

**PER LA CANDIDATURA SI RICHIEDE DI INVIARE UNA MAIL AI PROFF. A. CASALEGNO, M. ZAGO, A. BARICCI E C. RABISSI, INCLUDENDO CURRICULUM VITAE, TRACK OF RECORD E COMPILANDO IL MODULO ALLEGATO.**

**TO APPLY, SEND AN EMAIL TO PROFS. A. CASALEGNO, M. ZAGO, A. BARICCI AND C. RABISSI ATTACHING CURRICULUM VITAE, TRACK RECORD OF EXAMS AND FILLING THE ATTACHED FORM.**

---

### **Informazioni generali / General information**

**Data di inizio presunta (Estimated start date):** Febbraio-Marzo 2026 (*February-March 2026*)

**Durata (Duration):** 6-9 mesi (*6-9 months*)

**Competenze (Skills):** Familiarità con gli argomenti del corso di Electrochemical Energy Conversion and Storage (*Familiarity with the topics of the course Electrochemical Energy Conversion and Storage*)

**Maggiori informazioni (More information):** Si raccomanda di avere meno di 3 esami da sostenere dopo Marzo 2026. (*It is advisable to plan for a maximum of three remaining exams after March 2026.*)

## Hydrogen PEM fuel cells

**Tesi numero (Thesis number):** *PEMFC1*

**Titolo (Title):**

Studio sperimentale e modellistico di uno stack PEMFC integrato in un sistema stazionario

*Experimental and modeling study of a PEMFC stack integrated into a stationary hydrogen system*

**Descrizione (Description):**

L'attività prevede lo sviluppo di modelli dinamici e di una metodologia sperimentale per la caratterizzazione di uno stack PEMFC inserito in un sistema integrato a idrogeno con elevata flessibilità operativa. Sono previsti test su banco con profili di carico realistici, cicli on/off, curve di polarizzazione in diverse condizioni, accoppiamento con umidificatori reali e verifiche di compatibilità con sistemi di accumulo e inverter, con diagnostica tramite spettroscopia di impedenza elettrochimica. I dati raccolti serviranno per aggiornare e validare modelli di sistema in MATLAB/Simulink e per definire scenari simulati e linee guida per l'ottimizzazione del design e delle strategie di controllo. Attività svolta con partner di ricerca e industriali nell'ambito di un progetto finanziato.

*The Master's thesis involves the development of dynamic models and an experimental methodology for the characterization of a PEMFC stack integrated into a hydrogen-based system with high operational flexibility. Test bench activities will include realistic load profiles, on/off cycling, polarization curves under different operating conditions, coupling with real humidifiers, and verification of compatibility with energy storage systems and inverters, supported by extensive diagnostics through electrochemical impedance spectroscopy. The collected data will be used to update and validate system models in MATLAB/Simulink and to define simulated scenarios and guidelines for the optimization of system design and control strategies. The activity is carried out in collaboration with research and industrial partners within a project funded by the Italian Ministry for the Environment and Energy Security.*

**Responsabile (Responsible):**

Prof. Andrea Casalegno [andrea.casalegno@polimi.it](mailto:andrea.casalegno@polimi.it)

**Co-responsabile (Co-responsible):**

Amedeo Grimaldi [amedeo.grimaldi@polimi.it](mailto:amedeo.grimaldi@polimi.it)

Andrea Baricci [andrea.baricci@polimi.it](mailto:andrea.baricci@polimi.it)

## Hydrogen PEM fuel cells

**Tesi numero (Thesis number):** **PEMFC2**

**Titolo (Title):**

Studio sperimentale della struttura degli elettrodi per applicazioni heavy-duty

*Experimental study of electrode structure for heavy-duty applications*

**Descrizione (Description):**

La tesi magistrale è dedicata allo studio dell'impatto della struttura degli elettrodi sulle prestazioni di celle a combustibile a membrana polimerica (PEMFC) per applicazioni heavy duty, con particolare attenzione al funzionamento ad alta temperatura, fino a 120°C. L'attività di ricerca si concentra sull'analisi del catalyst layer, valutando l'influenza di parametri quali rapporto ionomero/carbonio, tipo di supporto, tipo di ionomero e carico di platino. La tesi prevede un'attività sperimentale che include lo sviluppo e l'utilizzo di tecniche innovative di caratterizzazione elettrochimica basate su CO stripping. I risultati sperimentali potranno essere eventualmente interpretati tramite l'utilizzo di modelli fisici. Attività svolta in collaborazione con partner industriali.

