

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 1.4 Materiali di frontiera per usi energetici

Durata: 36 mesi

Semestre n. 2 – Periodo attività: 01/07/2022 – 31/12/2022

ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:

Il progetto 1.4 è strutturato in cinque WP: nel WP1, "Sviluppo di materiali e dispositivi termoelettrici per energy harvesting", e WP2, "Sviluppo di materiali e dispositivi per il recupero piroelettrico di energia da sorgenti di calore variabili", sono sviluppati materiali per l'energy harvesting, quali termo- e piro-elettrici e relativi microgeneratori e dispositivi dimostratori di interesse per il sistema elettrico. Nel WP3, "Stampa 3D di metalli e polimeri per dimostratori per scambio termico e produzione di energia" e WP4, "Additive manufacturing di materiali ceramici avanzati per incrementare l'efficienza di sistemi di produzione di energia" sono sviluppati materiali e dimostratori prototipali per applicazioni nel settore della produzione energetica, utilizzando tecniche di additive manufacturing. Nel WP5, "Catalizzatori sostenibili, riguardo a materie prime e consumo di energia", verranno studiati e sviluppati nuovi catalizzatori.

L'attività del WP1 ha il primario obiettivo di sviluppare materiali alternativi alle leghe di tellurio (attualmente in commercio) e realizzare dimostratori termoelettrici per il recupero e valorizzazione di forme energetiche a bassa temperatura ponendo attenzione anche all'accoppiamento del dispositivo con la sorgente termica.

Nel secondo semestre 2022 sono stati:

- sviluppati i processi di deposizione PVD applicati al materiale inorganico di tipo n a base di ossido di zinco ed i provini realizzati sono stati sottoposti a caratterizzazione morfologica e analisi funzionale;
- sviluppati e validato il processo di stampa serigrafica applicata alle formulazioni di composti a base di PEDOT:PSS drogato con nanoparticelle sviluppati nel semestre I e prime misure funzionali;
- analisi in termini di power factor di un composto a base di polianilina addizionata con grafite;
- messa a punto di un processo di fabbricazione "home made" per la realizzazione di telai serigrafici per la stampa

Nel WP2 si prevede di realizzare dispositivi piroelettrici che saranno integrati con componenti cilindrici a spessore sottile in materiale ceramico a base di Ossido di Zinco (ZnO). I componenti saranno realizzati sia mediante processo ceramico convenzionale che tecnologie di Additive Manufacturing (AM). Saranno, inoltre, sviluppati e realizzati dispositivi piroelettrici a film sottile stampati a base di PVDF. Verrà progettato e realizzato un dimostratore PENG, utilizzando i materiali piroelettrici prodotti, che consenta di estendere l'autonomia di un sistema sensore low power wireless autoalimentato.

All'interno della LA 2.1, svolta presso il laboratorio di Faenza in questo secondo semestre, è stata ottimizzata la fase di sinterizzazione del processo ceramico convenzionale, per la realizzazione di provini da utilizzare come componenti ceramici nei dispositivi piroelettrici. Provini in verde a base di ZnO sono stati sinterizzati mediante prove condotte mediante due diversi cicli termici. I provini ottenuti sono stati caratterizzati per definire le condizioni operative ottimali di sinterizzazione di componenti con spessore sottile e densità elevata.

Nel laboratorio di Casaccia sono state effettuate prove preliminari per ottimizzare il dispositivo piroelettrico.

All'interno della LA 2.3, sono stati messi a punto gli inchiostri a base dei materiali piroelettrici individuati (PVDF-TrFE e LiNbO₃), adatti ad essere processati mediante stampa rotocalco, e sono stati sperimentati post-trattamenti termici di annealing per incrementare il contenuto di fase cristallina elettroattiva nei film stampati. Nella LA 2.5 sono stati ottimizzati i campioni LDH su foil di alluminio e in forma di pastiglie di polveri pressate e realizzati tanto il set up sperimentale quanto la metodologia di contattazione dei primi nanogeneratori dimostratori. Le misure preliminari confermano la presenza di un segnale piroelettrico.

