

# Curriculum Vitae

## INFORMAZIONI PERSONALI

**Nome** PIETRO  
**Cognome** CATRINI  
**E-mail** pietro.catrini@unipa.it

## FORMAZIONE TITOLI

1.1 Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare con voti 110 e lode, menzione alla carriera universitaria ed al lavoro di tesi dal titolo "*Diagnosi Termoeconomica di fouling all'evaporatore in impianti frigoriferi ad espansione diretta*" (Relatore: Prof. A. Piacentino), conseguita in data 27 luglio 2015 presso l'Università degli Studi di Palermo.

1.2 Titolare di una borsa di Dottorato di Ricerca in *Energia e Tecnologie dell'Informazione*, XXXI Ciclo, (Sede Amm.va: Università degli Studi di Palermo) dal 01/11/2015 al 31/10/2018. In data 08/03/2019 ha conseguito il titolo di "Dottore di Ricerca in ENERGIA E TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE, indirizzo FISICA TECNICA E INGEGNERIA NUCLEARE" con tesi dal titolo: "*Innovative applications of Exergy Analysis and Thermoeconomics in chemical, thermal and cooling energy conversion systems*" (Tutor: Prof. A. Piacentino).

1.3 Assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Palermo dal 03-12-2019 al 04-12-2020 (durata complessiva 12 mesi). Titolo dell'attività di ricerca: "*Analisi energetica, exergetica e termoeconomica di processi e sistemi innovativi di conversione e accumulo dell'energia*", (Responsabile scientifico del Progetto: Prof. G.D.M. Micale; Referente: Prof. A. Piacentino). Attività di ricerca inquadrata nell'ambito del Progetto HORIZON-2020 "BaoBaB – Blue Acid/Base Battery: Storage and recovery of renewable electrical energy by reversible saltwater dissociation" -Grant Agreement n. 73118.

1.4 Ricercatore a Tempo Determinato della tipologia contrattuale prevista al comma 3 lettera a), dell'art. 24 della Legge 240 del 30.12.2010 – settore concorsuale 09/C2 – "Fisica Tecnica e Ingegneria Nucleare" – S.S.D. ING-IND/10 – "Fisica Tecnica Industriale" - presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Palermo, dal 30-12-2020 al 29-12-2023.

1.5 Ricercatore a Tempo Determinato della tipologia contrattuale prevista al comma 3 lettera b), dell'art. 24 della Legge 240 del 30.12.2010 – settore concorsuale 09/C2 – "Fisica Tecnica e Ingegneria Nucleare" – S.S.D. ING-IND/07-A – "Fisica Tecnica Industriale" - presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Palermo, dal 30-12-2023 ad oggi.

## Abilitazione Scientifica Nazionale

1.6. Conseguitamento dell'Abilitazione Scientifica Nazionale per il settore concorsuale *09/C2-Fisica Tecnica e Ingegneria Nucleare, Seconda Fascia*, avvenuto nel Primo Quadrimestre della Tornata 2021-2023. (Periodo di validità dell'abilitazione: dal 03/02/2022 al 03/02/2033).

## Partecipazione a scuole di alta formazione e periodi di formazione all'estero

1.7 Partecipazione alla X Scuola Estiva di "Fisica Tecnica" dal titolo: "Edifici del futuro: il contributo della ricerca fisico-tecnica" Sorrento, Italia. Direttore e Coordinatore della Scuola Prof. Marco Filippi. (Durata: dal 19 giugno al 23 giugno 2017).

1.8 Partecipazione alla IX Scuola Estiva di "Fisica Tecnica" dal titolo: "Energia per l'industria", Sorrento Italia. Direttore: Prof. Marco Filippi; Coordinatore del corso: Prof. Maurizio Sasso. (Durata: dal 27 giugno al 01 luglio 2016).

1.10 Da 01 settembre 2017 sino a 01 marzo 2018 (durata complessiva 6 mesi), il sottoscritto ha svolto un periodo di formazione e ricerca in qualità di *Visiting Scholar* presso gli "Herrick Laboratories" della Purdue University (Indiana, Stati Uniti d'America). Durante tale periodo, sono state condotte estese campagne sperimentali su un'unità di condizionamento rooftop a velocità variabile per lo sviluppo di metodi per la diagnosi di "malfunzionamenti" responsabili dell'incremento del consumo energetico di tali unità. In particolare, sono stati esaminati i seguenti quattro tipi di malfunzionamento

comunemente osservati durante le fasi di manutenzione: lo sporco delle superfici del condensatore e dell'evaporatore, la sottocarica e la carica eccessiva di refrigerante. Al fine di valutare gli effetti di tali malfunzionamenti sul funzionamento dell'unità, sono state definite procedure sperimentali ad-hoc volte a simulare la loro presenza, quali ad esempio l'utilizzo di tessuti o di serrande d'aria per lo sporco delle batterie di scambio termico e circuiti automatici di carica/scarica del refrigerante. Mediante l'ausilio di camere climatiche è stato possibile replicare il funzionamento dell'unità rooftop nel campo reale, considerando le più disparate condizioni al contorno, quali la temperatura dell'ambiente esterno, la temperatura e l'umidità dall'aria in ingresso all'evaporatore, e la variabile richiesta frigorifera dell'utenza. Tali condizioni sono state testate sia in presenza sia in assenza di malfunzionamento. Inoltre, per ogni malfunzionamento sono stati testati diversi livelli di intensità. In una prima fase dell'attività, è stata esaminata l'interazione dinamica tra camere climatiche e l'unità rooftop, volte ad indagare l'azione del sistema di controllo dell'unità stessa nel modulare la capacità frigorifera sia in presenza sia in assenza di malfunzionamento. I risultati ottenuti sono stati presentati in conferenze internazionali ed inclusi, sotto forma di manoscritto esteso, nei Proceedings delle suddette Conferenze. Ulteriori risultati sono alla base della redazione di un ulteriore articolo pubblicato sulla rivista internazionale "Applied Thermal Engineering". Tale attività è stata svolta sotto la supervisione del Prof. James E. Braun e la stretta collaborazione dei Dott.ri Andrew Hijortland e Akash Patil.

