



“Infrastrutture dei Data Center per la sostenibilità energetica e l’IA”

Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

Enrico Caronti
Country Manager IT-Rack

05 Novembre 2025



Indice degli argomenti:

- **Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip bifase**
- **Caso di Studio: ENEA Texta rossa - Recupero Energetico**

Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

INTRODUZIONE

Risparmio energetico

Agli effetti del risparmio energetico, diventa importantissimo dirigere l'aria di raffreddamento esattamente dove serve, cioè **sulla parte frontale dei server.**

All'aumentare della densità di potenza dissipata all'interno degli armadi, le soluzioni di climatizzazione tendono univocamente verso sistemi basati su «**scambio termico**» in grado di dirigere l'aria fredda all'interno del rack e del server.

Si va dalle soluzioni di compartimentazioni delle isole, ai sistemi InRow fino ai Closed loop ovvero, in quel ristretto volume d'aria compreso tra la porta anteriore e il fronte dei server (c.a. 0,12÷0,16 m3 d'aria).

Ma nuove tecnologie in modo più spinto arrivano a **raffreddare direttamente le GPU e CPU .**





Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

METODI DI RAFFREDDAMENTO TRADIZIONALI

Per cercare di diminuire il fabbisogno energetico dell'impianto di condizionamento :

- ❑ - una metodologia è quella di **ridurre la velocità della ventola del 10%** dove è possibile ottenere un **risparmio energetico di circa il 27%**.
- ❑ - un'altra metodologia è quella di «**aumentare di qualche grado la temperatura della sala**» Ottenendo due vantaggi :
 - 1 la riduzione del fabbisogno frigorifero comporta la riduzione del consumo energetico dell'impianto di condizionamento ;
 - 2 l'aumento del rendimento ($COP = T_2 / (T_1 - T_2)$) del sistema di condizionamento dato da una temperatura maggiore all'evaporatore;
- ❑ - Un'altra è l'adozione del sistema **free-cooling diretto/indiretto** che introduce un più ampio range di funzionamento in risparmio energetico, quindi un numero maggiore di ore di funzionamento con i relativi vantaggi introdotti.
- ❑ Un'altra è l'adozione dei contenimenti a **CORRIDOIO CALDO O FREDDO** che sfrutta delle porte e pannellature per mantenere il freddo o il caldo nei corridoi che si creano tra file di rack, o di tipo **CLOSED LOOP** raffreddamento mirato dentro i rack server.

Questi metodi di raffreddamento, sebbene efficaci, possono causare inefficienze energetiche e costi elevati nei data center ad alta densità e tendenti all'utilizzo massivo dell'IA.



Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO NEI DATA CENTER

I Data Center sono diventati uno dei CONSUMATORI più grandi di ENERGIA.

L'evoluzione dei data center, guidata da **High-Performance Computing (HPC), Artificial Intelligence (AI) e carichi di lavoro cloud**, ha portato ad **umenti senza precedenti nelle densità termiche dei rack, dai 5 -10kW a densità superiori fino a 30-50 kW per rack**.

I tradizionali sistemi di raffreddamento ad aria, ora faticano a dissipare in modo efficiente carichi termici così elevati, portando a :un consumo energetico eccessivo, costi più elevati,limiti alla scalabilità del data center.

La **SFIDA** sempre più crescente è quella **legata al CONDIZIONAMENTO** elemento/impianto energivoro di un **Datacenter**. Le seguenti slide (fonte IDA) offrono una perfetta visione dell'andamento in Italia relativi ai consumi attuali e previsti fino al 2028.

2023 (MW IT)		2028 (MW IT)	CAGR 2023 - 2028	Forecast (MW IT)			Forecast Accelerato		
Milano	184	572	25%	2023	2028	CAGR 23 - 28	2028	CAGR 23 - 28	
Roma	15	95	45%						
Torino	20	26	5%						
Altre	42	162	31%						
Sviluppi Futuri		92	N/A						
Totale	262	947	29%	Total	262	947	29%	1.190	35%

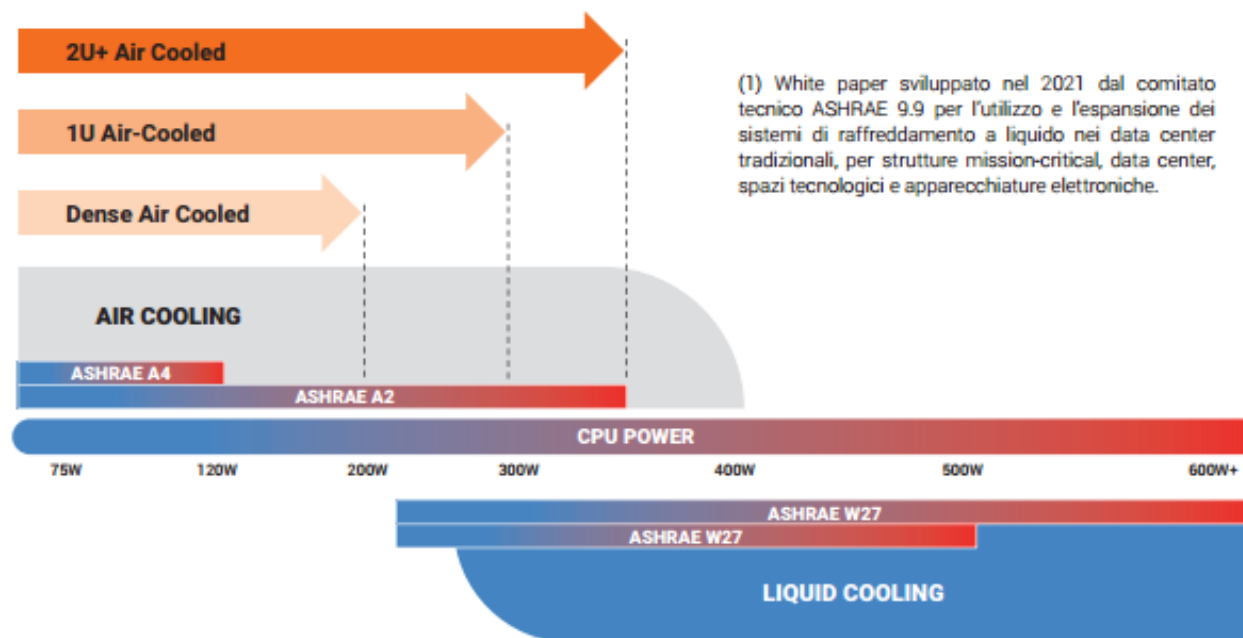


Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO NEI DATA CENTER

ASHRAE Technical Committee (1): le tecnologie di **raffreddamento a liquido** stanno rapidamente guadagnando terreno come **soluzioni efficaci** per affrontare queste sfide, **offrendo un'efficienza termica superiore e consentendo densità di rack più elevate nei moderni data center**. In particolare il **raffreddamento Direct-to-Chip bifase**, è risultato come la soluzione ottimale per affrontare queste sfide.

Questa tecnologia all'avanguardia **mira a rimuovere il calore direttamente dalla fonte, ovvero dalla CPU o dalla GPU, con conseguente efficienza termica e affidabilità operativa senza pari.**





Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

INNOVAZIONI NEL RAFFREDDAMENTO

Sistemi di raffreddamento a immersione, i sistemi di raffreddamento a immersione sono una soluzione di gestione termica in cui componenti ad alto flusso di calore come CPU e GPU sono immersi in un serbatoio di liquido dielettrico per la dissipazione del calore, offrono un'efficienza superiore nel mantenere bassa la temperatura nei data center.

Raffreddamento a liquido diretto al chip, i metodi di raffreddamento «diretto al chip» consentono di rimuovere il calore direttamente dai componenti, migliorando le prestazioni e l'affidabilità dei sistemi. Esistono sistemi di raffreddamento a liquido diretto al chip di tipo e si differenziano per lo stato e tipo di liquido durante il ciclo di raffreddamento.

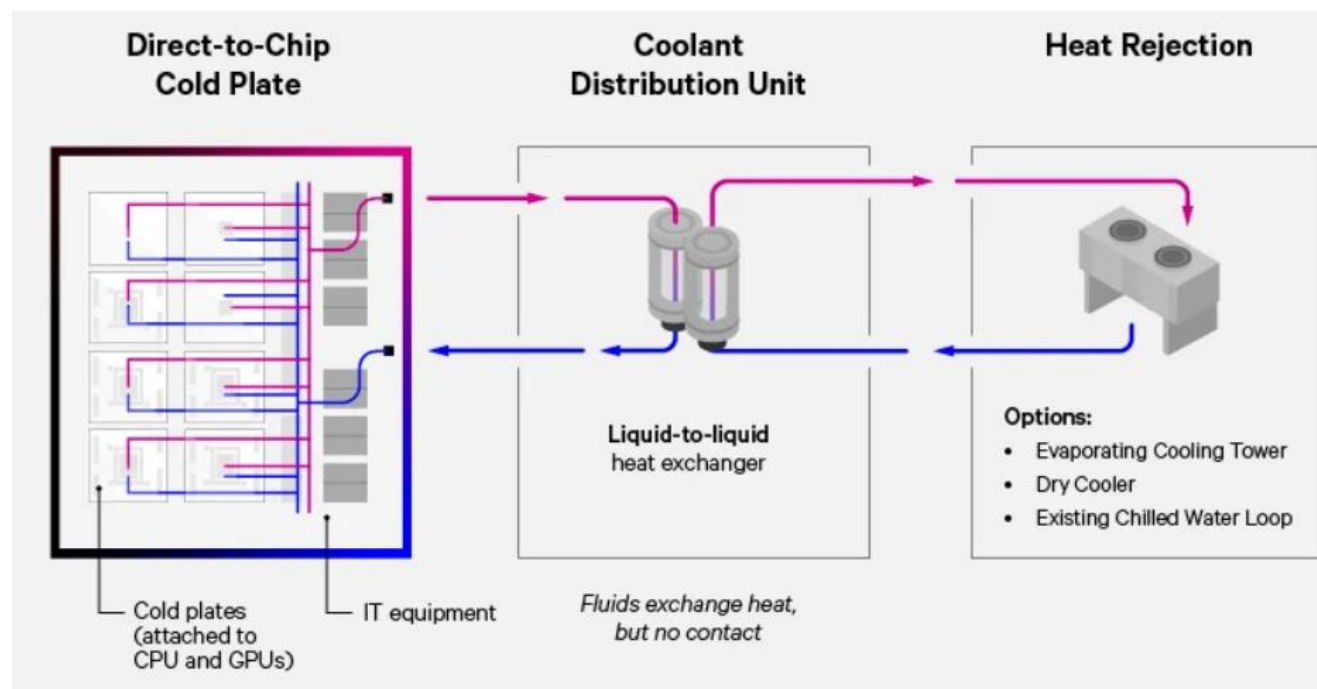
Monofase: Il liquido di raffreddamento mantiene il suo stato durante l'intero ciclo (tipicamente acqua e glicole) .

Bifase evaporativo: Il liquido di raffreddamento (tipicamente dielettrico) subisce un cambiamento di fase da liquido a vapore che viene diretto a un'unità di condensazione dove il vapore si raffredda e ritorna liquido, per una più efficace dissipazione del calore.

Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

PRINCIPI E FUNZIONAMENTO DEL RAFFREDDAMENTO LIQUID COOLING DIRECT TO CHIP MONOFASE

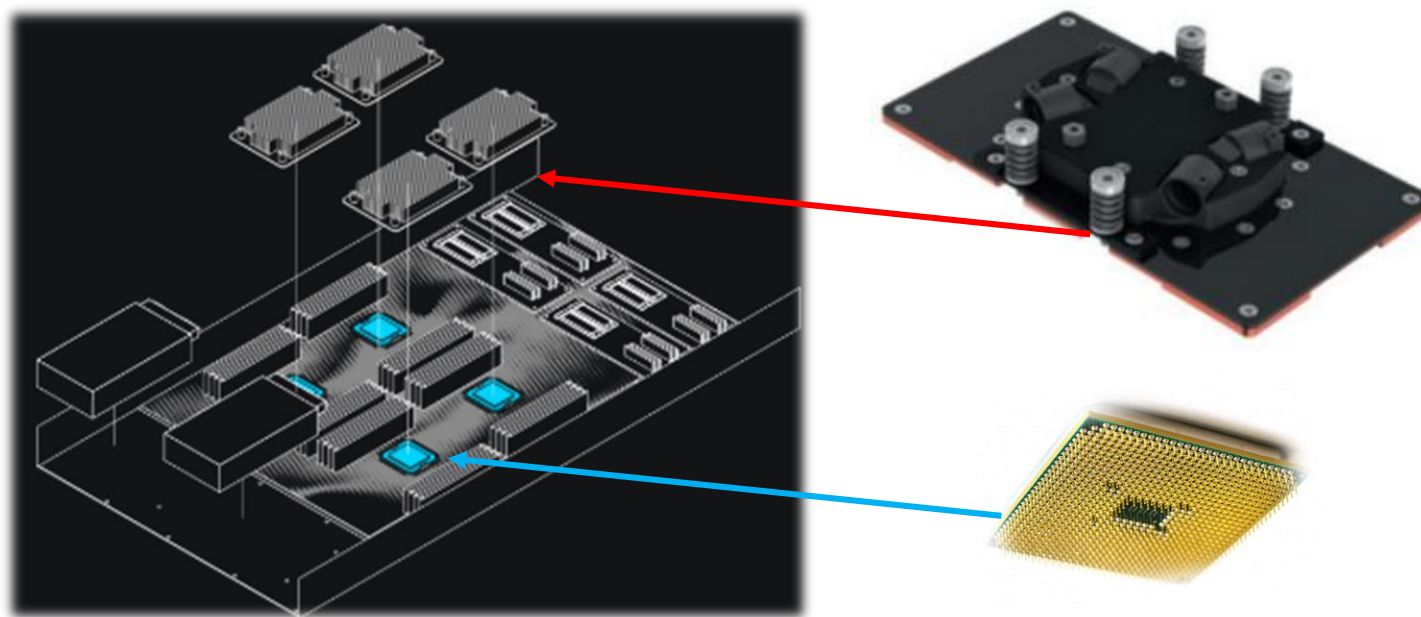
COS'È IL RAFFREDDAMENTO DIRECT-TO-CHIP MONOFASE? Il raffreddamento **monofase diretto su chip** prevede l'uso di una piastra di raffreddamento per trasferire il calore dai componenti del server come CPU e GPU. Un fluido di raffreddamento assorbe il calore e fluisce attraverso l'unità di distribuzione del refrigerante (CDU), dove uno scambiatore di calore lo trasferisce su un altro mezzo per la espulsione esterna (vedi Figura). I refrigeranti non conduttivi riducono i rischi elettrici, migliorando la sicurezza e l'affidabilità del sistema..



Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

PRINCIPI E FUNZIONAMENTO DEL RAFFREDDAMENTO LIQUID COOLING DIRECT TO CHIP BIFASE

COS'È IL RAFFREDDAMENTO DIRECT-TO-CHIP BIFASE? Il «*Liquid cooling bi-fase direct to chip*» è una tecnologia avanzata di gestione termica in cui il fluido di raffreddamento (dielettrico) viene erogato direttamente ai processori (CPU e GPU) tramite «*piastre fredde*» specifiche sulla «*superficie del processore*», **il fluido assorbe calore e subisce evaporazione, passando da liquido a vapore raffreddando il CHIP**. Questo processo avviene in un **LOOP CHIUSO** e si protrae praticamente all'infinito nei suoi passaggi.



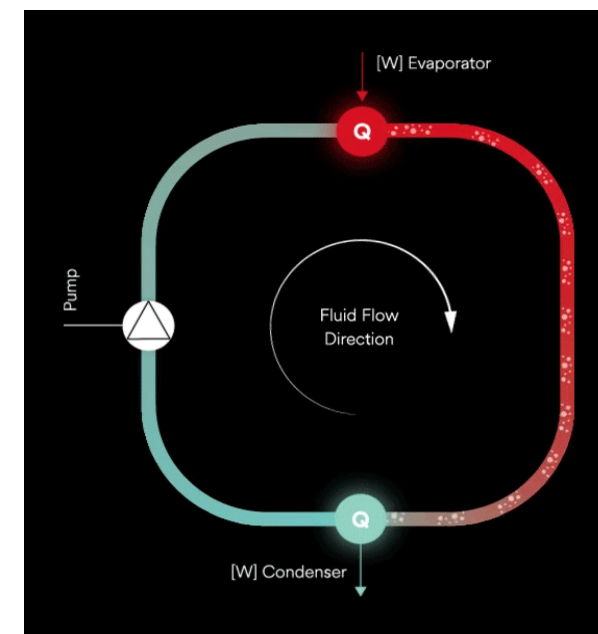
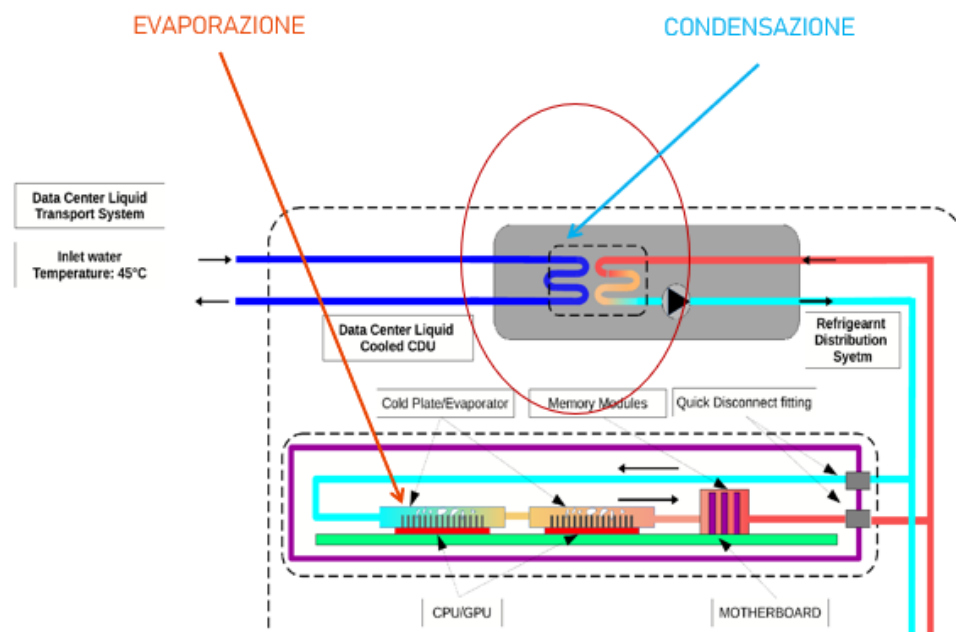
Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

PRINCIPI E FUNZIONAMENTO DEL RAFFREDDAMENTO LIQUID COOLING DIRECT TO CHIP BIFASE

Schematico del processo evaporativo bifase:

Fase di Evaporazione: Il fluido di raffreddamento (refrigerante dielettrico brevettato) assorbe il calore dal processore, passando dallo stato liquido a vapore. Questo cambiamento di fase rimuove efficacemente i carichi di calore elevati direttamente dalla superficie del chip.

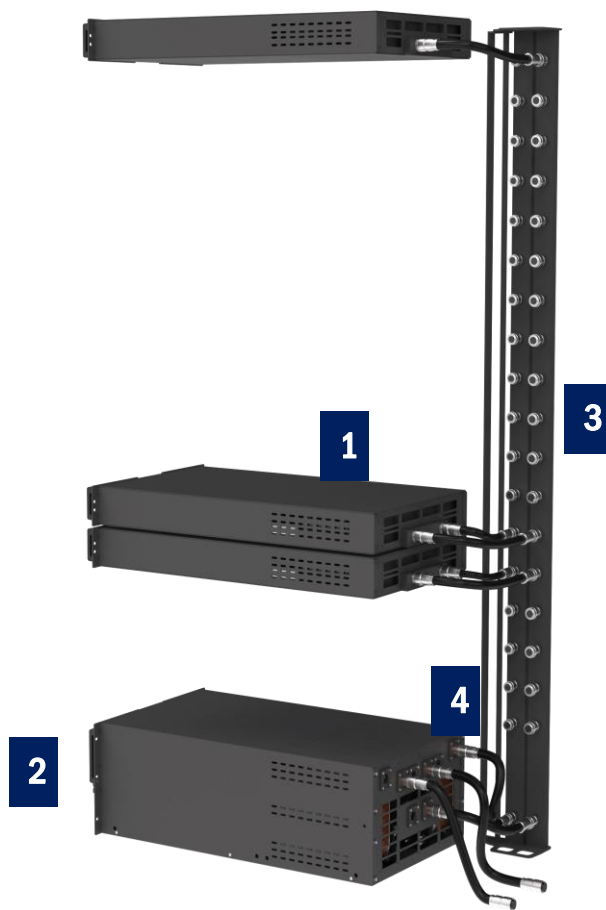
Fase di Condensazione: Il vapore viene trasportato all'unità di condensazione, dove **rilascia il calore assorbito** sullo scambiatore **verso il circuito secondario**. Il liquido raffreddato viene quindi ricircolato alle piastre fredde, completando il **ciclo chiuso**.



Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

PRINCIPI E FUNZIONAMENTO DEL RAFFREDDAMENTO LIQUID COOLING DIRECT TO CHIP BIFASE

SOLUZIONE HCS High Cooling System



Cold Plates (Evaporatore Piastra Fredda)

- Materiale: Evaporatori multi-mini-canale in alluminio (brevettati)
- Compatibilità: CPU/GPU ad alte prestazioni con TDP fino a 1500W
- Tubi flessibili in PTFE per eliminare le perdite.



Coolant Distribution Unit (CDU)

- Dimensioni: 800mm x 420mm x 266.7mm (6U) 19"
- Capacità di raffreddamento: **60 kW at 45°C (ASHRAE W45)**
- Pompe: Ridondanti (N+1) pompe centrifughe per le linee del refrigerante dielettrico e per l'acqua
- Scambiatori di calore a piastre saldobrasate per efficienza



Collettori di distribuzione del refrigerante

- Costruzione: Collettori in alluminio con attacchi rapidi idraulici
- Performance: Distribuzione ottimale del fluido per la massima efficienza



Liquido di raffreddamento

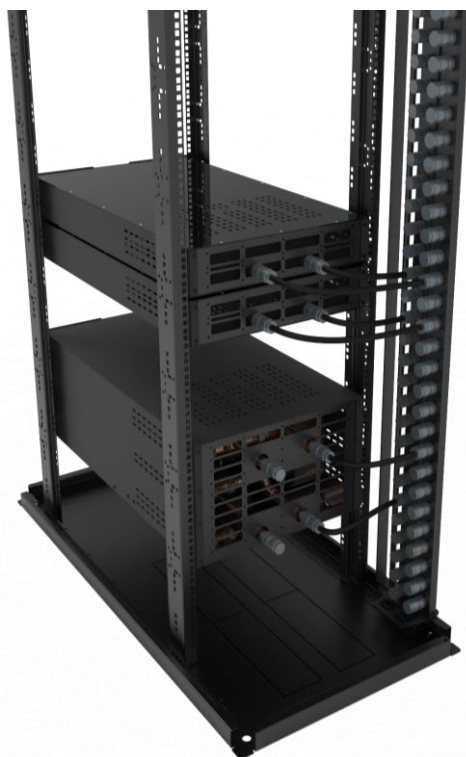
- Costruzione: Refrigerante brevettato (evapora a 45°) **non tossico, non infiammabile, non conduttivo** (dielettrico) (ASHRAE A1)
- Il fluido dielettrico non danneggia i componenti elettronici nell'improbabile caso di perdita. Nessuna manutenzione.

Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

PRINCIPI E FUNZIONAMENTO DEL RAFFREDDAMENTO LIQUID COOLING DIRECT TO CHIP BIFASE

SOLUZIONE HCS High Cooling System

Progettata specificamente per allinearsi alle dimensioni e ai requisiti dei rack IT, questo sistema Direct Cooling to CHIP ottimizza le prestazioni di raffreddamento direttamente alla fonte di generazione del calore, offrendo un'efficienza di gestione termica senza precedenti.



PERFORMANCE



PUE RAGGIUNGIBILE
1,035



POTENZA
Fino a 1500W
di potenza dei processori



**DENSITÀ DI POTENZA
TERMICA**
>100W/cm²
(H100 Nvidia 70W/cm²)

RISPARMIO



DENSITÀ
Oltre il 75%
aumento della densità
dei Rack



ENERGIA
Fino a 50% di risparmio
energetico rispetto
al raffreddamento ad aria



RIENTRO INVESTIMENTO
< 2 anni

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE



SICUREZZA
GWP 2 refrigerante
dielettrico brevettato



AMBIENTE
0 restrizioni
nel smaltire il fluido HCS



CONSUMO
0 consumo
d'acqua



Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

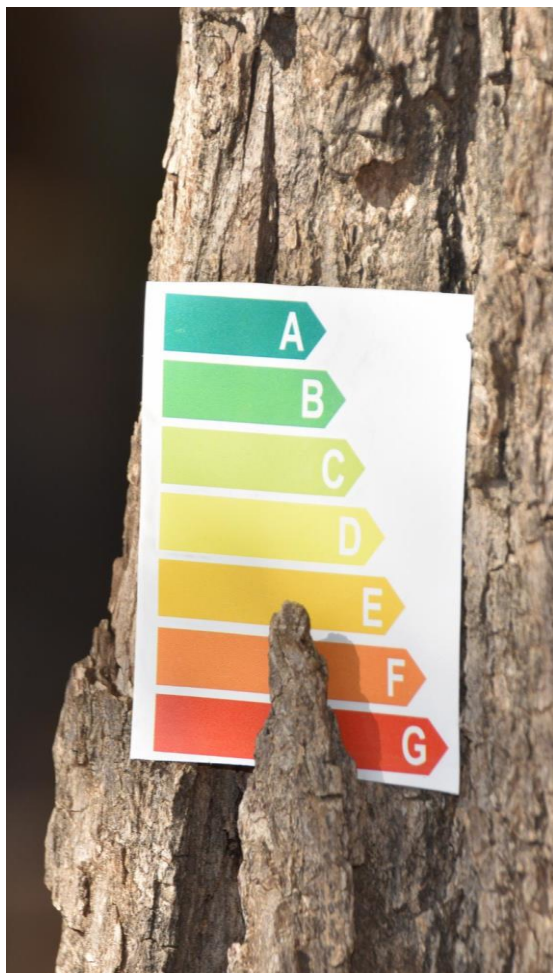
High Cooling System–BENCHMARK: RISPARMIO ENERGETICO ed EFFICIENZA

La **soluzione** HCS utilizza il raffreddamento a liquido dielettrico bifase Direct-to-Chip evaporativo che combina le fasi di evaporazione e condensazione per gestire in modo efficiente il calore a livello del processore. Questa tecnologia non solo **ottimizza le prestazioni di raffreddamento**, ma **stabilisce anche un nuovo punto di riferimento per l'efficienza del risparmio energetico**.

