

Nome del Gruppo di Ricerca	Systems for Energy and Environment research group
Acronimo	SEE
Responsabili	Amedeo Amoresano, Alfredo Gimelli, Giuseppe Langella
Personale	✓ Amedeo Amoresano (professore associato – 09/IIND-06 Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, IIND-06/B Sistemi per l'energia e l'ambiente); ✓ Alfredo Gimelli (professore associato – 09/IIND-06 Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, IIND-06/A Macchine a fluido) ✓ Giuseppe Langella (professore associato – 09/IIND-06 Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, IIND-06/B Sistemi per l'energia e l'ambiente) ✓ Paolo Iodice (RTDA – 09/IIND-06 Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, IIND-06/B Sistemi per l'energia e l'ambiente) ✓ Giovanni Giardiello (Post-doc – 09/IIND-06 Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, IIND-06/A Macchine a fluido) ✓ Francesco Tufano (Post-doc – 09/IIND-06 Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, IIND-06/B Sistemi per l'energia e l'ambiente) ✓ Ali Karimi (Post-doc – 09/IIND-06 Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, IIND-06/B Sistemi per l'energia e l'ambiente) ✓ Raffaele Iossa (PhD student – 09/IIND-06 Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, IIND-06/B Sistemi per l'energia e l'ambiente) ✓ Martina Barrasso (PhD student – 09/IIND-06 Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, IIND-06/B Sistemi per l'energia e l'ambiente) ✓ Silvia Roscioli (PhD student – 09/IIND-06 Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, IIND-06/B Sistemi per l'energia e l'ambiente) ✓ Rosario Moreschi (ICT Professional) Personale esterno: ✓ Massimiliano Muccillo (Researcher Post-doc); ✓ Armando Quaremba (Assistant Professor); ✓ Gabriele Di Blasio (CNR-STEMS); ✓ Michele Pipicelli (CNR-STEMS); ✓ Christophe Allouis (CNR-STEMS, METU-Ankara) ✓ Maria Valenti (ENEA); ✓ Gabriella Ferruzzi (ENEA); ✓ Salvatore Fabozzi (ENEA); ✓ Giancarlo Sorrentino (CNR-STEMS).
Links	https://www.apper-srl.it/
Missione	
La missione del gruppo di ricerca è incentrata sulla sostenibilità energetica. Questo concetto è essenziale nel processo di transizione energetica in corso ed è strettamente legato a tre aree fondamentali: 1. utilizzare al meglio le risorse disponibili e quindi studiare tutte le possibili tecnologie per aumentare l'efficienza dei sistemi di conversione energetica; 2. sviluppare tecnologie per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili per ridurre sempre più la dipendenza dai combustibili fossili; 3. mitigare il più possibile l'impatto dei sistemi di conversione energetica sull'ambiente, sul clima, sugli ecosistemi e sulla salute umana. Le attività di ricerca del gruppo rientrano nei seguenti settori dell'ERC (European Research Council): PE7_1 Control engineering PE7_4 Simulation engineering and modelling PE8_4 Computational engineering PE8_5 Fluid mechanics, hydraulic-, turbo-, and piston engines PE8_6 Energy systems (production, distribution, application) Le principali linee di ricerca del gruppo SEE sono le seguenti:	

1. Advanced statistical techniques for the optimized management and control of energy systems (Responsabile Scientifico: Amedeo Amoresano);

