

# Un digital twin deterministico per prevedere e simulare le condizioni operative di una pompa di calore

Intervista a Marina Brancaccio, vincitrice ex-aequo del terzo Premio Tesi di Laurea "Ingenio al Femminile" del CNI. "Questo riconoscimento ha rafforzato in me la convinzione che ognuno di noi può dare un contributo, seppur piccolo, per un futuro più sostenibile"

“Una tesi triennale su una nuova strategia di identificazione e diagnosi dei malfunzionamenti e dei guasti degli impianti a pompa di calore, che sfrutta la tecnologia dell'Internet of Things (IoT), al fine di prevenire la diffusione nell'ambiente dei liquidi refrigeranti dei macchinari”. Con questa motivazione, Marina Brancaccio si è aggiudicata ex-aequo il terzo Premio Tesi di Laurea "Ingenio al Femminile", il progetto, giunto ormai al suo decimo anno di vita, con il quale il Consiglio Nazionale Ingegneri promuove e valorizza le competenze femminili all'interno di un settore ancora percepito di competenza maschile. "Ricevere questo riconoscimento, al termine di un percorso di laurea triennale, è stato certamente inaspettato e, al contempo, fonte di grande soddisfazione e di incoraggiamento, perché mi ha permesso di capire che posso dare anch'io il mio contributo in un ambito così impegnativo, soprattutto per il mondo femminile, come quello del mestiere dell'ingegnere", racconta Marina Brancaccio.

"Ho scelto di frequentare il corso di laurea triennale in Ingegneria Meccanica presso l'Università Federico II di Napoli, perché essendo uno dei migliori Atenei in Italia per produzione scientifica, mi offriva la possibilità di avvalermi di docenti di altissimo livello che hanno avuto un peso importante nella mia formazione, in primis il mio relatore, prof. Alfonso William Mauro, che insieme al correlatore, ing. Francesco Pelella, mi ha costantemente seguita durante il lavoro di tesi. Poi ho scelto di proseguire gli studi con un Master in Ingegneria Meccanica a indirizzo energetico presso l'Università tecnica di Delft in Olanda, considerata uno dei più prestigiosi istituti di ricerca al mondo, per affrontare lo studio con un sistema universitario diverso, basato su un metodo di insegnamento interattivo e su un approccio problem based, con corsi di studio improntati alla preparazione al lavoro, in lingua inglese; un'esperienza di studio internazionale di cui potrò avvalermi in

campo lavorativo", prosegue Marina.

## L'INNOVATIVO APPROCCIO DETERMINISTICO

Un aspetto fondamentale per ottenere un futuro più sostenibile risiede nella sostituzione di sistemi basati sulla combustione di fonti fossili con sistemi basati su energie rinnovabili. In particolare, per quanto riguarda il settore del riscaldamento e raffrescamento, le pompe di calore assumono un'importanza rilevante nel futuro processo di decarbonizzazione del sistema energetico europeo, in quanto costituiscono dei sistemi energetici effettivamente rinnovabili, potendo sfruttare, nonostante necessitino di energia elettrica per funzionare, fonti rinnovabili per prelevare energia termica dall'ambiente esterno, e riuscendo a restituire una quota energetica maggiore di quella spesa. "In relazione alla loro diffusione - spiega Marina Brancaccio - è importante poter analizzare le condizioni operative e quei guasti lievi che, nonostante l'utilizzo delle pompe di calore comporti una notevole riduzione delle emissioni inquinanti, potrebbero avere un grosso impatto sui consumi energetici della macchina, diminuendone l'efficienza e incrementandone i costi, come nel caso della presenza di una perdita di fluido refrigerante, uno dei guasti più verificati in questi sistemi. Questo tipo di perdita, infatti, comporta non solo l'aumento

dei consumi energetici, a svantaggio dell'utente, ma anche la dispersione in ambiente di un fluido a elevato impatto ambientale, che accrescerebbe l'effetto serra". Va specificato che quelle giornaliere, di modesta entità, e quindi difficili da individuare, sono le perdite che si verificano più frequentemente e che portano la macchina a funzionare in una condizione di inefficienza per lungo tempo prima che l'utente possa accorgersene. "Al momento - spiega Marina - non ci sono soluzioni reali che possano rilevare in modo automatico questa tipologia di perdite. Per ovviare a situazioni di malfunzionamento prolungato della macchina stanno emergendo nuove strategie di identificazione e diagnosi di guasto che si basano su tecniche di intelligenza artificiale. Tuttavia, quest'ultime possono funzionare solo su una specifica macchina e non permettono di analizzare modifiche di impianto e l'integrazione di nuovi fluidi refrigeranti, a minore impatto ambientale. Un approccio più innovativo, completo ed economico, consiste nell'uso di modelli deterministici, i quali possono essere utilizzati per simulare le condizioni di una generica macchina. "Il lavoro di tesi analizza i vantaggi energetici derivanti dall'individuazione delle perdite, nei primi stadi in cui esse si verificano, tramite un digital twin deterministico. Nello studio sono stati consi-

