
Data Center

Infrastrutture, facility, tecnologie, impatto energetico



Fondazione
Compagnia
di San Paolo

PRISMA

Progetti Innovazione Soluzioni Management

National Research Council of Italy

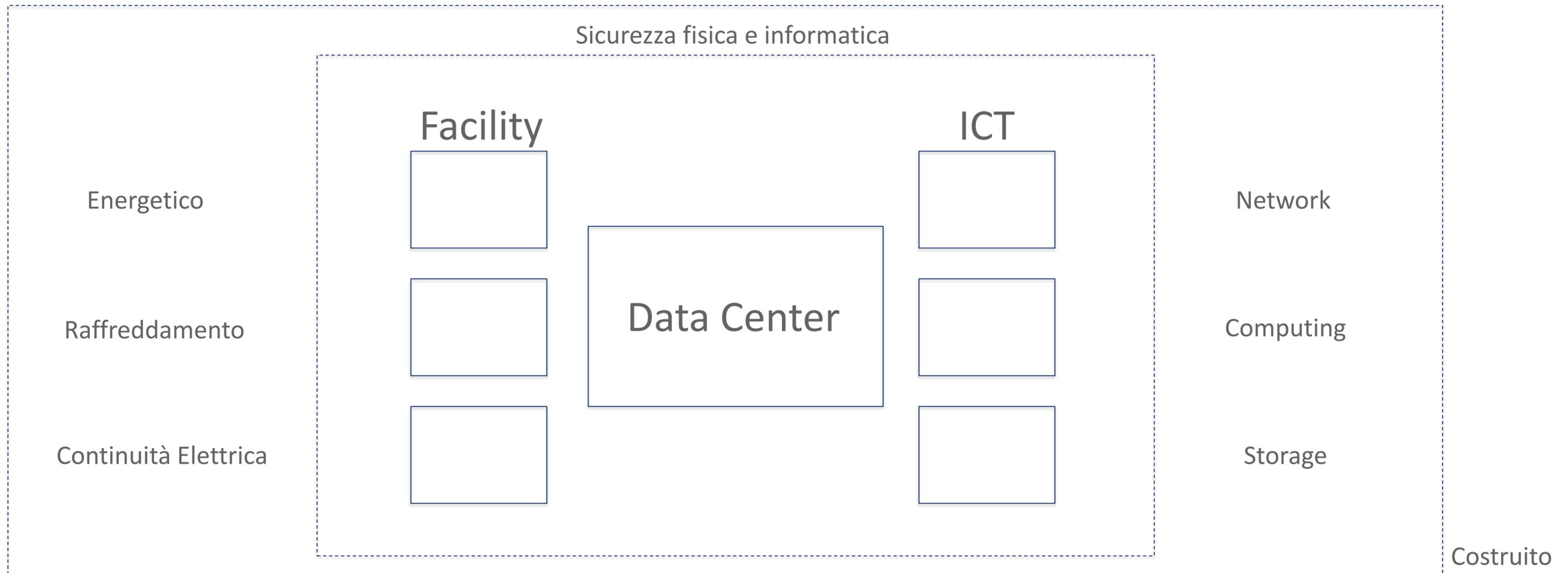


Institute of Electronics,
Computer and
Telecommunication Engineering

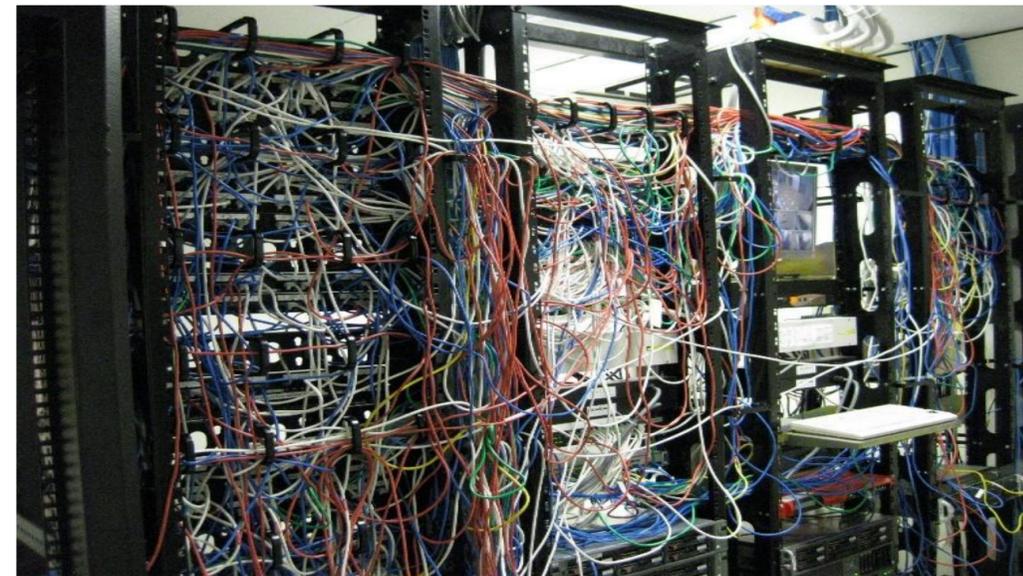
Introduzione

Data Center

Un data center è una stanza, un edificio, una struttura fisica, anche mobile, in cui sono presenti infrastrutture ICT per la fornitura di applicazioni e servizi e l'archiviazione di dati



Data Center



Data Center - *definizioni*

INFRASTRUTTURE

Le infrastrutture ICT comprendono la rete informatica, tutti i suoi componenti hardware e software tradizionali, il cablaggio, gli apparati di rete attivi, meta servizi software per il funzionamento e il controllo della rete (DHCP, DNS, RADIUS, NMS, NAT, ecc.), le piattaforme di autenticazione, i data center e il sistema di comunicazione.

In pratica per infrastrutture si intende tutto il corredo hardware e software necessario a implementare e consentire lo svolgimento di tutte le attività di base.

SISTEMA INFORMATIVO

L'aggregatore di tecnologie, applicazioni, persone, processi e dati che costituisce il grande dominio del sistema informativo aziendale.

Sistema informativo: insieme di software, persone e competenze, processi e sistema informatico.

Data Center - *definizioni*

CLOUD

«il Cloud è un ambiente d'esecuzione elastico delle risorse, che coinvolge diversi stakeholders e fornisce un servizio a granularità multiple, e indirizzato a raggiungere uno specifico livello di qualità dell'erogazione».

[Commissione Europea per la Società dell'Informazione e dei Media]

FOG

Fog computing (o Fog) è un'architettura orizzontale, a livello di sistema, utile a distribuire senza soluzione di continuità risorse e servizi di calcolo, immagazzinamento di dati, controllo e funzionalità di rete sull'infrastruttura che connette il Cloud all'Internet of Things

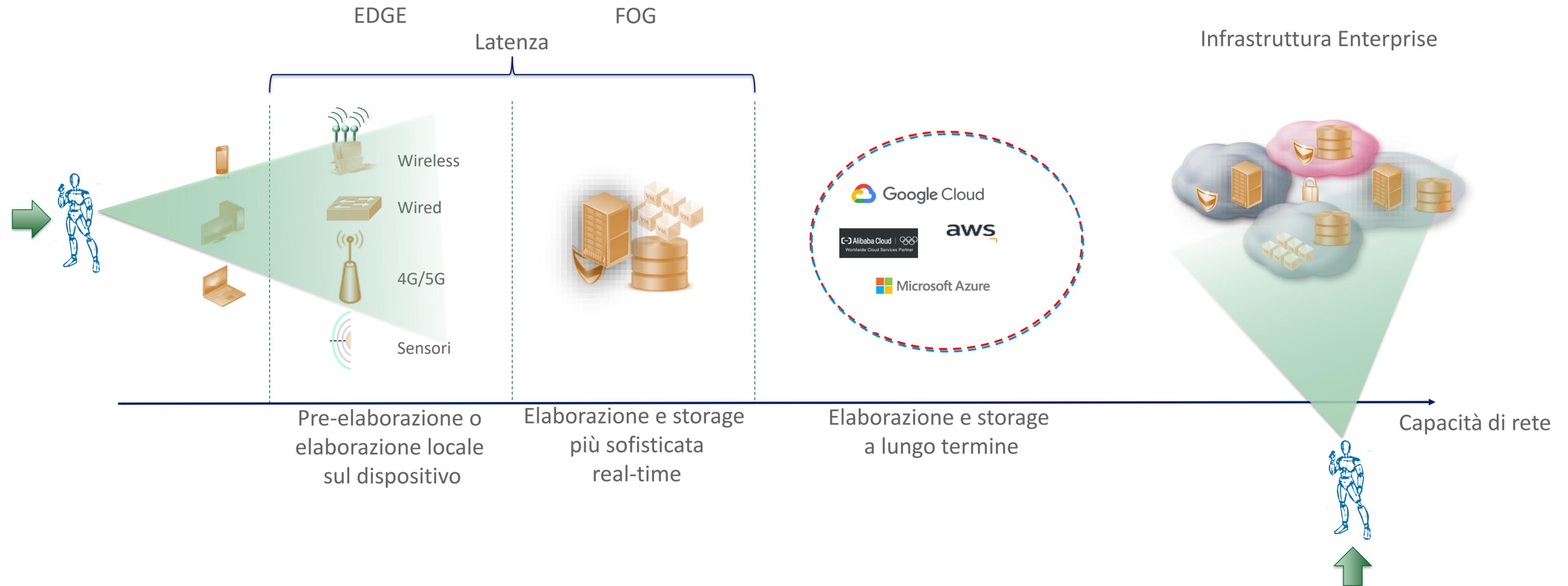
[Flavio Bonomi Cisco Systems]

EDGE

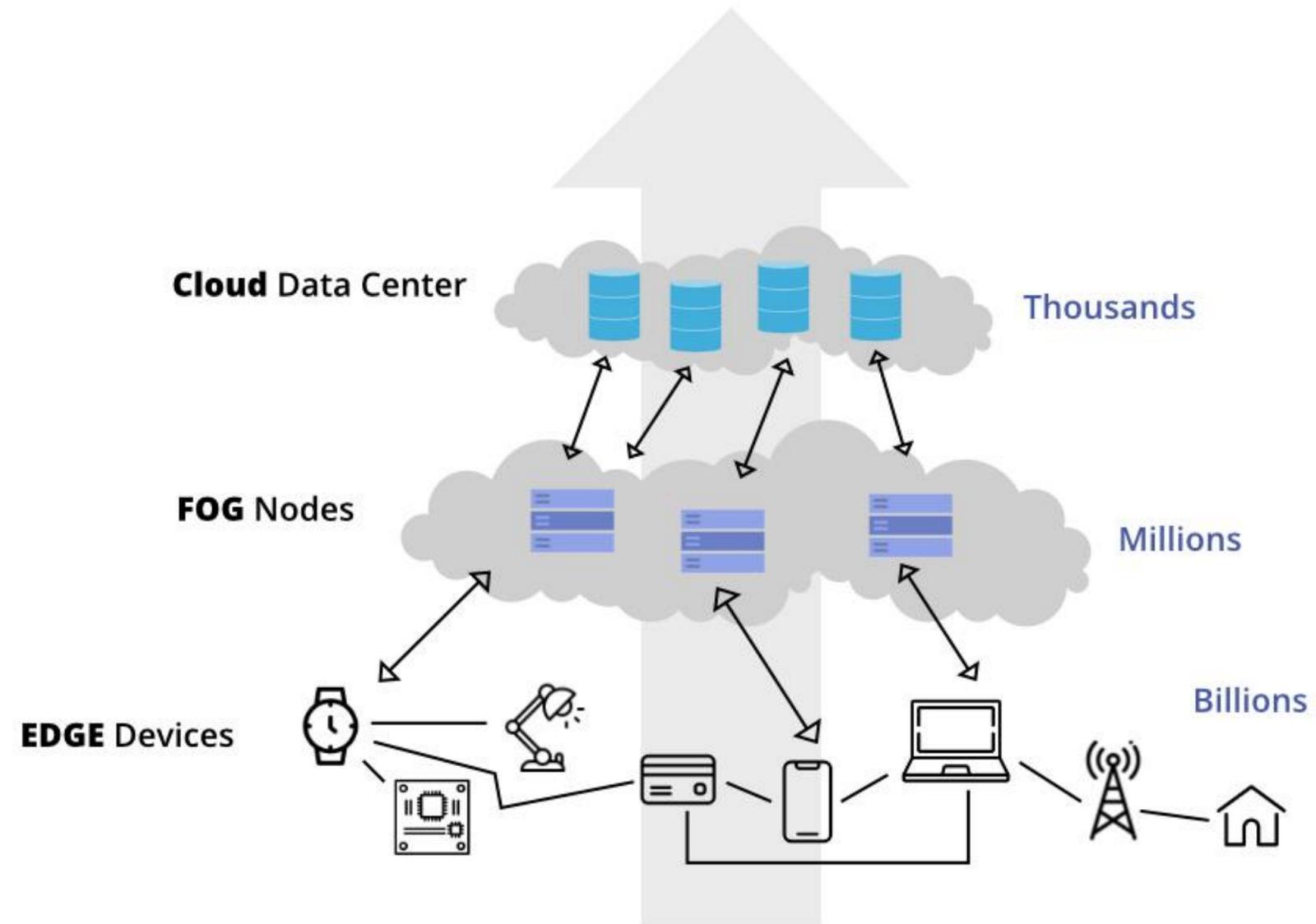
L'edge computing è un'architettura IT distribuita e aperta con potenza di elaborazione decentralizzata, predisposta per le tecnologie di mobile computing e Internet of Things. Nell'edge computing, i dati sono elaborati dal dispositivo stesso o da un computer o server locale, invece di essere trasmessi al data center.