## **ATTIVITA' DIDATTICA**

### **Corsi ad oggi tenuti in qualità di docente titolare:**

1.1 A.A. 2020-2021. Denominazione insegnamento: "Energetica" (SSD ING-IND/10), 6 CFU (54 ore di didattica frontale), Lingua Italiana, Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia e delle Fonti Rinnovabili, Università di Palermo. Il corso, presente come disciplina obbligatoria su tutti i 3 curricula del Corso di Laurea, si inquadra come disciplina autonoma nel curriculum "Elettrico" e come insegnamento a modulo nel Corso Integrato "Energetica e Macchine" per i curricula "Energetico" e "Tecnologie e Produzione".

1.2 A.A. 2021-2022. Denominazione insegnamento: "Fisica Tecnica" (SSD ING-IND/10), 6 CFU (54 ore di didattica frontale), Lingua Italiana, Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale, Università di Palermo.

1.3 A.A. 2021-2022. Denominazione insegnamento: "Energetica" (SSD ING-IND/10), 6 CFU (54 ore di didattica frontale), Lingua Italiana, Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia e delle Fonti Rinnovabili, Università di Palermo. Il corso, presente come disciplina obbligatoria su tutti i 3 curricula del Corso di Laurea, si inquadra come disciplina autonoma nel curriculum "Elettrico" e come insegnamento a modulo nel Corso Integrato "Energetica e Macchine" per i curricula "Energetico" e "Tecnologie e Produzione". Il Corso risulta altresì mutuato per studenti del Corso di Laurea in Ingegneria della Sicurezza, Università degli Studi di Palermo.

1.4 A.A. 2022-2023. Denominazione insegnamento: "Energetica" (SSD ING-IND/10), 6 CFU (54 ore di didattica frontale), Lingua Italiana, Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia e delle Fonti Rinnovabili, Università di Palermo. Il corso, presente come disciplina obbligatoria su tutti i 3 curricula del Corso di Laurea, si inquadra come disciplina autonoma nel curriculum "Elettrico" e come insegnamento a modulo nel Corso Integrato "Energetica e Macchine" per i curricula "Energetico" e "Tecnologie e Produzione". Il Corso risulta altresì mutuato per studenti del Corso di Laurea in Ingegneria della Sicurezza, Università degli Studi di Palermo.

1.5 A.A. 2023-2024. Denominazione insegnamento: "Energetica" (SSD ING-IND/10), 6 CFU (54 ore di didattica frontale), Lingua Italiana, Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia e delle Fonti Rinnovabili, Università di Palermo. Il corso, presente come disciplina obbligatoria su tutti i 3 curricula del Corso di Laurea, si inquadra come disciplina autonoma nel curriculum "Elettrico" e come insegnamento a modulo nel Corso Integrato "Energetica e Macchine" per i curricula "Energetico" e "Tecnologie e Produzione". Il Corso risulta altresì mutuato per studenti del Corso di Laurea in Ingegneria della Sicurezza, Università degli Studi di Palermo.

1.6 A.A. 2023-2024. Denominazione insegnamento: "Termotecnica e regolazioni termofluidodinamiche" (SSD ING-IND/10), 9 CFU (81 ore di didattica frontale), Lingua Italiana, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare, Università di Palermo. Il Corso è mutuato parzialmente, per n. 6 CFU e con la denominazione "Termotecnica", dal Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica.

1.7 A.A. 2024-2025. Denominazione insegnamento: "Termotecnica e regolazioni termofluidodinamiche" (SSD ING-IND/10), 9 CFU (81 ore di didattica frontale), Lingua Italiana, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare, Università di Palermo. Il Corso è mutuato parzialmente, per n. 6 CFU e con la denominazione "Termotecnica", dal Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica.

### **Attività di supporto alla docenze:**

1.1 A.A. 2019-2020 Supporto alla docenza del corso di “Analisi dei sistemi energetici e Termoeconomia” (ING-IND/10), per allievi del corso di laurea magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare (Docente titolare: Prof. A. Piacentino).

1.2 A.A. 2020-2021. Supporto alle esercitazioni del corso di “Termotecnica” (ING-IND/10) per allievi dei corsi di laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare ed Ingegneria Meccanica (Docente titolare: Prof. V. La Rocca).

1.3 A.A. 2022-2023. Supporto alle esercitazioni del corso di “Termotecnica” (ING-IND/10) per allievi dei corsi di laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare ed Ingegneria Meccanica (Docente titolare: Prof. V. La Rocca).

### **INCARICHI / CONSULENZE**

1. “*Supporting Member*” dell’ International Centre for Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES).
2. Membro dello *Scientific Advisory Board* delle seguenti Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems Conference: *16<sup>th</sup>-17<sup>th</sup> e 18<sup>th</sup> SDEWES Conference*.
3. Chairing di sessione per Conferenze a carattere internazionale:  
  
**Chair** della sessione “Energy System Analysis 4” alla *19<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 08-12 Settembre 2024, Roma.  
  