*The Master's thesis focuses on the study of the impact of electrode structure on the performance of polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFCs) for heavy-duty applications, with particular emphasis on high-temperature operation, up to 120°C. The research activity focuses on the analysis of the catalyst layer, assessing the influence of parameters such as the ionomer-to-carbon ratio, catalyst support type, ionomer type, and platinum loading. The thesis involves an experimental activity that includes the development and use of innovative electrochemical characterization techniques based on CO stripping. The experimental results can eventually be interpreted through the use of physical models. Project carried out in collaboration with industry partners.*

**Responsabile (Responsible):**

Prof. Andrea Baricci [andrea.baricci@polimi.it](mailto:andrea.baricci@polimi.it)

**Co-responsabile (Co-responsible):**

Giovanni Ponti [giovanni.ponti@polimi.it](mailto:giovanni.ponti@polimi.it)

## Hydrogen PEM fuel cells

**Tesi numero (Thesis number):** **PEMFC3**

**Titolo (Title):**

Studio sperimentale della degradazione di celle a combustibile in condizioni rappresentative di applicazioni heavy-duty

*Experimental study PEM fuel cells degradation under conditions representative of heavy-duty applications*

**Descrizione (Description):**

La tesi magistrale è dedicata allo studio della durabilità di celle a combustibile PEM attraverso protocolli di degradazione rappresentativi di applicazioni per il settore del trasporto Heavy-Duty. L'attività di ricerca sarà incentrata sullo studio e sulla comprensione del degrado dei componenti del catalyst layer catodico, con particolare attenzione al fenomeno di corrosione del carbonio e all'evoluzione nel tempo dell'interazione ionomero-platino. Verranno studiati sia materiali commerciali sia innovativi con differenti strutture del catalyst layer. L'interpretazione dei dati sperimentali potrà essere supportata dall'utilizzo di modelli fisici. Attività svolta in collaborazione con partner industriali.

*The master's thesis is devoted to the study of the durability of PEM fuel cells through degradation protocols representative of heavy-duty transportation applications. The research activity will focus on the study and understanding of the degradation of cathodic catalyst layer components, with particular attention to carbon corrosion phenomena and the evolution over time of Pt-ionomer interaction. Both commercial and innovative materials, with different catalyst layer structures, will be investigated. The interpretation of experimental data may be supported using physical models. The activity is carried out in collaboration with industrial partners.*

**Responsabile (Responsible):**

Prof. Andrea Baricci [andrea.baricci@polimi.it](mailto:andrea.baricci@polimi.it)

**Co-responsabile (Co-responsible):**

Daniele Mora [daniele.mora@polimi.it](mailto:daniele.mora@polimi.it)

Elena Colombo [elena.colombo@polimi.it](mailto:elena.colombo@polimi.it)

## Air Humidifier for PEM fuel cells

**Tesi numero (Thesis number):** HUM1

**Titolo (Title):**

Analisi modellistica di umidificatore planare a membrana per applicazioni automotive.

*Numerical analysis of a planar membrane humidifier for automotive applications.*

**Descrizione (Description):**

suo utilizzo in sistemi PEMFC automotive e stazionari.

In particolare, la tesi prevede l'analisi sullo stato dell'arte di modelli numerici ottimizzati per la simulazione di permeazione di acqua attraverso membrane e adsorbimento di vapore con sorbenti. In questo contesto, si procederà all'aggiornamento di un modello fisico in ambiente Matlab/Simulink per un umidificatore a membrana multipla accoppiato a sistema di accumulo ad adsorbimento di vapore sulla base di requisiti di partner industriale, con validazione su dati sperimentali. Contemporaneamente, verrà affrontato lo studio, ottimizzazione e progettazione della geometria dei canali di distribuzione e manifold tramite codici CFD commerciali su scala reale. (Attività svolta nell'ambito del progetto start-up HU.MOSS)

*The thesis involves the modelling analysis of a planar membrane humidifier and its use in automotive and stationary PEMFC systems. In particular, the thesis include :the updating of a physical model in the Matlab/Simulink environment for a multi-membrane humidifier coupled with an adsorption-based vapor storage system, based on the requirements of an industrial partner, with validation against experimental data. Moreover, it is required to perform the study, optimization, and design of the geometry of distribution channels and manifolds using commercial CFD codes at full scale. (Activity performed in the framework of the start-up project HU.MOSS)*

**Responsabile (Responsible):**

Prof. Stefano De Antonellis [stefano.deantonellis@polimi.it](mailto:stefano.deantonellis@polimi.it)