[HPE]

Data Center — *Edge, Fog, Cloud*

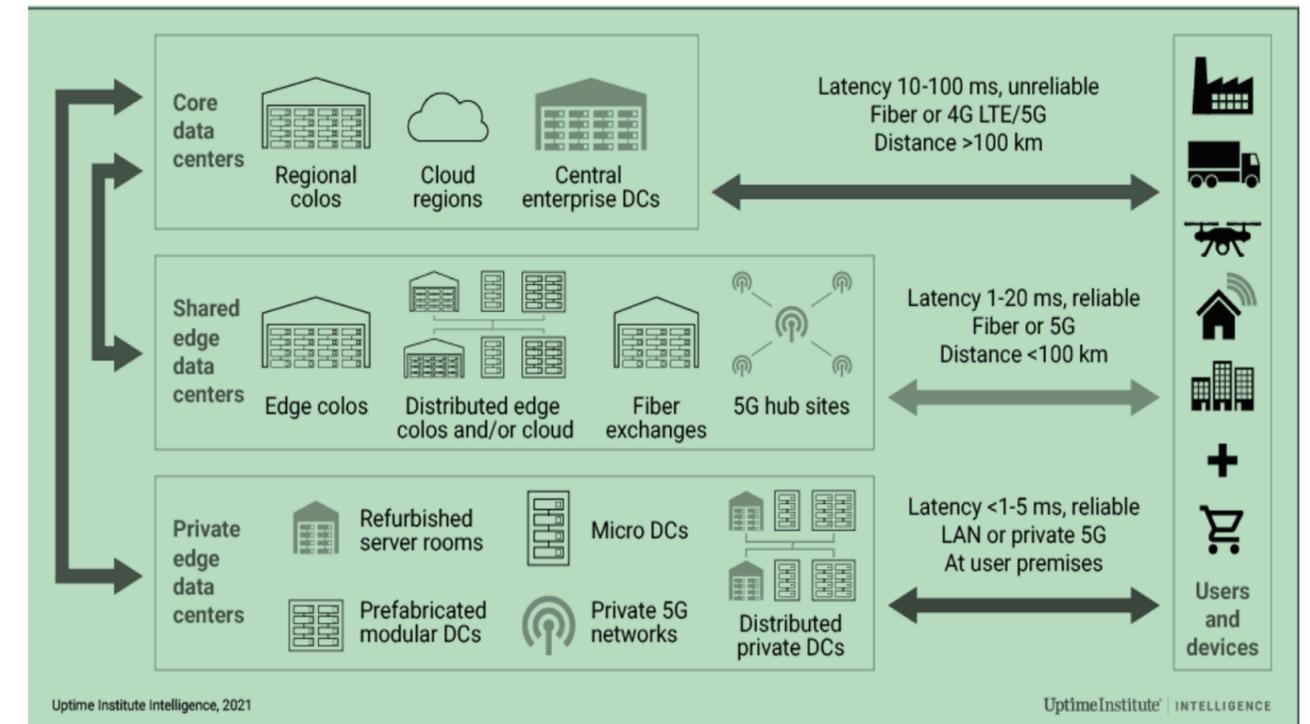


Data Center — *Edge, Fog, Cloud*



Data Center Edge e latenza

- La latenza è uno dei vincoli più importanti. Per migliorare le prestazioni si cerca di avvicinare i dati all'utente, di elaborare quando possibile in uno strato (Edge, Fog) prossimo e di utilizzare i grandi datacenter solo quando necessario o per archiviare i dati.
- In considerazione della crescita della quantità dei dati elaborati dai client si tende a spostare la loro elaborazione il più vicino possibile all'utente.
- Esempi di traffico che richiedono una bassa latenza sono il traffico realtime in generale, IoT, video e voce, le applicazioni di gaming, il controllo del traffico, le auto connesse...



2021 da circa 7 miliardi di euro



2026 circa 19 miliardi di euro

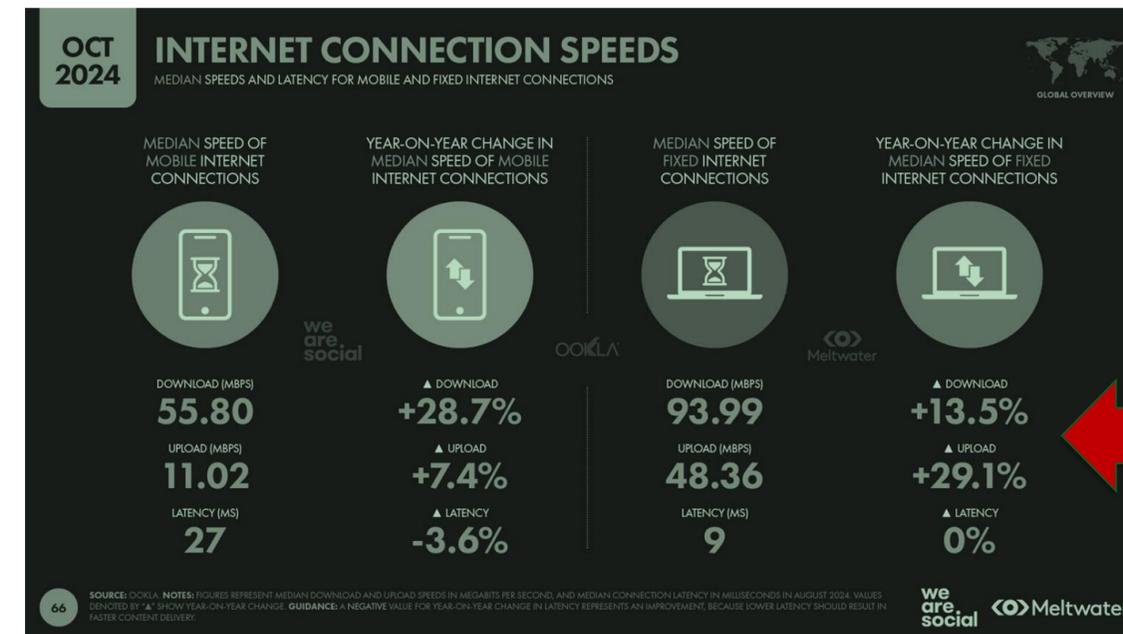
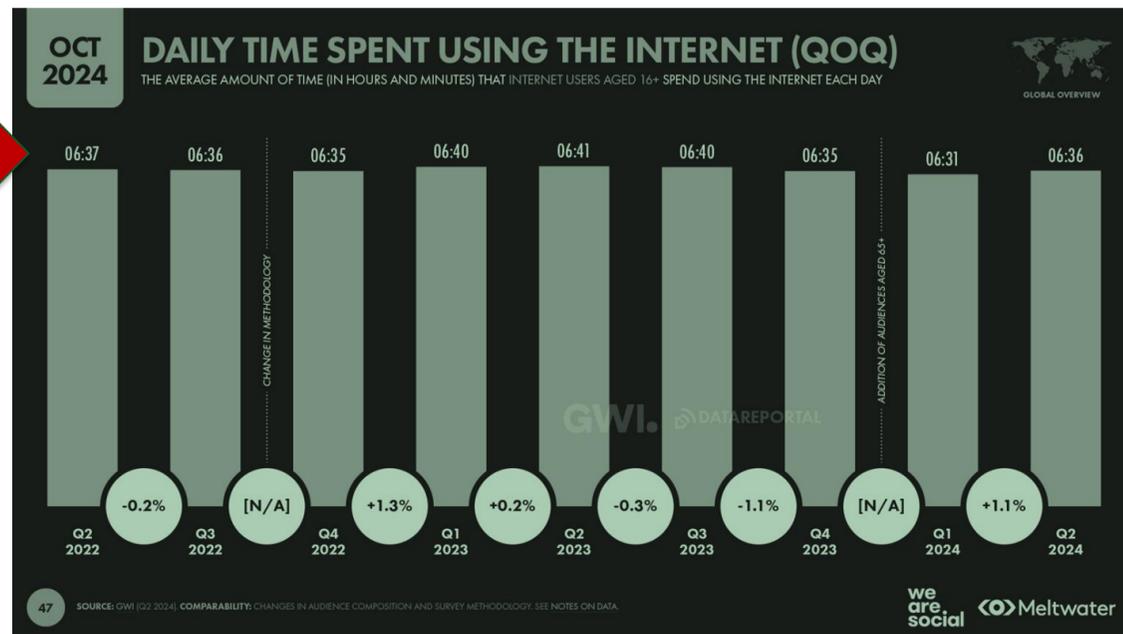
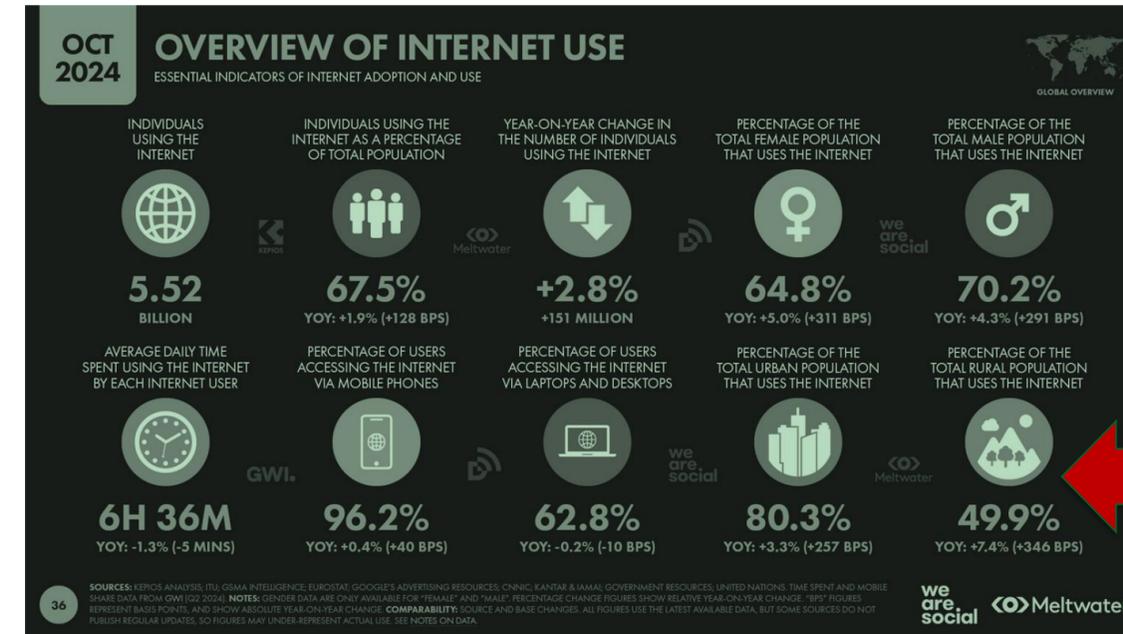
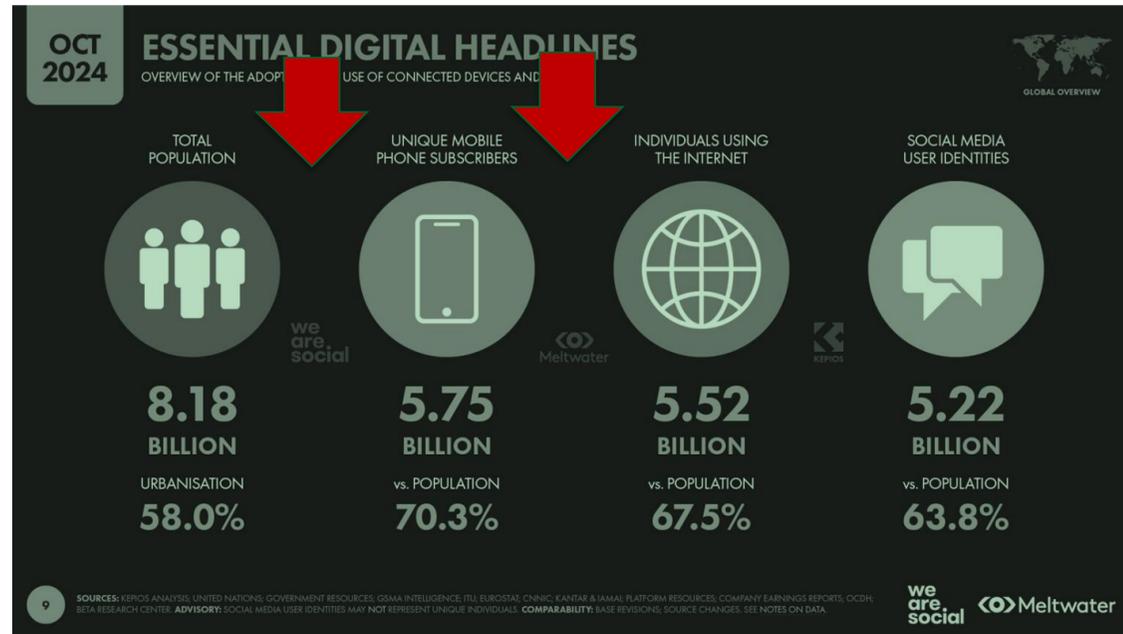
CBRE Italy elaboration on "Markets and Markets"

