattore al plasma DBD implementando una nuova configurazione per l'introduzione della membrana perovskitica riscaldata elettricamente. La sintesi delle membrane ha riguardato un metodo ottimizzato per la deposizione dello strato denso, i campioni non presentano alterazioni morfologiche dopo l'elettroforesi.</p> <p><u>LA5.2</u></p> <p>Fermo dell'impianto MBBR causa guasto e conseguente intervento di ripristino. Avviamento e verifica funzionale sistema disinfezione UV. Valutazione dei risultati del software DEES con il supporto di società di gestione del SII. Valutazione energia rinnovabile producibile tramite digestione fanghi ex situ. Raccolta dati per valutazione costi delle filiere di riuso idrico effluenti depurati. Prove di pirolisi catalitica con differenti catalizzatori e loro effetto su rese e qualità dei prodotti.</p>
UNIVAQ_DIIIE1	<p><u>LA2.3</u></p> <p>Nel secondo semestre, l'Università degli studi dell'Aquila ha svolto principalmente attività volta a caratterizzare la variabilità nella richiesta e nella disponibilità delle potenze termiche nei processi industriali di specifici settori industriali. In base ai dati raccolti per il popolamento del database, sono state approfondite e studiate variabilità senza sfasamenti temporali tra i flussi termici disponibili/richiesti, caratterizzati in termini di giornate tipo (Weekday, Saturday, Sunday) per diversi settori industriali e differenti dimensioni produttive, e variabilità tipiche di processi batch.</p>
UNISA_DIIN1	<p><u>LA2.6</u></p> <p>Estensione/consolidamento dell'analisi bibliografica sulle tecniche innovative e tradizionali di pelatura di pomodoro e di estrazione di</p>

	<p>composti di interesse dai residui della produzione di pomodoro concentrato. Definizione di metodologie per valutare i benefici delle tecnologie innovative basate su indicatori energetici (energia specifica), finanziari (Pay Back Period, Net Present Value), ambientali (emissione di CO₂, consumo idrico) e non energetici (grado di pelatura, resa di estrazione).</p>
POLIMI_DIG1	<p><u>LA2.9</u></p> <p>Nel secondo semestre di attività, sono state condotte interviste ad attori operanti nel comparto OSC come fornitori di soluzioni e di materiali. È stata portata a termine una panoramica delle principali soluzioni offerte (caratterizzazione basata su tecnologia e/o tipologia di materiale), di business model e filiera, e di barriere e driver percepiti relativamente alla diffusione delle soluzioni nel mercato e allo sviluppo del comparto in senso lato. Sono state condotte interviste con aziende di costruzione potenzialmente interessate al comparto OSC, capendo la loro percezione su barriere e driver allo sviluppo del comparto.</p>
POLIMI_DABC	<p><u>LA2.10</u></p> <p>Nell'ambito della linea di attività è stata svolta una mappatura della filiera "Off-site" per le costruzioni e nello specifico sono state analizzate: le aziende operanti nel settore (legno-acciaio), i principali sistemi prodotti a livello nazionali/europeo, i documenti scientifici e le ricerche finanziate. Tali dati, sono stati organizzati in tabelle excel, utili per l'analisi di dettaglio delle due filiere (acciaio e legno). I dati raccolti sono confluiti in schede descrittive di sintesi.</p>
UNIVPM_DIISM	<p><u>LA2.11</u></p> <p>Il gruppo di ricerca, a partire dai risultati raggiunti nel primo semestre, ha completato la definizione del metodo alla base dello strumento per l'analisi dell'efficienza energetica di processo e degli impatti ambientali correlati all'utilizzo delle risorse. Sono state definite le funzionalità dello strumento, gli output principali e i relativi algoritmi per il loro calcolo. Inoltre, definiti possibili use-case dello strumento e relativi workflow.</p>
UNIBO_DA	<p><u>LA2.12</u></p> <p>Nell'ambito della LA 2.12, sono stati catalogati e analizzati i materiali dell'abaco giudicati idonei alla mappatura secondo i criteri stabiliti nel primo semestre e successivamente affinati. Ne è derivata una lista di 152 materiali, di cui 59 con buone prestazioni termoisolanti ($\lambda < 0,04$ W/mK) e 93 caratterizzati da conduttività termica compresa tra 0,04 e 0,07 W/mK. Per ogni prodotto sono state estratte le informazioni tecnico-prestazionali utili alla fase di mappatura. Sono state inoltre rivisti alcuni passaggi operativi in vista delle successive fasi di lavoro, sulla base dei primi esiti di progetto, nonché impostate le relative attività di disseminazione.</p>
UNIFI_DCUS	<p><u>LA2.17</u></p> <p>L'attività di ricerca del partner UNIFI-DCUS si è incentrata sulla sintesi e</p>