Il WP3 prevede lo studio di materiali metallici, compositi e ceramici, per processi di manifattura additiva.

All'interno della LA 3.1, è prevista: la realizzazione di scambiatori di calore alleggeriti mediante processi laser a letto di polvere, la definizione di una lega ferritica per applicazione nel campo dello scambio termico in ambiente corrosivo alcalino, la preparazione di materiali compositi ad alta conducibilità termica per applicazioni nei processi di scambio termico, la progettazione di uno scambiatore di calore da realizzare mediante tecnologie EBM.

All'interno della LA 3.3, è previsto il miglioramento della produzione e della selezione delle polveri prodotte mediante prototipo plasma termico DC, progettato presso il Centro Ricerche ENEA Portici, rispetto a quelle ottenute durante il precedente PTR 2019-2021. L'attenzione della LA è rivolta ad effettuare test sperimentali in diverse condizioni di processo, per aumentare le quantità di polvere prodotta, e ad effettuare test di purificazione e selezione delle polveri di acciaio ed allumina.

La LA 3.5 è invece focalizzata sulla realizzazione, mediante additive manufacturing, di turbine per impianti ORC. L'attività ha visto la scelta di un opportuno software di progettazione di turbomacchine e la scelta dei parametri termodinamici in ingresso al software. Sono state inoltre effettuate delle prove di stampa mediante processo di stampa a letto di polvere a fascio elettronico (EBM) utilizzando la lega di titanio Ti6Al4V.

Il WP4 prevede lo studio e sviluppo di una feedstock ceramica destinata alla realizzazione, mediante additive manufacturing (AM), di un componente ceramico operante in ambito energetico, in particolare, in una microturbina a gas (MTG).

All'interno della LA 4.1, ENEA nel secondo semestre di progetto ha messo a punto il ciclo di fabbricazione convenzionale del materiale ceramico di riferimento (Si₃N₄) e realizzato i provini necessari per la sua caratterizzazione. Sono inoltre stati studiati i principali parametri richiesti per la stampa DLP ed è stato effettuato un upgrade della attrezzatura per la preparazione degli slurry ceramici fotosensibili.

Il WP5 prevede lo studio di catalizzatori sostenibili, riguardo a materie prime e consumo di energia. Le attività previste nel WP5 saranno quindi dedicate: (i) all'ottenimento di elettrocatalizzatori Pt-free, da impiegare in dispositivi per l'accumulo e la conversione dell'energia.; (ii) alla sintesi di nanoparticelle magnetiche supportate da utilizzare come catalizzatori in processi termochimici alimentati mediante induzione elettromagnetica per la produzione distribuita di idrogeno.

All'interno della LA 5.1, mira ad ottenere mat di nanofibre polimeriche, mettendo a punto i parametri del processo di Electrospinning. Saranno utilizzati vari polimeri, in forma pura o in miscele/bend, con e senza nanocariche, anche a base di metalli transizione, al fine di individuare una o più formulazioni più promettenti come precursori di elettrocatalizzatori. Rispetto allo stato dell'arte, questi materiali sarebbero di facile produzione e potrebbero facilitare la diffusione di sistemi per la conversione o immagazzinamento di energia.

All'interno della LA 5.3, vengono studiati materiali magnetici catalitici per applicazione nelle reazioni di reforming e bi-reforming. Sono stati sintetizzati lotti di catalizzatori con composizione Ni₅₀Co₅₀ e caricamento in peso 25% e 30% e testata l'attività catalitica.