	Immersion Cooling	Direct-To-Chip Singola Fase	Direct-To-Chip 2 Fasi (HCS)
Volume serbatoio 42U	1483 L	11 L	9 L
Densità del fluido	Alto	Basso	Basso
Dimensionamento tubazioni	Alto diametro	Basso diametro	Basso diametro
Dimensionamento motore pompa	Alto	Basso	Basso
Utilizzo rack tradizionale 42U – 52U	No	Si	Si
Carico su pavimento rialzato	Alto	Basso	Basso
Compatibilità con server standard	Basso	Alto	Alto
Sostituzione fluido	Si	Si per manutenzione	No – circuito chiuso
Rischi legati a perdite di fluido	No	Si – fluido conduttivo	No

Tecnologie di Raffreddamento Direct to Chip

VANTAGGI RISPETTO AI SISTEMI TRADIZIONALI DEL RAFFREDDAMENTO LIQUID COOLING DIRECT TO CHIP BIFASE EVAPORATIVO



Migliori prestazioni termiche e dissipazione del calore efficiente

Il raffreddamento direct to chip permette una dissipazione del calore direttamente dai chip, migliorando l'efficienza termica.

Riduzione delle temperature e costi operativi

Questo approccio contribuisce a mantenere basse le temperature operative, prolungando la vita utile dei componenti elettronici e introducendo una riduzione dei costi operativi a lungo termine grazie a minori spese energetiche.

Miglioramento delle prestazioni e densità di elaborazione

Con temperature ridotte, le prestazioni dei chip vengono ottimizzate, consentendo operazioni più rapide e affidabili, aumentando la densità di elaborazione senza compromettere la stabilità del sistema

Riduzione dei costi energetici

Grazie alla tecnologia innovativa del raffreddamento Liquid cooling direct to chip bifase, si ha la riduzione notevole dei costi energetici, contribuendo a una gestione più economica del CED

Grazie per l'attenzione

Enrico Caronti
Country Manager Italia

 www.it-rack.it

 +39 0424 401365  +39 345 7968516

 enrico.caronti@it-rack.it

 **Sede Legale ITRack Srl**
V.le Alcide De Gasperi, 19/B - 36061, Bassano del Grappa (VI)

 **Sede Operativa | Demo Center**
Via Daniele Manin, 14/16 - 36063, Marostica (VI)



CASO DI STUDIO

textarossa

textarossa.eu

*Ing. Luca Saraceno
Senior Researcher*



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

TEXTAROSSA (Towards **EX**treme scale Technologies and Accelerators for euROhpc hw/Sw Supercomputing Applications for exascale) è un progetto finanziato da EuroHPC JU (2021–2024).

🎯 Obiettivo:

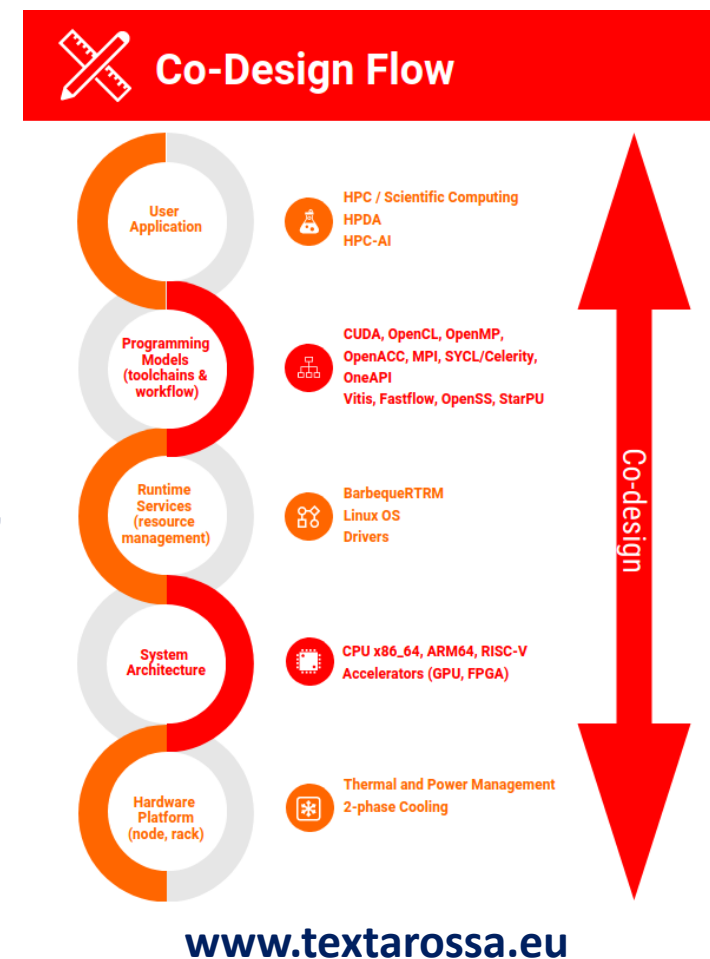
- preparare l'Europa all'era **exascale** con soluzioni HPC più potenti ed efficienti

🔑 Sfide tecnologiche:

- efficienza energetica e controllo termico (raffreddamento a due fasi, sensoristica)
- efficienza computazionale estrema (GPU/FPGA, algoritmi, aritmetiche miste)
- Integrazione acceleratori riconfigurabili (Vitis, OmpSs@FPGA, nuovi IP per AI, sicurezza, compressione)

🔗 Approccio:

- **co-design** su tutta la stack HPC (applicazioni, modelli, runtime, architettura, HW).
- sviluppo di Integrated Development Vehicles (**IDVs**) per validazione



■ Casi d'uso applicativi:

- MathLib – librerie matematiche HPC/HPDA/AI
- UrbanAir – previsione inquinamento urbano
- TNM Quantum Simulation – simulazione quantistica
- High Energy Physics – ottimizzazione framework
- RAIDER – analytics real-time con deep learning
- DPSNN – simulazione cervello (reti spiking)
- Danger Detection – smart cities (fumo/incendi)
- Reverse Time Migration – Oil & Gas

🌐 Impatto europeo:

- supporto all'European Processor Initiative.
- Integrazione con i Centri di Eccellenza HPC (EXCELLERAT, ChEESE, POP, BioExcel, etc.).
- contributo a EuroHPC con sistemi aperti ed eterogenei

👥 **Consorzio:** 11 partner da 6 Paesi (**ENEA**, Fraunhofer, CINI, INRIA, ATOS, E4, BSC, PSNC, INFN, CNR, In Quattro).



Use Case Applications



MathLib
CNR, FHG, INRIA, ENEA

High performance numerical methods for HPC, HPDA, HPC-AI, including linear algebra, and graph computation



UrbanAir
Air Pollution Model
PSNC

Modelling and forecasting of the concentration and dispersion of air pollutants at meso-scale and city-scale



RAIDER
INFN

Real-time data analytics on heterogeneous distributed systems, processing data streams through Deep Neural Networks



TNM Quantum Simulation
INFN

Tensor Network Method to study in and out of equilibrium properties of strongly correlated many-body quantum systems



Brain Simulation
DPSNN
INFN

Distributed and Plastic Spiking Neural Network model of the brain cortex behavior



High Energy Physics
INFN

Optimization of high energy physics simulation and data analysis frameworks



Smart Cities
Danger Detection
CINI

Smoke and fire detection in a smart city context, implemented through Convolutional Neural Networks on edge servers



Oil & Gas
Reverse Time Migration
FHG

High performance, energy efficient Reverse Time Migration for Oil & Gas and Geo-Services applications

WP3 : “Energy and Thermal Management”

Task 3.2: “Development of the innovative Two-Phase cooling technology”

Task 3.3: “Realization of the two-phase cooling technology at rack level”

WP5 : “Integrated development vehicle platforms for HPC”

Task 5.3: “Functional validation of nodes and cooling equipment”

Task 5.4: “Nodes installation and application benchmarking”





Datacenter:

- cuore pulsante dell'era digitale
- aumento esponenziale dei dati e delle esigenze di calcolo (potenza di elaborazione)
- crescente densità di calcolo (HPC)
- incremento numero impianti (↑ carbon footprint)

Sfida attuale:

- mantenere alte prestazioni
- minimizzare costi operativi
- superare limiti sistemi di raffreddamento tradizionali
- innovazione per processori nuova generazione (TDP > 1000W)

Controllo termico dell'elettronica: **problema**



- Densità di potenza termica elevata (70 W/cm^2)*
- Performance sistemi attuali
- Sicurezza
- Consumo energetico ed idrico
- Infrastrutture complesse
- Costi di manutenzione

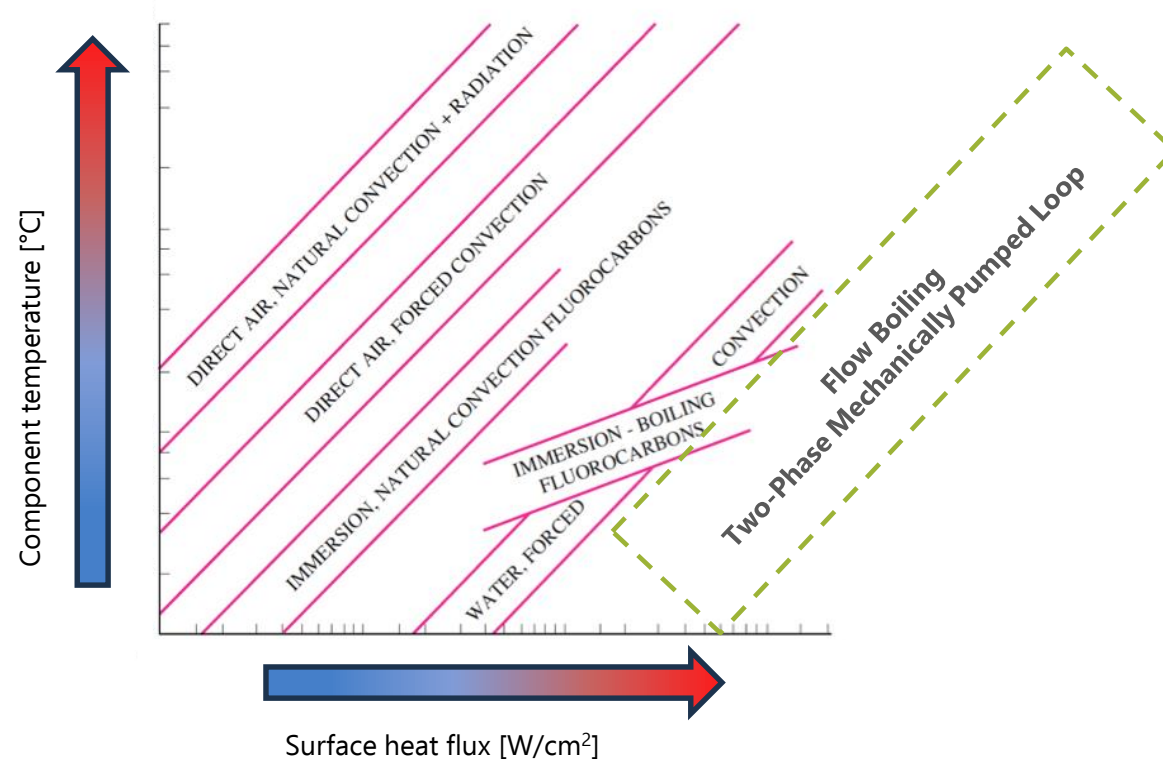
*Nvidia Hopper H100 – TDP: 700W – T_{core} max: 84 °C

Controllo termico dell'elettronica: **soluzione**

Two-phase cooling alias **Evaporative liquid cooling**

- “Nuova” tecnologia per le prossime generazioni di componenti elettronici
- Caratteristica **innovativa: *flow boiling heat transfer***
- *Heat transfer coefficient* significativamente più elevati (a portate di fluido refrigerante e potenze di pompaggio significativamente più basse)

