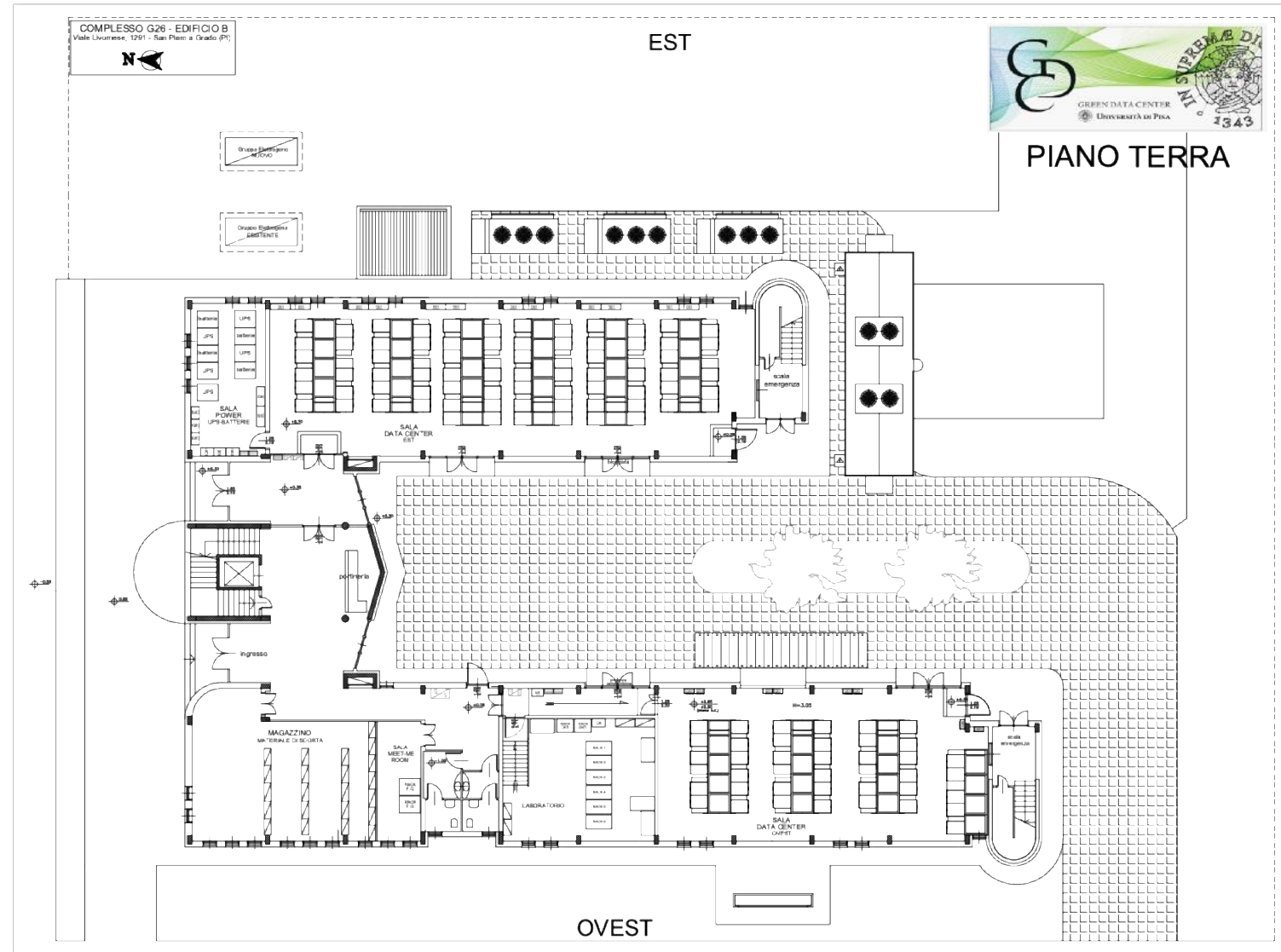


Soluzioni di liquid cooling al Green Data Center dell'Università di Pisa

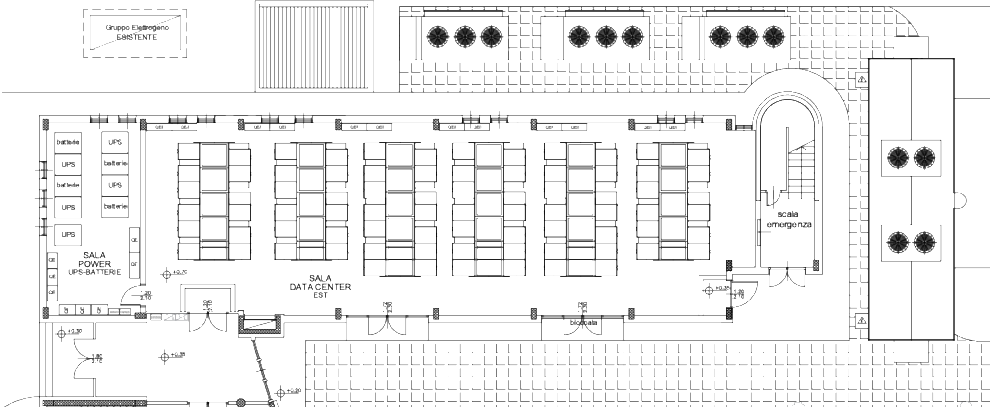