**Chair** della sessione “Energy System Analysis 1” alla *17<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 06-10 Novembre 2022, Paphos (Cipro).  
  
**Chair** della sessione “District heating/cooling in smart energy systems” alla *4<sup>th</sup> South East European Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 28 Giugno-2 Luglio 2020 Sarajevo (Bosnia ed Erzegovina).  
  
4. Nell’ambito della *13<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems* (30 Settembre - 4 Ottobre 2018 Palermo, Italia), il sottoscritto ha fatto parte del “Local Organizing Committee”. “*Supporting Member*” dell’ International Centre for Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES).
5. Partecipazioni a commissione per l’attribuzione di borse di studio o assegni di ricerca nel SSD ING-IND/10 presso il Dipartimento di Ingegneria dell’Università di Palermo a partire dal 2021.
6. Supporto alla supervisione dei test di ingresso per il Dipartimento di Ingegneria nell’anno 2022.
7. “Docente Tutor” per il corso di Laurea in Ingegneria dell’Energia e delle Fonti Rinnovabili dell’Università di Palermo.
8. Componente del gruppo di lavoro per le attività relative alla gestione, sicurezza e manutenzione dei laboratori di ricerca e di didattica del Dipartimento di Ingegneria dell’Università Di Palermo dal Novembre 2024.

### **PUBBLICAZIONE**

### **Articoli pubblicati su riviste internazionali:**

1. Catrini, P., La Villetta, M., Kumar, D. M., Morale, M., & Piacentino, A. (2024). Analysis of the operation of air-cooled chillers with variable-speed fans for advanced energy-saving-oriented control strategies. *Applied Energy*, 367, 123393. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2024.123393>.
2. Buscemi, A., Biondi, A., Catrini, P., Guarino, S., & Lo Brano, V. (2024). A novel model to assess the energy demand of outdoor swimming pools. *Energy Conversion and Management*, 302, 118152. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2024.118152>.
3. Jafargholi, H., Catrini, P., Munith Kumar, D., La Villetta, M., & Panno, D. (2024). Mapping the performance of reversible air-to-water heat pump for improving energy savings estimation in energy flexibility scenarios. *Energy Conversion and Management*, 315, 118762. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2024.118762>
4. Catrini, P., & Piacentino, A., Experimental performance characterization of variable-speed packaged rooftop units with fouled evaporator. *Applied Thermal Engineering*, 233, 121159. 2023, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121159>
5. Dino, G. E., Catrini, P., Buscemi, A., Piacentino, A., Palomba, V., & Frazzica, A. (2023). Modeling of a bidirectional substation in a district heating network: Validation, dynamic analysis, and application to a solar prosumer. *Energy*, 284, 128621. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2023.128621>
6. Ferruzzi, G., Delcea, C., Barberi, A., Di Dio, V., Di Somma, M., Catrini, P., Guarino, S., Rossi, F., Parisi, M. L., Sinicropi, A., & Longo, S. (2023). Concentrating Solar Power: The State of the Art, Research Gaps and Future Perspectives. *Energies*, 16(24), 8082. <https://doi.org/10.3390/en16248082>
7. Guarino, S., Catrini, P., Buscemi, A., Brano, V. Lo, & Piacentino, A. (2023). 3E assessment of a solar-driven reverse osmosis plant for seawater desalination in a small island of the Mediterranean Sea. *Energy Reports*, 10, 2260–2276. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2023.09.053>
8. Testasecca, T., Catrini, P., Beccali, M., & Piacentino, A. (2023). Dynamic simulation of a 4th generation district heating network with the presence of prosumers. *Energy Conversion and Management: X*, 20, 100480. <https://doi.org/10.1016/J.ECMX.2023.100480>
9. P. Catrini, T. Testasecca, M. La Villetta, M. Morale, and A. Piacentino, "Thermodynamic-based method for supporting design and operation of thermal grids in presence of distributed energy producers", *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, Vol. 11 (03), 2023, [doi.org/10.13044/j.sdewes.d11.0459](https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d11.0459) (IN PRESS).
10. D. M. Kumar, P. Catrini, A. Piacentino, and M. Cirrincione, "Advanced modeling and energy-saving-oriented assessment of control strategies for air-cooled chillers in space cooling applications", *Energy Conversion and Management*, Vol. 291, 2023, [doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117258](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117258).
11. D. M. Kumar, P. Catrini, A. Piacentino, and M. Cirrincione, "Integrated Thermodynamic and Control Modeling of an Air-to-Water Heat Pump for Estimating Energy-Saving Potential and Flexibility in the Building Sector", *Sustainability*, Vol. 15(11), 2023, [doi.org/10.3390/su15118664](https://doi.org/10.3390/su15118664).
12. Dino G.E., P. Catrini, V. Palomba, A. Frazzica, and A. Piacentino, "Promoting the Flexibility of Thermal Prosumers Equipped with Heat Pumps to Support Power Grid Management", *Sustainability*, Vol. 15(9), 2023, [doi.org/10.3390/su15097494](https://doi.org/10.3390/su15097494).
13. P. Catrini, T. Testasecca, A. Buscemi and A. Piacentino, "Exergoeconomics as a Cost-Accounting Method in Thermal Grids with the Presence of Renewable Energy Producers", *Sustainability*, Vol. 14(7), 2022, [doi.org/10.3390/su14074004](https://doi.org/10.3390/su14074004).