ATTIVITA' SVOLTE

AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO	SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE
<p style="text-align: center;">ENEA</p>	<p><u>LA 1.1</u> Durante il periodo di riferimento sono state condotte attività sperimentali per lo sviluppo di un materiale a film sottile di tipo n a base di ossido di zinco con elevate proprietà di trasparenza. In particolare, è stato analizzato l'effetto sulle proprietà termoelettriche in funzione del parametro di processo temperatura di deposizione, tipologia di drogante (gallio o alluminio) e possibilità di ingegnerizzazione del film sottile tramite deposizione ad angolo incidente (GLAD). Pertanto, in configurazione standard sono stati realizzati provini di film sottile di ossido zinco drogato gallio (GaZO) e drogato alluminio (AZO), variando la temperatura di deposizione fino a 200°C, e sfruttando la configurazione GLAD sono stati depositati film sottili di AZO in modalità fissa e rotante. Infine, in riferimento ai materiali ibridi a base di matrice polimerica PANI sono state analizzate le prestazioni funzionali in termini di power factor.</p> <p><u>LA 1.3</u> In base ai risultati ottenuti nel semestre precedente, il film composito a base di PEDOT:PSS con il 20% in peso di SWCNT ha mostrato migliori proprietà termoelettriche. Tale film è stato stampato mediante serigrafia e inserito in dispositivi termoelettrici a struttura planare a "pi-greco". Il dispositivo è del tipo: PEDOT:PSS70% SWCNT – Ag. Inoltre, è stato messo a punto un processo di fabbricazione "home made" per la realizzazione di due telai serigrafici per la stampa dei materiali secondo la geometria di dispositivo scelta. La caratterizzazione dei dispositivi è stata effettuata mediante un sistema di misura costituito da una camera da vuoto realizzata ad hoc che permette di impostare e controllare separatamente la temperatura del giunto caldo e quella del giunto freddo e, contemporaneamente, effettuare la misura delle correnti e delle tensioni sviluppate sia in condizioni di circuito aperto che sotto carico. Il comportamento elettrico dei dispositivi stampati ha mostrato una caratteristica di tipo ohmico con andamento lineare della tensione rispetto alla corrente. Il valore di potenza massima su carico adattato è stato di</p>

	circa 13 nW per una differenza di temperatura di 30°C
UniMi	<p><u>LA 1.5</u> Nel 2° semestre 2022 si è impiegato il modello sviluppato per ottenere una indicazione delle caratteristiche del materiale termoelettrico idoneo a massimizzazione la potenza generata. Si è dimostrato che i parametri del materiale che controllano densità di potenza generata sono, come in regime stazionario, la conducibilità elettrica σ, la conducibilità termica κ e il coefficiente Seebeck α, attraverso la figura di merito termoelettrico $Z = \sigma\alpha^2/\kappa$. Mentre l'equazione di Domenicali time-dependent contempla anche il calore specifico c_p del materiale, la potenza generata non dipende da c_p. Anche se la potenza dipende unicamente da Z, il materiale termoelettrico deve garantire caratteristiche di espansione termica e di resilienza allo stress termomeccanico sufficienti a garantire affidabilità nel tempo in presenza di una modulazione continua della differenza di temperatura ai capi dell'elemento termoelettrico. In questo senso, tanto Bi₂Te₃ quanto Si (mono e policristallino) si candidano all'impiego in generatori termoelettrici operati dinamicamente.</p> <p>Contestualmente, nel semestre è stata condotta una prima ricognizione delle tecnologie da considerare per la realizzazione del sistema di modulazione dell'input termico, sia nel caso di moduli attivi (alimentati) sia di moduli passivi. Nella regione delle basse frequenze le tecnologie elettromeccaniche sono state individuate come le più idonee per la modulazione a bassa frequenza (fino a 100 Hz) mentre per la modulazione ad alta frequenza (fino a 1 MHz) sono state individuate tecnologie basate di elettronica integrata/ibrida.</p>
ENEA	<p><u>LA 2.1</u> Nel corso della sperimentazione svolta presso il laboratorio di Faenza, sono stati ottimizzati i parametri di sinterizzazione del processo ceramico convenzionale, per la realizzazione di provini di forma cilindrica con specifiche caratteristiche di elevata densità e spessore ridotto, da integrare come componenti nei dispositivi piroelettrici.</p> <p>Provini in verde a base di ZnO, ottenuti dal processo di formatura convenzionale condotto alle condizioni ottimali messe a punto nel precedente semestre, sono stati sottoposti al trattamento termico di sinterizzazione ad alta temperatura. Anche se non esplicitato nel capitolato del progetto, sono stati adottati due diversi trattamenti termici: la sinterizzazione tradizionale a singolo stadio (Single-Step Sintering - SSS) e a due stadi successivi (Two Step Sintering - TSS).</p> <p>Sui provini ottenuti è stata effettuata la caratterizzazione dei parametri fisici di densità e spessore, mentre alcuni provini rappresentativi sia del processo SSS che TSS sono stati sottoposti a caratterizzazione morfologica (SEM) e microstrutturale (XRD) per definire le condizioni operative ottimali di entrambi i processi di sinterizzazione.</p> <p>Le condizioni di processo ottimali dei cicli termici SSS e TSS sono state definite con l'obiettivo di ottenere provini rispondenti agli indicatori di verifica richiesti pari ad una densità relativa minima del 90% e uno spessore non superiore a 2 mm.</p> <p>Sono stati inoltre misurati il ritiro dimensionale che si verifica in</p>