Latenza

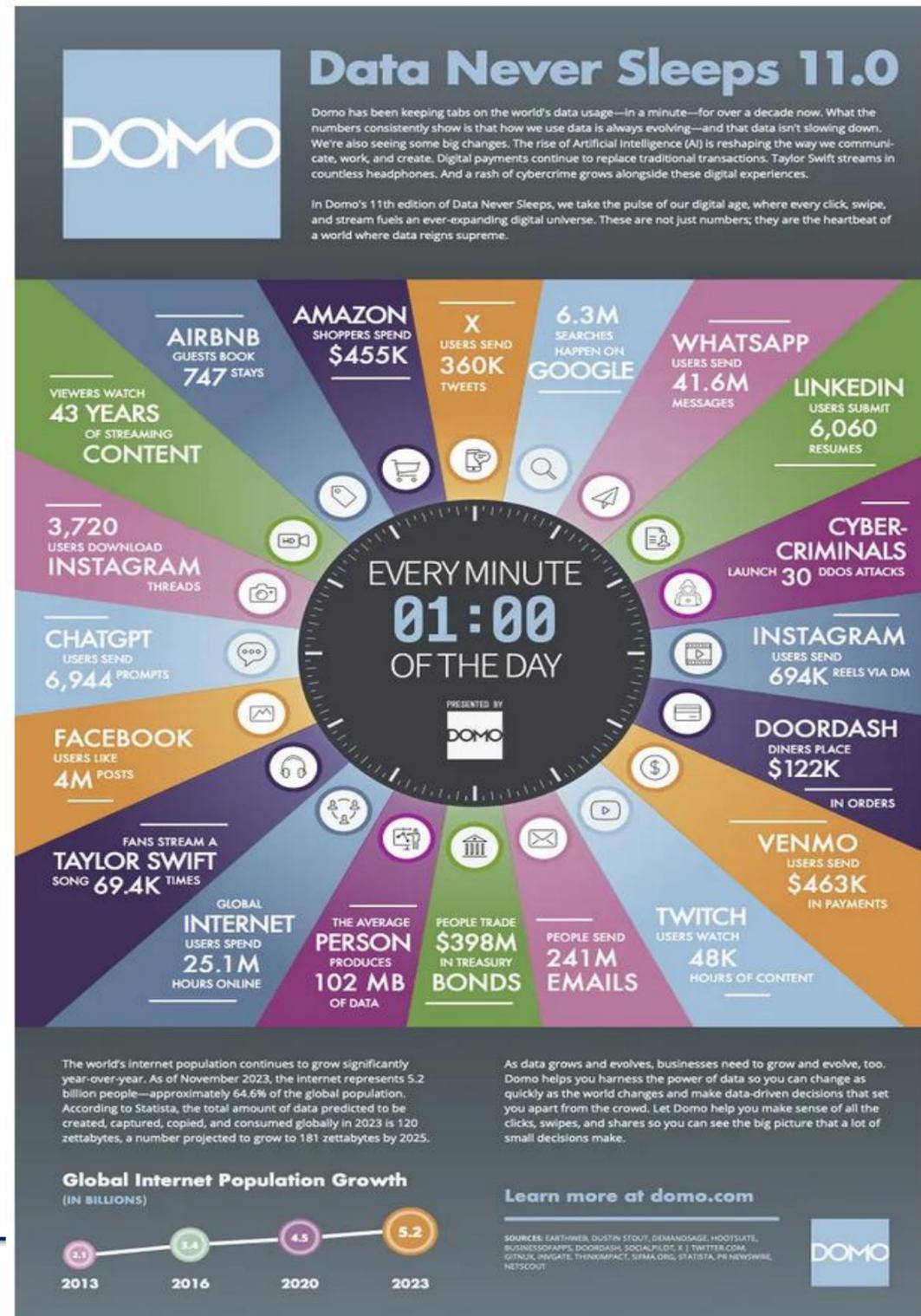
La latenza è la misurazione del ritardo in un sistema. La latenza di rete è la quantità di tempo necessaria affinché i dati si spostino da un punto all'altro attraverso una rete. Una rete ad alta latenza avrà tempi di risposta più lenti, mentre una rete a bassa latenza avrà tempi di risposta più rapidi.

Il digitale

La crescita del digitale



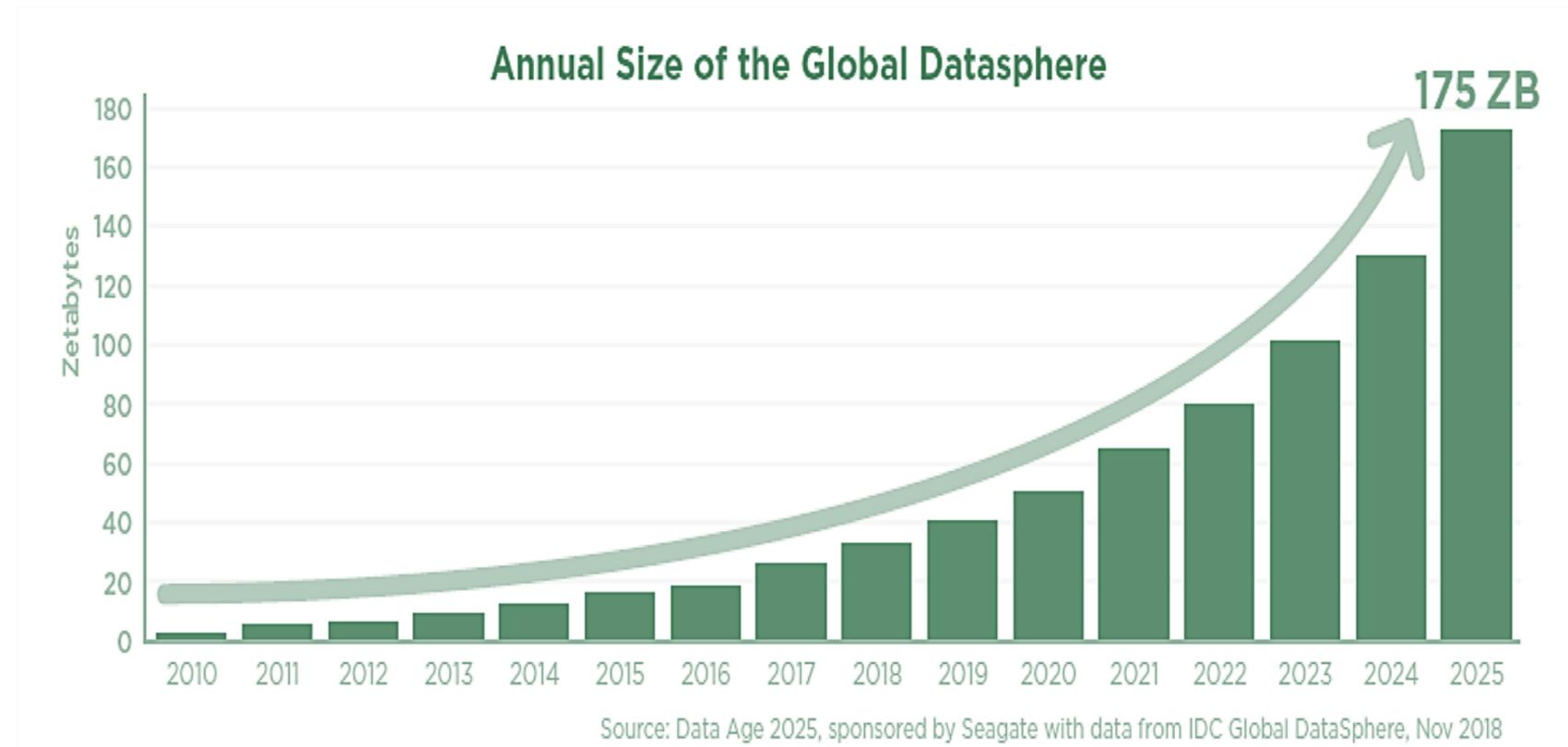
La crescita del digitale



- Circa 10 miliardi di ricerche al giorno
- Oltre 350 miliardi di mail inviate ogni giorno
- Circa 650 milioni di ore di streaming su Netflix

Nome	Simbolo	Multiplo
kilobyte	kB	10^3
megabyte	MB	10^6
gigabyte	GB	10^9
terabyte	TB	10^{12}
petabyte	PB	10^{15}
exabyte	EB	10^{18}
zettabyte	ZB	10^{21}
yottabyte	YB	10^{24}

La crescita del digitale



La crescita dei dati deriva da una sempre maggiore diffusione delle tecnologie digitali che semplificano e accelerano la produzione e la raccolta di dati di ogni tipo. In letteratura questo fenomeno è noto come *data tsunami*. Nel 2018 sono stati generati tanti dati quanto tutti quelli generati dall'uomo fino ad oggi.