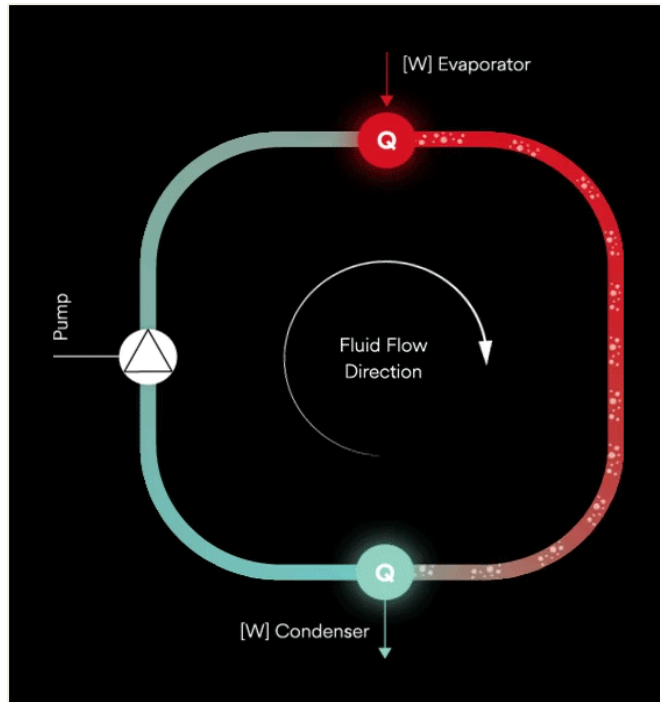
Il ***flow boiling*** è uno dei sistemi di raffreddamento più efficienti (ITER)



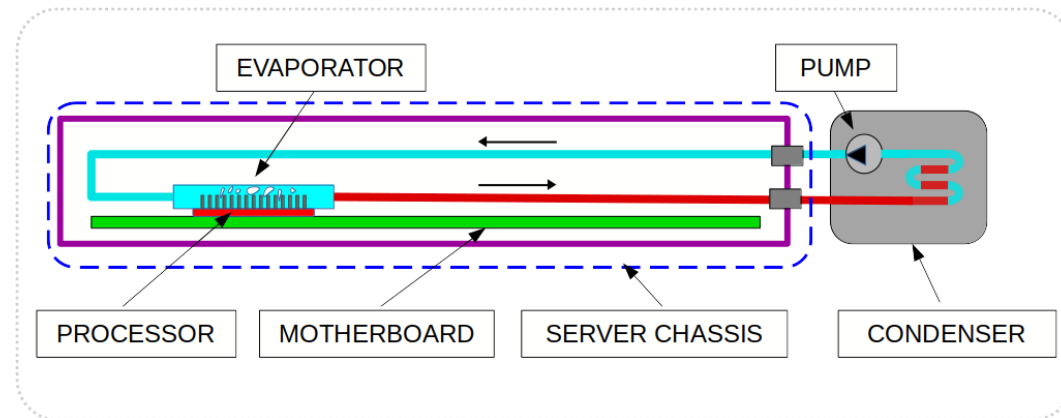
Controllo termico dell'elettronica: **soluzione**

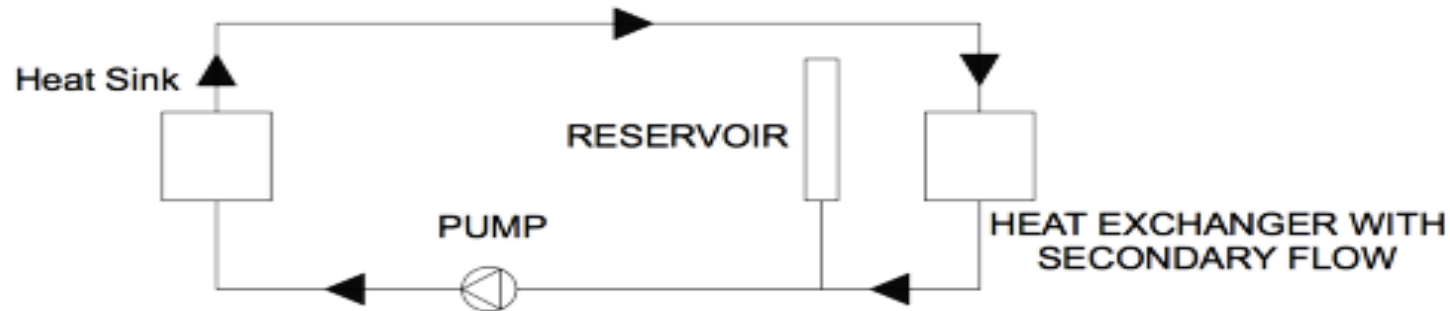
Two-phase cooling

- Calore latente di vaporizzazione
- Elevati margini in capacità di raffreddamento:
100 W/cm²
- Fluidi dielettrici (no tossici, no infiammabili)
- No manutenzione



- Ridotto consumo energetico ed idrico
- Sistemi compatti e scalabili





$$Q_{in} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

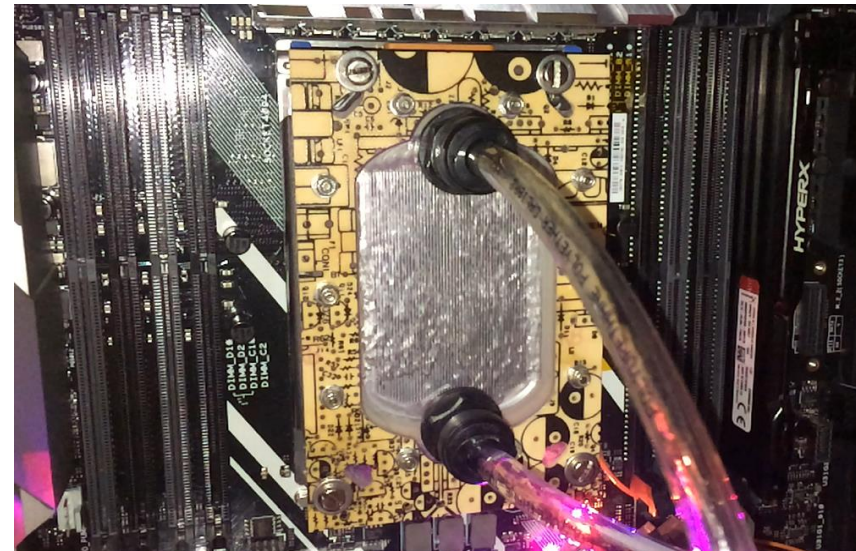
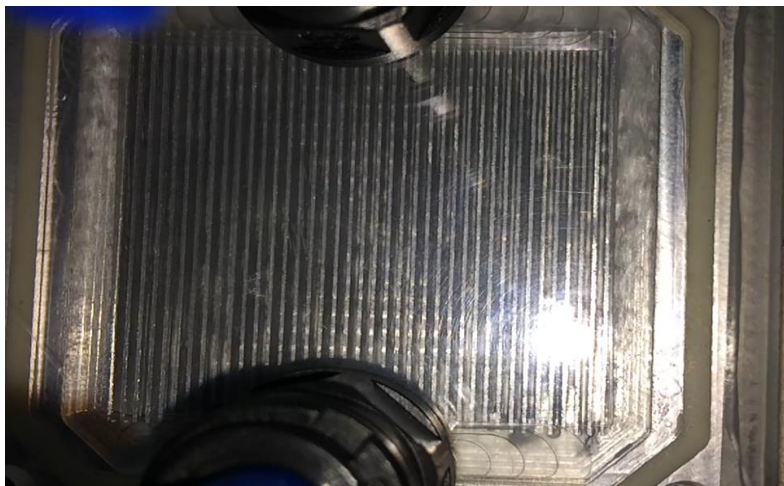
Single Phase System (Liquid Cooling)

- il calore viene trasportato tramite calore sensibile
- la rimozione del calore provoca un aumento della temperatura del fluido in uscita e/o della portata massica

Two-Phase System (Two-Phase Cooling)

$$Q_{in} = \dot{m} \cdot h_{lv} \cdot \Delta x$$

- il calore viene trasportato tramite calore latente:
- la rimozione del calore provoca un aumento della frazione massica di vapore, mentre la temperatura del fluido rimane costante in tutto il sistema (solo in presenza di basse perdite di pressione)
- la portata massica è (a parità di potenza termica smaltita) inferiore rispetto a quella di un sistema a fase singola, perché il calore di vaporizzazione h_{lv} è maggiore del c_p del refrigerante a fase singola (ad es. per l'acqua 2257 kJ/kg vs. 4,180 kJ/kg·K)





IDV-E (E4 Computer Engineering) based on using ARM64 plus FPGA solution

Thermal Requirements

CPU: Ampere Altra Max processor (based on ARMv.8.2+)

TDP: 250 W

N.: 2

FPGA: Xilinx® Alveo™ U280

TDP: 225 W

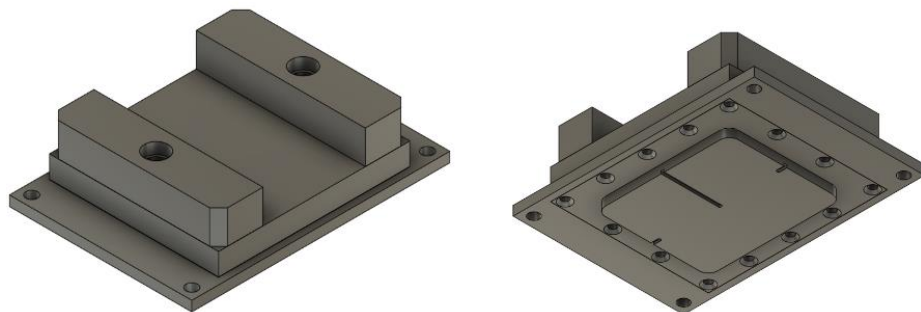
N.: 2

Total thermal power: 950 W

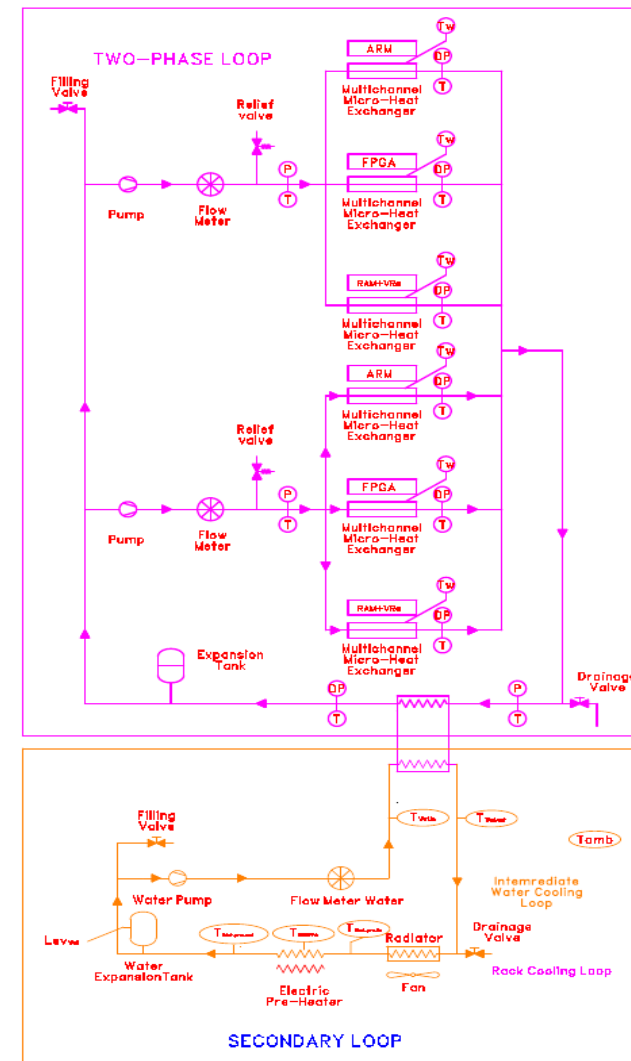
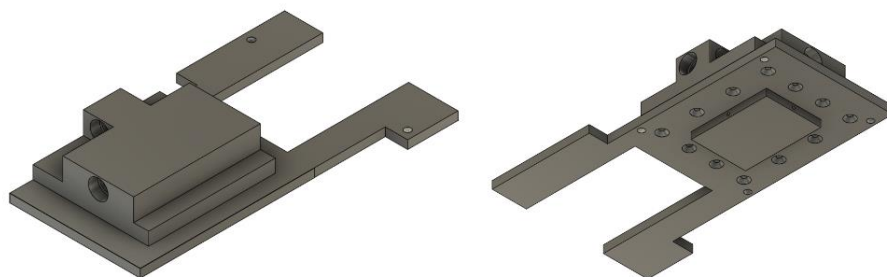
Water Temperature of the primary loop at rack level: **up to 50 °C**