Maurizio Davini

Università di Pisa

Il Green Data Center



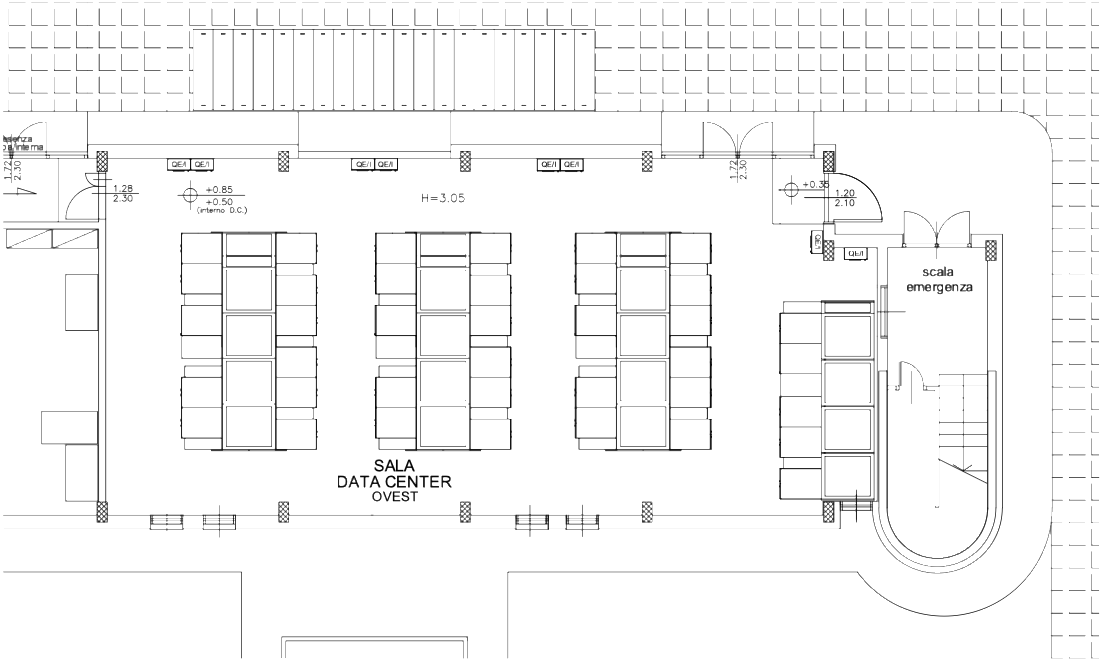
Il Green Data Center



2017-2022



2023-...