14. F. Giacalone, P. Catrini, L. Gurreri, A. Cipollina, G. Micale, A. Piacentino, and A. Tamburini "Exergy analysis of electro dialysis for water desalination: Influence of irreversibility sources", *Energy Conversion and Management*, Vol. 258, 2022, doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115314.
15. A. Buscemi, P. Catrini, A. Piacentino, F. Cardona, and D. M. Kumar "Energy-saving potential of ground source multiple chillers in simple and hybrid configurations for Mediterranean climates", *Energy Conversion and Management*, Vol. 263, 2022, doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115721.
16. R. Volpe, P. Catrini, A. Piacentino, and A. Fichera, "An agent-based model to support the preliminary design and operation of heating and power grids with cogeneration units and photovoltaic panels in densely populated areas", *Energy*, Vol. 261, 2022, doi.org/10.1016/j.energy.2022.125317.
17. P. Catrini, A. Cipollina, G. Micale, A. Piacentino, and A. Tamburini, "Potential applications of salinity gradient power-heat engines for recovering low-temperature waste heat in cogeneration plants", *Energy Conversion and Management*, Vol. 237, 2021, doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114135.
18. S. Guarino, P. Catrini, A. Buscemi, V. Lo Brano, and A. Piacentino, "Assessing the energy-saving potential of a dish-Stirling concentrator integrated into energy plants in the tertiary sector", *Energies*, Vol. 14 (4), 2021, doi.org/10.3390/en14041163.
19. P. Catrini, A. Piacentino, F. Cardona, and G. Ciulla, "Exergoeconomic analysis as support in decision-making for the design and operation of multiple chiller systems in air conditioning applications", *Energy Conversion and Management*, Vol. 220, 2020, doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113051.
20. P. Catrini, D. Curto, V. Franzitta, and F. Cardona, "Improving energy efficiency of commercial buildings by Combined Heat Cooling and Power plants", *Sustainable Cities and Society*, Vol. 60, 2020, doi.org/10.1016/j.scs.2020.102157.
21. P. Catrini, D. Panno, F. Cardona, and A. Piacentino, "Characterization of cooling loads in the wine industry and novel seasonal indicator for reliable assessment of energy saving through retrofit of chillers", *Applied Energy*, Vol. 266, 2020, doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114856.
22. A. Picallo-Perez, P. Catrini, A. Piacentino, and J.-M. Sala, "A novel thermoeconomic analysis under dynamic operating conditions for space heating and cooling systems", *Energy*, vol. 180, pp. 819–837, 2019, doi.org/10.1016/j.energy.2019.05.098.
23. B. Ortega-Delgado, F. Giacalone, P. Catrini, A. Cipollina, G. Micale, A. Piacentino, and A. Tamburini, "Reverse electro dialysis heat engine with multi-effect distillation: Exergy analysis and perspectives," *Energy Conversion and Management*, vol. 194, pp. 140–159, 2019, doi.org/10.1016/j.enconman.2019.04.056.
24. F. Giacalone, P. Catrini, A. Cipollina, G. Micale, A. Piacentino and A. Tamburini, "Exergy Analysis of Reverse Electro dialysis", *Energy Conversion and Management*, Vol. 154, pp. 588-602, 2018, doi.org/10.1016/j.enconman.2018.03.014.
25. P. Catrini, M. Cellura, F. Guarino, A. Piacentino and D. Panno, "An integrated approach based on Life Cycle Assessment and Thermoeconomics: application to a water-cooled chiller for an air conditioning plant", *Energy*, Vol 160, pp. 72-86, 2018, doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.223.
26. V. Franzitta, P. Catrini and D. Curto, "Wave energy assessment along Sicilian coastline, based on DEIM point absorber", *Energies*, Vol. 10(3), 2017, doi.org/10.3390/en10030376.
27. P. Catrini, A. Cipollina, G. Micale, A. Piacentino, and A. Tamburini, "Exergy analysis and thermoeconomic cost accounting of a Combined Heat and Power steam cycle integrated with a Multi Effect Distillation-Thermal Vapour Compression desalination plant", *Energy Conversion and Management*, Vol. 149, pp. 950-965, 2017, doi.org/10.1016/j.enconman.2017.04.032.

28. Piacentino and P. Catrini, "Assessing the Robustness of Thermoeconomic Diagnosis of Fouled Evaporators: Sensitivity Analysis of Exergetic Performance of Direct Expansion Coils", *Entropy*, Vol. 18(3), 2016, doi.org/10.3390/e18030085.
29. A. Piacentino and P. Catrini, "On Thermoeconomic Diagnosis of a Fouled Direct Expansion Coil: Effects of Induced Malfunctions on Quantitative Performance of the Diagnostic Technique", *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, Vol. 5, pp 177-190, 2016, doi.org/10.13044/j.sdewes.d5.0141.
30. A. Piacentino, R. Gallea, P. Catrini, F. Cardona, and D. Panno. "On the reliability of optimization results for trigeneration systems in buildings, in the presence of price uncertainties and erroneous load estimation", *Energies*, Vol. 9, 2016, doi.org/10.3390/en9121049.
31. A. Piacentino, R. Gallea, F. Cardona, V. Lo Brano, G. Ciulla, and P. Catrini, "Optimization of trigeneration systems by Mathematical Programming: Influence of plant scheme and boundary conditions", *Energy Conversion and Management*, Vol. 104, pp. 100-114, 2015, doi.org/10.1016/j.enconman.2015.03.082.