CPU: Ampere Altra Max

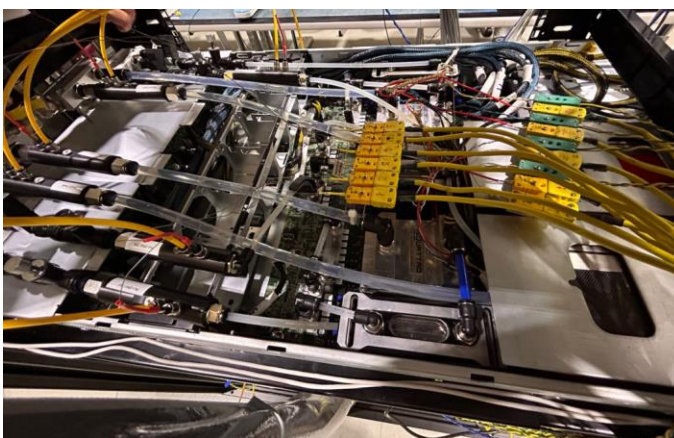
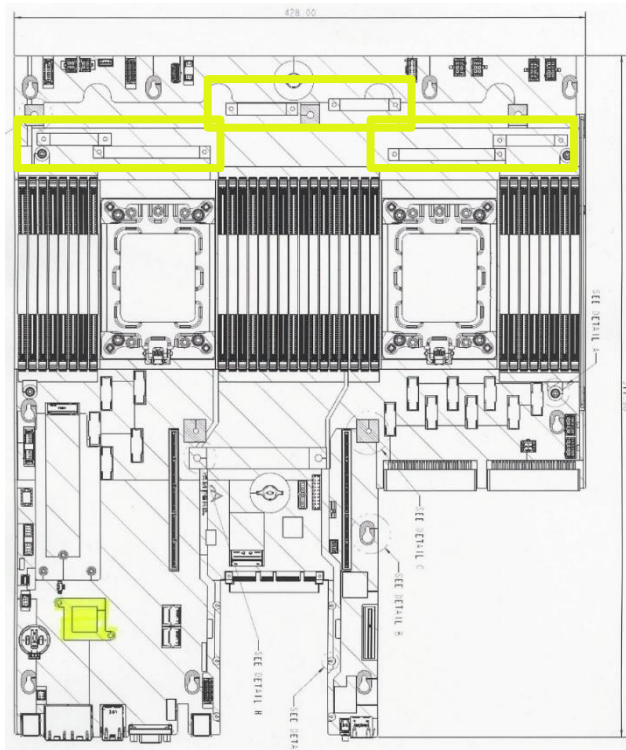
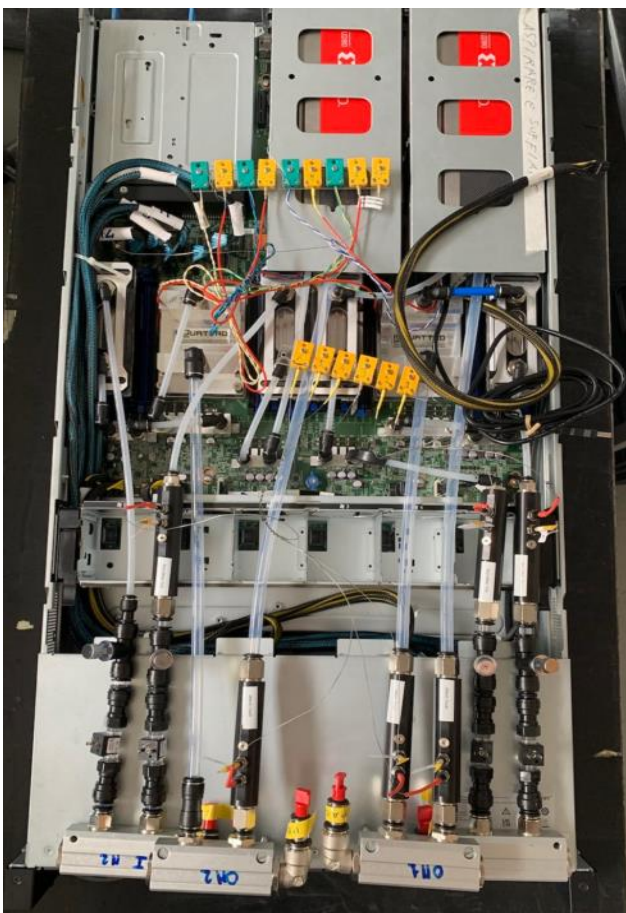


FPGA: Xilinx® Alveo™ U280

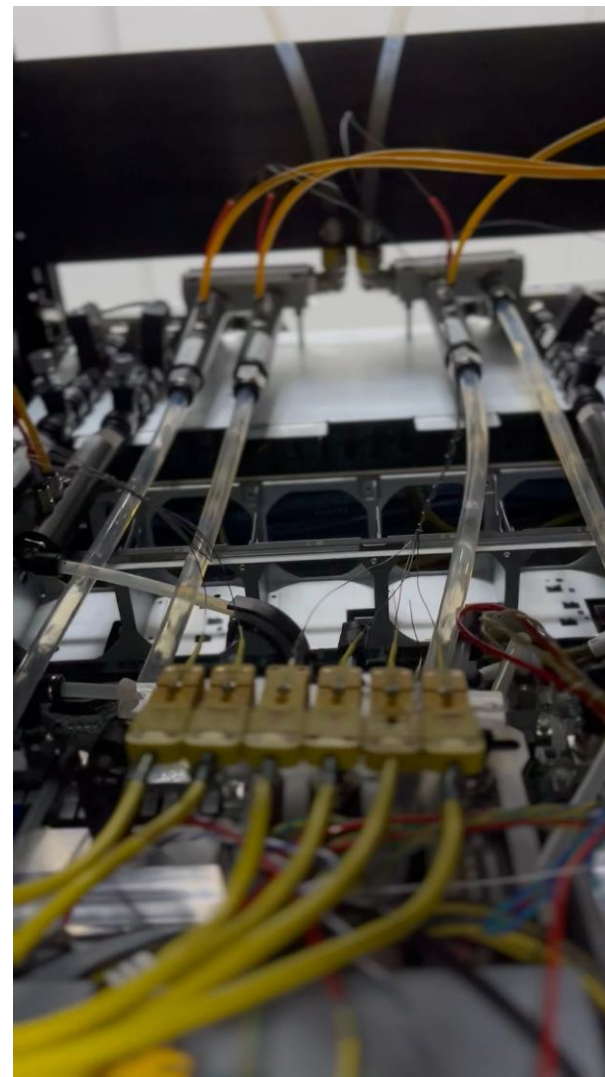




Fanless solution Full Two-Phase cooling

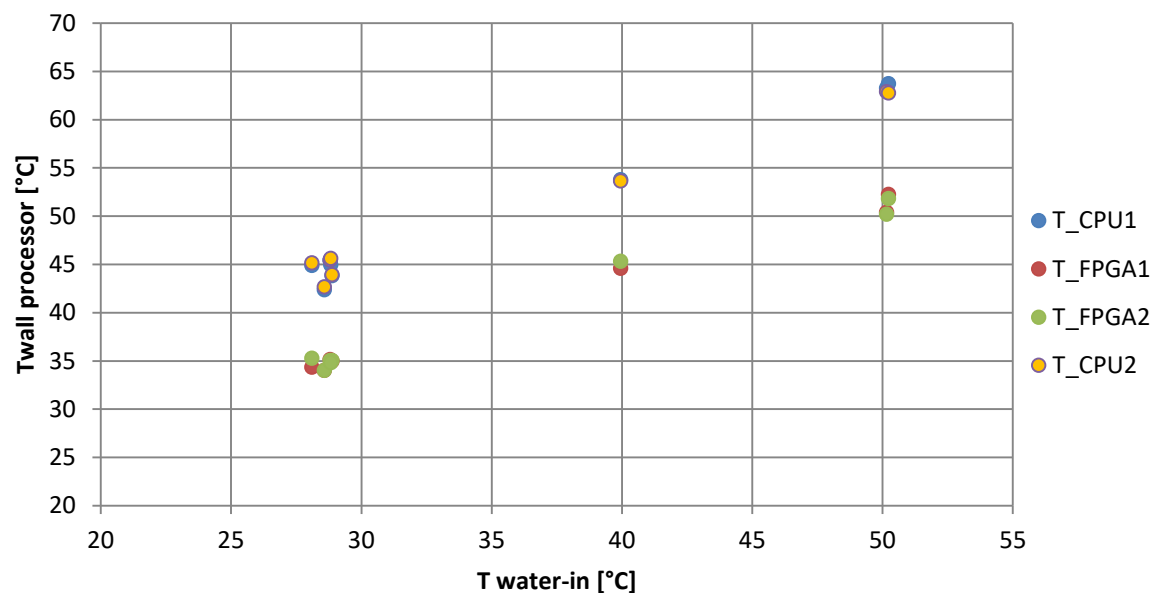


textarossa





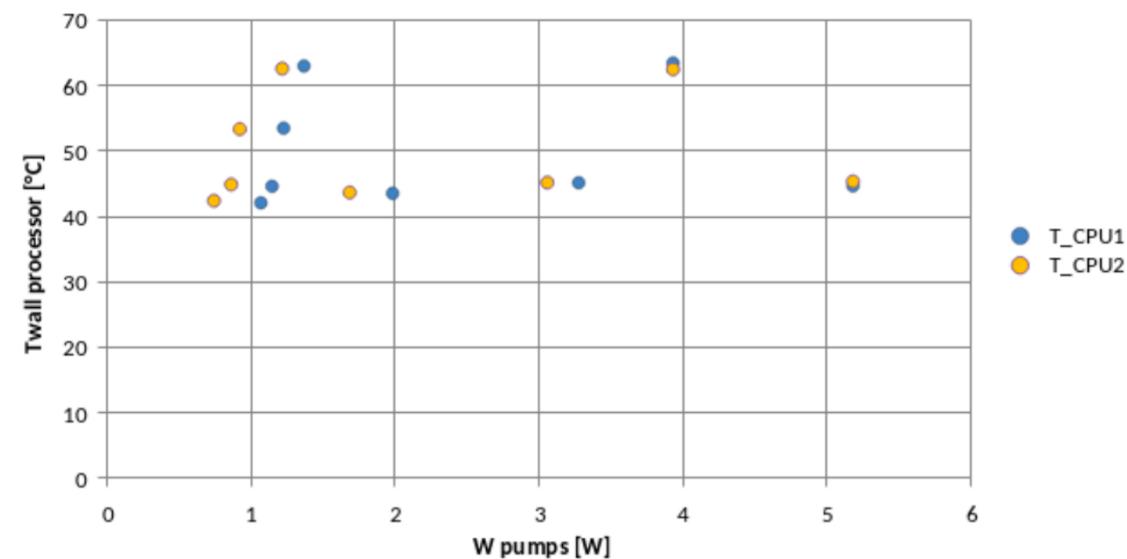
Processors' Temperature

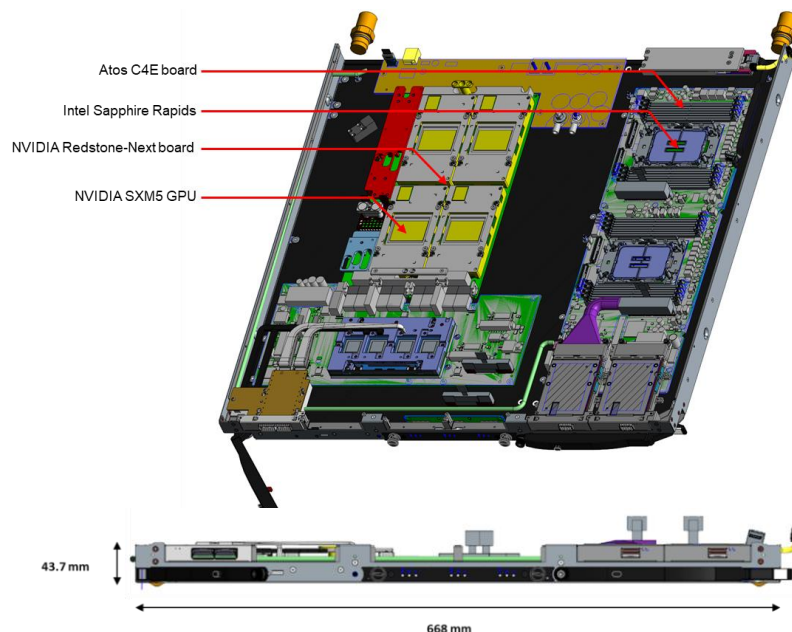


Temperature processori server in funzione della potenza di pompaggio del fluido primario

Temperature processori server in funzione della temperatura del fluido secondario (acqua-glicole) in ingresso al condensatore
Benchmark (stress test) E4