Lo sviluppo

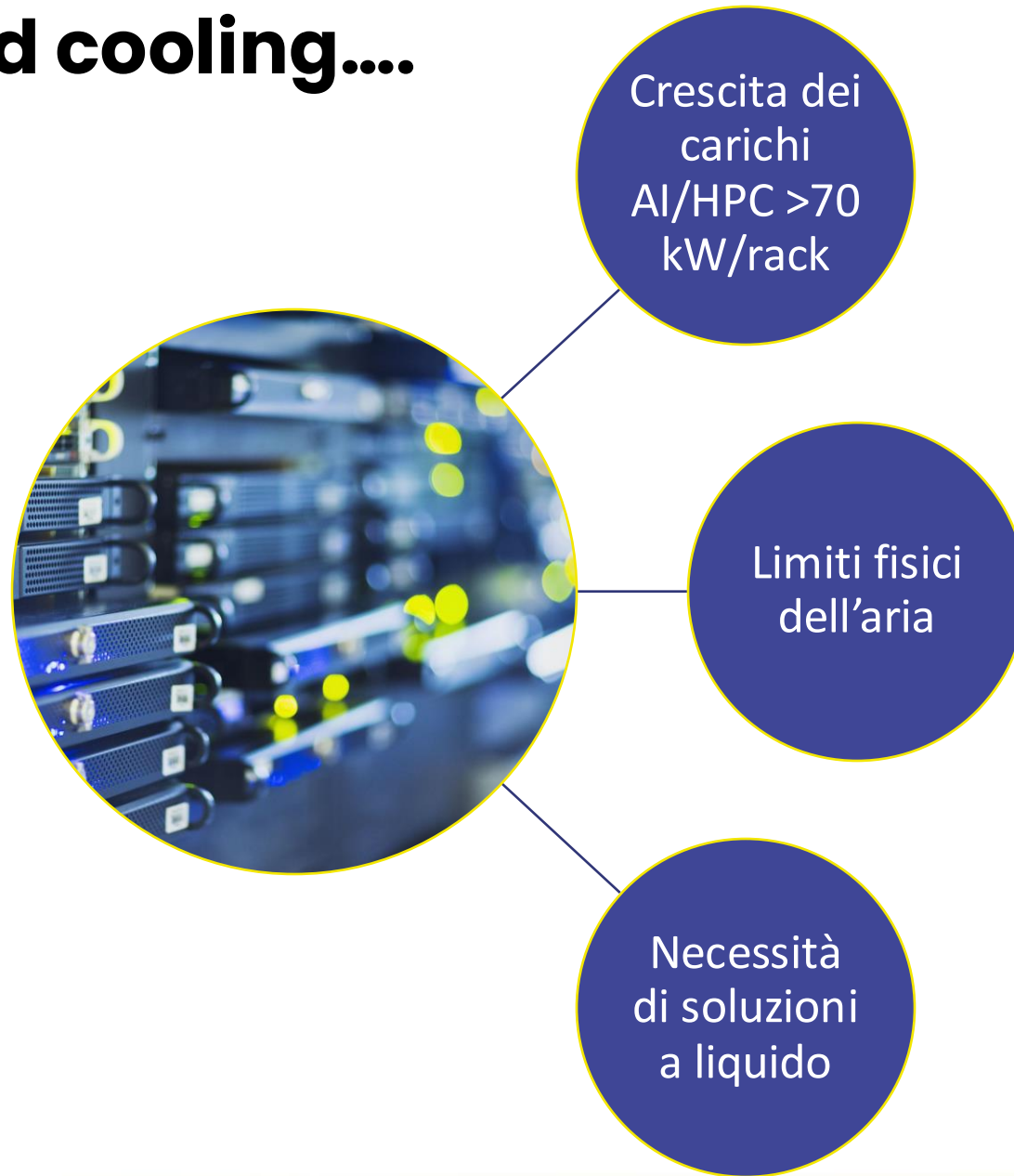
2017-2022

- **66** racks **15KW/rack** Vertiv in-row coolers

2023-....

- **40** racks **30KW/rack** Vertiv in-row coolers
- **3** Vertiv XDU70 Air to Liquid CDU

Perché il liquid cooling...



