



# Dott. Ing. Paolo Cattani

Ottimizzazione delle apparecchiature attraverso modelli di simulazione dedicati in regime dinamico



# Passione che viene da lontano!

Da sempre affascinato dalla fisica/matematica e dall'informatica = simulazione!



100%, 50 fps

CRT Controls  Drive 8 17,0  Tape 000



# Informatica scientifica



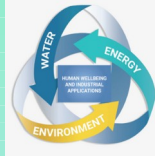
Simulatore Single Seater

Monza  
Garage &

Radical

ti portano  
in pista





# 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



# Una storia che viene da lontano:

- tardo XIX secolo, per il settore ferroviario e poi per il settore minerario. Simulatori utilizzati per addestrare gli operatori su come gestire le locomotive a vapore e le attrezzature minerarie
- Seconda guerra mondiale, simulatori impiegati per addestrare i piloti di aerei militari



## Esempio: simulatore elettromeccanico di tank (anni '70)





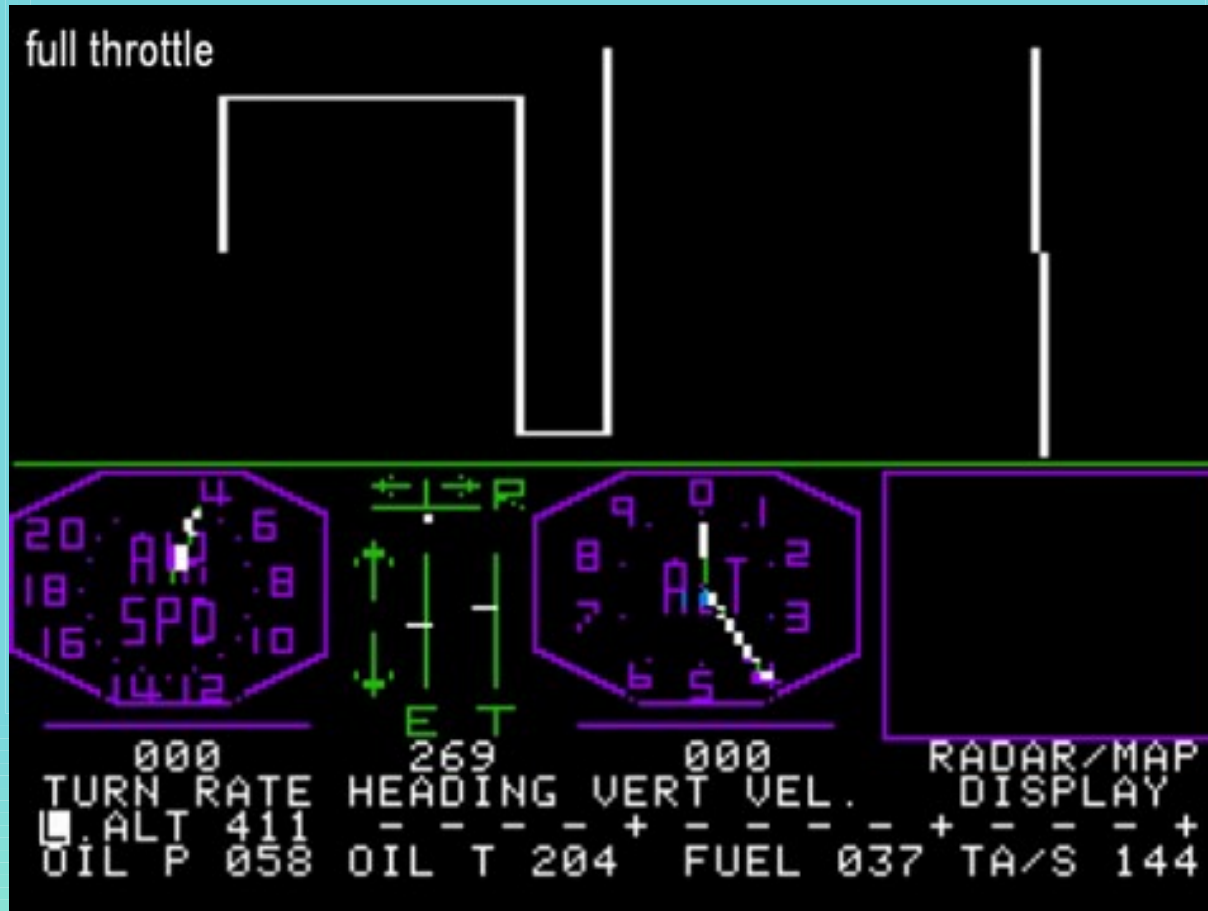
# Vera rivoluzione anni '80-'90:

- Grazie alla diminuzione dei costi dei microcomputer e alla crescita esponenziale delle capacità grafiche e di calcolo, i simulatori basati su modelli matematici implementati in motori di calcolo software si diffondono sempre di più
- sia a livello consumer che a livello industriale nei più svariati settori (automobilistico, aerospaziale, petrolifero, chimica, utilities...)





# FS1 Flight Simulator (Sublogic), 1979, primo vero sim di volo





# Simulatore chirurgico e simulatore di gestione magazzino



AWS è una tecnologia di Mecalux per provare il corretto funzionamento dei mezzi di movimentazione automatici





# Simulazione completa di una vettura sportiva (GT86) [www.virtualgp.info](http://www.virtualgp.info)





# Simulazione ATW integrata:

Principalmente due vantaggi:

- Permette di prototipizzare velocemente nuove macchine e/o di valutare “in vitro” modifiche alle apparecchiature esistenti; ottimizzazione per T/U sia industriale sia scientifico (ricerca)
- Permette la valutazione precisa dei costi/benefici relativamente all’adozione di questo tipo di macchinari, ad esempio in sostituzione o affiancamento di impianti preesistenti



# Perche' un software "ad hoc"?

Esistono sul mercato, da tempo, soluzioni software in grado di simulare il ciclo frigo.

La simulazione di macchine dedicate alla produzione di acqua dall'aria ha pero' delle specificita' che richiedono un software appositamente sviluppato.

In particolare, vi sono ben tre motivi per cui un software su misura e' piu' indicato.



# 1) Modularita'

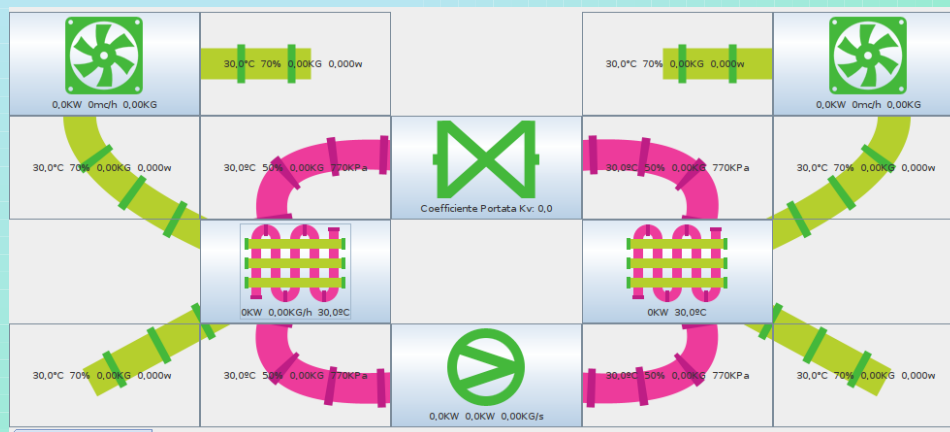
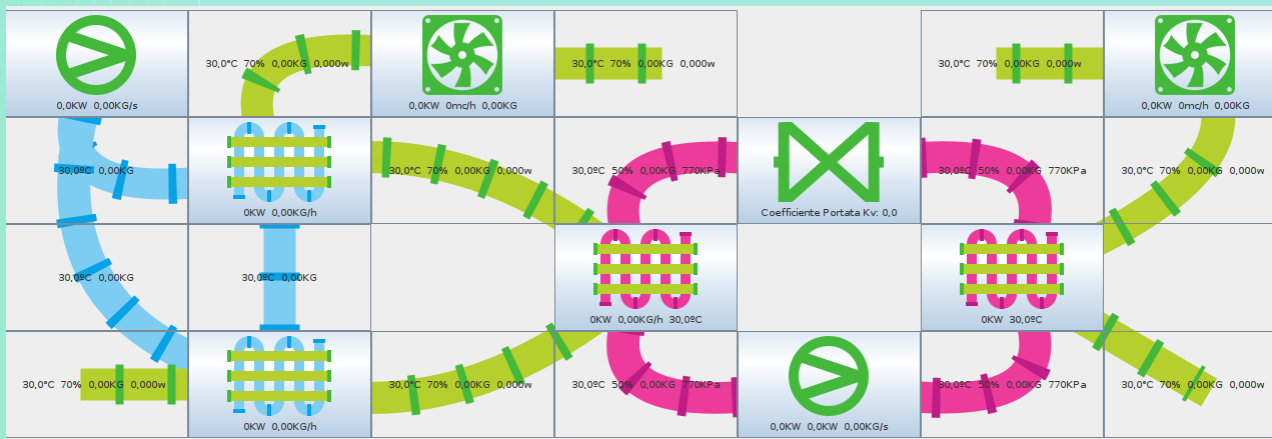
Software modulare: non simula esplicitamente il concetto di “gruppo frigo”, bensì singoli componenti collegabili tra loro da un network di condotti.