	<p>sinterizzazione, l'uniformità dello spessore, la regolarità geometrica e la planarità dei provini necessarie per il loro diretto inserimento nei dispositivi e per la corretta misura delle proprietà elettriche.</p> <p>Nel laboratorio di Casaccia è stato ottimizzato il dispositivo piroelettrico per l'accumulo di energia e per alimentare dispositivi a bassa potenza.</p> <p>All'interno della LA 2.1 è stata svolta attività di disseminazione dei risultati preliminari ottenuti attraverso la presentazione di un poster scientifico a <i>Nanoinnovation</i> - Roma 19-23 settembre 2022.</p> <p><u>LA 2.3</u></p> <p>Nel corso del semestre di progetto, sono stati messi a punto gli inchiostri a base dei materiali piroelettrici individuati (PVDF-TrFE 80/20 mol% e LiNbO₃), adatti ad essere processati mediante stampa rotocalco. In particolare, sono state individuate le migliori composizioni e preparative per realizzare inchiostri omogenei e stabili, aventi caratteristiche (viscosità, tensione superficiale, concentrazione) idonee all'impiego in rotocalco. Utilizzando gli inchiostri più promettenti, sono stati realizzati diversi film preliminari su substrato di alluminio mediante bar coating, con lo scopo di studiare sia le caratteristiche di film-forming degli inchiostri preparati che quelle strutturali necessarie ad assicurare adeguate funzionalità piroelettriche ai film. In particolare, sono stati sperimentati post-trattamenti termici di annealing, al fine di ottenere un elevato contenuto di fase cristallina elettroattiva nei film a base di PVDF-TrFE. La sperimentazione ha mostrato che si ottiene la cristallizzazione del PVDF nella sua fase β a più alta elettroattività e che questa aumenta con la temperatura di annealing, mostrando un massimo a 120°C, già dopo 30 min di post-trattamento.</p>
Uniroma2	<p><u>LA 2.5</u></p> <p>Nel secondo semestre di progetto hanno avuto inizio le misure delle proprietà piroelettriche, prendendo in considerazione due tipologie di campioni: da un lato le pastiglie realizzate mediante polveri di LDH pressate, realizzate per coprecipitazione (una tecnica che prevede la formazione degli agglomerati nanostrutturati a partire da precursori, come i sali di entrambi i cationi (Magnesio e Alluminio oppure Zinco e Alluminio), quanto un coating di nanopetali di LDH realizzato su una lastrina sottile di Alluminio, che ha quindi la triplice funzione di supporto meccanico, di elettrodo inferiore per le misure elettriche e soprattutto da seed di Alluminio utilizzato nelle reazioni di formazione del cristallo, che entra cioè nella stechiometria della lamella. In entrambi i casi, la scelta delle stechiometrie nella vasta famiglia degli LDH è ricaduta su (Mg,Al) LDH e (Zn,Al) LDH.</p> <p>In questa fase di progetto è stato inoltre messo a punto il set-up sperimentale. Se l'elettrodo inferiore è il foglio di alluminio, l'elettrodo superiore è stato realizzato mediante evaporazione termica di un film d'oro. I campioni sono fissati su una cella di Peltier, pilotata da un alimentatore programmabile, in modo da poter "triggerare" in maniera controllata le variazioni di temperatura degli LDH. Sulla stessa base del campione è posto un termometro Pt100, per il monitoraggio della temperatura. Un nanovoltmetro ed un elettrometro registrano infine, rispettivamente, la tensione di circuito aperto e la quantità di carica che</p>