Questa accelerazione non sembra per altro subire flessioni, anzi, la prospettiva è di raggiungere il raddoppio dei dati generati in un periodo di tempo nell'ordine delle ore

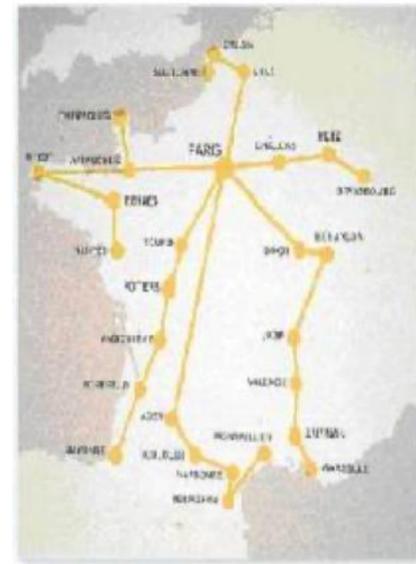
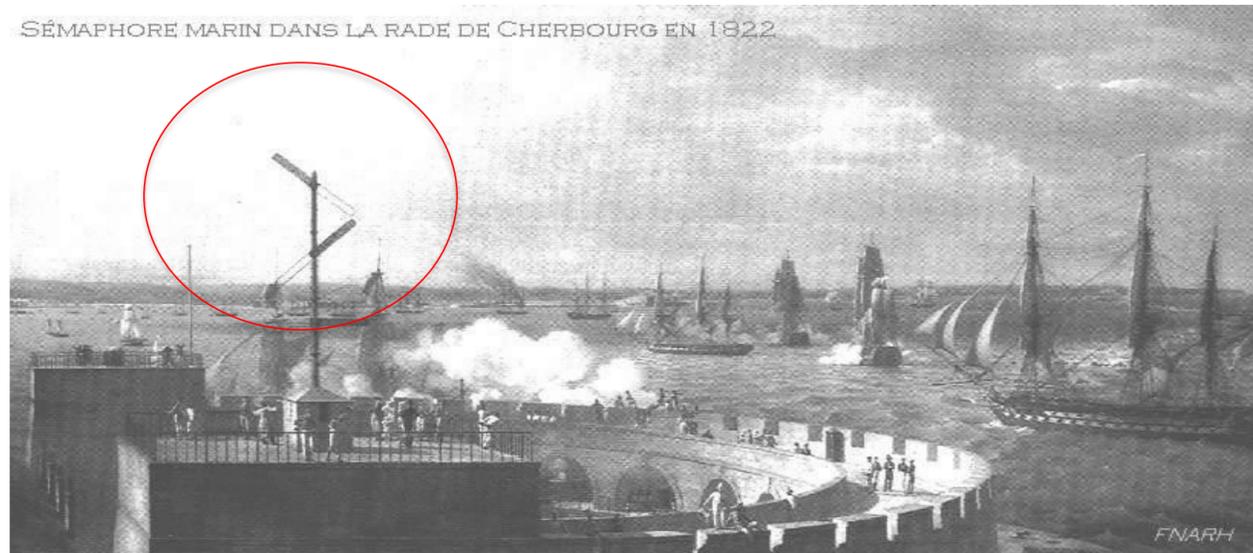
Il dato è tratto. Big Data e IA tra scienza e società, Mario Rasetti, DOI: 10.23801/asimmetrie 27-01-2019.

Nome	Simbolo	Multiplo
kilobyte	kB	10^3
megabyte	MB	10^6
gigabyte	GB	10^9
terabyte	TB	10^{12}
petabyte	PB	10^{15}
exabyte	EB	10^{18}
zettabyte	ZB	10^{21}
yottabyte	YB	10^{24}

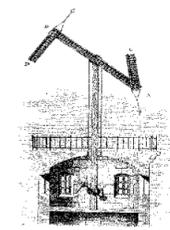
Evoluzione delle comunicazioni - Il telegrafo ottico



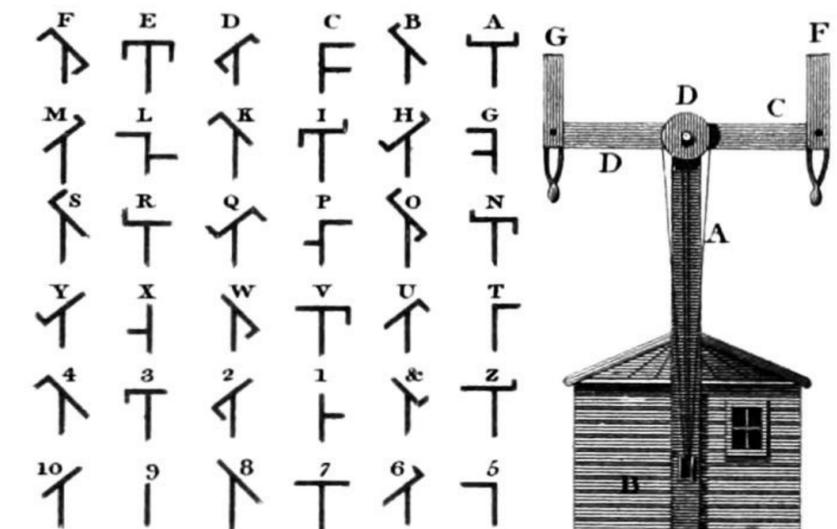
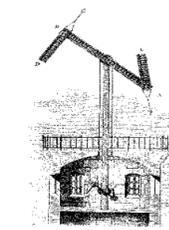
Claude Chappe
(1763 - 1805)



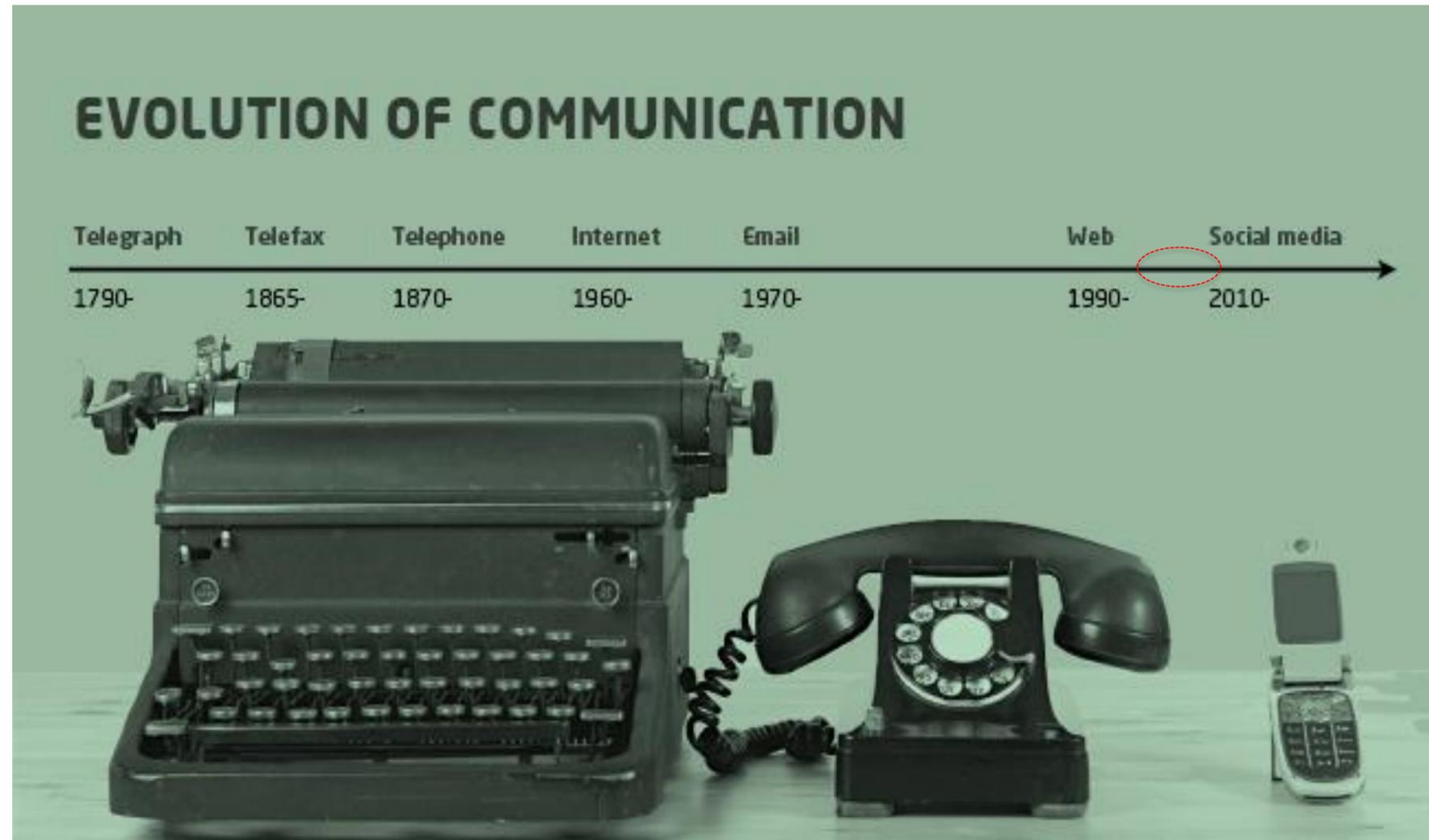
Il semaforo Chappe è presente in modo prominente ne Il conte di Montecristo di Alexandre Dumas. Il conte corrompe un operatore sottopagato per trasmettere un falso messaggio. Una scultura in bronzo di Claude Chappe è stata eretta all'incrocio tra Rue du Bac e Boulevard Raspail, a Parigi. È stata rimossa e fusa durante l'occupazione nazista di Parigi, nel 1941 o 1942.