Vantaggi e svantaggi del Raffreddamento a Liquido

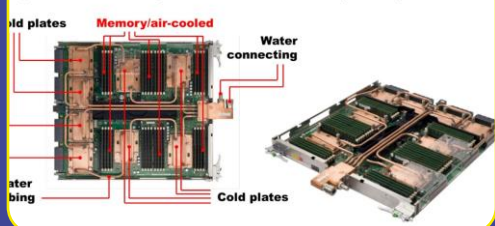


- Densità **>100 KW/rack**
- **PUE < 1.1**
- Riduzione dei costi energetici

- Mancanza di standard (liquidi diversi, manifold diversi...)
- Competenze scarse

Le Tecnologie Principali di liquid cooling nel GDC

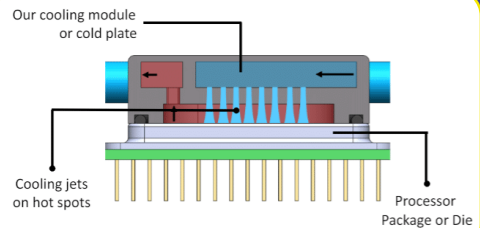
System board of high-end AI servers and supercomputers



Direct-to-Chip (D2C) monofase: il liquido (es. acqua/glicole) viene pompato in piastre fredde (*cold plate*) montate direttamente su CPU/GPU. Il calore passa dal chip al liquido, che viene poi raffreddato e ricircolato



Two-Phase (D2C bifase dielettrico): usa un fluido speciale che bolle a contatto col chip caldo, assorbendo calore tramite il cambio di fase. Il vapore viene poi condensato altrove nel circuito chiuso. Assorbe molto calore rapidamente (efficienza termica superiore).



Microconvettivo (micro-jet impingement): variante del D2C monofase in cui il cold plate dirige micro-getti di liquido ad alta velocità direttamente sulla superficie del chip. Migliora di un ordine di grandezza lo scambio termico rispetto ai microcanali tradizionali

ZutaCore HyperCool (Two-Phase Dielettrico)

Architettura

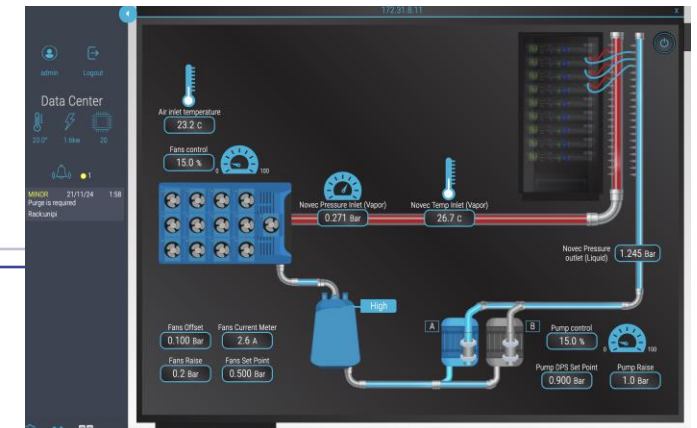
sistema direct-to-chip a **due fasi**, circuito chiuso. Un fluido dielettrico (senza acqua) viene pompato nei cold plate sul chip, dove evapora asportando calore. Il vapore viene condotto a un condensatore (Heat Rejection Unit in-rack) dove ritorna liquido. Il sistema opera a bassa pressione (sicurezza elevata).

Componenti

cold plates “waterless” montati su CPU/GPU (tecnologia *pool-boiling*: il liquido bolle direttamente sul die, manifold/tubazioni flessibili, e un’unità di condensazione per rack (HRU, 3-6U) con pompe, scambiatori, sensori e meccanismi di leak detection integrati.

Performance

raffredda processori fino a ~2.800 W ciascuno anche in form factor 1U Supporta >120 kW per rack con unità da 6U (scalabile aggiungendo moduli). Efficienza termica elevata: il fluido mantiene temperatura quasi costante (~60 °C) durante l’ebollizione, eliminando hotspot.



ZutaCore: Vantaggi

Vantaggi chiave

niente acqua nell'IT (fluido dielettrico non conduce, quindi zero rischio di danni da perdite). Riduzione drastica dell'energia di raffreddamento (fino a -80% consumo vs aria), con PUE raggiungibili ~1.05–1.07 (in casi ottimizzati è stato riportato <1.02). Consente 100% riuso del calore dissipato, contribuendo alla sostenibilità.

