SEMINARIO

Sistemi energetici e risorse idriche:
integrazione sostenibile, strumenti di valutazione e casi studio

TITOLO

Sviluppo di un simulatore per il funzionamento di AWGs

AUTORE

Ing. Paolo Cattani

Progetto PRIN 2022YSR9LM - Water-collection and Improvement of Sustainability in the HVAC

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

Ministero dell'Università e della Ricerca

Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

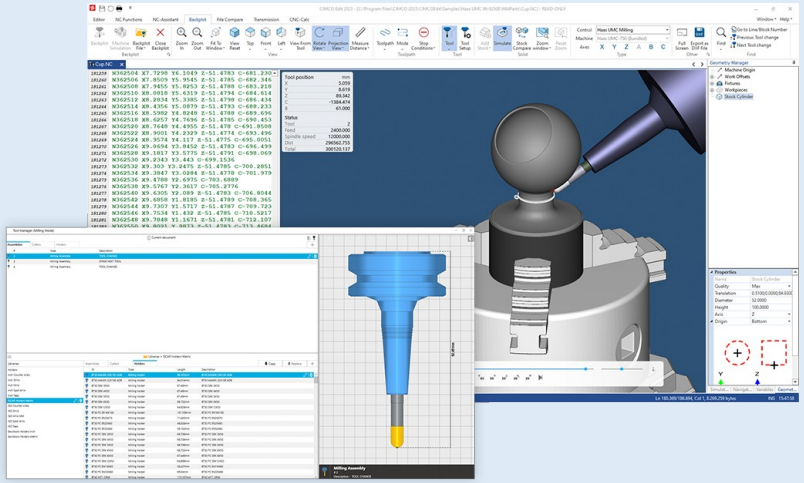
Simulatore:

un modello della realtà che consente di valutare e prevedere lo svolgersi dinamico di una serie di eventi o processi susseguenti all'imposizione di certe condizioni da parte dell'analista o dell'utente.

Perche’ simulare la realta’?

- Per riprodurre/analizzare scenari troppo costosi o pericolosi per essere studiati “dal vivo”.
- Per progettare/prototipizzare rapidamente nuove soluzioni (di vario tipo).
- Per addestrare l’essere umano o per studiarne l’interazione in determinati scenari.

Simulazione software



- Simula la realta’ attraverso un programma che esegue un calcolo matematico delle equazioni che governano il fenomeno da simulare.
- Simulazioni sempre piu’ complesse grazie all’avvento dell’informatica personale e la progressiva crescita della potenza dei PC.

Problema “ingegneristico”...

analogia con la progettazione:

viene fatto un utilizzo delle leggi della fisica/matematica alla base dei fenomeni naturali per predire il comportamento futuro dell’oggetto di studio.

Quanto piu’ alta e’ la corretta conoscenza di tali leggi, tanto maggiore e’ l’aderenza alla realta’ (simulazione realistica).

ma non solo!

il computer ha capacita’ finite:

Servono elevate capacita’ per realizzare un software che dia risultati precisi e non solo qualitativi.

Simulatore ≠ Semplice “traduzione” di formule in un qualche linguaggio di programmazione!

Software AWGSim

Nasce dall’esigenza di realizzare un simulatore di macchine AWG.

Tecnologia relativamente nuova per la quale non vi sono sul mercato prodotti complessi ad essa dedicati: necessita’ di sviluppare un software “ad hoc”.

Le principali sfide nella realizzazione

1) Gestione corretta dell’errore numerico (formato fp).

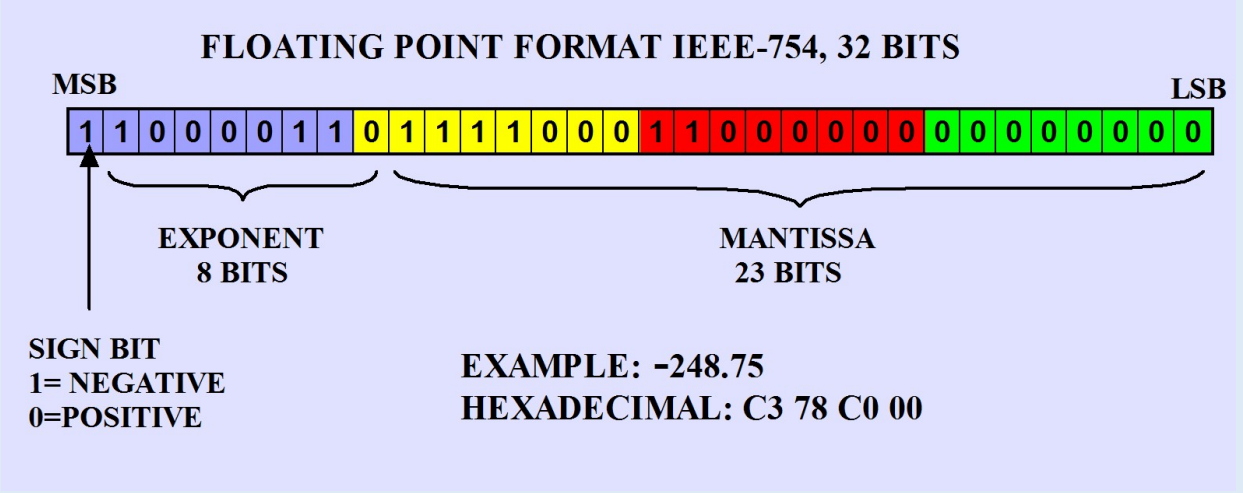
2) Integrazione numerica equazioni differenziali.