#### **Review:**

32. M. Beccali, M. Bonomolo, F. Martorana, P. Catrini, and A. Buscemi, "Electrical hybrid heat pumps assisted by natural gas boilers: a review", *Applied Energy*, Vol. 322, 2022, doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119466.

#### **Editorial:**

33. [A. Piacentino](#), P. Catrini, [N. Markovska](#), [Z. Guzović](#), [B. Vad Mathiesen](#), [S. Ferrari](#), [N. Duić](#), [H. Lund](#), "Editorial: Sustainable development of energy, Water and Environment Systems", *Energy*, Vol. 190, 2020.

#### **Articoli per esteso su Proceedings di congressi nazionali ed internazionali:**

34. Pietro Catrini, Davide Dioguardi, Maurizio La Villetta, Stefania Guarino, Antonio Piacentino, "Assessing the thermal benefits of cascaded 2-stage connection in district heating substations under real operating conditions", *Digital Proceedings of the 19<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2024, Roma.
35. Pietro Catrini, Antonio Piacentino, "Experimental characterization of variable-speed rooftop units in presence of condenser fouling and refrigerant charge fault", *Digital Proceedings of the 19<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2024, Roma.
36. Tancredi Testasecca, Pietro Catrini<sup>1</sup>, Giacinto Emanuel Alba, Maurizio La Villetta, Marco Beccali, Antonio Piacentino, "The Role of Solar Heating and Cooling Systems in Modern District Heating Networks with Prosumers", *Digital Proceedings of the 19<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2024, Roma.
37. Maurizio La Villetta, Silvia Licciardi, Rossano Musca, Pietro Catrini, Antonio Piacentino, Eleonora Riva Sanseverino, Guido Ala, Mariano Giuseppe Ippolito, "Development of a co-simulation platform for dynamic simulation between buildings-thermal plants and electric network", *Digital Proceedings of the 19<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2024, Roma.
38. Pietro Catrini, Maurizio La Villetta, Antonio Piacentino, "Analysis of the potential use of small-packaged rooftop units for demand response programs in buildings of the tertiary sector", *Digital Proceedings of the 19<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2024, Roma.
39. Maurizio La Villetta, Pietro Catrini, Antonio Piacentino, "Dynamic simulation of a heat pump for building applications oriented to assess the potential for demand response and ancillary services supply", *Digital Proceedings of the 19<sup>th</sup>*

40. Giuseppe E. Dino, Pietro Catrini, Maurizio La Villetta, Antonio Piacentino, "Dynamic simulation of a heat pump for building applications oriented to assess the potential for demand response and ancillary services supply", *Digital Proceedings of the 19th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2024, Roma*
41. H. Jafargholi, P. Catrini, D. Panno, and A. Piacentino, "Mapping the Performance of Variable-Speed Air-to-Water Reversible Heat Pump for Improving Energy Saving Estimation", *Digital Proceedings of the 18th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2023, Dubrovnik (Croatia)*.
42. S. Guarino, P. Catrini, A. Buscemi, V. Lo Brano, and A. Piacentino, "Energy assessment of a dish-Stirling system powering a reverse osmosis plant for seawater desalination", *Digital Proceedings of the 17th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2022, Paphos (Cyprus)*.
43. T. Testasecca, P. Catrini, M. Beccali, and A. Piacentino, "Dynamic simulation of a 4th-Generation District Heating network with the presence of prosumers", *Digital Proceedings of the 17th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2022, Paphos (Cyprus)*.
44. D. M. Kumar, P. Catrini, and A. Piacentino, "Integrated thermodynamic and electrical modelling of a variable-speed reversible heat pump: analysis of the cooling mode operation", *Digital Proceedings of the 17th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2022, Paphos (Cyprus)*.
45. P. Catrini, T. Testasecca, D. M. Kumar, and A. Piacentino, "Thermodynamic-based cost allocation in low-temperature thermal grids in presence of distributed energy producers", *Digital Proceedings of the 17th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2022, Paphos (Cyprus)*.
46. P. Catrini and A. Piacentino, "Experimental characterization of variable-speed packaged rooftop units in presence of evaporator fouling", *Digital Proceedings of the 17th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2022, Paphos (Cyprus)*.
47. G.E. Dino, P. Catrini, A. Frazzica, V. Palomba, and A. Piacentino, "Modelling of a prosumer's substation in a district heating network: validation and dynamic analysis", *Digital Proceedings of the 17th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2022, Paphos (Cyprus)*.
48. A. Buscemi, P. Catrini, A. Piacentino, F. Cardona, and D. M. Kumar "Energy-saving potential of ground source multiple chillers in simple and hybrid configurations for Mediterranean climates", *Digital Proceedings of the 16th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2021, Dubrovnik (Croatia)*.
49. R. Volpe, P. Catrini, A. Piacentino, and A. Fichera, "An agent-based model to support the preliminary design and operation of heating and power grids with cogeneration units and photovoltaic panels in densely populated areas", *Digital Proceedings of the 16th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2021, Dubrovnik (Croatia)*.
50. P. Catrini, A. Cipollina, G. Micale, A. Piacentino, and A. Tamburini, "Potential applications of Salinity Gradient Power-Heat Engines for low-temperature waste heat recovery in cogeneration plants", *Digital Proceedings of the 4th South-East European Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2020 Sarajevo (Bosnia and Herzegovina)*.
51. P. Catrini and A. Piacentino, "Getting insights into the behavior of variable speed direct expansion air conditioning systems under faulty operating conditions", *Digital Proceedings of the 32nd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, 2019, Breslavia (Polonia)*.
52. P. Catrini, J.E. Braun, and A. Piacentino, "Development of "Design of Experiments" for modelling direct expansion

air-conditioning systems under variable cooling loads and faulty operating conditions", *Digital Proceedings of the 32<sup>nd</sup> International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems*, 2019, Breslavia (Polonia).