Lo studio intrapreso intende comprendere quale sia il reale spartiacque tra produzione di energia mediante combustibili fossili e sistemi detti green basati su fonti rinnovabili. Lo sviluppo di questa ricerca parte dall'analisi del periodo storico attuale definito di transizione energetica considerando che esso in realtà non sia affatto un periodo di transizione ma corrisponda invece ad una condizione stazionaria che permarrà in bilico con percentuali diverse nel corso dei prossimi anni. Su queste basi si studiano i processi e la gestione dei sistemi energetici, per lo più di strutture aziendali medio grandi affinché esse possano scegliere in modo attento le soluzioni energetiche ottimali (riduzione CO₂eqv, riduzione dei consumi, incremento delle risorse "green", riorganizzazione della "supply chain" etc...) dei loro sistemi senza compromettere la competitività sul mercato. La ricerca di base fortemente sperimentale si fonda sullo studio dei sistemi aziendali per la ricerca delle variabili in grado di definire il comportamento energetico di una azienda. Le variabili, che possono essere di varia natura, dirette, indirette, di produzione e di gestione sono analizzate e definite in modo da poter costruire funzioni capaci di descrivere un pattern energetico gestionale e fornire mappe di funzionamento e soluzioni di ottimo. Lo studio, portato avanti usando metodi di regressione lineare del tipo "step wise" e/o ARIMA a supporto di reti neurali viene di volta in volta implementato con l'adozione di altri metodi che ne aumentino il grado di confidenza e conducano a modelli "digital twin" di elevato dettaglio.

2. Optimal design and optimal control of multi sources hybrid polygeneration energy systems (Responsabile Scientifico: Alfredo Gimelli);

Il filone di ricerca di impronta impiantistico-energetica riguarda studi inerenti a sistemi multi energetici per la produzione e stoccaggio di più forme di energia, attraverso lo sfruttamento di differenti fonti di energia primaria (solare, eolico, marino, fossile, ecc.), misurandone le prestazioni in termini energetici, di impatto ambientale ed economici. La ricerca scientifica avanza lungo tre sotto-filoni: studio e sviluppo di modelli numerici energetici dei multi-energy systems, per la valutazione di configurazioni impiantistiche realizzate ad-hoc a seconda dell'applicazione; studio e sviluppo di modelli termofluidodinamici, attraverso un approccio 0D/1D, per la simulazione dei fenomeni fisici che avvengono all'interno delle macchine e componenti di uno specifico impianto; studio e sviluppo delle logiche di controllo dei flussi energetici degli impianti per massimizzarne il rendimento, massimizzare lo sfruttamento delle risorse energetiche, minimizzare l'impatto ambientale ed i costi di impianto, al variare delle condizioni al contorno. Le prime due attività, oltre alla simulazione e taratura dei modelli numerici, sono focalizzate sull'optimal sizing ossia la valutazione delle taglie ottimali degli impianti in funzione di specifici dati di input attraverso una metodologia di ottimizzazione multi-vettoriale sviluppata interamente dal gruppo di ricerca. Alcune delle soluzioni di maggiore interesse riguardano: impianti a ciclo Rankine organico (ORC) nell'ambito del waste heat recovery (recupero di calore di scarto) sia per applicazioni automotive che industriali; elettrolizzatori, per la produzione di idrogeno verde, sia come vettore energetico per sistemi di accumulo che come e-fuel per impianti motori termici; gassificatori e pirolizzatori, per lo smaltimento di rifiuti urbani e la produzione di syngas; desorbitori e pompe di calore, per la produzione di potenza frigorifera rivolte ad applicazioni civili ed industriali.

3. Sustainable production and use of low or zero carbon fuels in hard to abate industrial sectors and in gas turbine plants (Responsabile Scientifico: Giuseppe Langella);

si studia la produzione di combustibili a basso o nullo contenuto di carbonio utilizzando fonti rinnovabili nonché l'utilizzo di tali combustibili nei processi produttivi e nei processi di produzione di energia, analizzando le relative problematiche.