I condotti veicolano fluidi di vario tipo tra i diversi componenti del network, garantendo la conservazione della massa e dell'energia.

Approccio che permette grande flessibilità nel tipo di macchina da simulare.



# 1) Modularita'

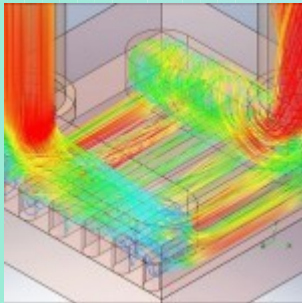


Ambiente Esterno



## 2) Precisione

Sebbene il processo fisico alla base di una macchina ATW sia il ciclo frigo, e' di primaria importanza un calcolo preciso, soprattutto per quanto riguarda la produzione di acqua, che normalmente viene vista come "prodotto di scarto".



E' necessario sviluppare algoritmi piu' precisi per la simulazione dei componenti critici (ad esempio, scambiatori, calcolo quasi-FE).





## 2) Precisione

TEST - ATWsim2 V1.0e - clin - (c) 2015-2021 by Paolo Cattani - All Rights Reserved

File Utility

OFF Resetta/Salva Velocità: 1x 25 Max Passo Integrazione (msec) 100 Tempo Elaborazione (min) 120

Tempo: 0s (0m) | H2O Tot: 0,0KG | Energia Tot: 0,0KWh | H2O media: 0,00KG/h | Potenza media: 0,0KW | KWh/KG H2O media: 0,00  
Status: Simulazione Ferma

Modifica Allarmi

**Evaporatore**

Modello Standard

Contenuto Fluido (mc) 0,1185

Area Scambio (mq) 505,2

Numero Ranghi 14

Trasmittanza (W/mqK) 10

Correz Entalpica UR (0,0 - 1,0) 0,5

Correz Portata Aria 0,26

Correz Portata Fluido 0,1

Correz Vapore (0,0 - 1,0) 0,5

Surriscaldamento (C) 0,6

OK

Ambiente Esterno

Temperatura Esterna (°C) 30  Fissata  Tabulata

Umidità Esterna (%) 70  Fissata  Tabulata

Pressione Atmosferica (Pa) 101325  Fissata  Tabulata

File Input: < nessuno > Secondi/Riga: 60 Righe Da Saltare: 1

File Output: < nessuno > Secondi/Riga: 60



# 2) Precisione

TEST - ATWsim2 V1.0e - clin - (c) 2015-2021 by Paolo Cattani - All Rights Reserved

File Utility

OFF | **Resetta/Salva** | Velocita'  | Passo Integrazione (msec)  | Tempo Elaborazione (min)