53. P. Catrini, A. Piacentino, F. Cardona, and G. Ciulla, "Exergoeconomic Analysis as a Tool for Supporting the Design and Operation of Multiple Chiller Systems in Air Conditioning Applications", *Digital Proceedings of the 14<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2019 Dubrovnik (Croazia).

54. A. Piacentino, D. Panno, and P. Catrini, "Hierarchizing Energy Saving Strategies in Wine Industry by Advanced Modelling of Chilling Units Operation", *Digital Proceedings of the 14<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2019 Dubrovnik (Croazia).

55. B. Ortega-Delgado, F. Giacalone, A. Cipollina, A. Tamburini, G. Micale, P. Catrini, and A. Piacentino, "Exergy Analysis of Reverse Electrodialysis Heat Engine with Multi-Effect Distillation Regeneration Stage", *Digital Proceedings of the 13<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2018 Palermo (Italia).

56. Picallo-Perez Ana, P. Catrini, and A. Piacentino, J.M. Sala, "Thermoeconomic analysis under dynamic operating conditions for space heating and cooling systems in an educational building", *Digital Proceedings of the 13<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2018 Palermo (Italia).

57. P. Catrini, A. Piacentino, J.E. Braun, A. Patil, and A. L. Hjortland, "Thermoeconomic diagnosis of air conditioning systems: experimental assessment of performance for improved reliability" *Digital Proceedings of 17<sup>th</sup> International Refrigeration and Air Conditioning Conference*, 2018, West Lafayette Indiana (Stati Uniti d'America).

58. P. Catrini, A. Piacentino, J.E. Braun, A. Patil, and A. L. Hjortland, "Thermoeconomic diagnosis of air conditioning systems: an innovative approach for improved reliability of the technique", *Digital Proceedings of the 13<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2018 Palermo (Italia).

59. P. Catrini, A. Piacentino, J.E. Braun, A. Patil, and A. L. Hjortland "Performance maps for an air-cooled air conditioning system as a preliminary instrument for the diagnosis of evaporator fouling", *Digital Proceedings of the 36<sup>th</sup> Conferenza Unione Italiana Termofluidodinamica*, 2018, Catania (Italia).

60. F. Giacalone, P. Catrini, A. Cipollina, G. Micale, A. Piacentino, and A. Tamburini, "Exergy Analysis of Reverse Electrodialysis Process Performance", *Digital Proceedings of the 12<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2017 Dubrovnik (Croazia).

61. P. Catrini, M. Cellura, F. Guarino, A. Piacentino, and D. Panno, "An integrated approach based on Life Cycle Assessment and Thermoeconomics: application to a water-cooled chiller for an air conditioning plant", *Digital Proceedings of the 12<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2017 Dubrovnik (Croazia).

62. P. Catrini, A. Cipollina, G. Micale, A. Piacentino, and A. Tamburini, "Exergy analysis and thermoeconomic cost accounting of a CHP steam cycle integrated with MED-TVC desalination", *Digital Proceedings of the 11<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2016 Lisbona (Portogallo).

63. P. Catrini and A. Piacentino, "On the reliability of thermoeconomic diagnosis of fouled evaporators: assessing the influence of geometries, operating conditions, and reference state", *Digital Proceedings of the 10<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems* 2015, Dubrovnik (Croazia).



64. A. Piacentino, P. Catrini, and F. Cardona, "Methodologies for the evaluation of polygeneration systems", in *Polygeneration Systems: Design, Processes and Technologies*, Academic Press, Chapter 3, pp. 79-115, 2022, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820625-6.00004-9>.

65. P. Catrini and A. Piacentino, "Coupling salinity gradient heat engines with power generation systems and industrial processes", in *Salinity Gradient Heat Engines*, Woodhead Publishing, Chapter 7, pp. 229-264, 2022, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102847-6.00009-7>.

66. P. Catrini, A. Cipollina, G. Micale, A. Piacentino, and A. Tamburini, "Thermodynamic, exergy and thermoeconomic analysis of Multiple Effect Distillation processes", in *Renewable Energy Powered Desalination Handbook*, Butterworth-Heinemann, Chapter 12, pp. 445-489, 2018, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815244-7.00012-X>.

## ATTIVITA' SCIENTIFICHE

### Partecipazione a gruppi di ricerca internazionali per attività progettuali finanziate in ambito Europeo:

- Dal 2018 al 2019 il sottoscritto ha collaborato alle attività del gruppo di ricerca responsabile della conduzione del Progetto "RED Heat-to-Power, Reverse ElectroDialysis in a closed-loop system", finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del Programma Horizon 2020 (Grant agreement No 640667). Tale progetto è stato incentrato sullo sviluppo di motori termici innovativi, "Salinity Gradient Engines", basati sullo sfruttamento di un gradiente di salinità tra due soluzioni generato attraverso lo sfruttamento di cascami termici a bassa temperatura. L'analisi ha investito anche la sezione di rigenerazione termica dei flussi concentrati e diluiti.