Prof. Andrea Casalegno [andrea.casalegno@polimi.it](mailto:andrea.casalegno@polimi.it)

**Co-responsabile (Co-responsible):**

Giorgio Tomaino [giorgio.tomaino@polimi.it](mailto:giorgio.tomaino@polimi.it)

Amedeo Grimaldi [amedeo.grimaldi@polimi.it](mailto:amedeo.grimaldi@polimi.it)

## AEM water electrolysis

**Tesi numero (Thesis number): AEMFC**

**Titolo (Title):**

Sviluppo e validazione sperimentale di modelli fisici di impedenza in elettrolizzatori AEM

*Development and experimental validation of physics-based impedance models in AEM water electrolyzers*

**Descrizione (Description):**

Tra le diverse tecnologie per la produzione di idrogeno verde, gli elettrolizzatori a membrana a scambio anionico (AEMWE) stanno ricevendo crescente attenzione. In questo contesto, il presente progetto di tesi si propone di sviluppare modelli fisici di impedenza elettrochimica (EIS) di AEMWE al fine di aumentare la comprensione dei fenomeni fisici che ne regolano e limitano il funzionamento, con l'obiettivo di fornire indicazioni per migliorare le prestazioni del sistema. I modelli sviluppati verranno validati rispetto a dati sperimentali che verranno misurati durante lo sviluppo del progetto di tesi. (Attività svolta nell'ambito del progetto internazionale DURALYS).

*Among the different technologies for green hydrogen production, anion exchange membrane water electrolyzers (AEMWEs) are receiving increasing attention due to several advantages. Considering this framework, the proposed thesis project is focused on the development of physics-based electrochemical impedance models (EIS) of AEMWEs, with the aim to provide an insight into the physical phenomena regulating and limiting system operation in order to improve system performance. The developed models will be validated with respect to experimental data measured during the thesis project. (Activity performed in the framework of the international project DURALYS).*

**Responsabile (Responsible):**

Prof. Matteo Zago [matteo.zago@polimi.it](mailto:matteo.zago@polimi.it)

Prof. Andrea Baricci [andrea.baricci@polimi.it](mailto:andrea.baricci@polimi.it)

**Co-responsabile (Co-responsible):**

Alessio Cancian [alessio.cancian@polimi.it](mailto:alessio.cancian@polimi.it)

Elena Colombo [elena.colombo@polimi.it](mailto:elena.colombo@polimi.it)

## Redox Flow Batteries

**Tesi numero (Thesis number): RFB**

**Titolo (Title):**

Progettazione e caratterizzazione sperimentale di batterie a flusso idrogeno-ferro

*Design and characterization of hydrogen-iron redox flow batteries*

**Descrizione (Description):**

Il presente progetto di tesi prevede la progettazione, realizzazione e caratterizzazione sperimentale di batterie a flusso idrogeno-ferro. Nello specifico verranno utilizzati elettrodi negativi a basso carico di platino ( $<0.03 \text{ mg cm}^{-2}$ ) per le reazioni di ossidoriduzione dell'idrogeno, mentre all'elettrodo positivo verrà utilizzato un elettrolita a base ferro a basso costo. L'obiettivo del progetto è quello di arrivare al proof of concept di una batteria che riesca ad avere un costo di investimento inferiore ai  $100 \text{ € kWh}^{-1}$ . (Attività svolta nell'ambito del progetto nazionale MIAMI).

*The presented master thesis topic is focused on the design, development and characterization of hydrogen-iron redox flow batteries. In particular, ultra-low Pt loading negative electrodes ( $<0.03 \text{ mg cm}^{-2}$ ) will be employed for hydrogen red-ox reactions, while the positive electrode will be fed with a low-cost iron based electrolyte. The aim of the thesis project is to demonstrate the proof of concept of a battery with an investment cost lower than  $100 \text{ € kWh}^{-1}$ . (Activity performed in the framework of the national project MIAMI).*

**Responsabile (Responsible):**

Prof. Matteo Zago [matteo.zago@polimi.it](mailto:matteo.zago@polimi.it)

**Co-responsabile (Co-responsible):**

Luca Perlini [luca.perlini@polimi.it](mailto:luca.perlini@polimi.it)

Stefano Lovotti [stefano.lovotti@polimi.it](mailto:stefano.lovotti@polimi.it)

## Lithium Ion Batteries

**Tesi numero (Thesis number):** LIB1

**Titolo (Title):**

Aging di batterie Li-ion automotive: investigazione e predizione con sensorizzazione avanzata e physical-based AI