Retrofit & densità

il design compatto di HyperCool occupa ~50% dello spazio rispetto a soluzioni aria equivalenti e ~25% di un sistema a immersione. Può essere installato su server standard (kit per CPU/GPU di Dell, Supermicro, etc.) con minime modifiche e senza downtime prolungato. Supporta aumenti di densità >10× in rack esistenti, rendendo possibile sfruttare al massimo lo spazio disponibile.

Operatività

fluido stabile che non richiede sostituzione periodica (circuiti sigillati, nessuna evaporazione verso l'esterno). Sistema a bassa manutenzione: componenti ridondati (pompe, alimentazioni nell'HRU) e controllo autonomo garantiscono alta affidabilità. Multi-level leak detection e prevenzione integrati nell'HRU avvisano e intervengono immediatamente in caso di anomalie.

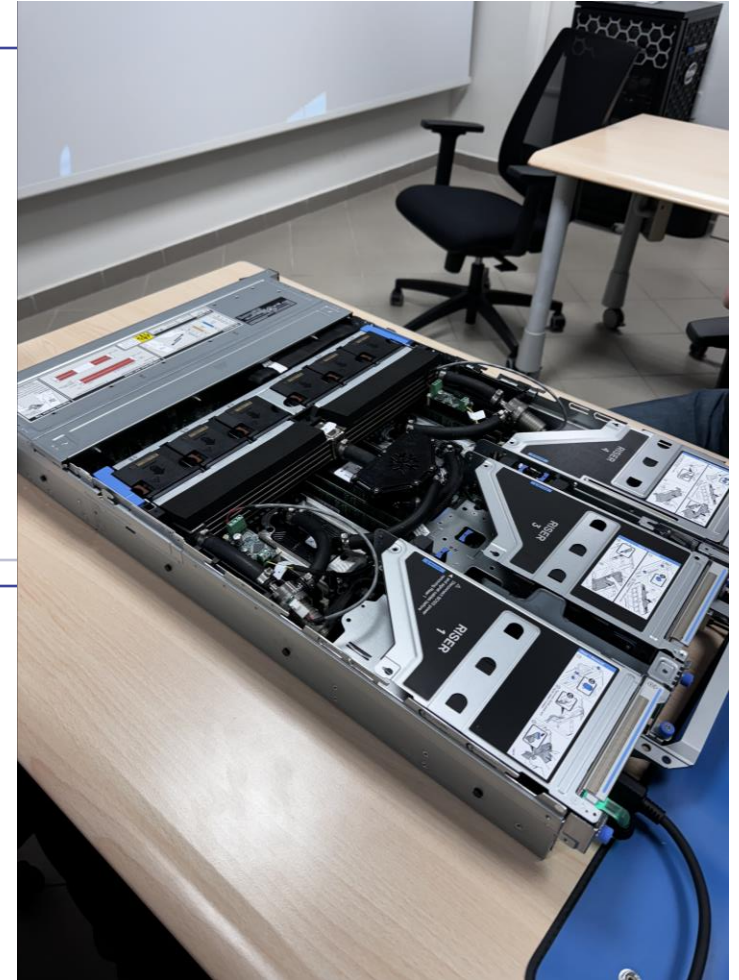
JetCool (Microconvective Cooling)

Principio microconvettivo

raffreddamento direct-to-chip monofase con microgetti di liquido diretti sul die del chip. I cold plates JetCool (SmartPlate) incorporano array di microugelli che spruzzano il coolant ad alta velocità su punti caldi specifici, migliorando enormemente la capacità di scambio termico rispetto ai cold plate tradizionali a canali.

Prestazioni termiche

progettato per dispositivi con dissipazione $>3.000\text{ W}$ (oltre 500 W/cm^2 di densità termica). Dimostrato $\sim 3\times$ inferiore resistenza termica rispetto ai migliori cold plate microchannel convenzionali, permettendo di mantenere i chip molto più freschi (fino a $-37\text{ }^\circ\text{C}$ sulle giunzioni rispetto ad aria in test HPC). Elimina efficacemente hotspot locali sul die.