- Dal 2019 al 2020, il sottoscritto ha fatto parte del progetto Baobab "Blue Acid/Base Battery: Storage and recovery of renewable electrical energy by reversible salt water dissociation", finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma Horizon 2020 (Grant agreement No 73118), e come comprovato da Titolo 1.3 del presente documento. Tale progetto è stato incentrato sullo sviluppo di sistemi di accumulo di energia mediante la combinazione dei processi di elettrodialisi ed elettrodialisi inversa.

- Dal Giugno 2023 a Dicembre 2023, il sottoscritto fa parte del gruppo di ricerca responsabile della conduzione del Progetto SEArctularMINE, finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma Horizon 2020 (Grant agreement No 869467). Tale progetto mira alla prototipizzazione di un processo integrato innovativo volto a recuperare energia e materie prime come magnesio, litio, rubidio e altri oligoelementi dalle salamoie di scarto delle saline del bacino del Mediterraneo.

### Partecipazione di gruppi di ricerca per attività progettuali finanziate in ambito nazionale e regionale:

- Anno 2020: partecipazione al progetto **NeMESi** "*Nuovo Mix Energetico Sostenibile*" (Cluster Tecnologico Nazionale Energia - CTN020001810016852), con riferimento allo sviluppo, in sinergia con il Politecnico di Torino, delle attività inquadrate nell'Obiettivo Realizzativo 3.5 "Studio termodinamico e definizione di un layout di massima per l'integrazione dell'impianto solare con un impianto di dissalazione delle acque".

- Anno 2021-2022: partecipazione al progetto **Solargrid** "*Sistemi solari termodinamici e fotovoltaici con accumulo per co-generazione e flessibilità di rete*" (Progetti di Ricerca Industriale e Sviluppo Sperimentale nelle 12 Aree di Specializzazione individuate dal PNR 2015-2020-Avviso 1735 del 13.07.2017 MIUR), con riferimento allo sviluppo delle attività inquadrate nell'Obiettivo Realizzativo 7-Task RI3 "Processo di ottimizzazione ed ibridizzazione della tecnologia CSP basata sull'uso di impianti dish-Stirling".

- Aprile 2022 ad oggi: partecipazione al PRIN 2020 "**OPTIMISM-Optimal refurbishment design and management of small energy micro-grids**" finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca, con riferimento alle attività inquadrate nel "WP4: Modelling of reversible heat pumps integrated in small district multi-energy (electricity, heating and cooling) networks" aventi come focus principale lo sviluppo di modelli termodinamici e strategie di controllo avanzate per pompe di calore reversibili e per l'interfaccia di scambio bidirezionale con reti termiche locali a bassa temperatura.

- Ottobre 2022-ad oggi: partecipazione, in qualità di soggetto strutturato appartenente alla "massa critica" per l'Università di Palermo, alle attività di ricerca relative allo "**SPOKE 5 - Closed-loop, sustainable, inclusive factories and**

**processes**"- nell'ambito del programma del Partenariato Esteso "3A-Italy", finanziato nel quadro del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4 "Istruzione e Ricerca" – Componente 2 "Dalla Ricerca all'Impresa" – Investimento 1.3, finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU, a valere sull'Avviso pubblico del Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) n. 341 del 15.03.2022. Codice identificativo PE0000004 - CUP UNIPA B73C22001270006. L'attività di ricerca è incentrata sullo studio di soluzioni per l'efficientamento energetico nel settore industriale italiano.

## AMBITI DI RICERCA

**Termoeconomia ed applicazioni al cost accounting ed alla diagnostica:** con riferimento al cost accounting, l'attività di ricerca ha mirato allo sviluppo di modelli termoeconomici per: (i) allocazione di costi in impianti di produzione combinata di energia elettrica e acqua dissalata, (ii) supporto al design e alla gestione di impianti frigoriferi operanti con più gruppi in parallelo, e (iii) ricostruzione del processo di formazione del costo unitario dell'acqua dissalata in un impianto multi-effetto del tipo Forward Feed (FW-MED) al fine di identificare i sottosistemi più influenti. Inoltre, grazie alla collaborazione con la Dott.ssa Ana Picallo-Perez dell'Università di Bilbao, è stato proposto un modello termoeconomico di impianti di condizionamento aria-acqua asserviti ad edifici, necessario per lo sviluppo di metodi diagnostici per i suddetti sistemi basati sulla Termoeconomia. L'attività di ricerca ha inoltre esaminato le potenzialità di un approccio integrato "Life Cycle Assessment" e "Termoeconomia" come metodo di supporto alla decisione nel design e management dei sistemi energetici. In un secondo periodo le attività di ricerca sono state orientate allo sviluppo di metodologie termoeconomiche per la *Fault Detection and Diagnosis*, con un particolare focus all'individuazione anticipata dei malfunzionamenti più comuni in unità di condizionamento dell'aria air-cooled, di tipo rooftop: le tipologie di faults attenzionate sono state il fouling al condensatore ed all'evaporatore, la perdita di carica di refrigerante. L'analisi è stata inizialmente basata sull'uso di parametri termodinamici di esercizio derivati da simulazioni 1-D del funzionamento di unità rooftop, operando una calibrazione del metodo. La collaborazione instaurata con il Dip. di Ingegneria Meccanica dell'Università di Purdue (Indiana, US) e la permanenza presso gli Herrick Laboratories del sottoscritto hanno reso disponibili numerosi risultati ottenuti attraverso estese campagne sperimentali su un'unità rooftop operante tra due camere climatiche a temperatura e umidità relativa controllate e modulabili, consentendo di affinare il metodo e di mettere a punto nuovi approcci basati sulle "equazioni caratteristiche" della Teoria Strutturale della Termoeconomia.