3) Elevata precisione (accordo coi dati sperimentali).

4) Focus sulla User Experience (facilita’ d’uso).

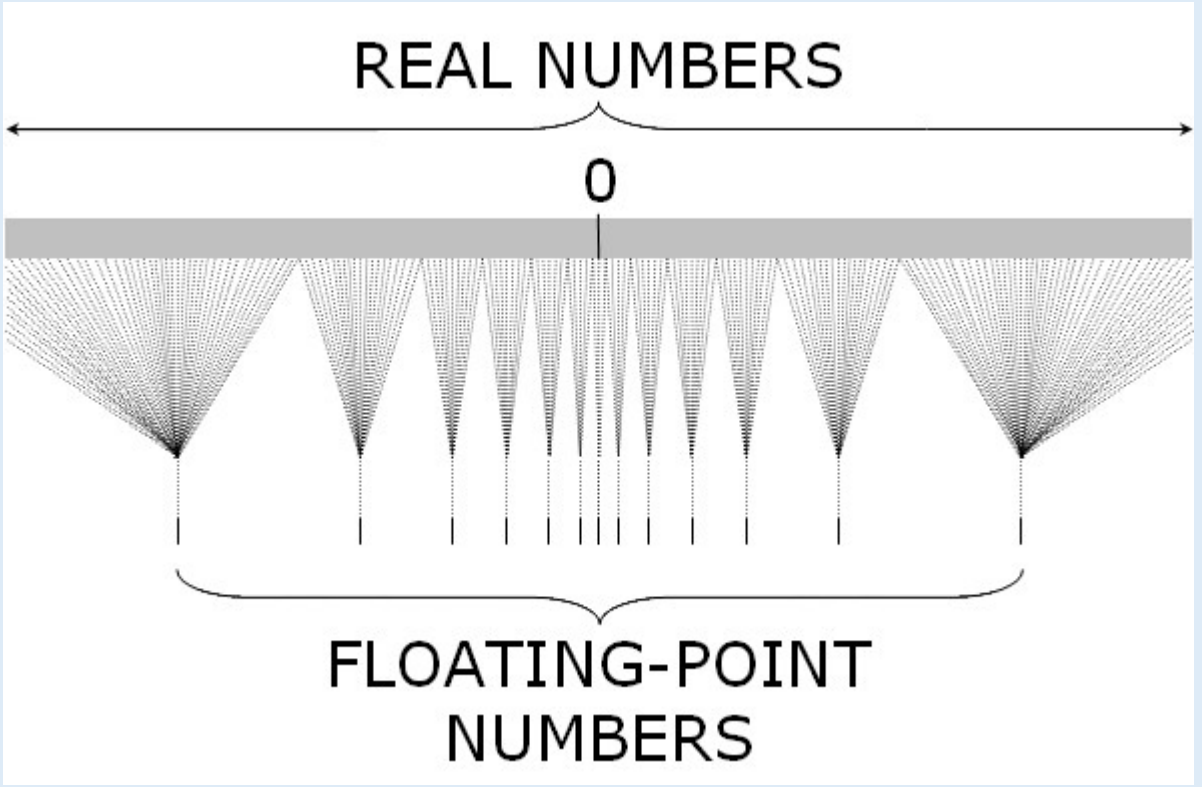
1) Errore numerico

Il computer rappresenta i numeri non interi (fp, “floating point”) in un formato particolare, che deve rappresentare in uno spazio finito oggetti dal contenuto potenzialmente infinito (numeri reali).



1) Errore numerico

Inevitabilmente, questo comporta il fatto che il computer approssimi, con un sottoinsieme finito di numeri razionali, l'insieme infinito dei numeri reali, con tutti i conseguenti errori di arrotondamento del caso.



1) Errore numerico

1) Errore numerico

- E’ stato spesso necessario modificare o riarrangiare le formule matematiche al fine di minimizzare o mitigare la propagazione dell’errore, in modo tale da garantire pero’ lo stesso significato fisico.

- Modificare le formule in modo “furbo” e’ stato utile anche ai fini dell’ottimizzazione.

2) Integrazione equazioni differenziali

- Equazioni che governano i fenomeni fisici (in particolare termodinamica e trasmissione del calore) espresse nel continuo (equazioni differenziali).
- Per essere integrate nella simulazione numerica vanno discretizzate (computer = clock).
- Esistono vari algoritmi di integrazione numerica, vanno scelti correttamente.

$$u(x,y,z,t) = u_1(x,y,z,t), \quad \forall (x,y,z) \in \partial A$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = K\nabla^2 u$$