*Investigation of operation and aging of Li-ion batteries through advanced sensorization and interpretative models*

**Descrizione (Description):**

L'elevata vita utile richiesta alle batterie agli ioni di litio e la loro crescente diffusione in ambito mobilità ed accumulo energetico richiedono lo sviluppo di metodologie affidabili per la diagnostica predittiva e l'analisi dei meccanismi di invecchiamento. La tesi proposta combina in modo integrato un'attività sperimentale e una modellistica. Da un lato, verranno sviluppate e applicate strategie avanzate di sensorizzazione termica e/o di strain mediante fibre ottiche FBG (Fiber Bragg Gratings), sia esternamente sia internamente a celle post-uso, per studiare gli effetti dell'aging sulle proprietà termofisiche ed elettrochimiche dei componenti, in particolare degli elettrodi. In parallelo, i dati sperimentali saranno interpretati attraverso lo sviluppo di modelli fisici combinati con tecniche di intelligenza artificiale e machine learning, al fine di identificare parametri di invecchiamento e predire l'evoluzione dei meccanismi di degrado in funzione delle condizioni operative. L'approccio sarà esteso a gruppi di celle, includendo lo studio di fenomeni di disomogeneità e di interazione termica ed elettrochimica, così da garantire una rappresentatività vicina agli scenari reali di moduli batteria.

*The long service life required from lithium-ion batteries and their growing use in mobility and energy storage call for the development of reliable methodologies for predictive diagnostics and the analysis of aging mechanisms. The proposed thesis combines experimental and modeling activities in an integrated way. On the experimental side, advanced thermal and strain sensing strategies using FBG optical fibers will be developed and applied both externally and internally to post-use cells, in order to investigate the effects of aging on the thermophysical and electrochemical properties of the components, particularly the electrodes. In parallel, the experimental data will be interpreted through the development of physics-based models combined with artificial intelligence and machine learning techniques, with the aim of identifying aging parameters and predicting the evolution of degradation mechanisms under different operating conditions. The approach will also be extended to groups of cells, including the study of heterogeneity phenomena and thermal-electrochemical interactions, so as to ensure representativeness close to real-world scenarios such as battery modules.*

**Responsabile (Responsible):**

Prof. Claudio Rabissi, e-mail: [claudio.rabissi@polimi.it](mailto:claudio.rabissi@polimi.it)

**Co-responsabile (Co-responsible):**

Martino Fortunati e-mail: [martino.fortunati@polimi.it](mailto:martino.fortunati@polimi.it)



**Tesi numero (Thesis number):** **LIB2**

**Titolo (Title):**

Studio dell'operazione e dell'invecchiamento di batterie Li-ion tramite sensorizzazione avanzata e modelli interpretativi

*Investigation of operation and aging of Li-ion batteries through advanced sensorization and interpretative models*

**Descrizione (Description):**

L'impatto dei molteplici meccanismi di degrado delle batterie Li-ion sulle le proprietà dei materiali non è consolidato in letteratura. Questa tesi svilupperà strategie avanzate di sensorizzazione termica, di compressione (fibra ottica FBG) ed elettrochimica, da applicare esternamente ed internamente a batterie post-uso, dopo apertura, estrazione dei componenti ed assemblaggio in celle di laboratorio. Si studieranno gli effetti dell'aging sulle proprietà termofisiche dei componenti delle celle (in particolare i due elettrodi), oltre a sviluppare strategie di monitoraggio aumentato e protocolli operativi adattivi. I risultati sperimentali saranno interpretati tramite modelli fisici su Matlab e/o Comsol.

*The impact of the multiple degradation mechanisms of Li-ion batteries on the properties of materials is not well established in the literature. This thesis will develop advanced thermal, compression (FBG optical fiber) and electrochemical sensorization strategies, to be applied externally and internally to post-use batteries. The effects of aging on the thermophysical properties of cells will be studied, as well as the development of augmented monitoring strategies and adaptive operational protocols. The experimental results will be interpreted by physical models on Matlab and/or Comsol.*

**Responsabile (Responsible):**

Prof. Claudio Rabissi, e-mail: [claudio.rabissi@polimi.it](mailto:claudio.rabissi@polimi.it)

**Co-responsabile (Co-responsible):**

Martino Fortunati e-mail: [martino.fortunati@polimi.it](mailto:martino.fortunati@polimi.it)

Giorgia Nicosia e-mail: [giorgia.nicosia@polimi.it](mailto:giorgia.nicosia@polimi.it)