4. Volumetric expanders and compressors (Scientific Coordinators: Amedeo Amoresano, Alfredo Gimelli, Paolo Iodice e Giuseppe Langella);

Il gruppo possiede una solida expertise sulle macchine volumetriche. Con FNA ha messo a punto un workflow automatizzato, dal modello CAD alla simulazione, capace di trasformare le geometrie complete dei compressori in modelli predittivi ad alta fedeltà, riproducendo con precisione i dati sperimentali e cogliendo anche i fenomeni di leakage e blow-hole. In parallelo, il team conduce ricerche sugli espansori volumetrici a vite per il solare termodinamico a concentrazione (CSP): il calore raccolto dai ricevitori Scheffler genera vapore che viene fatto espandere in prototipi twin-screw, dimostrando la possibilità di realizzare piccole unità di generazione elettrica distribuita ed efficiente. In collaborazione con Ronda, il team progetta infine espansori su misura, studiando soluzioni che aumentano le prestazioni senza sacrificare la producibilità. Su tutti questi fronti il

gruppo integra simulazione avanzata, laboratori dedicati e partnership industriali, attestando la propria competenza lungo l'intera filiera, dall'idea iniziale al prototipo validato.

5. **Propulsion (Automotive, train, navy and airplane)** - (Responsabile Scientifico: Alfredo Gimelli);
Le attività di ricerca del settore della mobilità riguardano due filoni paralleli: Propulsion simulation e Vehicle simulation. L'attività di Propulsion Simulation si concentra sulla simulazione di differenti tipologie di propulsione attraverso metodologie di modellazione 0D-1D: motori ad accensione comandata, ad accensione per compressione, sovralimentati, propulsori ibridi, Fuel Cell. L'attività di Vehicle Simulation, invece, ha come finalità principale lo sviluppo di metodologie di controllo per il risparmio di energia primaria di veicoli ibridi, utilizzando modelli longitudinali di dinamica del veicolo coi quali è possibile analizzare alcune metodologie di controllo ottimo come Rule Based (RB), Equivalent Consumption Minimization Strategy (ECMS), Model Predictive Control (MPC) per quanto riguarda le strategie di controllo di torque split. Oltre all'attività riguardante il controllo ottimo di torque split per veicoli ibridi, un ulteriore filone di ricerca in ambito automotive è quello relativo allo studio dei sistemi avanzati di assistenza alla guida (ADAS). L'obiettivo è quello di quantificare i miglioramenti ottenibili attraverso l'integrazione delle informazioni rese disponibili dai sistemi ADAS nelle logiche di power split dei veicoli elettrificati, per un uso e stoccaggio più efficiente dell'energia rispetto ai convenzionali sistemi stand-alone di torque split.
Le metodologie sviluppate vengono validate sperimentalmente all'interno del laboratorio "**AppER Lab**", un laboratorio avanzato in cui è possibile effettuare test su banchi prova motore e ambienti simulati. Questo consente di verificare l'efficacia e l'affidabilità delle soluzioni di simulazione e controllo sviluppate, favorendone il trasferimento verso applicazioni reali nel settore della mobilità sostenibile.
6. **Combustibili alternativi per i MCI** - (Responsabile Scientifico: Paolo Iodice);
Questa attività di ricerca è dedicata all'analisi teorico-sperimentale dell'effetto di miscele benzina/etanolo sulle performance motoristiche e sulle emissioni (CO, HC e NOX) di motori ad accensione comandata di ultima generazione, con particolare attenzione rivolta alle condizioni di funzionamento durante il transitorio a freddo.
7. **Emissione e Dispersione degli Inquinanti in Atmosfera** - (Responsabile Scientifico: Paolo Iodice);
Questa attività di ricerca riguarda la caratterizzazione delle sorgenti di inquinamento atmosferico (puntuali, lineari e diffuse) finalizzata alla realizzazione degli inventari delle emissioni inquinanti, con particolare attenzione rivolta al settore dei trasporti stradali. Vengono peraltro studiate metodologie per l'analisi dei processi di dispersione e trasformazione degli inquinanti in atmosfera finalizzate alla valutazione della qualità dell'aria mediante integrazione dei risultati di simulazioni modellistiche con i dati rilevati dalle reti di monitoraggio.
8. **Organic Rankine Cycle (ORC)** - (Responsabile Scientifico: Alfredo Gimelli);
I sistemi a Ciclo Rankine Organico (ORC) sono una tecnologia per la generazione di energia elettrica a partire da sorgenti termiche a bassa e media temperatura che impiegano fluidi organici al posto dell'acqua. Grazie alle loro proprietà termofisiche, questi fluidi consentono una conversione energetica efficiente anche dal calore di scarto o da fonti rinnovabili quali biomassa, geotermia ed energia solare termica. Il nostro gruppo di ricerca si dedica allo studio, alla modellazione e all'ottimizzazione dei sistemi ORC tramite simulazioni numeriche, analisi termodinamiche, progettazione dei componenti e prove su impianti pilota. L'obiettivo è sviluppare soluzioni affidabili, scalabili e ad alta efficienza, con particolare attenzione alle applicazioni di piccola taglia e al recupero di calore in ambito industriale. Le attività comprendono: selezione e caratterizzazione dei fluidi di lavoro; modellazione dinamica e controllo del ciclo; progettazione di scambiatori di calore, turbine e condensatori; integrazione con fonti termiche reali; valutazioni economiche e ambientali (LCOE, LCA). Attraverso queste attività miriamo a valorizzare l'energia termica inutilizzata e a promuovere sistemi energetici sostenibili in linea con gli obiettivi della transizione ecologica. I risultati di questa ricerca hanno portato alla nascita di AppER (Applied Energy Research), spin-off universitario dedicato alla progettazione, realizzazione e commercializzazione di sistemi ORC di piccola taglia. AppER trasferisce il know-how accademico in soluzioni tecnologiche innovative per la transizione energetica, fungendo da ponte fra ricerca e industria.
Il gruppo di ricerca partecipa attivamente alle attività dell'EERA (European Energy Research Alliance), agenzia della Commissione Europea coordinata dal Prof. Amedeo Amoresano, contribuendo alla redazione di white paper sui temi del solare a concentrazione (CSP) e dell'efficienza energetica nei settori produttivi difficili da decarbonizzare.
Le attività di sviluppo e validazione tecnologica si svolgono all'interno di **AppER Lab**, un