Tempo:0s (0m) | H2O Tot:0,0KG | Energia Tot:0,0KWh | H2O media:0,00KG/h | Potenza media:0,0KW | KWh/KG H2O media:0,00

**Polinomio Potenza Frigo (W)**

Numero Righe: 10  
Numero Colonne: 2

N	Coefficiente	Valore
1		121905
2		4532,94
3		-1321,05
4		75,0038
5		-28,0401
6		11,43
7		0,3857
8		-0,6746
9		-0,0243
10		-0,1107

OK

**Compressore**

Standard

**Edita Polinomio Potenza Frigo (W)**

**Edita Polinomio Potenza Meccanica (W)**

**Edita Polinomio Riduzione Frigo**

**Edita Polinomio Riduzione Meccanica**

**Edita Portata Controllata in Temperatura**

Surriscald Polinomi Nominale (C)

Sottoraffred Polinomi Nominale (C)

Parzializzazione (%)

Efficienza (%)

OK

**Ambiente Esterno**

Temperatura Esterna (°C)   Fissata  Tabulata

Umidita' Esterna (%)   Fissata  Tabulata

Pressione Atmosferica (Pa)   Fissata  Tabulata

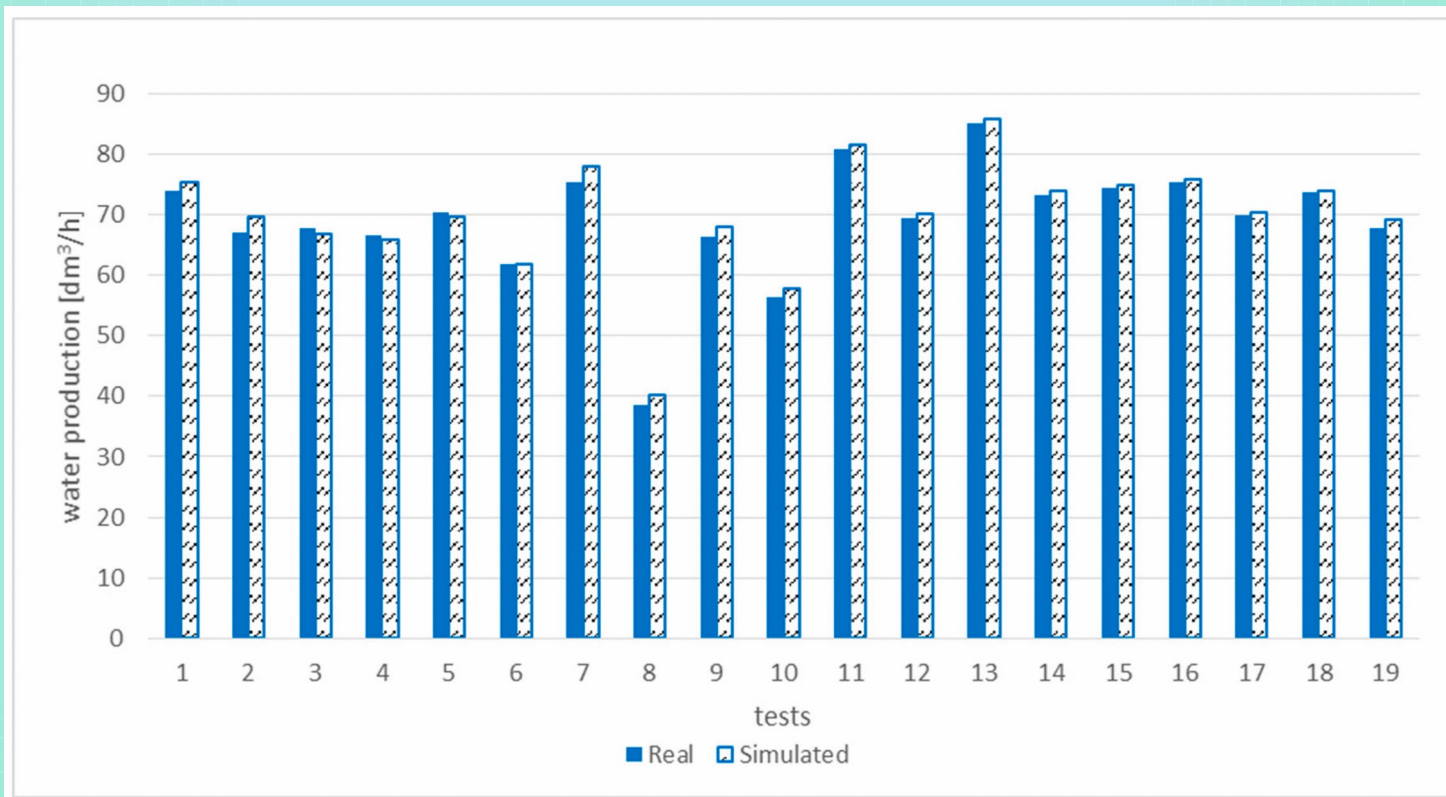
File Input:  Secondi/Riga:  Righe Da Saltare:

File Output:  Secondi/Riga:



# 2) Precisione

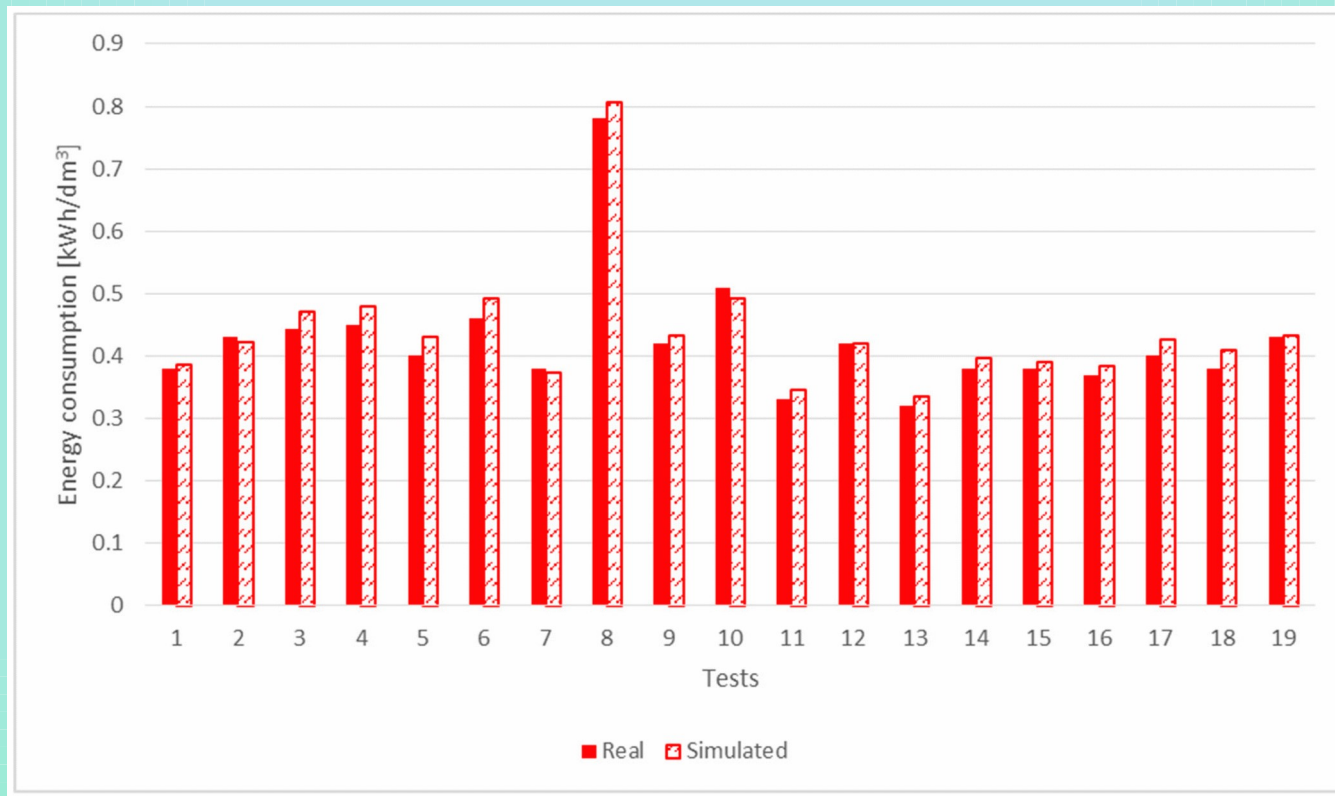
Hotel in Villahermosa, Tabasco, Mexico





## 2) Precisione

Hotel in Villahermosa, Tabasco, Mexico





## 3) Simulazione dinamica

L'interazione in real-time dello scambio di fluidi tra i diversi componenti permette una simulazione dinamica del sistema.

E' così possibile analizzare i transitori in regime tempo variante, sia per quanto riguarda l'avviamento della macchina che per quanto concerne la variazione delle condizioni ambientali durante la giornata (temperatura/umidità').

E' possibile simulare sistemi di controllo in retroazione (controllori PID etc.) sui vari componenti.



# 3) Simulazione dinamica

**File Utility**

OFF   **Resetta/Salva**   Velocita'    Passo Integrazione (msec)    Tempo Elaborazione (min)

Attiva/Disattiva la Simulazione

Tempo:13s (0m) | H2O Tot:0KG | Energia Tot:0,1KWh | H2O media:0,02KG/h | Potenza media:21,8KW | KWh/KG H2O media:234,04  
Status: Simulazione Ferma

**Modifica Allarmi**

 0,0KW 1996m³/h 0,69KG	30,0°C 70% 0,68KG 0,013w		30,0°C 70% 3,32KG 0,062w	 0,1KW 9755m³/h 3,38KG
30,0°C 70% 0,68KG 0,013w	23,6°C 11% 0,03KG 698KPa	 Coefficiente Portata Kv: 0,1	37,1°C 0% 0,16KG 971KPa	30,0°C 70% 3,28KG 0,062w
	 5KW 0,73KG/h 23,6°C		 28KW 38,3°C	
23,7°C 100% 0,68KG 0,013w	24,2°C 100% 1,22KG 698KPa	 24,0KW 195,4KW 1,22KG/s	48,0°C 100% 1,22KG 971KPa	38,2°C 44% 3,28KG 0,062w