	<p>circola a circuito chiuso. Per lo studio di un materiale strutturato come gli LDH, che può facilmente incorporare vapor d'acqua nello spazio interlamellare, è risultato inoltre cruciale racchiudere il tutto in un piccolo case, nel quale sia possibile mantenere un basso vuoto, con gli opportuni passanti elettrici per il forze (variazione di temperatura) ed il sense (temperatura, carica di polarizzazione o corrente piroelettrica) . Le misure preliminari di coefficiente piroelettrico hanno dato risultati migliori con i coatings di nanopetali su fogli di alluminio, piuttosto che con le pasticche di polveri pressate. Il motivo va probabilmente ricercato nel fatto che nel primo caso i nanopetali hanno una direzione preferenziale di crescita, con conseguente formazione di un vettore di polarizzazione più intenso, cosa che è più difficile da ottenere nel caso di polveri pastigliate, i cui cristalliti sono orientati in maniera del tutto casuale.</p>
<p>ENEA</p>	<p><u>LA 3.1</u> Durante il secondo semestre, sono stati realizzati i disegni definitivi per la stampa in acciaio inossidabile AISI 316 degli scambiatori di calore alleggeriti. Gli scambiatori sono di tipo compatto, analoghi di quelli a piastre, realizzabili in un unico pezzo. Lo studio ha previsto la rimozione del materiale dove non è presente il passaggio dei fluidi, considerato però la realizzabilità, mediante tecnologie additive, dei componenti. Gli scambiatori possono essere stampati mediante processo a letto di polvere a fascio laser, con un ridotto numero di supporti. L'alleggerimento ottenibile è superiore al valore atteso, pari al 20%. Sono stati valutati diversi metodi di preparazione dei materiali compositi, ad alta conducibilità (almeno 1W/mK), a partire da resine acriliche, per processi di stampa di tipo SLA e DLP. In particolare, a seguito di alcune prove preliminari si è deciso di effettuare delle prove mediante l'utilizzo di stampi circolari e la stesura di piccole quantità di resina su supporti planari, prima del processo di polimerizzazione in forno con lampade UV a 405 nm. Partendo dai risultati del PTR precedente sono state effettuate alcune simulazioni, mediante software di modellazione termodinamica, di composizione di lega ferritica per applicazioni nei processi di scambio termico.</p> <p><u>LA 3.3</u> Nel secondo semestre sono continuate le attività relative al miglioramento delle polveri di acciaio prodotte. Dopo applicazione del metodo di purificazione sviluppato, mediante setacciatura a secco è stata ottenuta la classificazione delle polveri prodotte. La verifica dei risultati è stata effettuata mediante caratterizzazione morfologica (SEM), strutturale (XRD), granulometrica delle polveri (PSD). E' stata effettuata anche la valutazione della circularity e del grado di sferoidizzazione mediante analisi d'immagini SEM con l'utilizzo di ImageJ, un "editor" di elaborazione digitale delle immagini, in grado di fornire una serie di parametri legati alla geometria dei campioni. E' stata Valutata la flowability (Hall Flowmeter) delle polveri prodotte e si sono ottenuti valori inferiori a 30 s/50g, I risultati confermano che, nell'intervallo di portate polveri esplorate (8-46 g/min), è possibile aumentare la produttività del processo senza incidere sulla qualità del prodotto. Le polveri ottenute hanno caratteristiche, in termini di sferoidizzazione e flowability, confrontabili con polveri</p>