Tra i 12 e i 25 Km



Evoluzione delle comunicazioni



La crescita del digitale

Linee fonia fissa legate al luogo. Le linee di fonia mobile alla persona. Un cambio di paradigma sostanziale per le implicazioni commerciali, economiche e tecniche

Moltiplicatori

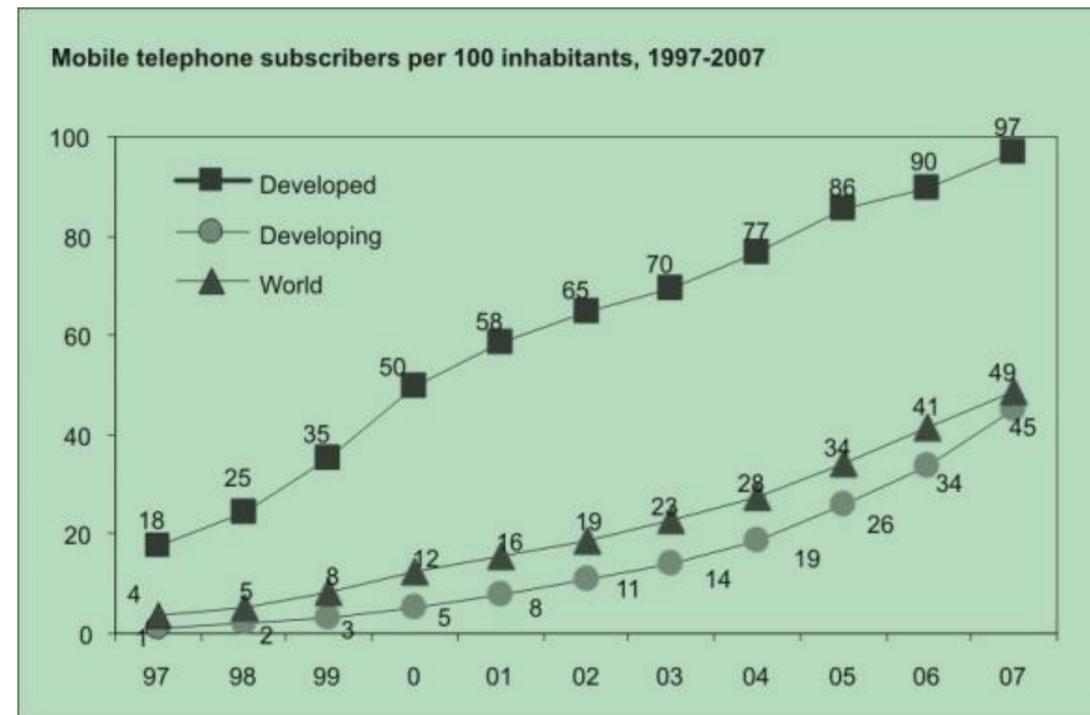
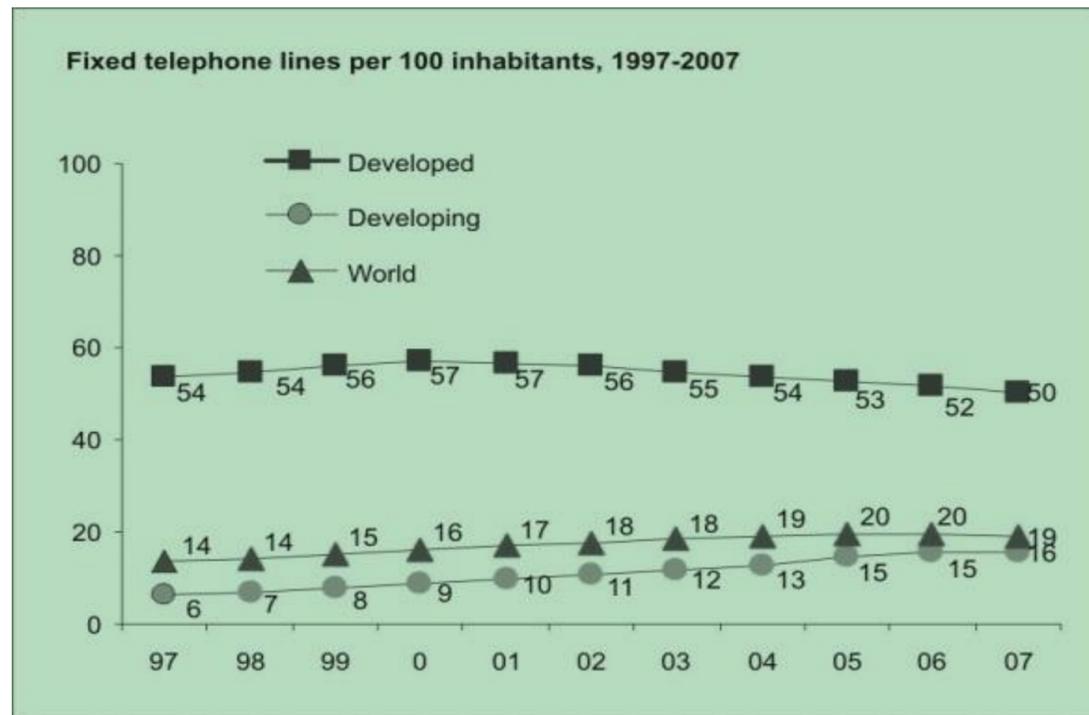
Quantità-Tempo

Numero Oggetti

Numero Utenti

Numero Ore

Numero Giorni



Impianti e tecnologie

Facility - Power, UPS, Cooling

Energia elettrica

Energia elettrica necessaria al funzionamento del DC

Continuità elettrica

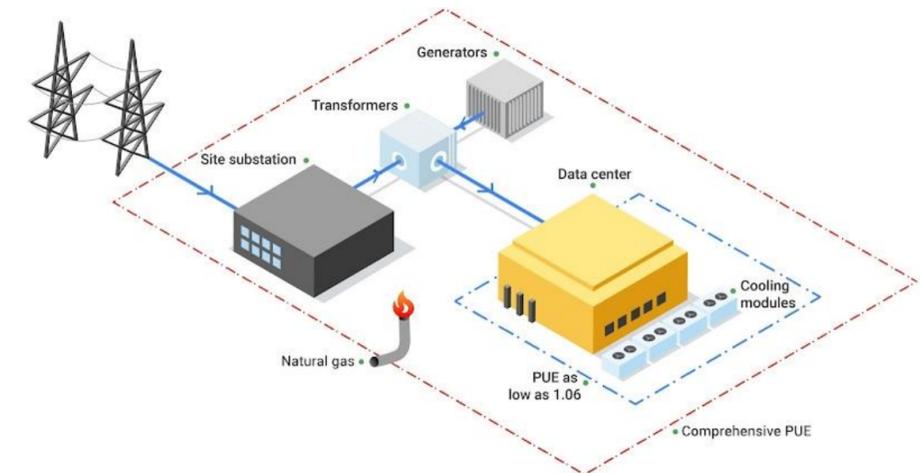
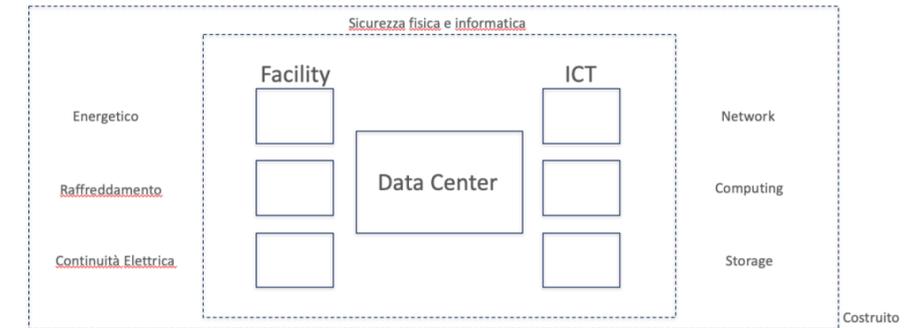
Continuità e qualità dell'energia elettrica utilizzata dal DC