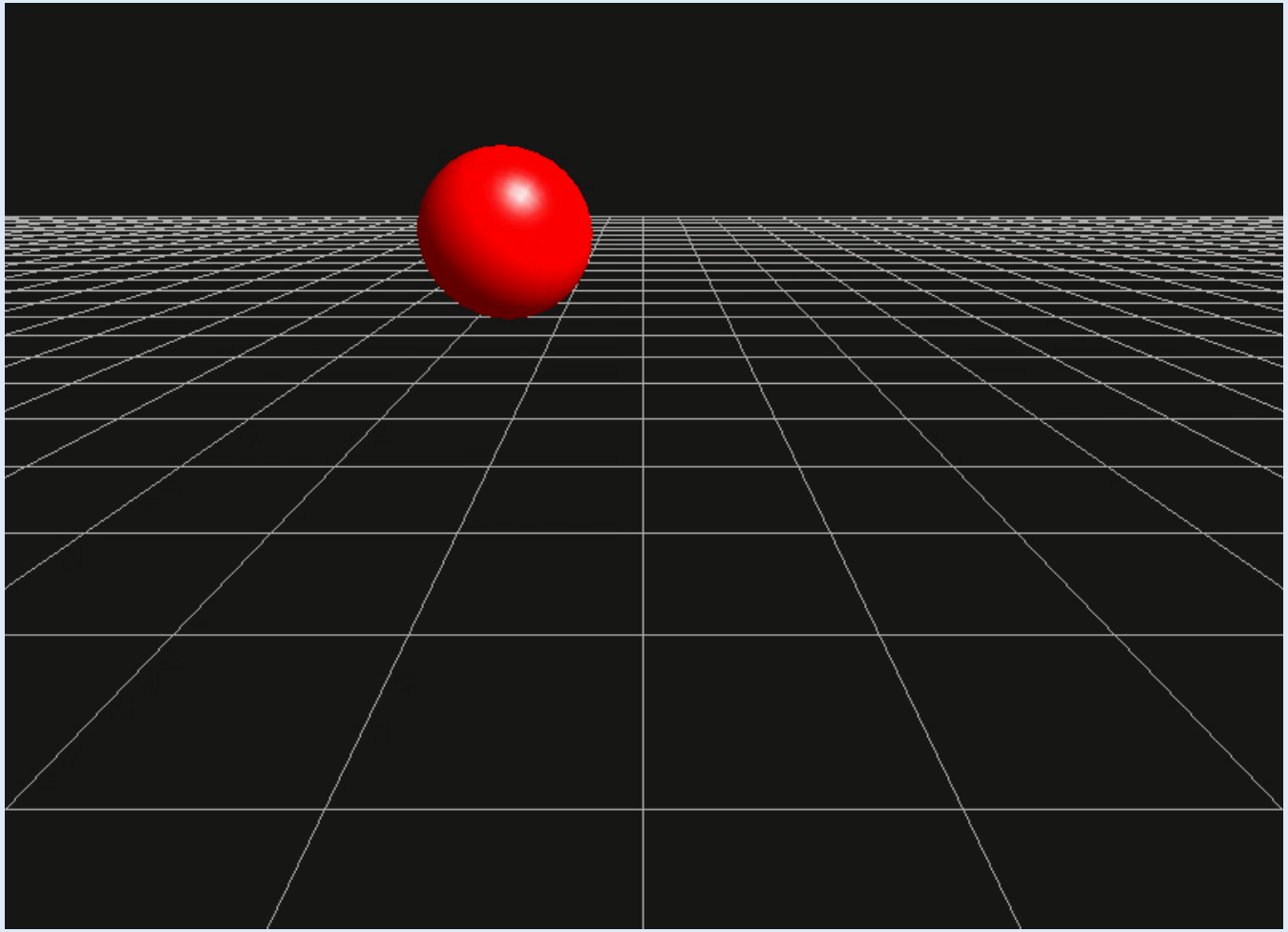
$$\lim_{x \to +\infty} u(x,t) = 0,$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = K\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

2) Integrazione equazioni differenziali

Attenzione a:

- Stabilita’
- Precisione
- Conservaz Energia

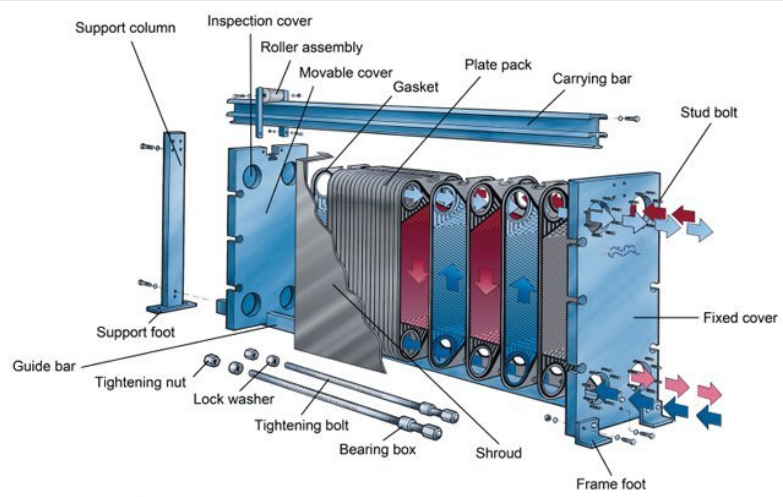


3) Precisione

Sebbene il processo fisico di una macchina AWG basata su ciclo frigo sia ben noto, e’ di primaria importanza un calcolo preciso, soprattutto per quanto riguarda la produzione di acqua, che normalmente viene vista come “prodotto di scarto”.