**Ambiente Esterno**

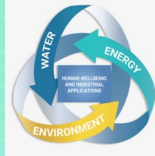
Temperatura Esterna (°C)     Fissata    Tabulata

Umidita' Esterna (%)     Fissata    Tabulata

Pressione Atmosferica (Pa)     Fissata    Tabulata

File Input:    Secondi/Riga:    Righe Da Saltare:

File Output:    Secondi/Riga:



# Sviluppi: Upgrade ATWsim2 alla macchina integrata

Il software ATWsim2 e' in grado di simulare con grande precisione una macchina Air To Water.

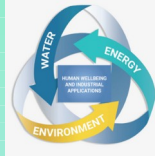
E' pero' necessario un upgrade del software per aggiungere i componenti necessari alla simulazione di una macchina integrata.



# 1) Nuovi componenti

E' necessario sviluppare nuovi componenti specifici per l'utilizzo integrato di macchine per la produzione di acqua dall'aria; ad esempio, la possibilità' di sfruttare il flusso di calore in uscita dal sistema per il riscaldamento degli edifici e/o la produzione di acqua calda sanitaria.





## 2) Nuovi controlli

Se il sistema si deve integrare nell'impiantistica di un edificio puo' essere necessario modificare la simulazione del software di controllo, poiche' la produzione di acqua dall'aria non e' piu' l'unico obiettivo.



# Simulazione integrata

Pervenire alla simulazione completa di un sistema in grado di funzionare in sostituzione e/o in affiancamento ad impianti preesistenti.

Il tutto per poter effettuare analisi comparate precise sulla soluzione migliore in termini di sostenibilità'.



# Grazie per l'attenzione!