



**Richiesta per borsa di studio da attivare ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021**

La sottoscritta Francesca Brunetti qualifica (ricercatore/associato/ordinario) Professoressa Associata afferente al Dipartimento di Ingegneria Elettronica Interno 0672597366 email francesca.brunetti@uniroma2.it

**CHIEDE**

L'attivazione di una borsa di studio di dottorato ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021. A tal fine comunica quanto segue:

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo: Ingegneria Elettronica

Area per la quale si presenta la richiesta (selezionare solo una delle due):

- Innovazione
- Green

Tipologia di cofinanziamento (pari ad euro 8000 una tantum):

Nome dell'Ente finanziatore pubblico o privato: Comunità Europea progetto WASP- Wearable Applications enabled by electronic Systems on Paper, (n. 825213)

Persona di Riferimento: Francesca Brunetti Telefono: 0672597366

Email: francesca.brunetti@uniroma2.it

- Fondi di ricerca dipartimentali

Progetto di Ricerca (massimo 10.000 battute complessive spazi inclusi) che comprenda

**Titolo: Realizzazione di sistemi di stoccaggio di energia flessibili e riciclabili.**

**Descrizione del Progetto**

I supercapacitori flessibili a stato solido hanno suscitato grande interesse a causa di una crescente richiesta di sistemi che forniscano energia nei moderni dispositivi elettronici portatili/indossabili, inclusi telefoni cellulari, laptop, fotocamere, smartwatch, monitoraggio della salute. L'aumento del consumo energetico di questa elettronica intelligente richiede dispositivi di accumulo energetico migliorati con caratteristiche peculiari: riciclabilità, biocompatibilità, flessibilità e basso impatto ambientale sia in termini di produzione che di smaltimento.

In questo contesto, i supercapacitori, garantiscono una potenza molto elevata (con tempi di risposta fino a 1 s) e una ciclabilità di 1.000.000 di cicli, rappresentando una possibile soluzione per la realizzazione di sistemi di accumulo flessibili, a basso impatto ambientale, riciclabili e biocompatibili.

Questo progetto di dottorato si propone di lavorare su supercapacitori realizzati su substrati flessibili, a basso impatto ambientale, e riciclabili quali ad esempio la carta e le bio-plastiche ottenute dal recupero di elementi di scarto. Con lo scopo di ridurre l'impatto ambientale e di ottenere sistemi biocompatibili e



riciclabili verranno utilizzati per i diversi elementi che compongono il dispositivo materiali “verdi”. In particolare saranno usati il PEDOT:PSS o paste serigrafabili a base di carbonio per gli elettrodi, biopolimeri quali l’alginato di sodio o il chitosano in combinazione con diverse tipologie di cellulosa per il separatore e l’elettrolita. Inoltre, per la realizzazione dei dispositivi verranno usate tecniche di stampa a basso impatto ambientale quali la serigrafia, lo spray, il blade coating.

### **Attività previste e tempistiche di svolgimento:**

Durante il percorso di dottorato verranno studiate diverse architetture di supercapacitori, quali ad esempio la planare, la verticale. Il vantaggio della prima configurazione consiste in una maggiore semplicità realizzativa che può garantire una facile integrazione con i substrati rugosi quali per esempio carta, la seconda, più complessa da un punto di vista realizzativo poiché maggiormente affetta dalla rugosità del materiale può consentire di ottenere valori di potenza del supercapacitore maggiore. I supercapacitori verranno stampati usando inchiostri bicompatibili.

I supercapacitori realizzati sui diversi substrati verranno caratterizzati morfologicamente e testati elettricamente attraverso misure di voltammetria ciclica, di spettroscopia d’impedenza e di carica e scarica per determinarne le prestazioni sia in termini di capacità raggiunta che di potenza disponibile. Attraverso queste misure sarà possibile anche valutare la resistenza di autoscarica del sistema essenziale per la progettazione di un eventuale circuito da pilotare attraverso il supercapacitore. Inoltre verranno testate le prestazioni del supercapacitore e delle relative connessioni al variare del raggio di curvatura della superficie e verranno fatti test di stabilità nel tempo delle prestazioni del supercapacitore incapsulato e non incapsulato.

Le tempistiche di svolgimento prevedranno una prima fase della durata di un anno in cui il dottorando dovrà effettuare dapprima una revisione della letteratura per stabilire quale sia lo stato dell’arte per i dispositivi da realizzare durante il progetto di dottorato. Inoltre dovrà familiarizzare con le tecniche di fabbricazione e di caratterizzazione presenti in laboratorio. Durante il secondo anno, il dottorando inizierà ad esplorare architetture e materiali innovativi per realizzare supercapacitori biocompatibili e sostenibili. Nel terzo anno concluderà la ricerca andando a caratterizzare i dispositivi più performanti. Durante il periodo del dottorato si prevede un periodo di 6 mesi presso l’azienda Cicci Research s.r.l che avrà lo scopo di implementare nuovi modelli di analisi dati nel sistema di misura presso i laboratori di Tor Vergata.

### **Obiettivi formativi:**

L’obiettivo principale di questo progetto di dottorato è quello di formare un professionista esperto di tecnologie, processi tecnologici e sistemi di caratterizzazioni che possa operare nel campo delle energie rinnovabili, in particolare su sistemi di stoccaggio flessibili. Il progetto di dottorato proposto è altamente innovativo poiché si realizzeranno supercapacitori stampabili su substrati flessibili utilizzando materiali e processi di fabbricazione sostenibili che vanno oltre l’attuale stato dell’arte.