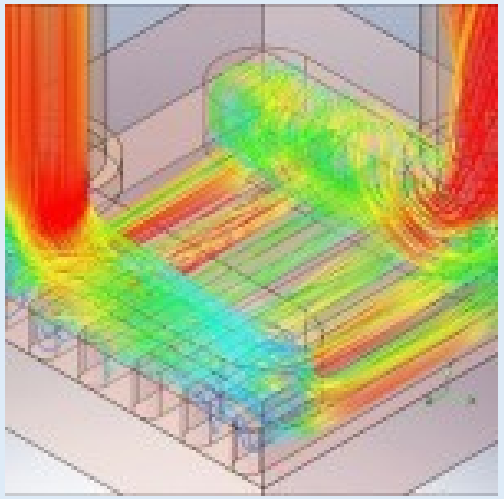
E’ stato necessario sviluppare algoritmi piu’ precisi, rispetto a quanto disponibile in letteratura o fornito dal costruttore, per la simulazione dei componenti piu’ critici.

3) Precisione



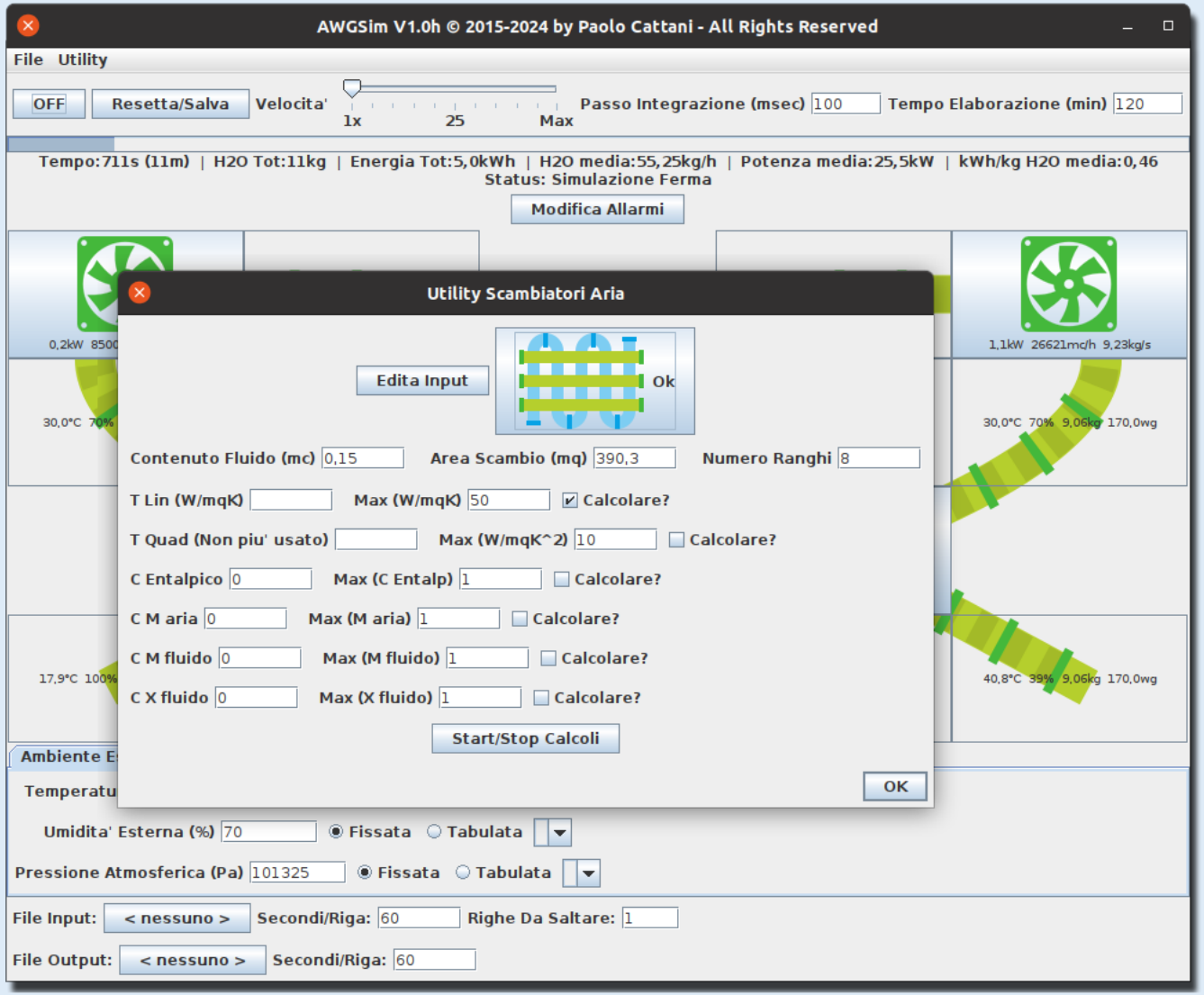
Esempio: scambiatori di calore.

Metodi base (tradizionali) insufficienti per il grado di precisione (realismo) richiesti.



Necessita’ di sviluppare nuovo modello basato su elementi finiti e fattori correttivi (delta entalpico, velocita’ fluidi, liquido-vapore etc.)