	<p>caratterizzazione di nanoparticelle di magnetite (NPM) ottimizzate per la tecnologia MISA. Le NPM sono state quindi fornite ad ENEA ed incorporate nel MOF CALF-20. In seguito alla realizzazione del composito CALF-20-NPM mediante microonde, UNIFI-DCUS si è occupato inoltre della sua caratterizzazione morfologica, strutturale, magnetica e calorimetrica.</p>
UNIROMA1_DC	<p><u>LA2.18</u></p> <p>UNIROMA1_DC ha continuato la sperimentazione per l'ottimizzazione della sintesi del CALF-20. Sono stati utilizzati nuovi precursori e sono state variate condizioni sperimentali quali tempo, temperatura e solvente per valutare come questi parametri influenzassero struttura e proprietà del MOF. I campioni sono stati caratterizzati per individuare i parametri di sintesi che meglio combinano efficienza del sistema nella separazione di miscele CO2/N2 e basso impatto ambientale/energetico del processo.</p>
POLIMI_DIG2	<p><u>LA3.3</u></p> <p>Nel 2° sem 2023, a seguito dell'identificazione dei consumi medi riferiti ai settori oggetto dell'analisi, il team Polimi ha approfondito, con l'ausilio di analisi di letteratura, le tecnologie e gli approcci per l'efficientamento energetico applicabili agli ambiti tessile e calzaturificio. L'analisi ha incluso diverse informazioni, fra cui la descrizione delle caratteristiche, i campi di applicabilità, le attività coinvolte e, dove presenti, le risultanze in termini di sostenibilità ambientale.</p>
UNIFI_DII	<p><u>LA3.4</u></p> <p>Nel 2° semestre 2023 UNIFI ha condotto un'analisi della letteratura inerente alle soluzioni "energy-saving" adottabili nel settore delle acciaierie e della plastica. In particolare, sono stati trattati uffici, banche e alberghi. L'analisi ha portato ad ottenere una prima lista di soluzioni, ampliata mediante gli interventi riportati sulle diagnosi energetiche. Inoltre, tramite le diagnosi, sono state individuate le soluzioni "energy-saving" più implementate e proposte nei precedenti settori.</p>
UNIBO_DIN	<p><u>LA3.5</u></p> <p>Identificazione delle principali soluzioni di efficientamento energetico applicabili nel contesto industriale manifatturiero. Sviluppo di un modello di calcolo per identificazione preliminare della taglia ottimale di sistema CHP da installare: identificazione degli input richiesti da utente, implementazione di curve tipiche di fabbisogno per utenza industriale, definizione delle logiche di funzionamento del sistema CHP, definizione degli output, valutazioni CAR.</p>
UNIROMA3_DE	<p><u>LA3.6</u></p> <p>Attività di mappatura dei dati di impresa AIDA e dati socioeconomici ISTAT e matching spaziale con matrici di distanza di diversa natura, geografica e amministrativa. Realizzazione dei codici in R per</p>

	<p>l'implementazione delle analisi dei dati sulle D.E. connesse con i dati di impresa. Pubblicazione dei risultati di ricerca preliminari "Costantini, et al. An econometric analysis of the energy savings performance of the Italian plastic manufacturing sector. Energies, 17(4):811".</p>
UNIROMA2_DII	<p><u>LA3.7</u></p> <p>Dall'analisi della letteratura e tenendo conto delle specifiche necessità delle PMI è stata studiata e definita la struttura dello strumento e sono stati identificati singoli requisiti derivanti dalle normative ISO 50000, formulando quesiti preliminari per il modello di valutazione, poi revisionati individuando i quesiti definitivi. Successivamente sono stati definiti dei criteri di percorrenza delle domande, realizzando un questionario preliminare, a cui è stata associata una scala valutativa.</p>
UNISA_DIIN2	<p><u>LA3.8</u></p> <p>Raccolta ed analisi dei dati. Si sono raccolte le informazioni necessarie per la caratterizzazione energetica dei principali processi produttivi ed ausiliari relativi ai più significativi codici ATECO collegati alla produzione della plastica. In particolare, si sono approfonditi i processi di produzione mediante stampaggio ad iniezione. Per tali processi si è proceduto alla caratterizzazione energetica delle fasi, individuando per ognuna di esse i vettori utilizzati e i consumi energetici medi.</p>
UNITUS_DEIM	<p><u>LA3.9</u></p> <p>L'attività scientifica, in collaborazione con l'università di Salerno, si è concentrata sull'identificazione dei processi energeticamente più rilevanti nel settore della Plastica. Si è individuato il processo di molding come responsabile della parte più rilevante dei consumi. Successivamente l'attività di UNITUS si è concentrata sullo studio delle varie alternative tecnologiche che possono essere adottate per tale processo ed è in corso l'individuazione dei principali driver energetici.</p>
UNIBAS_SI	<p><u>LA3.10</u></p> <p>Nel 2° sem 2023 UNIBAS ha proseguito, coordinandosi con ENEA sugli esiti della ricerca bibliografica delle metodologie di calcolo per l'individuazione delle opportunità di risparmio energetico, con un confronto tra le diverse metodologie. A seguito di contatti con associazioni di categoria, è emersa la disponibilità a coinvolgere aziende all'analisi e alla valutazione dei risparmi conseguiti e dei possibili benefici multipli che gli interventi possono produrre in termini energetici e ambientali.</p>
UNIVAQ_DIIIE2	<p><u>LA4.3</u></p> <p>L'attività svolta ha riguardato lo sviluppo del modello CFD del reattore pre-dimensionato. Sono stati eseguiti test di devolatilizzazione batch su un reattore a letto fluidizzato a scala di laboratorio al fine di determinare i tempi di devolatilizzazione a 600, 725 e 850 °C e la distribuzione dei</p>