Raffreddamento

Raffreddamento e dissipazione del calore del DC

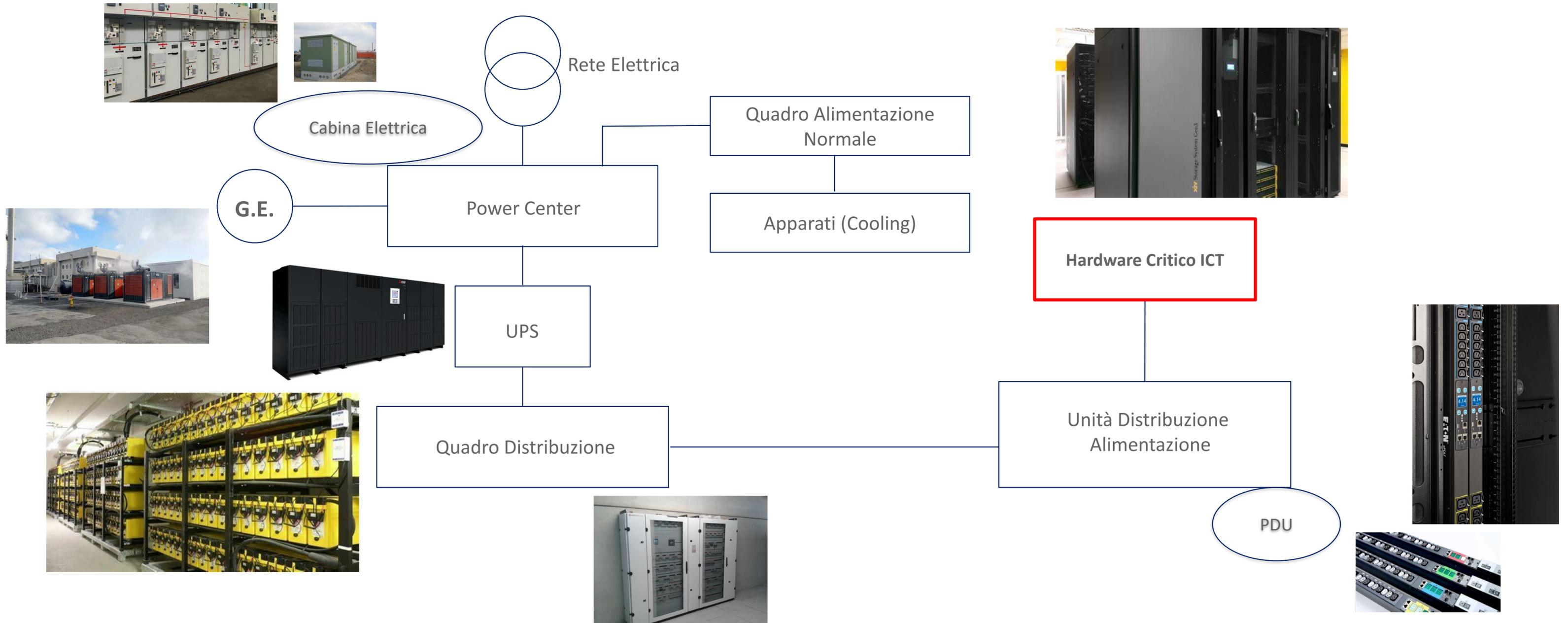
Disponibilità

Efficienza

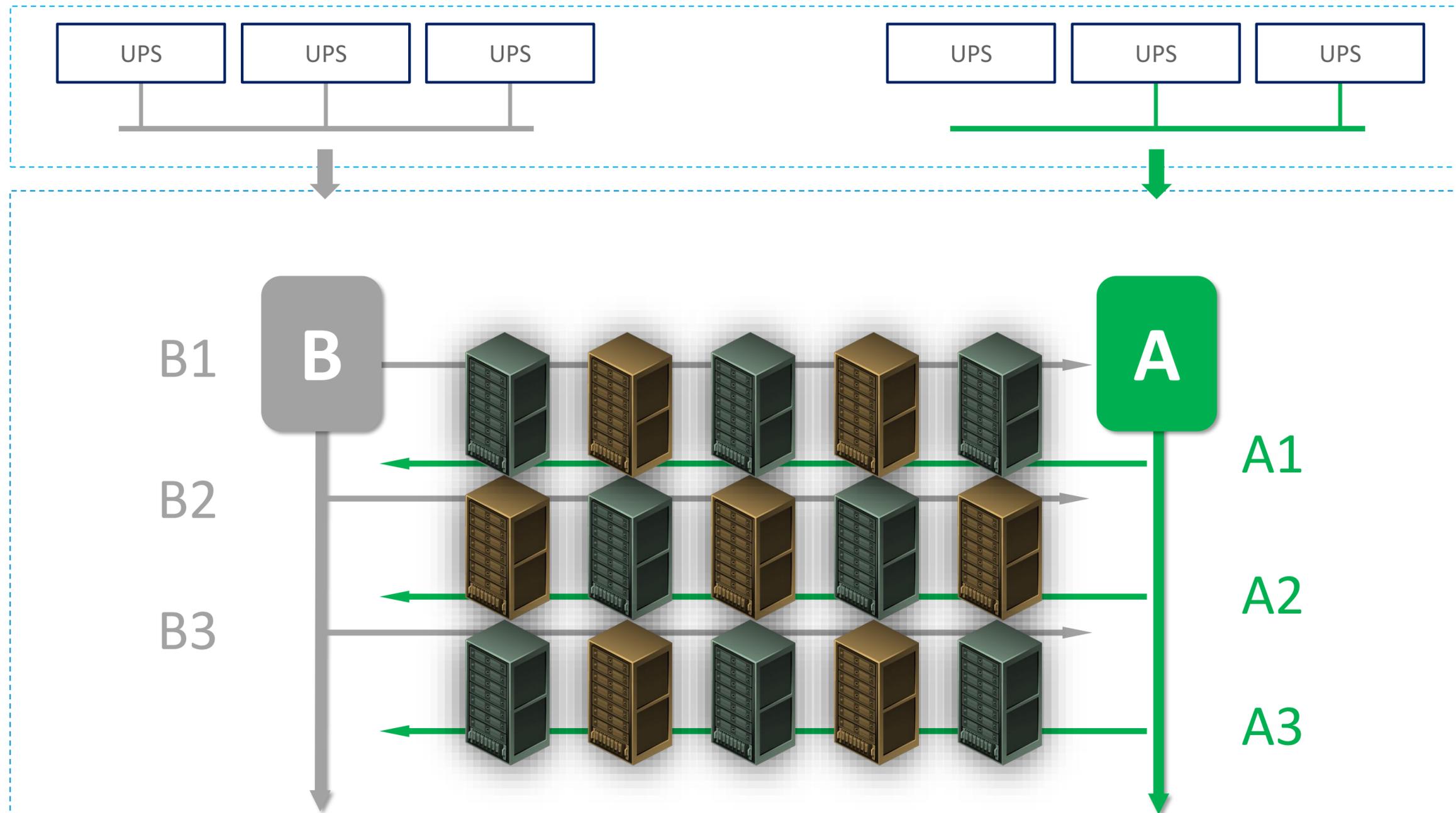


Power - Schema elettrico 1

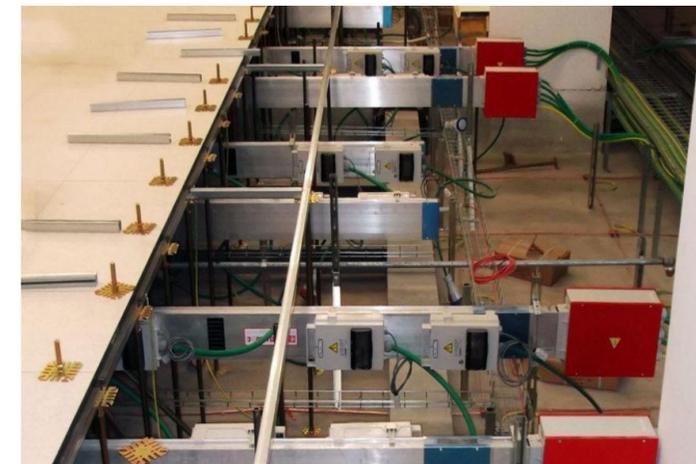
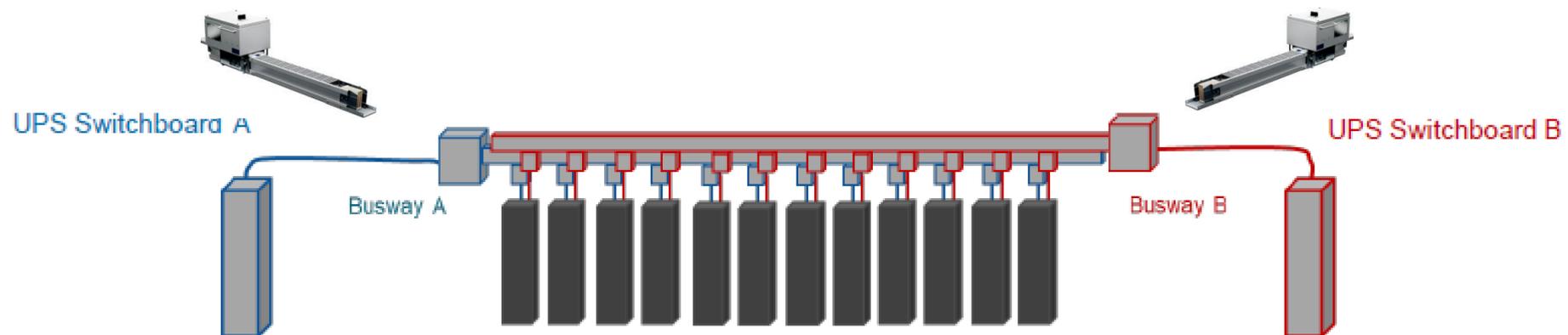
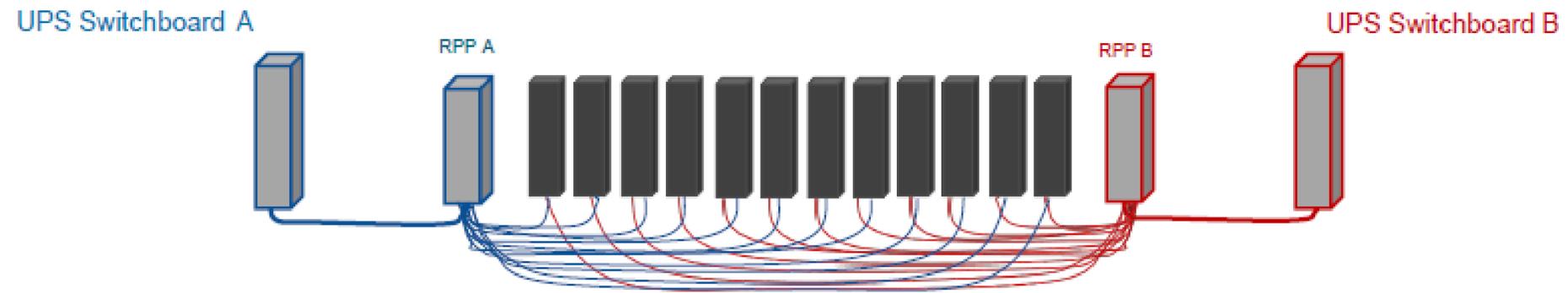
Impianto base - Non sono previste ridondanze



Power - Distribuzione elettrica



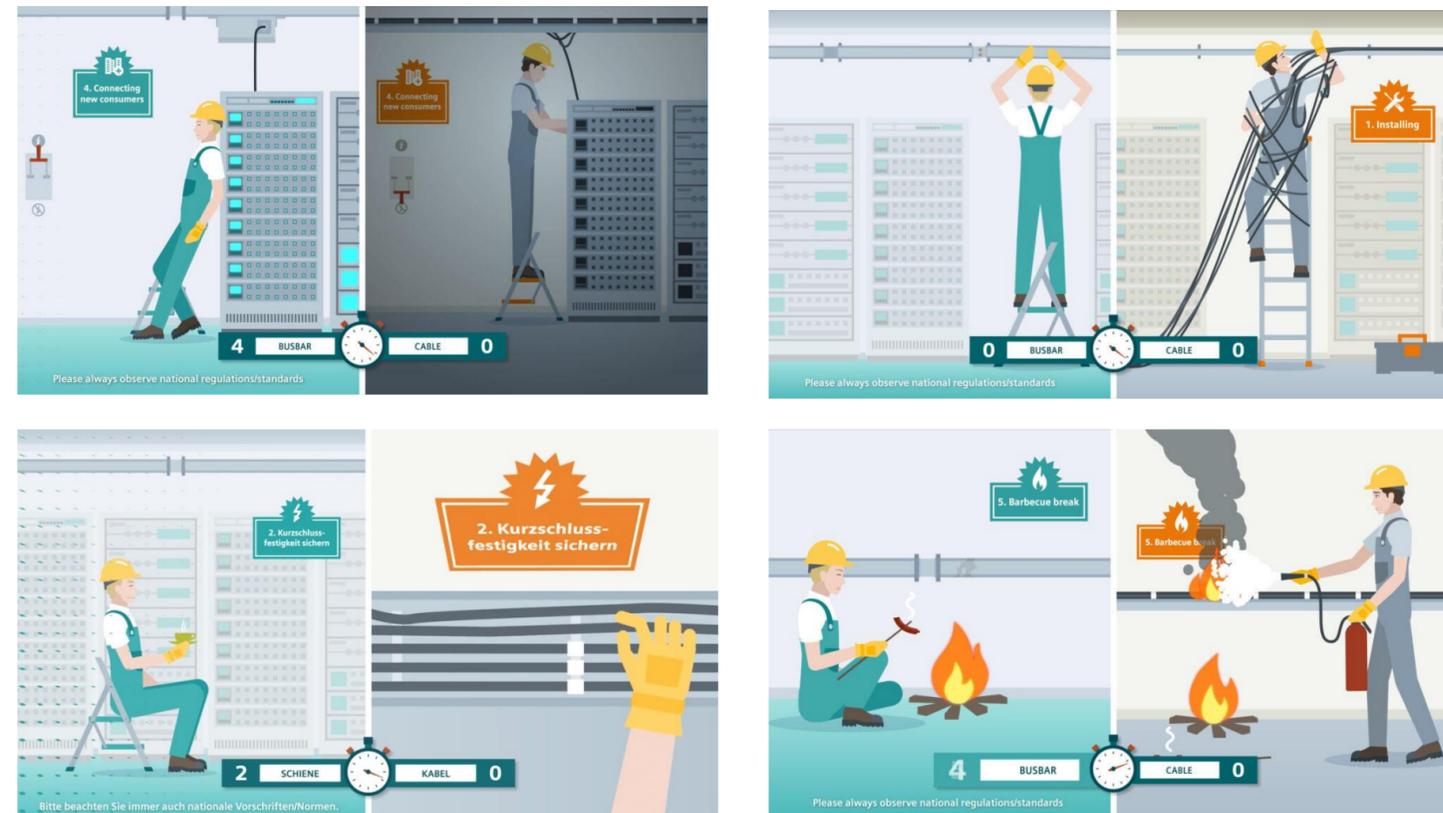
Power — Distribuzione cavo in rame o busbar