3) Precisione

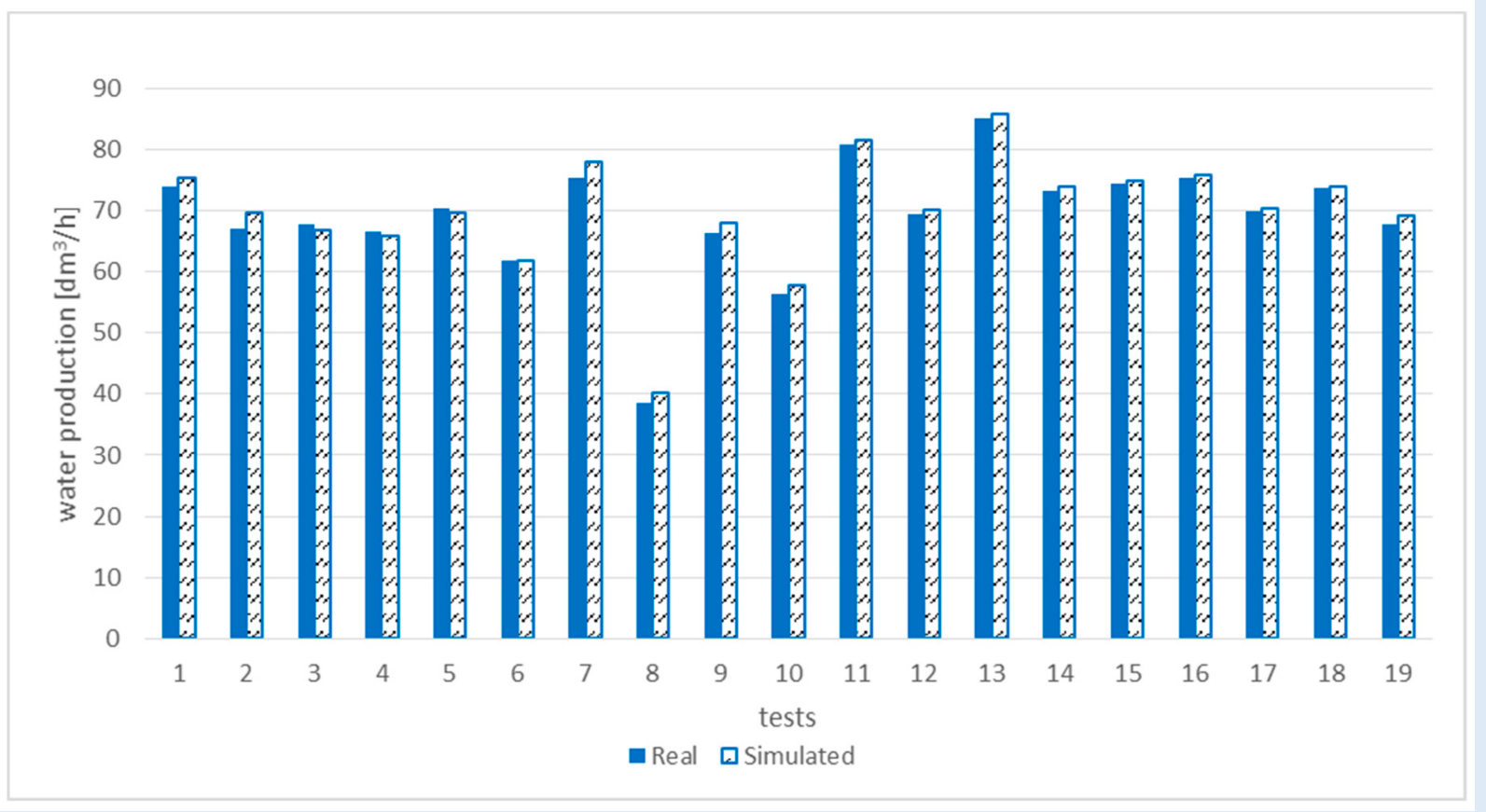


Necessita’, inoltre, di sviluppare procedure e metodologie per stimare i coefficienti dei modelli avanzati

(spesso non disponibili)

3) Precisione

Hotel in Villahermosa, Tabasco, Mexico.



4) (Last but not Least) User Experience

- Modularita’ (progettazione Obiect Oriented)
- User-Friendliness
- Interattivita’

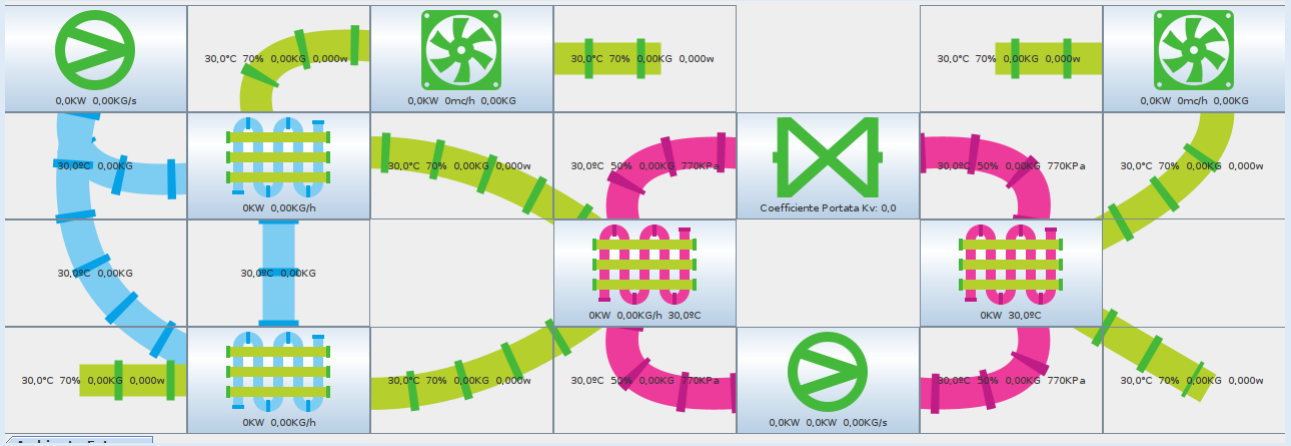
4) User Experience

Modularita’ (progettazione Obiect Oriented)