	<p>prodotti in termini di gas, char e tar. I tempi di devolatilizzazione ottenuti sono stati utilizzati per ricavare la cinetica del processo. La cinetica di devolatilizzazione e la distribuzione dei prodotti sono state implementate nel modello CFD, così come le cinetiche delle reazioni di gassificazione. Inoltre, è stato effettuato il tuning di tali cinetiche utilizzando dati di letteratura per la validazione.</p>
POLITO_DENERG	<p><u>LA4.4</u></p> <p>Tecnologie di CCUS sono considerate molto promettenti per la riduzione di emissioni di CO₂ in industrie hard-to-abate, quali acciaio e cemento. Particolarmente interessante risulta l'utilizzo di CCS con combustibili quali biomassa o RDF. Analisi dettagliate sono state effettuate per l'industria del cemento dove è stato stimato il raggiungimento di zero emissioni di CO₂ con indici di SPECCA intorno a 5 MJ/tCO₂ e costi per CO₂ evitata intorno a 110 €/tCO₂ tramite CCS e utilizzo di RDF. Il modello preliminare di acciaierie e DRI (direct reduction of iron), è stato implementato in Aspen.</p>
UNIROMA1_DICM A1	<p><u>LA4.5</u></p> <p>Il fango rosso (RM) è il principale materiale di scarto dell'industria dell'alluminio. L'elevata concentrazione di Fe₂O₃ lo rende un promettente mezzo a basso costo per la cattura dell'H₂S. La caratterizzazione del RM ha rilevato come componenti principali Fe₂O₃ (20%), Al₂O₃ (25%), SiO₂ (30%), Na₂O (10%), CaO (5%) e TiO₂ (5%) e un'area superficiale BET di 20 m²/g. I primi test sono stati eseguiti in un reattore a letto fisso (ID=1 cm L=30 cm, 1 g di RM) riscaldato a diverse temperature (300°C-800°C) alimentando 100 mL/min di N₂ con 200 ppm di H₂S, per non considerare l'effetto della riduzione del Fe₂O₃ indotta dal syngas sulla capacità del RM di adsorbire H₂S. La massima rimozione di H₂S, pari al 99,95%, è stata ottenuta a 300°C.</p>
UNIBO_DICAM	<p><u>LA5.3</u></p> <p>Diversamente da quanto previsto le attività formalmente non hanno ancora avuto inizio, ciò non avrà comunque ripercussioni sul corretto completamento delle stesse entro il termine previsto. Nonostante questo, una significativa ricerca bibliografica è stata affrontata e, su tematiche affini al progetto di ricerca, è stata realizzata anche una pubblicazione scientifica che rappresenta la base di partenza delle attività che verranno sviluppate.</p>
UNITN_DICAM	<p><u>LA5.4</u></p> <p>È stata conclusa l'identificazione della "shortlist" dei sistemi di trattamento avanzati in linea acque e linea fanghi per l'adeguamento energetico di impianti esistenti. Dalla short list nella proposta iniziale è fuoriuscito il processo CEPT (Chemically Enhanced Primary Treatment) sostituito dal processo HRAS (High Rate Activated Sludge System). Sono in fase di predisposizione le schede tecniche con i dati operativi, prestazionali ed energetici da case study a scala reale o dimostrativa.</p>

<p>UNINA_DICEA</p>	<p><u>LA5.5</u></p> <p>Il processo biologico assimilativo per la rimozione e il recupero dell'azoto, operato in condizioni mixotrofe (acetato + H₂), è stato implementato in un reattore a membrane in scala da banco. Il modulo di membrane a fibre cave, utilizzato per fornire H₂ al sistema, ha permesso efficienze di utilizzo dell'H₂ superiori al 90%. Il reattore è stato alimentato con un refluo sintetico (C/N = 5), variando l'HRT e il rapporto H₂/O₂. Il recupero dell'azoto mediante assimilazione è stato pari al 60-70%.</p>
<p>UNIROMA1_DICM A2</p>	<p><u>LA5.6</u></p> <p>Valutazione della liquefazione idrotermale (HTL) per la produzione di un precursore di biofuel liquido a partire da fanghi di supero dal trattamento dei reflui civili. Per la successiva ottimizzazione del processo HTL si è proceduto a una approfondita caratterizzazione dei fanghi: Ceneri 27.8 %; C 33.2 %; H 5.4%; N 5.4%; O 28.2 %; P 0.1 %; HHV 13.9 MJ/kg (dati su base secca). Dalle prime prove HTL esplorative è risultata una resa in bio-olio del 17-20 % d.b. con un recupero energetico del 40-47 %.</p>