T processor vs pumping power





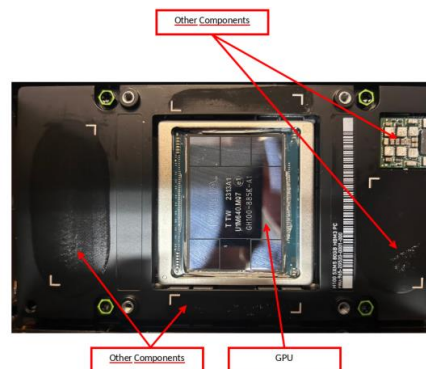
Atos

QUATTRO



NVIDIA

GPU H100



IDV-A (Atos) based on 2-socket Intel Sapphire Rapids connected to 4 Nvidia Hopper GPUs

Thermal Requirements

CPU: Intel Sapphire Rapids

TDP: 350 W

N.: 2

GPU: Nvidia Hopper

TDP: 700 W

N.: 4

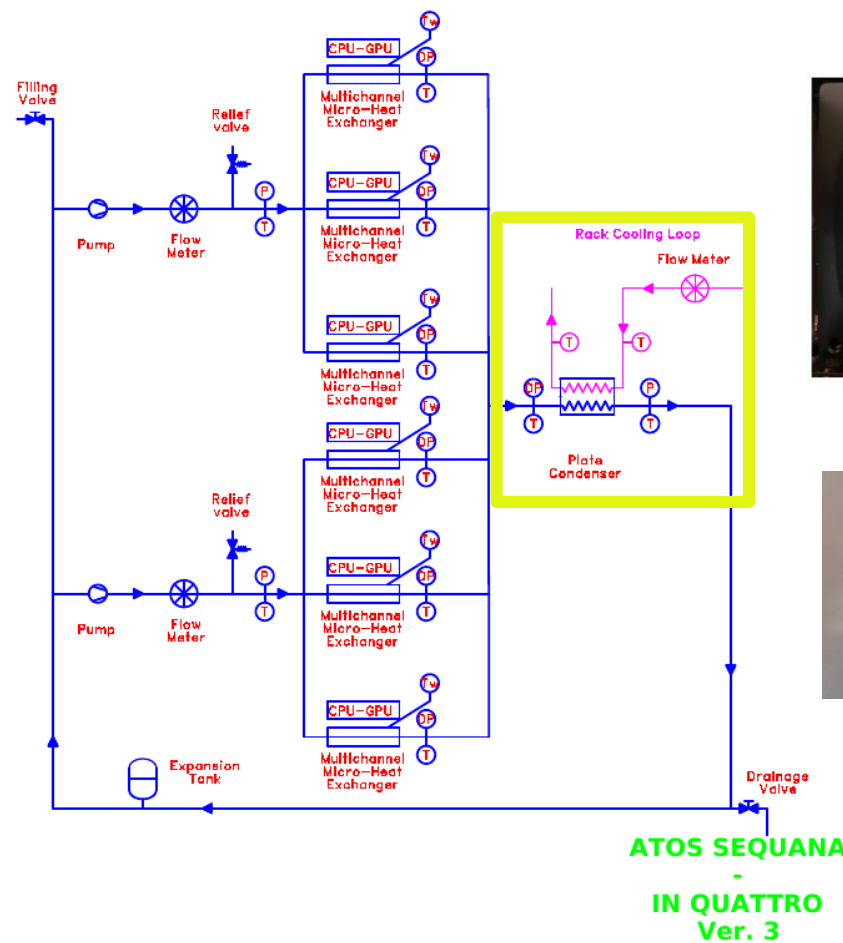
RAM Modules: 4 x 8Gb

VR: CPU Voltage Regulator

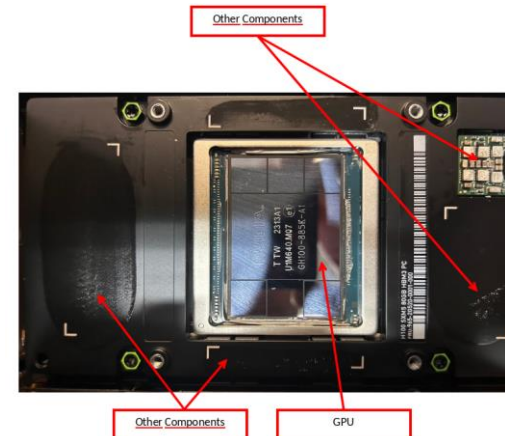
Thermal power: 150 W

Total thermal power: 3800 W

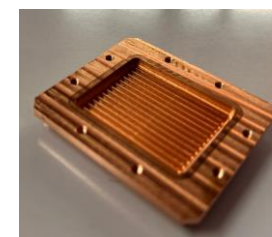
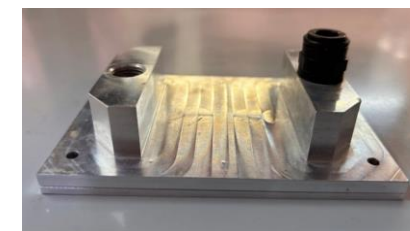
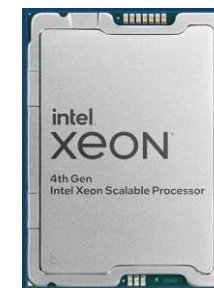
Maximum **Water Temperature** of the primary loop at rack level: **45°C**

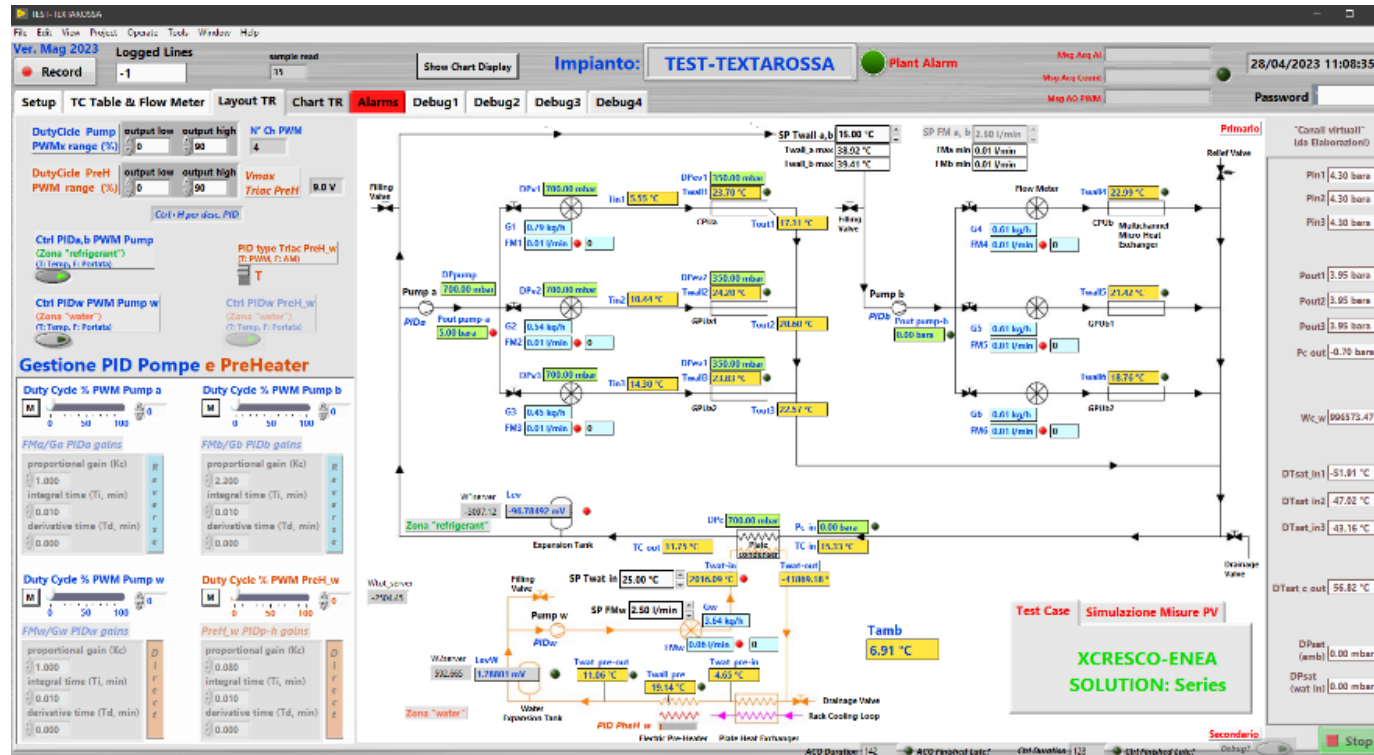


GPU INVIDIA
HOPPER H100



CPU INTEL
Sapphire Rapids

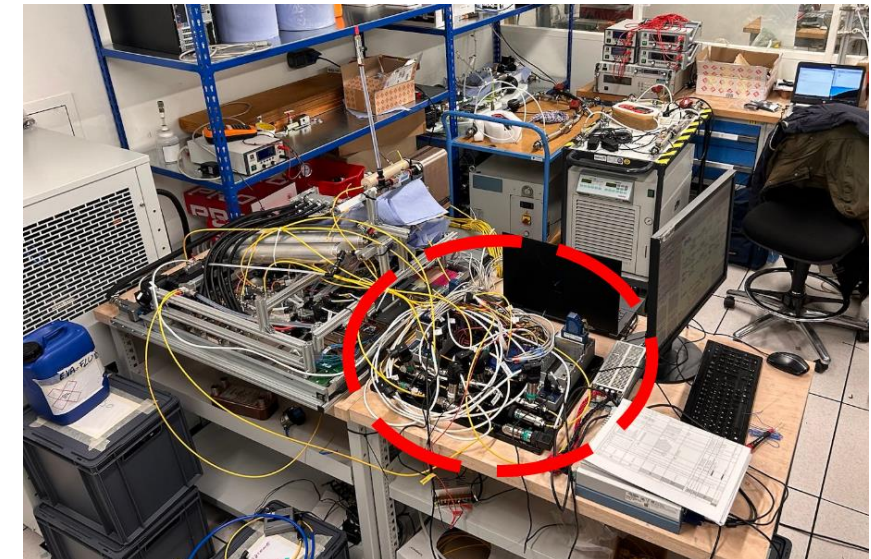


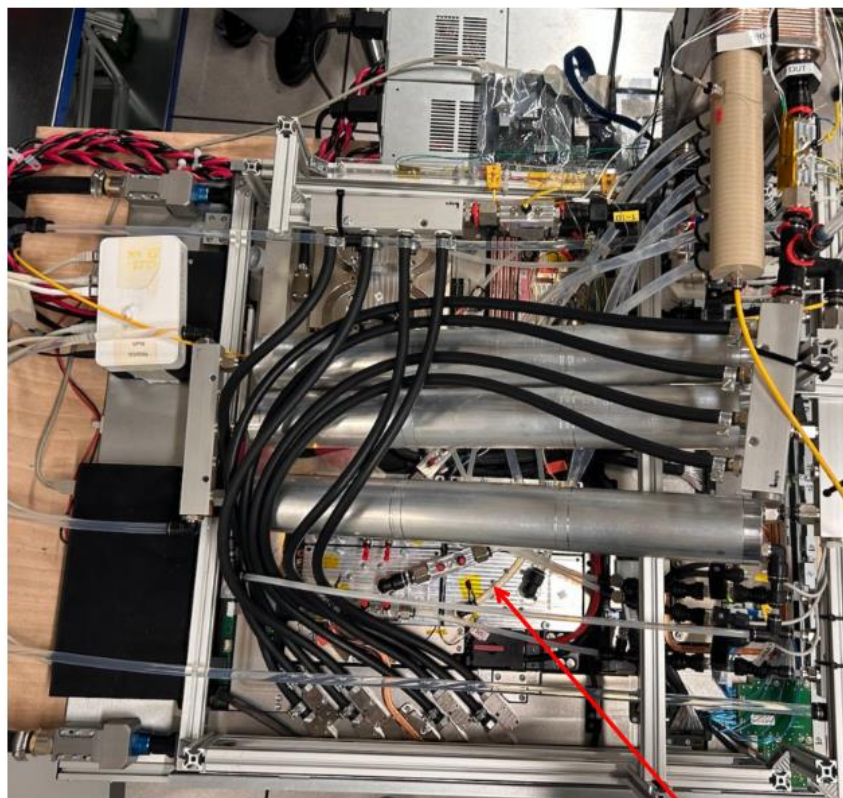


Data Acquisition System Labview Platform

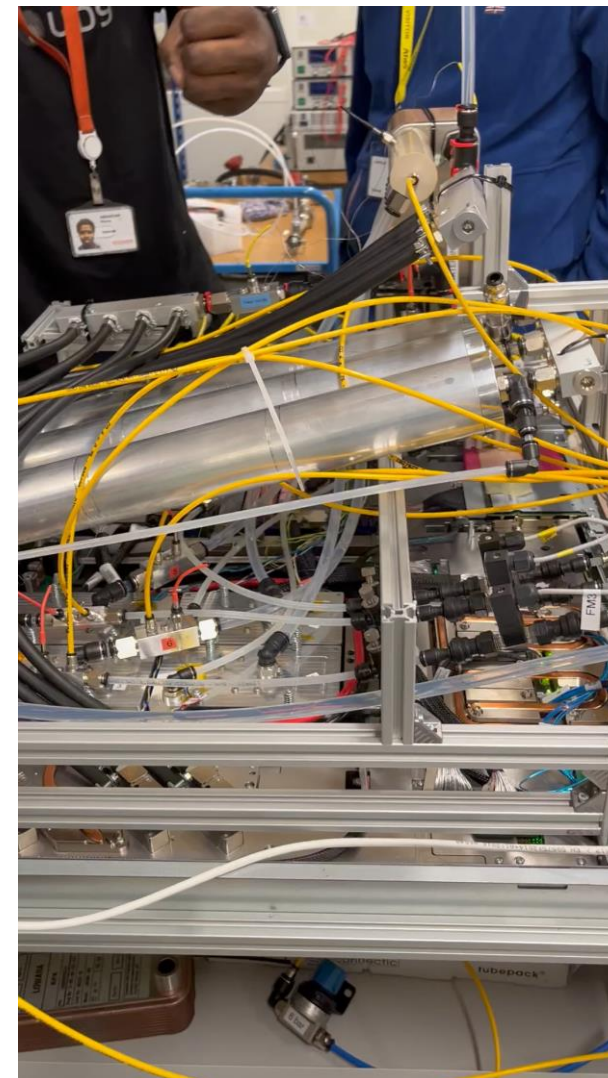
- gestione dei PID di regolazione delle pompe e del pre-heater
- sinottico dell'impianto,
- Dati misurati ed elaborati -> acquisizione