**Modellazione e formulazione di schemi di controllo innovativi per refrigeratori condensati ad aria e pompe di calore reversibili aria-acqua:** filone di attività relativo allo sviluppo di modelli e strategie di controllo per refrigeratori d'acqua condensati ad aria per condizionamento ambientale e pompe di calore reversibili aria-acqua. L'attività di ricerca mira a sviluppare strategie di controllo volte non solo al miglioramento delle performance energetiche stagionali, ma anche alla promozione delle flessibilità di tali tecnologie in contesti ad elevata penetrazione di fonti di energia rinnovabile. Tali analisi hanno richiesto il supporto di simulazioni 1-D effettuate tramite il simulatore di impianti frigoriferi IMST-Art e sviluppo di architetture di controllo in ambiente MATLAB-Simulink.

**Sviluppo modelli per simulazione dinamica di sistemi energetici:** l'attività di ricerca prevede lo sviluppo in ambiente TRNSYS di modelli di centrali termo-frigorifere asservite principalmente al settore terziario, comprendenti anche tecnologie alimentati a fonti energetiche rinnovabili quali scambiatori di calore geotermici o concentratori solari dish-Stirling. Inoltre, l'attività ha previsto lo sviluppo di modelli di sottostazioni termiche per utenti "prosumer", finalizzate allo sviluppo di nuovi meccanismi di heat pricing.

**-Salinity Gradient Engines:** si sono condotte accurate analisi exergetiche per sistemi di generazione elettrica da gradienti salini basati su *Reverse Electro-Dialysis (RED)*, ed in particolare su configurazioni *closed-loop* per la conversione di cascami termici a bassissima temperatura da utilizzare per la rigenerazione delle soluzioni concentrate e diluite in ingresso all'unità RED. In una prima fase, l'analisi exergetica relativa al solo processo RED ha consentito di quantificare, al variare delle condizioni operative (rapporto tra resistenza interna ed esterna, rapporto tra le concentrazioni delle soluzioni diluita e concentrata, disposizione dei flussi in equicorrente ed in controcorrente nei canali alternati) l'incidenza di ciascuna delle principali fonti di irreversibilità: perdite ohmiche interne, permselettività delle membrane, flusso diffusivo di Sali e flusso diffusivo di acqua. Tale analisi ha richiesto lo sviluppo di un modello 1-D del processo RED in opportuni software, tra cui *Engineering Equation Solver*. Successivamente l'analisi exergetica è stata applicata al sistema *closed-loop Reverse ElectroDialysis-Multieffect Distillation*, al fine di individuare il contributo di ciascun sottosistema sulla performance energetica globale del processo di conversione "energia termica-energia elettrica". Analisi di sensitività su condizioni operative (quali le concentrazioni saline dei flussi) e dei principali parametri di membrana ha

fornito utili informazioni per lo sviluppo futuro di tale tecnologia.

**Impianti Poligenerativi:** l'attività di ricerca è stata focalizzata allo sviluppo di tecniche di ottimizzazione basate sulla Mixed Integer Linear Programming per impianti trigenerativi, nonché sull'uso di algoritmi evolutivisti per l'ottimizzazione di sintesi, design and operation di sistemi energetici complessi.

**Metodi innovativi per il risparmio energetico nell'industria agroalimentare:** si è avviato di recente un filone di attività relativo all'ottimizzazione di esercizio di sistemi energetici, ed in particolare di impianti di refrigerazione, per l'industria agroalimentare. Dettagliati energy audits condotti per alcune utenze, in particolare nel settore vitivinicolo, hanno reso possibile elaborare profili di consumo accurati da utilizzare come base per la definizione di nuovi indicatori "Seasonal Energy Efficiency Ratio" customizzati sulle specificità dell'utenza e su quelle climatiche del suo sito. L'analisi è altresì incentrata sulla quantificazione del beneficio associato all'adozione della tecnologia VVR (Variable Volume Ratio) su compressori a vite e scroll in chiller condensati ad aria, tenendo conto delle strategie di regolazione delle velocità di trascinamento dei ventilatori. Tali analisi hanno richiesto il supporto di simulazioni 1-D effettuate tramite il simulatore di impianti frigoriferi IMST-Art.

## ALTRE ATTIVITÀ

1. Da Giugno 2019 al Giugno 2021 è stato membro dell'Editorial Board della rivista "**American Journal of Energy Engineering**".
2. Da Agosto 2020 è "Advisory Topic Editor" dalla rivista "**Sustainability**", ruoli finalizzato alla proposta e responsabilità di Special Issues (disponibile a [https://www.mdpi.com/journal/sustainability/topic\\_editors](https://www.mdpi.com/journal/sustainability/topic_editors))
3. Guest Editor della Special Issue dal titolo "Photovoltaic/Thermal Systems: Advances and Contribution to the Development of Renewable Energy Communities" per la rivista "Energies" (MDPI, IF 2021 pari a 3.252).
4. Sino ad oggi, ha svolto attività di **peer review** per alcune riviste scientifiche internazionali, tra le quali: *Energies, Entropy, Sustainability, Journal of Cleaner Production, Desalination, Journal of Marine Science and Engineering, Journal of Building Engineering, Applied Energy and Energy Conversion and Management.*