	<p>commerciali ottenute da processi di gas atomizzazione.</p> <p>E' inoltre iniziato lo studio dedicato al miglioramento delle condizioni operative del processo plasma termico DC per il trattamento di polveri di allumina. E' stata valutata la possibilità di sostituire il gas secondario di processo l'elio con l'azoto. Quest'ultimo ha il vantaggio di essere più economico dell'elio e consente di lavorare a potenze più alte anche in presenza di piccole quantità. Infatti, può aumentare l'energia del plasma grazie al contributo energetico liberato in seguito alla dissociazione della molecola biatomica. A parità di corrente (A), 1 slm di azoto consente di ottenere la stessa potenza di 15 slm di elio.</p> <p>I test sono stati effettuati i primi test su allumina M45 fornita dalla ditta 2B Minerals.</p> <p>La polvere iniziale, costituita da particelle di forma irregolare con una distribuzione dimensionale abbastanza ampia centrata a 45 micron, trattata al plasma con azoto produce particelle di tipo sferico. Partendo però dai 20 kW il grado di sferoidizzazione risulta basso e man mano che cresce la potenza, la sferoidizzazione migliora.</p> <p><u>LA 3.5</u></p> <p>Gli obiettivi delle LA3.5 e 3.6 prevedono la realizzazione, mediante tecnologie additive, di un turbina per impianti per la produzione di energia a ciclo Rankine a fluido organico, ORC.</p> <p>Durante il secondo semestre sono stati realizzati in lega di titanio Ti6Al4V, mediante EBM, i profili di paletta con diverse inclinazioni, comprese tra 20° e 80° rispetto alla verticale. Le prove effettuate hanno permesso di verificare la possibilità di realizzare, mediante opportuni accorgimenti, dei componenti con elementi aggettanti anche di notevole inclinazione. Il processo EBM consente inoltre di realizzare componenti, all'interno del volume di polvere, non direttamente collegati al piano di stampa, limitando il numero e le dimensione dei supporti e di conseguenza la quantità di materiale utilizzato. Si riducono di conseguenza anche le lavorazioni meccaniche sul componente finale.</p> <p>E' stato inoltre realizzata una prima versione di un software che consente di valutare i parametri termodinamici (temperatura, pressione, entalpia, entropia, titolo di vapore) di un ciclo di un potenziale fluido di processo in un impianto ORC. Il software utilizza il database opensource CoolProp. I dati in uscita al software verranno utilizzati come dati in ingresso al software di progettazione di turbomacchine individuato e acquisito alla fine del secondo semestre.</p>
UNISA	<p><u>LA 3.8.</u></p> <p>Nel corso del secondo semestre 2022, è stato selezionato, sintetizzato, caratterizzato e testato in sistemi elettrochimici convenzionali il componente nano-strutturato per elettrodi Ag/rGO@PEI@GQDs. Tale componente è stato testato per la produzione elettrochimica di biodiesel a partire da olio di palma esausto e metanolo. L'obiettivo è stato quello di ottenere performance elettrocatalitiche elevate ricorrendo a materiali innovativi e al contempo più economici di quelli tradizionalmente impiegati e in minori percentuali, ad esempio sotto forma di sottili film nanometrici. Inoltre, nell'ottica di impiegare tali materiali in prototipi elettrochimici stampati tramite Additive Manufacturing (AM), il catalizzatore è anche costituito da grafene. Il grafene rappresenta infatti</p>