laboratorio dedicato in cui vengono effettuati test sperimentali su componenti e impianti ORC, al fine di verificarne l'efficienza, l'affidabilità e le prestazioni operative in condizioni reali.

9. **Two-phase flow activity** - (Responsabile Scientifico: Amedeo Amoresano);

I flussi bifase hanno grande importanza nella quasi totalità dei processi industriali. Li troviamo nei processi di raffreddamento durante la laminazione sottoforma di spray, sono fortemente presenti nell'industria automotive in quanto il processo di atomizzazione dei combustibili incrementa notevolmente la gestione ed il controllo dei motori a combustione interna. Essi sono presenti nell'alimentazione dei sistemi turbogas dove hanno il compito di ridurre la formazione di incombusti e fornire costantemente condizioni di miscela ottimali. Nell'ambito della sicurezza sono presenti nei sistemi antincendio nelle forme di Sprinkler e Water Mist. Oltre all'applicazione sottoforma di sistemi di atomizzazione i fluidi a deflusso bifase possono anche esistere per effetto di particolari condizioni fisiche. La presenza di gas all'interno dei fluidi di lavoro può portare a condizioni di crisi come ad esempio la cavitazione nelle pompe e nelle valvole o la presenza di gas sottoforma di bolle in sistemi di heat transfer con la compromissione del loro funzionamento. La ricerca in questo settore viene portata avanti sperimentalmente con l'utilizzo di un laboratorio, dedicato agli spray stazionari e allo studio del pattern di bolle. Il laboratorio ("**Two-phase flow-Lab**"), attrezzato con sistemi di acquisizione dati e sistemi di videoregistrazione ad alta frequenza di acquisizione (oltre gli 80000 frame al secondo) termocoppie, accelerometri etc... consente di sviluppare sia un'attività di ricerca di base che di supporto ad aziende e centri di ricerca.