Inoltre, grazie al percorso di formazione obbligatoria presente nel corso di dottorato di Ingegneria Elettronica, che prevede 12 CFU ripartiti su 4 insegnamenti focalizzati su la Scrittura e la Gestione di progetti di ricerca, la Scrittura scientifica e la Proprietà intellettuale, il/la dottorando/a acquisirà anche competenze correlate a tali corsi. In ultimo, grazie alla collaborazione con l’azienda Cicci Research srl, potrà interagire con una società che opera nel settore dell’innovazione tecnologica e questo consentirà di ampliare i propri orizzonti di conoscenza e di ottenere una formazione anche in un contesto aziendale.



### **Attinenza del progetto all'area indicata:**

Nel 2019, il Consiglio europeo ha adottato una nuova agenda strategica 2019-2024 che ha tra i suoi obiettivi principali quello di costruire un'Europa verde, equa, sociale e a impatto climatico zero (Green deal). Successivamente, il Consiglio europeo ha approvato l'obiettivo della neutralità climatica entro il 2050, adottando una serie di proposte per trasformare le politiche dell'UE in materia di clima, energia, trasporti e fiscalità in modo da ridurre le emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990 e traguardando l'obiettivo di fare dell'Europa il primo continente a impatto climatico zero entro il 2050.

In particolare, uno dei pilastri principali dell'European Green Deal è rappresentato dal Nuovo piano d'azione per l'economia circolare (Circular Economy Action Plan), in cui tra le numerose azioni presentate nell'agenda, particolare attenzione è dedicata ai settori quali ad esempio elettronica, ICT, batterie, imballaggi (packaging) e plastica che al momento utilizzano molte risorse e che potenzialmente possono giocare un ruolo fondamentale in un contesto di economia circolare.

Tali obiettivi europei, recepiti a livello nazionale e regionale, possono essere raggiunti attraverso lo sviluppo di un nuovo orizzonte di progresso sostenibile in cui l'innovazione tecnologica ed una profonda modificazione culturale giocano un ruolo fondamentale. In questo contesto, il progetto proposto, che si propone di realizzare dispositivi di stoccaggio di energia flessibile con materiali e tecniche di fabbricazione sostenibile e a basso impatto ambientale e riciclabili risponde appieno all'area di ricerca considerata.

### **Risultati attesi:**

Realizzazione di diverse tipologie di supercapacitori flessibili con target di densità di potenza superiore a 20 mW/cm<sup>3</sup> e densità di energia superiore a 500 Wh/Kg sufficienti per alimentare sistemi portatili tipo intelligente applicabili al campo per esempio del benessere, della salute, dell' IoT (Internet delle cose), dell'automotive intelligente, di un'agricoltura di precisione, della sicurezza alimentare, di una gestione intelligente delle risorse energetiche così come della conservazione di beni culturali.

Il risultato atteso per il primo anno di dottorato sarà quello di riprodurre un supercapacitore flessibile già presente in letteratura (Polino et al. doi.org/10.1002/ente.201901233).

Durante il secondo e il terzo anno il dottorando dovrà fabbricare dispositivi innovativi. I risultati ottenuti verranno pubblicati su riviste ad alto impatto scientifico o presentati, se necessario, in domande di brevetti. Il numero minimo di pubblicazioni sarà pari 2.

### **Azienda coinvolta nel progetto e attività svolta**

Il progetto si svolgerà per un periodo di 6 mesi complessivi presso l'azienda Cicci Research s.r.l.

Cicci Research è una società innovativa nata nel 2016 il cui core-business è una piattaforma integrata di test "Arkeo" che combina analisi elettro-ottiche per dispositivi optoelettronici e sistemi di stoccaggio di energia quali batterie e supercapacitori. I risultati di tale macchinario sono presenti in oltre 60 pubblicazioni scientifiche. Inoltre, in collaborazione con il Polo Solare CHOSE dell'Università di Roma "Tor Vergata", Cicci Research organizza la scuola estiva ISOPHOS (International School on Hybrid and Organic Photovoltaics). Capofila di un progetto regionale (ARIADNE 2019) da 220 k€ su sistemi di caratterizzazione ambito Celle solari DSC, ha partecipato anche a diversi progetti nazionali ed internazionali.



Cicci Research supporterà il ricercatore nell'attività di ricerca mettendo a disposizione il suo laboratorio di test di Grosseto in cui è presente la piattaforma Arkeo identica a quella presente presso i laboratori universitari. L'obiettivo sarà in questo caso di andare a studiare e implementare routine aggiuntive di caratterizzazione e modellizzazione rispetto a quelle presenti già nello strumento a Tor Vergata per effettuare misure di stabilità nel tempo dei dispositivi realizzati in laboratorio a Roma. In aggiunta a questo si valuterà la possibilità di introdurre modelli addizionali nello strumento per l'analisi dei dati. Cicci research, fornirà anche l'assistenza nell'elaborazione e stesura di pubblicazioni scientifiche. I risultati saranno divulgati attraverso l'evento ISOPHOS.

**Firma**