derati diversi scenari di perdita di fluido refrigerante, al fine di individuare un potenziale beneficio energetico derivante dall'uso di dispositivi abilitati per l'Internet of Things (IoT) in grado di scorgere tali tipologie di perdite, utilizzando i dati sperimentali prelevati da una pompa di calore reale aria-aria, situata a Napoli, durante condizioni di operatività ordinaria e guasti lievi in regime estivo". Per individuare i possibili vantaggi, è stato effettuato un paragone in termini di efficienza media tra due casi: quello in cui il dispositivo abilitato per l'IoT è in grado di individuare la perdita e dare notifica all'utente, che potrà successivamente effettuare la riparazione, e quello in cui l'utente non è in grado di scorgere la perdita fino al momento in cui la potenza erogabile dalla macchina non è sufficiente a bilanciare il carico richiesto, provocando un aumento della temperatura.

"Nel primo caso - spiega Marina - il dispositivo IoT consente di inviare i dati rilevati tramite sensori al digital twin, il quale implementa un modello deterministico per stimare, in relazione alle condizioni al contorno e di utilizzo (consumi, velocità dei ventilatori e inverter), la carica di refrigerante e, in caso di perdita, avvisare l'utente. I risultati ottenuti mostrano che disponendo di un sistema abilitato per l'Internet of Things non solo la macchina funzionerebbe in modo più efficiente, ma si otterrebbe un notevole risparmio energetico e una conseguente riduzione delle emissioni inquinanti. Infatti, in una situazione di perdita grave, l'utilizzo di questo sistema consentirebbe di ottenere un risparmio energetico del 5,7% rispetto allo stesso scenario in cui quest'ultimo non è previsto. Mentre in una situazione di perdita lieve, ma continua nel tempo, pari a circa il 15% annuo, si ottiene un risparmio energetico del 12,6%, rispetto allo stesso scenario in cui il dispositivo non è previsto".

## LE PROSPETTIVE DELLA RICERCA

Lo studio, come delineato nel titolo della tesi, ha riguardato

"l'analisi dei consumi energetici di una EHP (Electric Heat Pump) in scenari di operatività ordinaria e con guasti lievi" ed è stato incentrato soprattutto sui possibili vantaggi dell'adozione di un modello deterministico che sfrutta la tecnologia IoT e sul loro conseguimento, ma gli sviluppi futuri sono molto promettenti. La possibilità di prevedere e simulare le condizioni operative di una generica pompa di calore, potenzialmente, costituisce un elemento essenziale nella diffusione della prossima generazione delle pompe di calore, soprattutto se relazionata ad un possibile cambio di gestione dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento tra l'azienda e il cliente. Infatti, adottando un business model come la circular economy, integrato con tale strategia, in cui l'azienda fornisce un pacchetto completo costituito da servizi, come la manutenzione piuttosto che la macchina stessa, sarebbe possibile conseguire un'efficienza continua, garantendo un ottimo livello di comfort per il cliente con il minore impatto ambientale.

"Sono molto motivata dai risultati ottenuti. La partecipazione al concorso mi ha dato anche la possibilità di avviare un tirocinio con Swegon, azienda leader nel settore della climatizzazione e uno degli sponsor del premio Tesi di Laurea del CNI, che ha avuto modo di conoscere il mio lavoro di tesi proprio in occasione della premiazione. Mi piacerebbe continuare a lavorare nel settore del riscaldamento e raffrescamento perché è un ambito che ho avuto modo di approfondire durante il mio percorso di laurea, ma quello che mi auguro per il futuro è di non perdere quella determinazione che ha caratterizzato tutto il mio percorso di studi perché, come ho scritto nella lettera di motivazione che ho inviato per la partecipazione al concorso, per quanto piccolo possa essere il mio contributo, lavorerò nella consapevolezza che ognuno di noi può contribuire alla salvaguardia dell'ambiente e del nostro ecosistema".

— "Per quanto piccolo possa essere il mio contributo, lavorerò nella consapevolezza che ognuno di noi può contribuire alla salvaguardia dell'ambiente e del nostro ecosistema" —