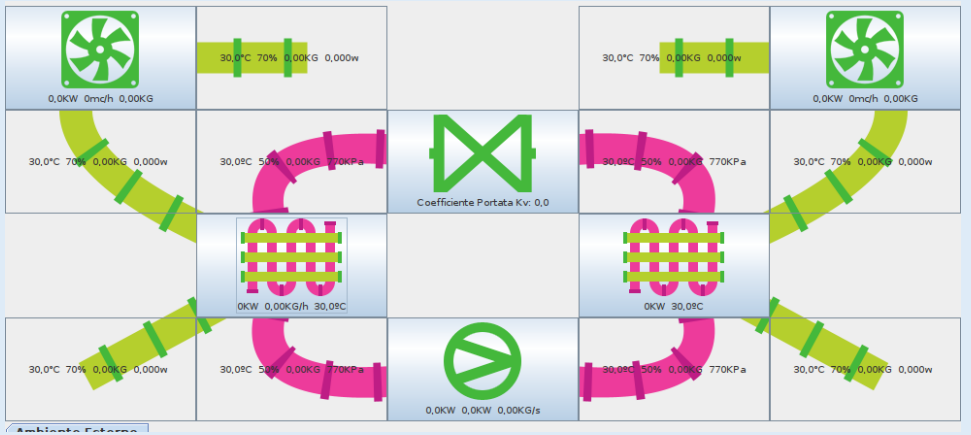
- Evitare la simulazione esplicita del concetto di “gruppo frigo” in forma monolitica.
- Simulare invece separatamente i singoli componenti collegabili tra loro da condotti che veicolano fluidi di vario tipo attraverso il network, garantendo la conservazione della massa e dell’energia.

4) User Experience

Modularita’:



L’approccio permette grande flessibilita’ nel tipo di macchina da simulare.



4) User Experience

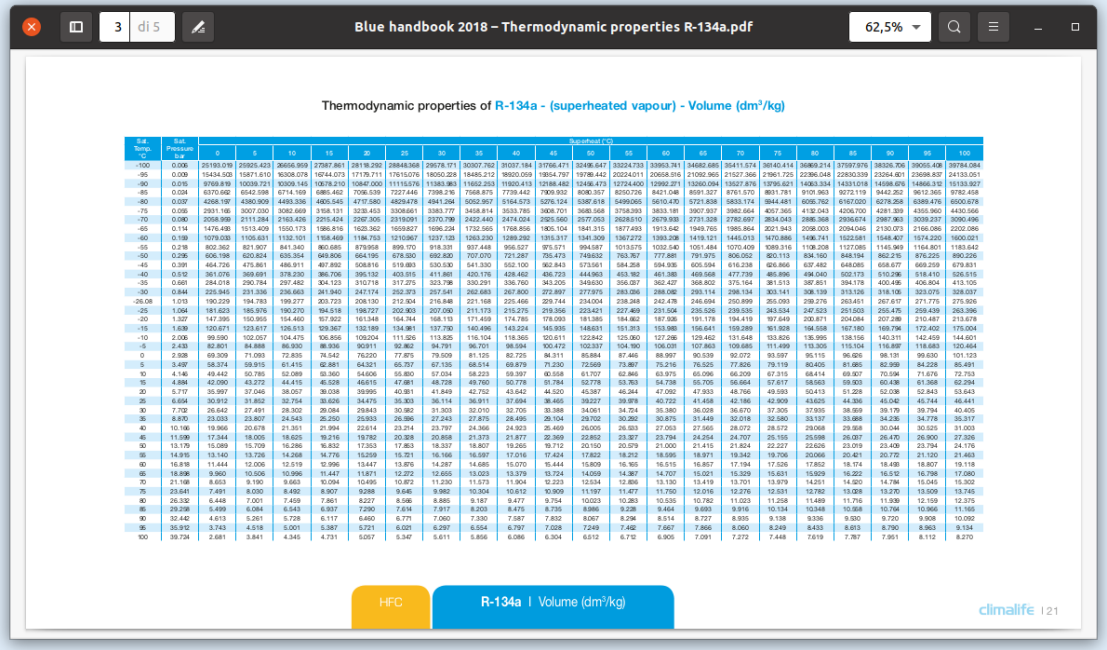
Modularita’:

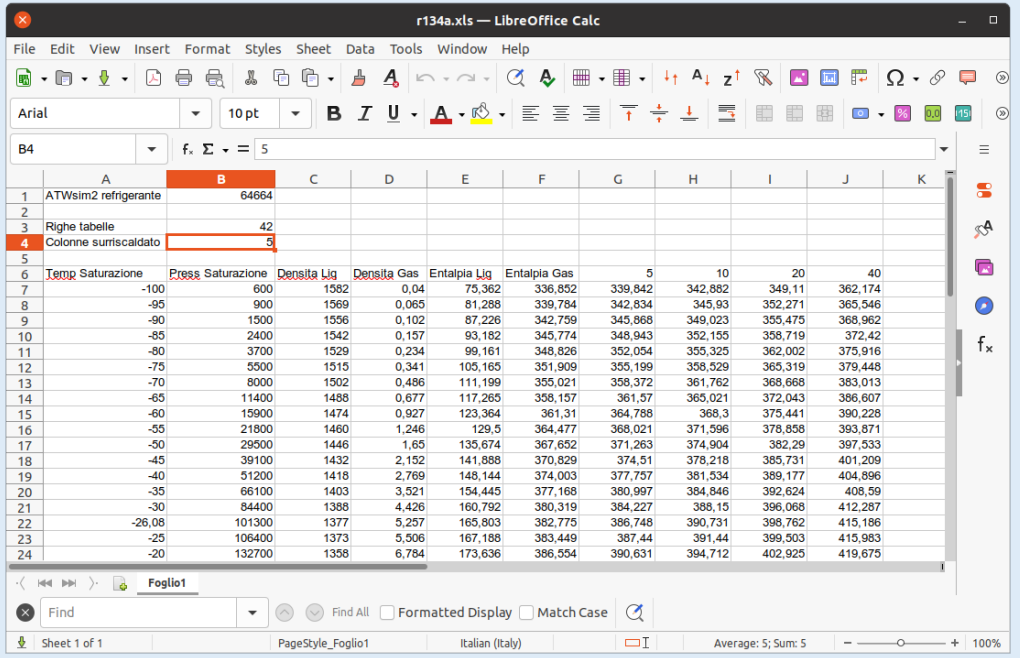
Grazie ad un approccio modulare basato sulla OOP e’ possibile estendere facilmente le funzionalita’ del simulatore.

Ad esempio, e’ stato possibile aggiungere nuovi componenti per simulare AWG integrate, o dare all’utente la possibilita’ di creare fluidi refrigeranti custom tramite tabelle esterne.

4) User Experience

Modularita’:



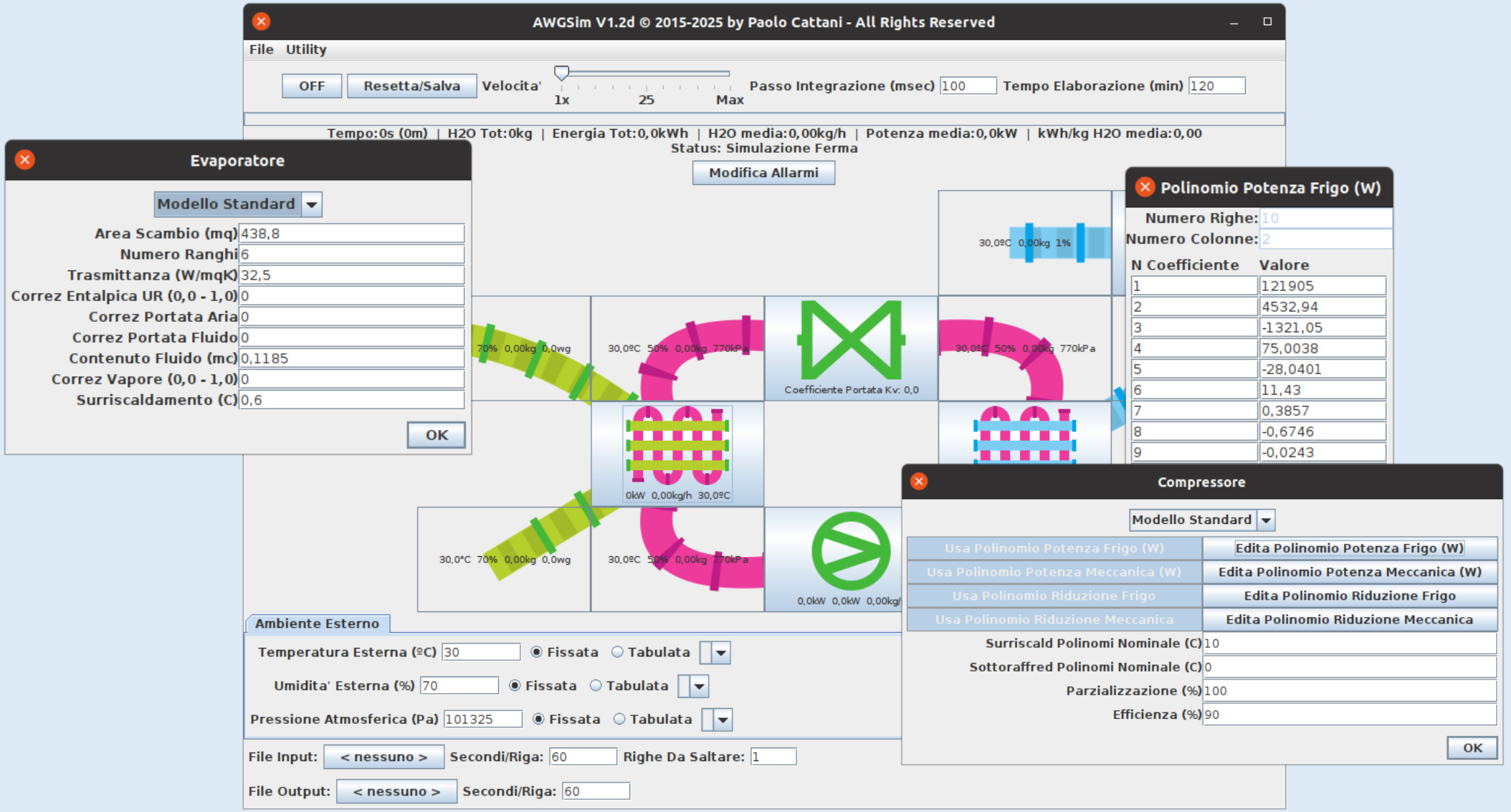


4) User Experience

User-friendliness:

- Interfaccia grafica semplice ed intuitiva per accedere alle funzionalita’ del simulatore.
- Organizzazione coerente della GUI e progettazione compatibile con estensioni future (evitare “accrocchi”).
- Output quanto piu’ possibile sia visuale che numerico.

4) User Experience

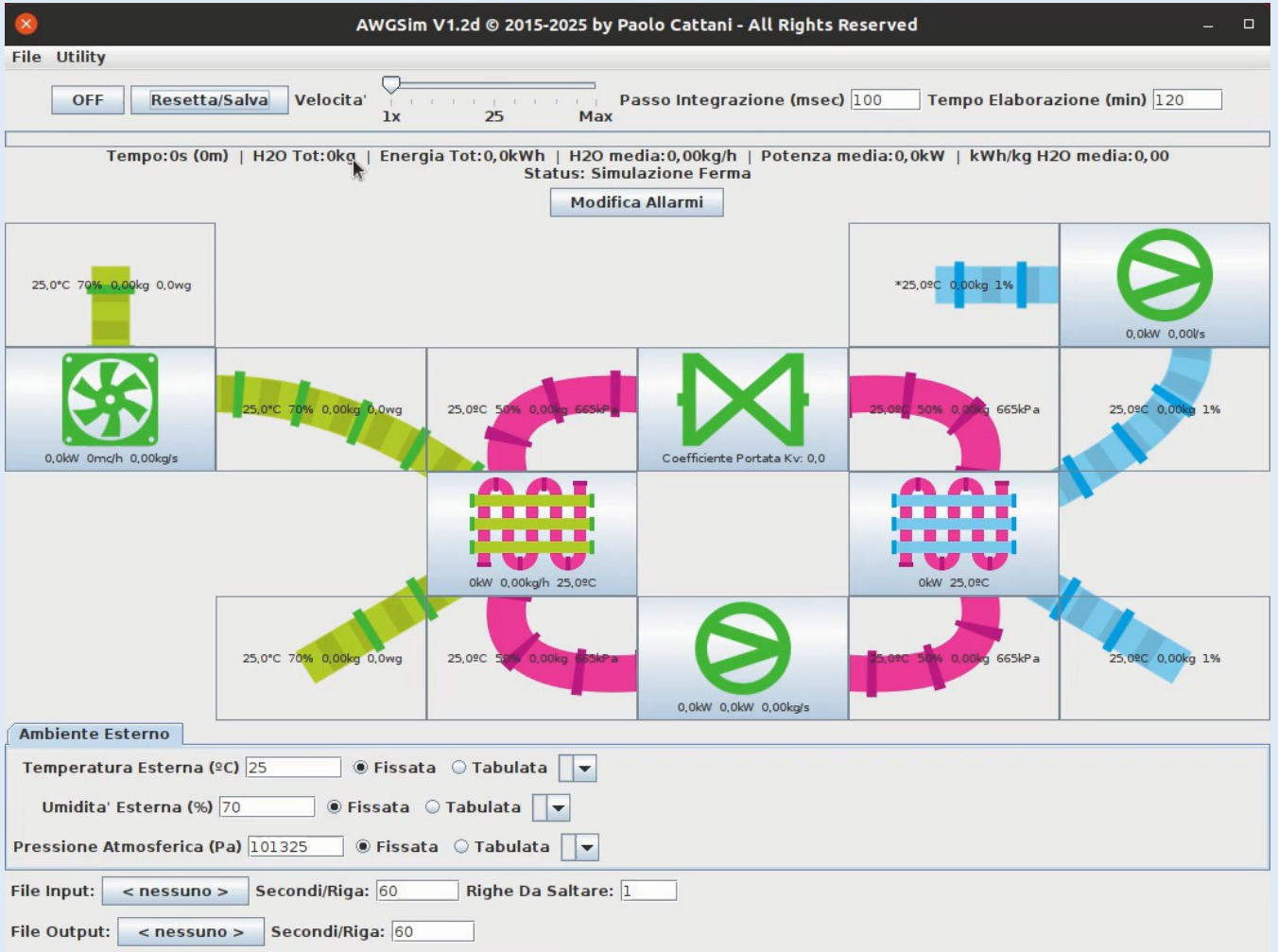


4) User Experience

Interattivita’:

- Utilizzo del formato di file Excel (evitato formati proprietari) per l’input output (pre e post-elaborazione dei dati di input-output o dei file di configurazione).
- Simulazione dinamica: possibilita’ di elaborazione “batch” o interazione in real-time con l’utente
- Feedback visivo.

4) User Experience



Grazie dell’attenzione!