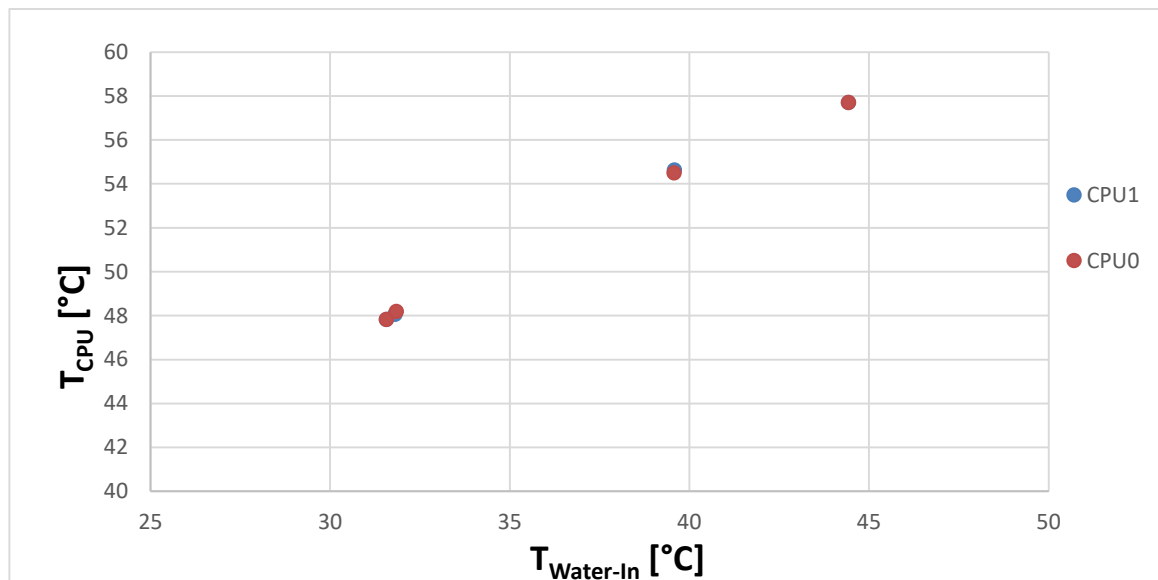
8 Pressure Sensors
15 Thermocouples
7 Flow rate sensors
Reference Cell for Thermocouples





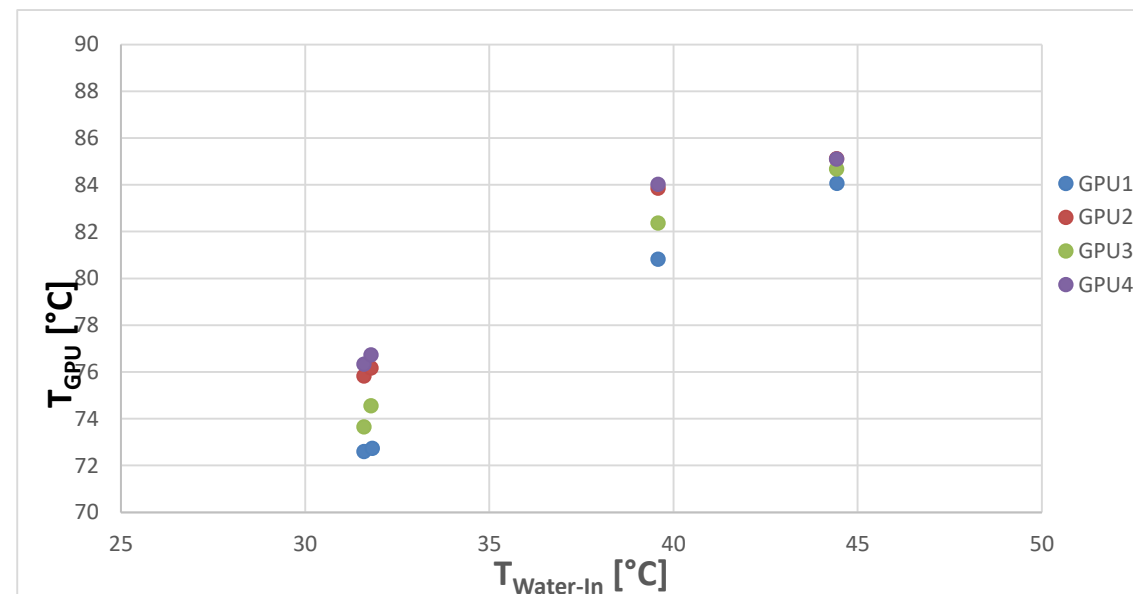
GPU's Evaporator





- Temperature **GPU** in funzione della temperatura di ingresso nel condensatore del fluido secondario (acqua-glicole)
- Massima temperatura **GPU** ammissibile: 84°C
- Stress test: ATOS e PoliMi

- Temperature **CPU** in funzione della temperatura di ingresso nel condensatore del fluido secondario (acqua-glicole)
- Massima temperatura **CPU** ammissibile: 74°C
- Stress test: ATOS e PoliMi



Conclusioni

- Il sistema di raffreddamento bifase dimostrato la sua capacità di raffreddare CPU, ARM, FPGA e GPU anche nello scenario peggiore, con una temperatura dell'acqua-glicole di 45°C.
- I test hanno rivelato che il condensatore deve essere ottimizzato per applicazioni future.
- La potenza della pompa è aumentata con la temperatura del liquido refrigerante a causa di pressioni di vapore più elevate dovute a carichi maggiori, ma è rimasta bassa, pari all'1,05% del calore dissipato.
- I primi parametri di efficienza, che confrontano la potenza della pompa con il calore rimosso, indicano una buona prestazione a livello di sistema.
- I test confermano la fattibilità tecnica di dissipare efficacemente il calore residuo anche in climi caldi, senza ricorrere a misure energivore come i chiller (HVAC) o a un elevato consumo d'acqua come le torri evaporative.
- I test confermano che il raffreddamento a due fasi è una nuova soluzione affidabile e sostenibile per una gestione termica efficace dei sistemi exascale.



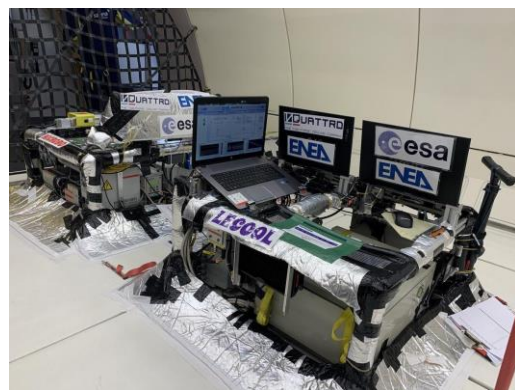
Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (TERIN)

Divisione Tecnologie e Vettori per la Decarbonizzazione: accumuli, idrogeno, mobilità, CCUS e usi finali (TERIN-DEC)

Laboratorio Combustione Sostenibile e Cicli Termici e Termodinamici avanzati (TERIN-DEC-CCT)



Spazio



- Sviluppo di un sistema di Two-phase Cooling per applicazioni spaziali
- Controllo termico bifase di componenti elettronici di potenza per satelliti
- Integrazione con una serra spaziale per recupero calore di scarto



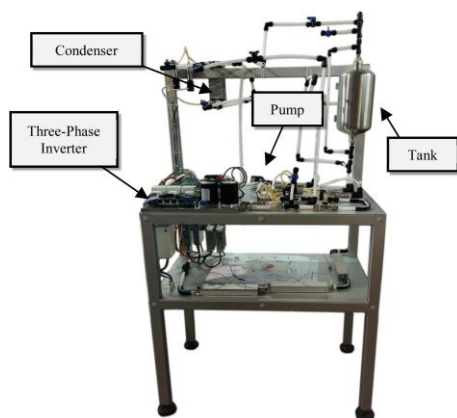
Data Center HPC

- Sviluppo di sistemi globali di thermal management
- Realizzazione di prototipi Two-Phase Cooling per il raffreddamento di server HPC
- Realizzazione sistema di acquisizione dati e controllo
- Installazione e attività di test su server HPC DAVIDE (in collaborazione con ICT – Frascati)



Tecnologie per la mobilità elettrica

- Sviluppo di un sistema di Two-phase Cooling per inverter stazione di ricarica veloce autobus elettrici
- Sviluppo del sistema di gestione termica stazione – IGBT - batterie
- Sviluppo di un sistema di recupero energetico del calore di scarto a bassa temperatura dell'inverter



Banco prova per raffreddamento bifase



Inverter stazione di ricarica



Pompa di calore ad adsorbimento



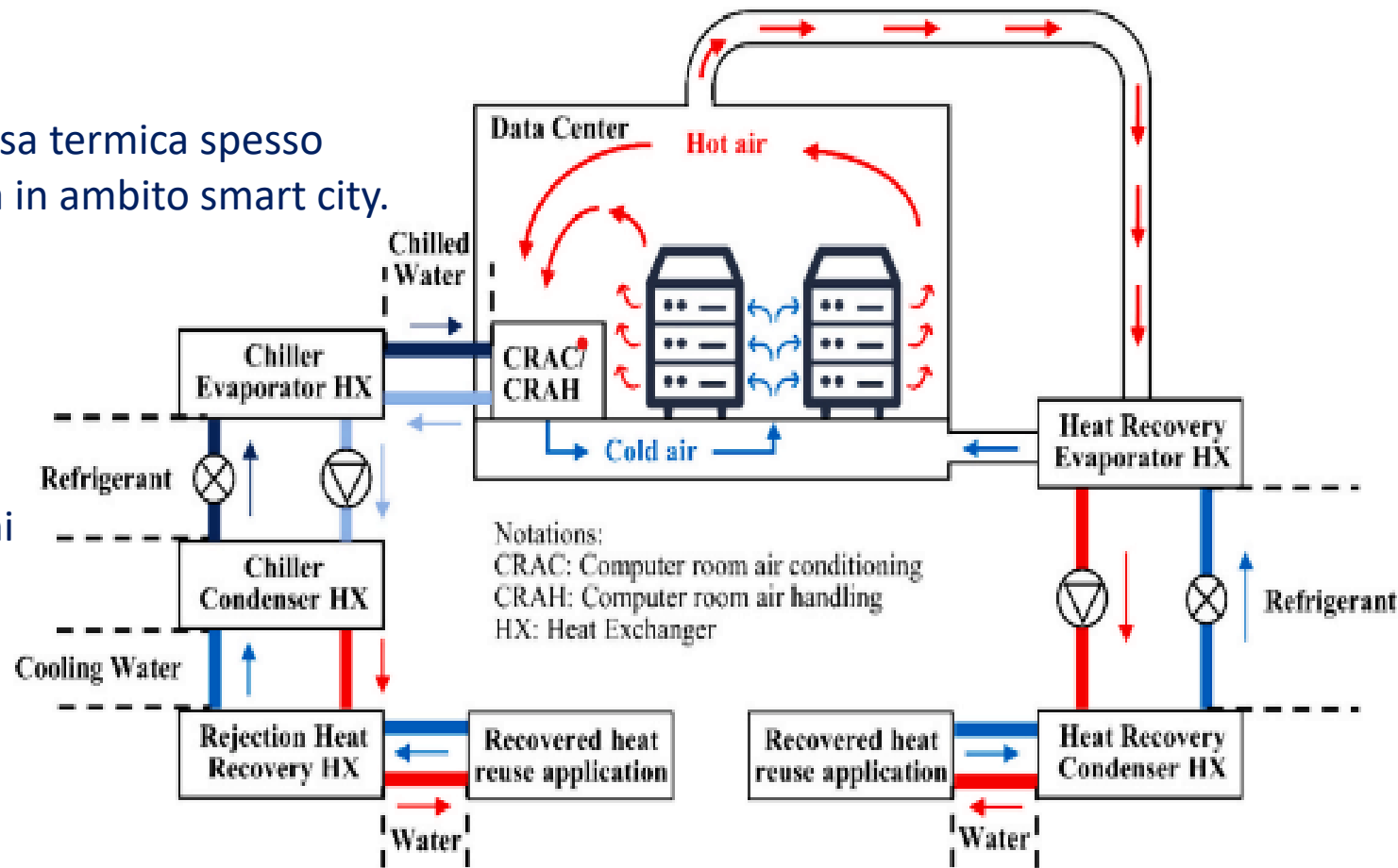
Autobus elettrico per i test di ricarica delle batteria

Tecnologie di recupero del calore di scarto

Il calore di scarto dei data center è una risorsa termica spesso sottovalutata, ma potenzialmente strategica in ambito smart city.