Power — Cavo vs Busbar

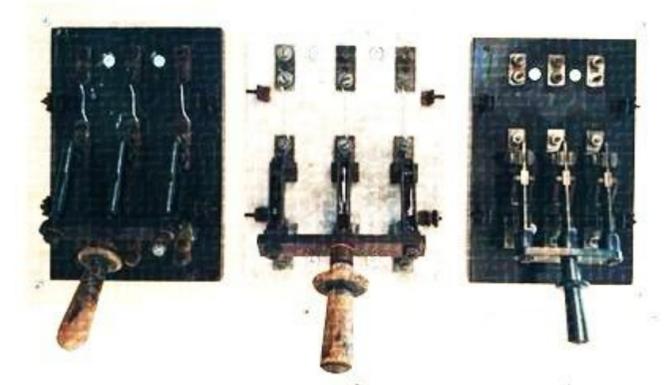
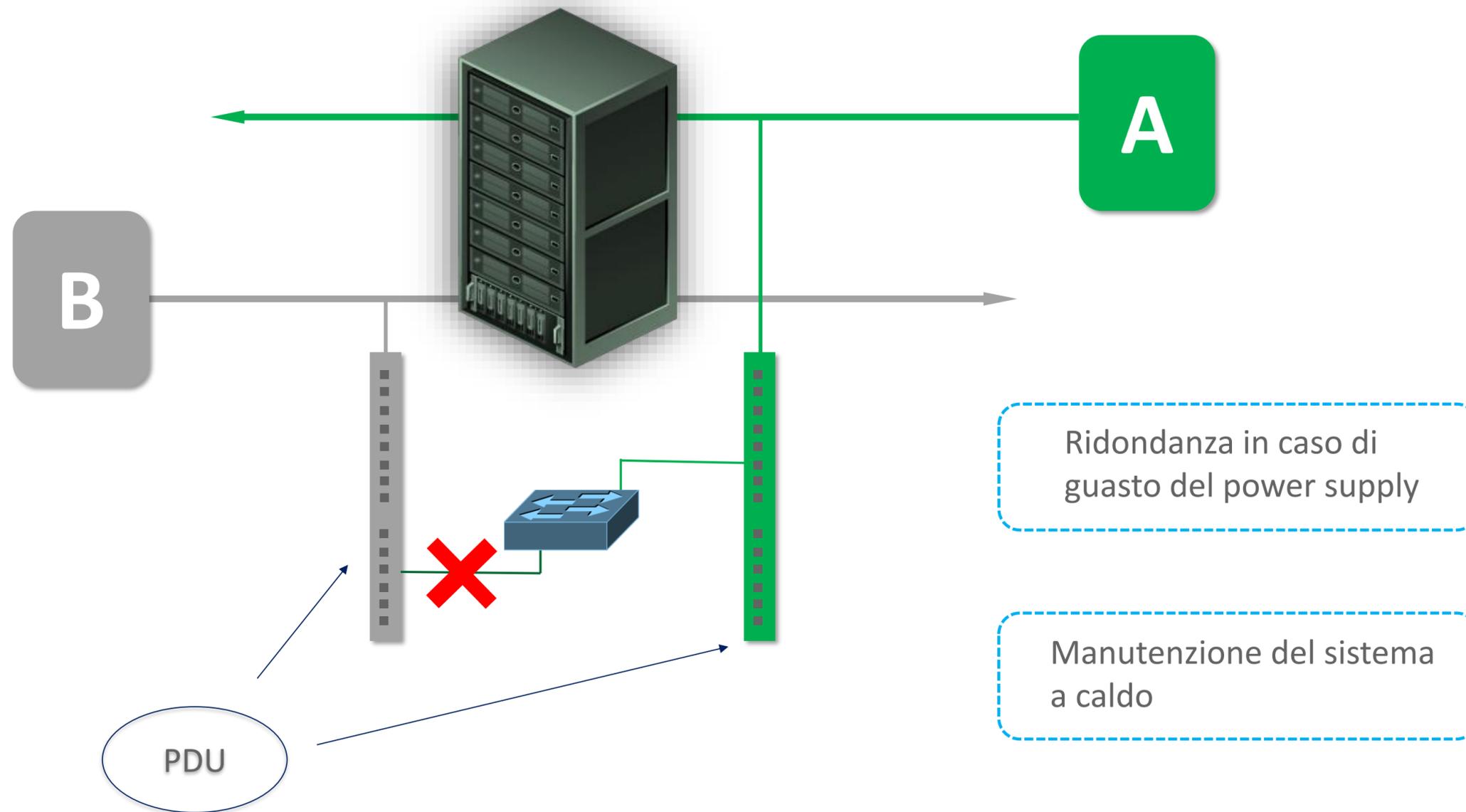
Busbar o condotti a sbarre

- Semplicità
- Velocità
- Manutenzione rapida
- Occupa meno spazio
- Riutilizzabile
- Costo iniziale più alto



Il termine “blindosbarre” è un marchio registrato dalla ditta Pogliano di Grugliasco

Power - Distribuzione elettrica



Power — PDU

I cavi di ingresso dell'alimentazione dei dispositivi IT sono dotati di spina denominata C14 o C20



Cable with **C14** plug
(max. 10A)



Cable with **C20** plug
(max. 16A)

Le PDU devono fornire una combinazione appropriata di prese C13 e C19 corrispondenti, adattandosi alla situazione nel rack

Oggi sempre più dispositivi IT ricevono energia tramite PDU rack intelligenti

Outlet C13

Outlet C19



- Costo più elevato rispetto alle normali PDU
- Dimensioni della PDU maggiori delle PDU standard
- Meno flusso d'aria di raffreddamento, maggiore consumo di energia: costi energetici più elevati Rack più grandi
- Stoccaggio di moduli adatti
- Interruzione del servizio (dispositivi del modulo o dell'intera PDU)



Continuità elettrica – UPS e GE

Le principali criticità sono i black-out, cioè assenza di alimentazione.
Da non sottovalutare la qualità dell'energia elettrica



Black Out

Derivati da errori umani (ad es. durante uno scavo)

Derivati da eventi naturali

Derivati da problemi locali (ad es. corto circuito)

Derivati da sovraccarichi sulla rete di distribuzione o all'interno del DC

Qualità

Variazioni rapide di tensione

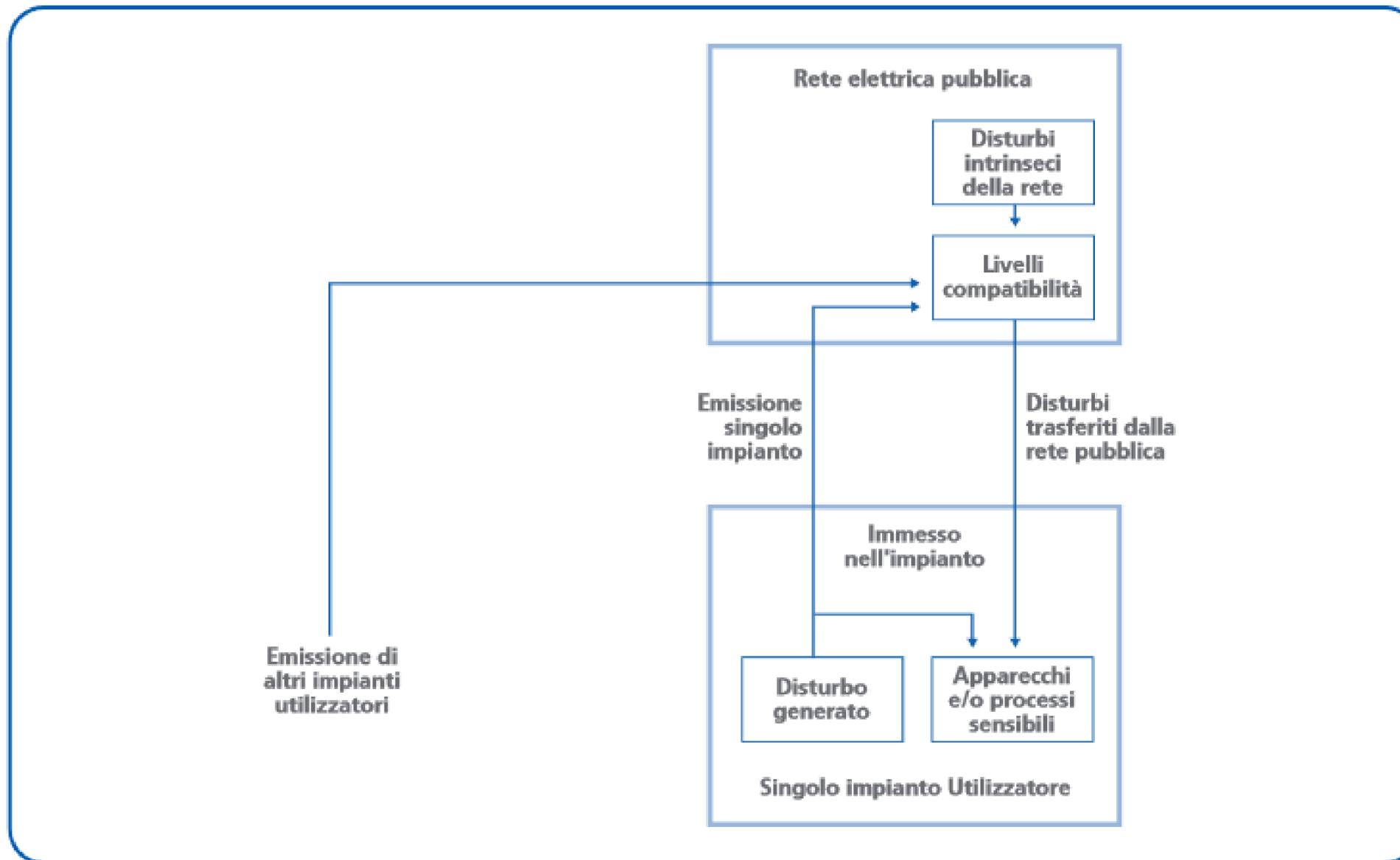
Flicker

Armoniche

Variazioni di frequenza

Microinterruzioni

Continuità elettrica – Qualità della linea



Schema che riporta il processo di generazione e diffusione dei disturbi con riferimento alla interazione tra rete elettrica pubblica e impianto utilizzatore.

Continuità elettrica – UPS e GE

Uninterruptible Power Supply (UPS) è uno dei componenti di base di un sistema di facility per Data Center

Vengono utilizzati per garantire (generalmente per pochi minuti) la continuità dell'erogazione elettrica ai carichi critici

Assicurano la qualità dell'alimentazione (cali di tensione, distorsione della forma d'onda). In generale offrono ai sistemi una linea elettrica priva di impurità

Tra le funzioni principali di un UPS c'è la capacità di sopperire alla mancanza della rete, pertanto è essenziale poter mantenere una riserva di energia

Accumulatori a
Batterie

Sistemi Rotativi

Sistemi alternativi
SuperCAPS UPS

UPS a doppia conversione (VFI)

Tensione (V) e frequenza (F) in uscita sono indipendenti (I) da tensione e frequenza in ingresso

On-line, doppia conversione (1-800 kVA)

No-break back-up power – inverter sempre ON

Alta qualità della alimentazione – transformer or transformer-less design

UPS interattivo (VI)

Tensione (V) in uscita è indipendente (I) dalla tensione in ingresso

Line interactive (400 VA-3 kVA)

Qualità della alimentazione media

UPS passivo di riserva (VFD)

Tensione (V) e frequenza (F) in uscita sono dipendenti (D) da tensione e frequenza in ingresso

Continuità elettrica – Accumulatori a batterie

Autonomia della batteria: tempo per cui fornisce il carico nominale

La vita della batteria può dipendere da diversi fattori:

La durata prevista può dimezzarsi se la temperatura di esercizio è di 10°C superiore a quella consigliata

Numero di cicli di scarica e carica

Importanti le modalità di ricarica e il sistema di controllo

Batterie «VRLA - AGM» sono sigillate ma emettono ugualmente idrogeno, pertanto occorre una ventilazione minima del locale secondo la norma EN 50272-2



Continuità elettrica – Sistemi rotativi o dinamici

Gli UPS rotanti possono integrare in una sola macchina le funzioni richieste ai gruppi elettrogeni e ai gruppi di continuità

Sono estremamente affidabili e generalmente orientati a carichi significativi e tipicamente orientati verso strutture ad un alto livello di affidabilità (TIER III e IV)

Non richiedono sistemi di raffreddamento dell'aria del locale



Continuità elettrica – Sistemi rotativi o dinamici

I Supercaps UPS sono dei gruppi di continuità che utilizzano super condensatori per l'accumulo di energia, al posto di un set di batterie tradizionali.

Autonomia in termini di secondi (1 a 60 sec).

Vantaggi

- Ciclo di vita esteso (20 anni vs 5-10 delle batterie al piombo)
- Numero di cicli molto alto (milioni vs ca 300 delle batterie al piombo)
- Maintenance-free
- Alta temperatura ambiente di esercizio (SuperCaps UPS sono adatti in installazioni in ambienti particolarmente freddi e caldi senza il bisogno di condizionamento)
- Footprint & peso ridotti (1/4 vs. un UPS tradizionale)
- Alta efficienza (bassa resistenza interna bassa emissione termica)



Raffreddamento

Carico Termico

Profilo Termico

Vincoli Strutturali

La scelta del tipo di raffreddamento può dipendere da diversi fattori:

Carico Termico:

- Calore da asportare
- Evoluzione del carico nel medio - breve periodo

Profilo Termico:

- Numero di ore/temperatura anno

Vincoli Strutturali:

- Architettura della sala e dell'edificio,
- Spazio a disposizione per le macchine, interne ed esterne
- Livello massimo di emissione sonora
- Livello di ridondanza richiesto

Un aspetto centrale è l'impatto ambientale.