JetCool: Vantaggi

Affidabilità design

i cold plate JetCool sono completamente sigillati: il liquido circola in un micro-distributore interno e non entra in contatto diretto con l'elettronica esterna. Il design a getti evita i passaggi strettissimi dei microcanali tradizionali, riducendo rischio di intasamento; bastano filtri da $\sim 50 \mu\text{m}$ sul loop (vs $25 \mu\text{m}$ per microcanali). Meno rischio di *fouling* significa manutenzione semplificata e performance costanti nel tempo.

Implementazione graduale

Abbiamo usato soluzioni plug-and-play come SmartPlate System – un kit pre-ingegnerizzato che si installa all'interno di server standard (Dell PowerEdge) con radiatore liquid-to-air integrato – consentendo di dissipare $\sim 50 \text{ kW}$ per rack senza modifiche all'impianto



Vertiv XDU

Ruolo

unità di distribuzione del liquido (CDU) che gestisce il trasferimento di calore tra il loop IT e l'infrastruttura di facility. Crea un circuito secondario isolato dove controlla temperatura, pressione e flusso del coolant verso i rack, scambiando il calore con l'acqua di facility **o con l'aria ambiente** a seconda del modello

Liquid-to-Air CDU

modelli compatti come Liebert XDU 70 integrano un radiatore interno con ventole, dissipando il calore del liquido direttamente nell'aria del locale. Hanno capacità inferiore (~70 kW) ma possono funzionare senza connessione all'acqua dell'edificio, utili per piccoli data center o test lab dove si vuole introdurre liquid cooling senza modifiche all'impianto HVAC esistente.

Caratteristiche

le CDU Vertiv includono ridondanza (pompe duali), filtri (~50 μm) per mantenere il liquido privo di contaminanti, sensori di perdite e monitoraggio intelligente di portata/pressione con allarmi. Possono essere collocate in-row (tra i rack) o in posizione perimetrale. La comunicazione unità-unità permette

Vertiv XDU70



Vivere con il liquid cooling

Commissioning iniziale: richiede test di tenuta dei circuiti (pressure test), spurgo dell'aria dalle tubazioni e calibrazione di sensori/controlli prima dell'avvio. Importante validare che tutti i cold plate e scambiatori funzionino sotto carico. Vanno definite procedure di emergenza (es. spegnimento controllato in caso di perdita grave durante il collaudo).

Monitoraggio continuo: i sistemi a liquido integrano sensori per temperatura, pressione e flusso in vari punti. Questi dati vanno monitorati via BMS/DCIM, con soglie d'allarme per anomalie (es. calo di portata che indica ostruzione). Sistemi di **leak detection** (cavi sensibili all'umidità, vasche con sensori sotto i rack) sono essenziali sotto ogni connessione critica.

Gestione del fluido: nei loop acqua/glicole, mantenere la qualità del liquido è cruciale: trattamenti anticorrosione, biocidi anti-alga, controllo periodico di pH e conduttività. Filtri (tipicamente ~50 μm) vanno ispezionati e sostituiti regolarmente per proteggere i cold plate. Nei sistemi a due fasi, va verificato periodicamente il livello e la purezza del fluido dielettrico; in genere questi fluidi (es. ZutaCore) non necessitano ricambi frequenti e restano stabili [\[23\]](#).

Manutenzione hardware: Le CDU includono componenti meccanici da mantenere: pompe (sostituzione dopo un certo numero di ore), ventole (nelle unità liquid-to-air), valvole e guarnizioni (controllo e cambio se usurate). Cold plate e scambiatori vanno ispezionati durante downtime programmati per pulizia da eventuali residui. È consigliato tenere kit di parti di ricambio (guarnizioni, tubi, innesti) a portata per interventi rapidi.

Raccomandazioni Finali

- Forte Valore Strategico
- Pianificazione
- Integrazione forte tra team IT e Team Facility

Ringraziamenti

Dell Technologies
E4 Computer Engineering
Mactronics

maurizio.davini@unipi.it

Domande al sito : wooclap.com e codice WSGARR25"

WORKSHOP GARR 2025

NET MAKERS