La sua valorizzazione contribuisce a:

- ridurre il fabbisogno energetico primario
- aumentare la resilienza dei sistemi urbani
- abbattere le emissioni climalteranti



Tecnologie di recupero del calore di scarto

Lo scopo finale è quello di generare una “simbiosi energetica” tra infrastrutture, secondo i principi dell’economia circolare.

I data center diventano quindi “fornitori” di calore riutilizzabile, abilitando usi come:

- teleriscaldamento intelligente
- riscaldamento di edifici pubblici e residenziali
- usi industriali e agricoli
- accumulo stagionale di energia termica

L'interesse per queste tecnologie è in crescita per molteplici motivi:

- maggiore efficienza energetica
- riduzione dell’impatto ambientale
- sviluppo di reti energetiche locali flessibili e sinergiche
- disponibilità di tecnologie dedicate per il recupero e l’utilizzo del calore in diversi contesti operativi.

Tecnologie di recupero del calore di scarto

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA
Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

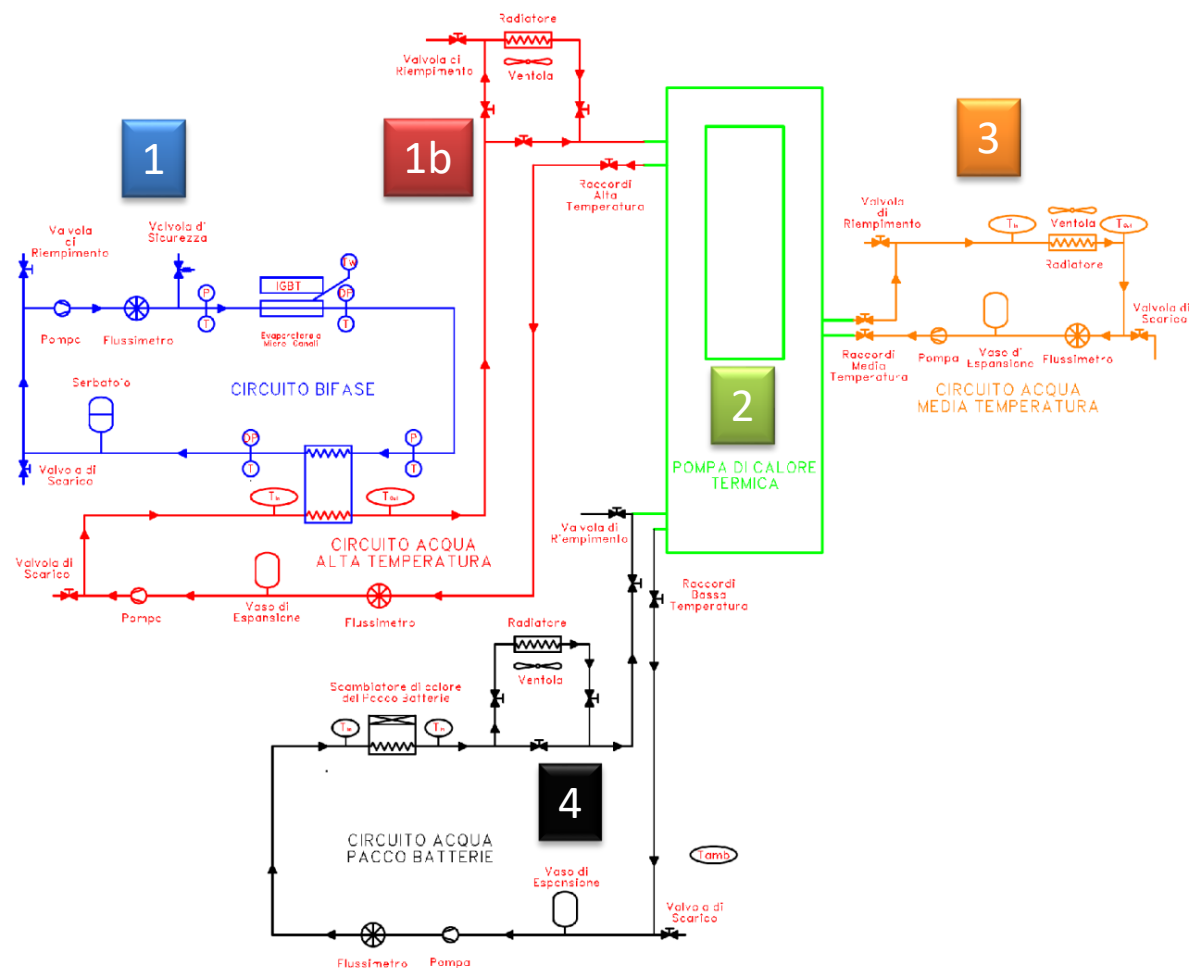
Obiettivo: Decarbonizzazione

Progetto: Tema di ricerca 1.7 – Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

- Realizzazione e sperimentazione di un impianto prototipale per il controllo termico di una stazione di **ricarica rapida** per veicoli elettrici con integrazione di un sistema di **recupero del calore** a mezzo di una **pompa di calore termica** per la produzione di potenza frigorifera.
- L'obiettivo principale è stato quello di migliorare l'efficienza e l'affidabilità delle stazioni di ricarica rapida attraverso un **innovativo sistema di gestione termica** della stazione di ricarica nel suo complesso.



Progettazione e realizzazione di un sistema di raffreddamento bifase per una stazione di ricarica rapida



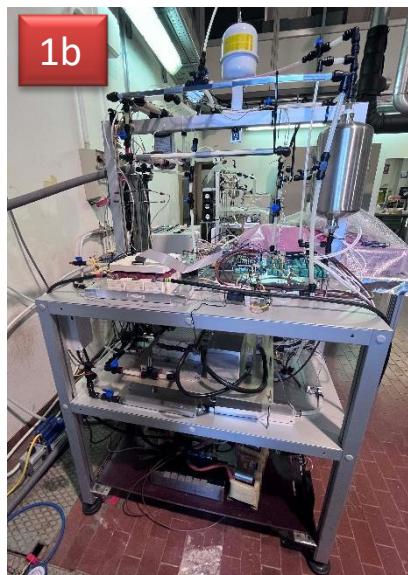
1. Circuito bifase per il raffreddamento dell'inverter e il trasferimento del calore all'unità di recupero (diretto o indiretto [1b]).

2. Pompa di calore ad adsorbimento, che utilizza il calore recuperato per generare potenza frigorifera (3 kW)

3. Circuiti idraulici ausiliari, che regolano le temperature nei vari sottosistemi.

4. Circuito a bassa temperatura per il raffreddamento del pacco batterie di un minibus elettrico.

Progettazione e realizzazione di un sistema di raffreddamento bifase per una stazione di ricarica rapida



1



2

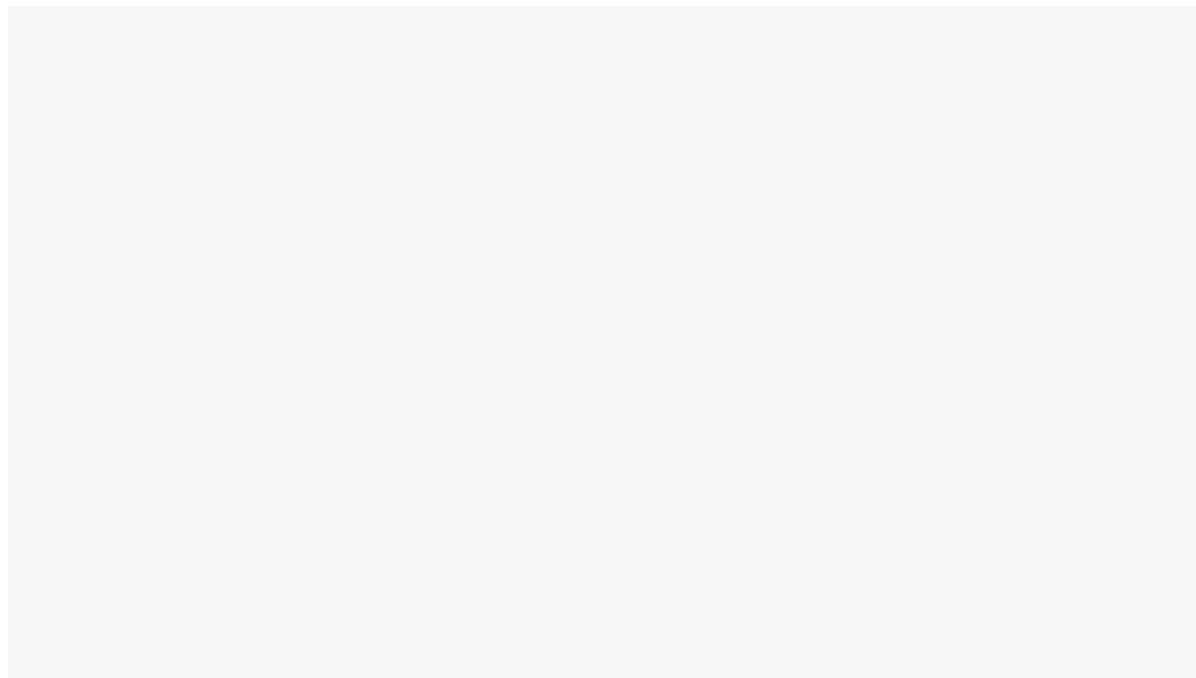
3



4



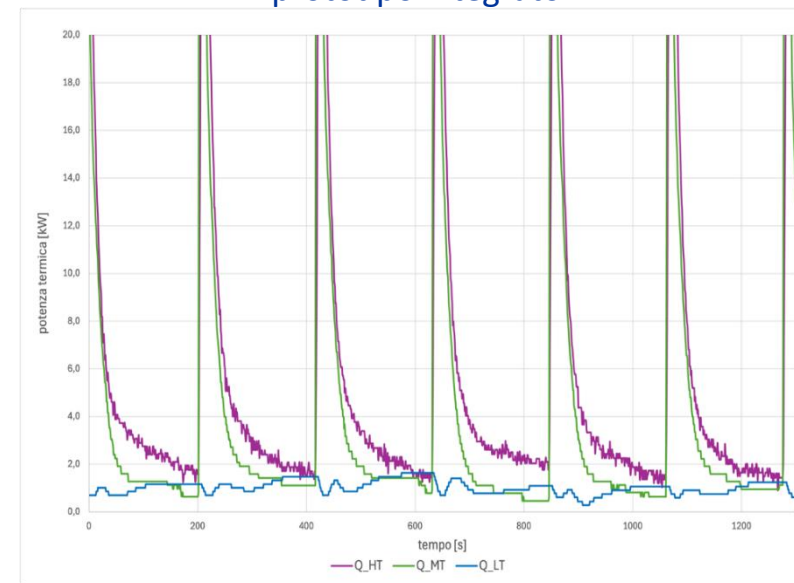
Prototipo impianto di ricarica veloce



Valori potenze termiche elaborate dalla pompa di calore termica

CONSTANT OVERALL CYCLE OPERATION		
PHASE 1		
M1	M1&2	M2
Q_HT [kW]	Q_MT [kW]	Q_LT [kW]
2,3	1,3	1,3
PHASE 3		
M2	M1&2	M1
Q_HT [kW]	Q_MT [kW]	Q_LT [kW]
2,3	1,1	1,1

Andamento delle potenze termiche scambiate tra i vari sottosistemi del prototipo integrato



- Il sistema potenzialmente migliora il controllo termico delle stazioni di ricarica rapida
- La potenza frigorifera prodotta dalla pompa di calore rimane stabile durante il funzionamento
- Il sistema può essere ulteriormente ottimizzato per ridurre il consumo energetico e massimizzare il recupero di calore.



Grazie per l'attenzione