	<p>una scelta promettente, poiché non solo è economico e attivo come catalizzatore per il processo selezionato, ma è anche ampiamente utilizzato e studiato nell'ambito dell'AM come componente di rinforzo nella struttura di diversi filamenti polimerici. Il catalizzatore è costituito da nanoparticelle di Ag supportate su grafene ossido ridotto funzionalizzato con polietilenimmina (PEI), che a sua volta funge da supporto di ancoraggio per i GQDs (<i>graphene quantum dots</i>). La quantità di esteri metilici di acido linolenico del biodiesel prodotto tramite Ag/rGO@PEI@GQDs è conforme alla normativa EN14214, con una quantità di esteri di circa $98.1 \pm 0.8\%$ e un numero di iodio di 51.6 (g di iodio/100 g), entrambi valori conformi allo standard europeo.</p>
<p>ENE A</p>	<p><u>LA4.1</u></p> <p>Nel secondo semestre di progetto si sono proseguiti i test delle diverse miscele di polveri ceramiche e dei cicli termici di sinterizzazione di campioni formati con pressatura uniassiale, fino ad arrivare alla messa a punto del processo di fabbricazione convenzionale. Sono pertanto stati individuati sia la miscela di polveri ceramiche ottimale, costituita dalla polvere di Si₃N₄ e dagli additivi di sinterizzazione, che i parametri operativi del ciclo di fabbricazione convenzionale che hanno massimizzato la densità del materiale. Il materiale ottenuto con le condizioni ottimizzate di processo convenzionale è stato denominato SIN-MC, e costituirà il materiale di riferimento.</p> <p>Con tale materiale sono stati realizzati mediante lavorazione meccanica i provini necessari per la determinazione delle principali proprietà, che saranno utili per la messa a punto del materiale formato mediante stampa 3D, con tecnica DLP, oggetto di sviluppo del presente progetto.</p> <p>Parallelamente, sono stati studiati i principali parametri richiesti per la stampa DLP ed è stato effettuato un upgrade della attrezzatura per la preparazione degli slurry ceramici fotosensibili, mediante acquisizione di un mulino planetario a sfere Pulverisette 6 prodotto dalla ditta Fritsch, che permette una elevata efficienza di miscelazione e macinazione degli slurry ceramici, requisiti necessari per la preparativa di feedstock ceramiche stampabili.</p> <p>I risultati ottenuti in questo periodo di tempo non hanno evidenziato criticità e costituiscono l'output per il proseguo delle attività progettuali.</p>
<p>ENE A</p>	<p><u>LA5.1</u></p> <p>Con l'obiettivo di ottenere materiali aventi le funzioni di elettrocatalizzatori, a partire da risorse facilmente e largamente disponibili, sono state utilizzate le soluzioni polimeriche preparate in precedenza ed ottimizzati i parametri del processo di Electrospinning, sostanzialmente tensione, flusso e distanza spinneret-collettore. In questo modo sono stati ottenuti dei mat nanofibrosi, a base dei polimeri individuati in precedenza sia in forma pura che in forma di loro blend.</p>
<p>ENE A</p>	<p><u>LA5.3</u></p> <p>Nel secondo semestre della LA 5.3 sono stati sintetizzati lotti di catalizzatori con composizione Ni₅₀Co₅₀ e caricamento in peso 25% e 30%. I materiale prodotti sono stati pienamente caratterizzati nelle proprietà chimico-fisiche e funzionali. Le nanoparticelle di lega, di composizione attesa, sono ben distribuite (diametro 33±8nm per</p>

	<p>Ni₅₀Co₅₀_25% e 42±5nm per Ni₅₀Co₅₀_30%) sul supporto. Sono state eseguite misure di riscaldamento mediante induzione a vari campi magnetici applicati che mostrano un notevole aumento delle proprietà dissipative dei campioni con lega Ni₅₀Co₅₀ rispetto ai catalizzatori precedentemente sviluppati. L'attività catalitica è anch'essa migliorata con valori di conversione del metano che passano dal 78% (stato dell'arte) al 95% a parità di condizioni operative.</p>
--	---