Dal 2010 l'UE ha bandito alcune tipologie di gas HCFC (es. R-22).

Entro il 2050 saranno dismessi tutti i tipi di gas fluorati che sono quelli ora utilizzati da frigoriferi e condizionatori.

REGOLAMENTO (UE) N. 517/2014 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO
del 16 aprile 2014
sui gas fluorurati a effetto serra e che abroga il regolamento (CE) n. 842/2006
(Testo rilevante ai fini del SEE)

IL PARLAMENTO EUROPEO E IL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA,
visto il trattato sul funzionamento dell'Unione europea, in particolare l'articolo 192, paragrafo 1,
vista la proposta della Commissione europea,
previa trasmissione del progetto di atto legislativo ai parlamenti nazionali,
visto il parere del Comitato economico e sociale europeo ⁽¹⁾,
previa consultazione del Comitato delle regioni,
deliberando secondo la procedura legislativa ordinaria ⁽²⁾,
considerando quanto segue:

Ridurre le emissioni dei gas fluorurati e delle sostanze ozono lesive

Comunicati stampa [TORNATA](#) [ENVI](#) 16-01-2024 - 12:18

- Gas fluorurati utilizzati per frigoriferi, condizionatori d'aria, pompe di calore e protezione antincendio
- Eliminazione totale degli idrofluorocarburi entro il 2050, sostenere soluzioni rispettose del clima
- Maggiore ambizione UE su riduzione delle emissioni di sostanze che riducono lo strato di ozono, utilizzate in estintori, aerosol e schiume isolanti
- Norme UE allineate al Green Deal e agli accordi internazionali

Martedì, il Parlamento ha approvato in via definitiva nuove norme per ridurre al minimo le emissioni dei gas a effetto serra più inquinanti, in linea con gli obiettivi climatici.

Raffreddamento

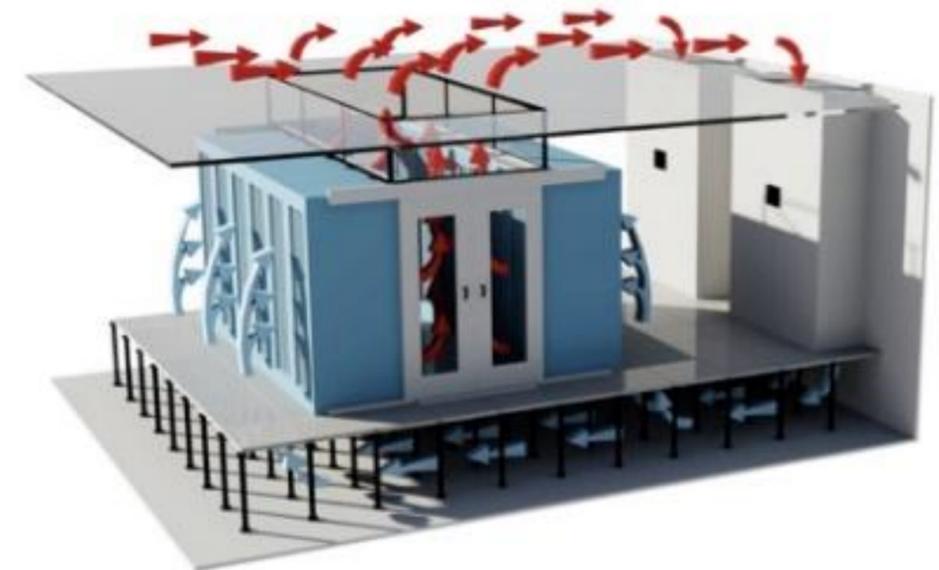
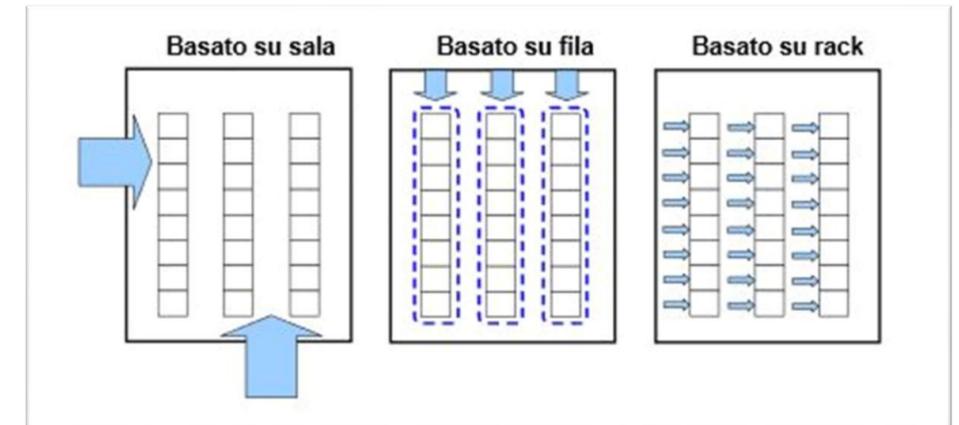
I sistemi di raffreddamento rivestono un ruolo molto importante poichè è necessario dissipare correttamente il calore prodotto dagli apparati ICT per permettere il loro corretto funzionamento.

Si tratta di un impianto critico non solo dal punto di vista funzionale ma anche dal punto di vista dell'efficienza dell'intero sistema data center.

Il Sistema di raffreddamento può lavorare a diversi livelli:

- Sala
- Fila
- Rack

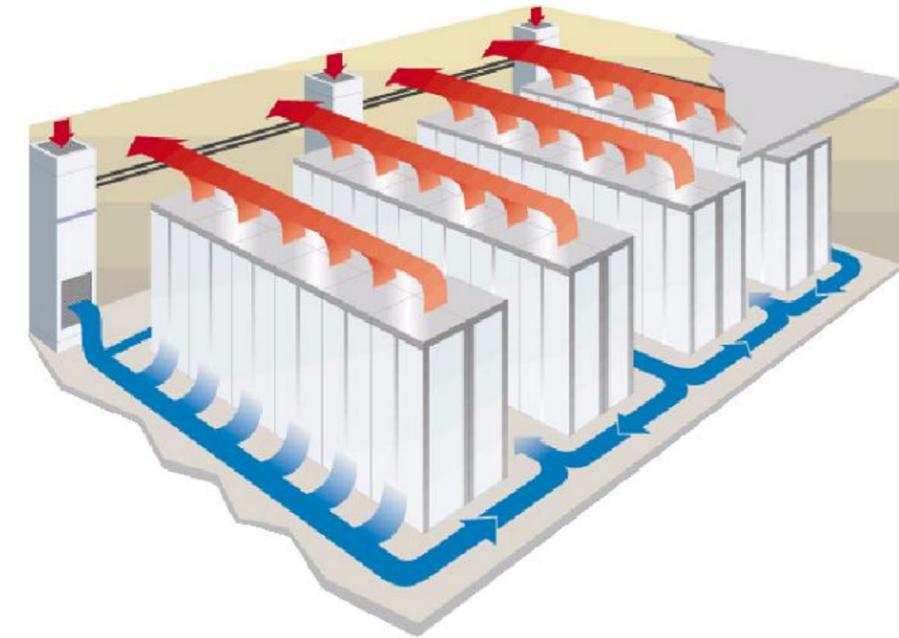
L'impianto di raffreddamento può anche essere di tipo ibrido, cioè può utilizzare soluzioni diverse a seconda delle esigenze di specifiche aree del data center



Raffreddamento — bassa densità

La distribuzione dell'aria consente il raggiungimento di elevati livelli di efficienza ed efficacia di raffreddamento

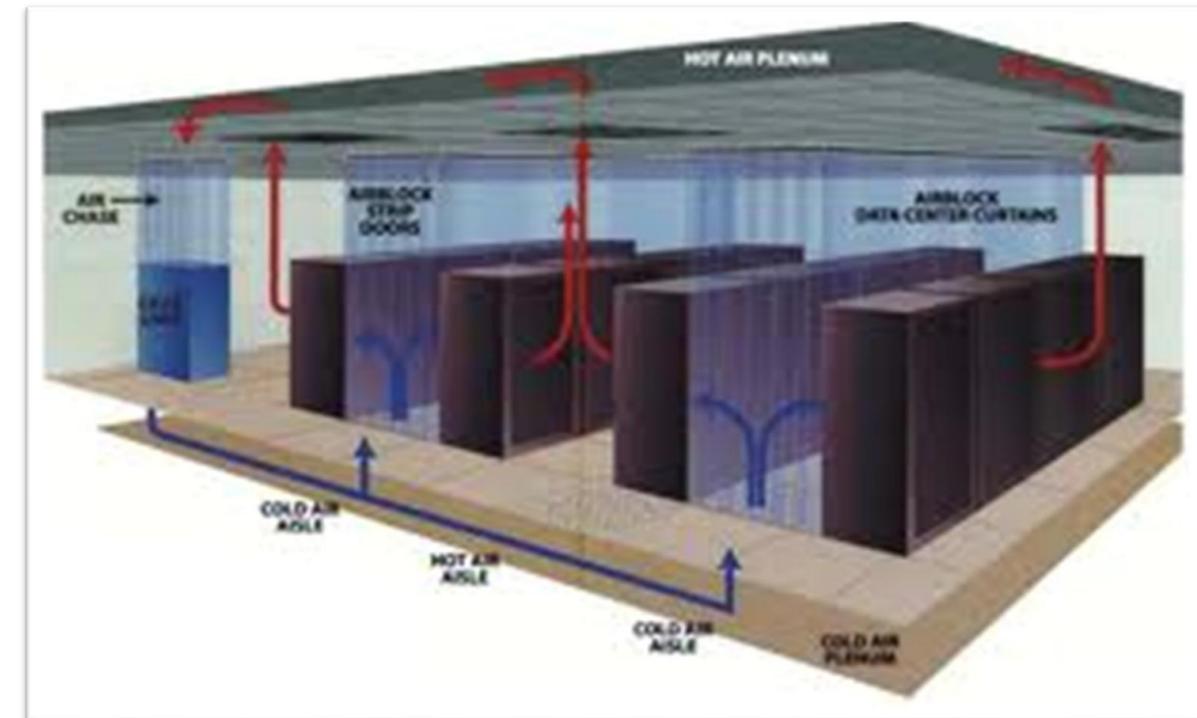
- L'aria viene aspirata dall'alto, filtrata, raffreddata e distribuita sopra pavimento
- Stratificazione delle temperature, il rimescolamento di aria calda e fredda diventa trascurabile
- Non è necessario usare il pavimento flottante per la distribuzione dell'aria



Raffreddamento – media densità

Gestire localmente il carico, separando la zona ad alta densità dal resto del data centre consente di minimizzare la potenza necessaria per il raffreddamento:

- minima portata d'aria
- massimo incremento di temperatura
- massima efficienza di raffreddamento
- massima efficacia di raffreddamento
- impiego ottimale di sistemi di freecooling indiretto



Raffreddamento — alta densità

Risulta più efficiente raffreddare localmente i carichi, separando la zona ad alta densità dalle altre aree del data center utilizzando al meglio la potenza necessaria per il raffreddamento:

- Minima portata d'aria
- Massimo incremento di temperatura
- Alta Efficienza/efficacia di raffreddamento
- Impiego ottimale di sistemi di freecooling indiretto



Raffreddamento – efficienza

In termini di efficienza, poiché i sistemi di cooling incidono significativamente sul carico energetico complessivo del data center, è possibile intervenire sia a livello meccanico che ambientale

Elementi Meccanici

- Ventilatori
- Tipologia impianto frigorifero
- Dimensionamento componenti
- Modalità di distribuzione del freddo

Elementi Ambientali

- Temperatura
- Temperatura esterna
- Ambiente circostante

Raffreddamento — Free cooling

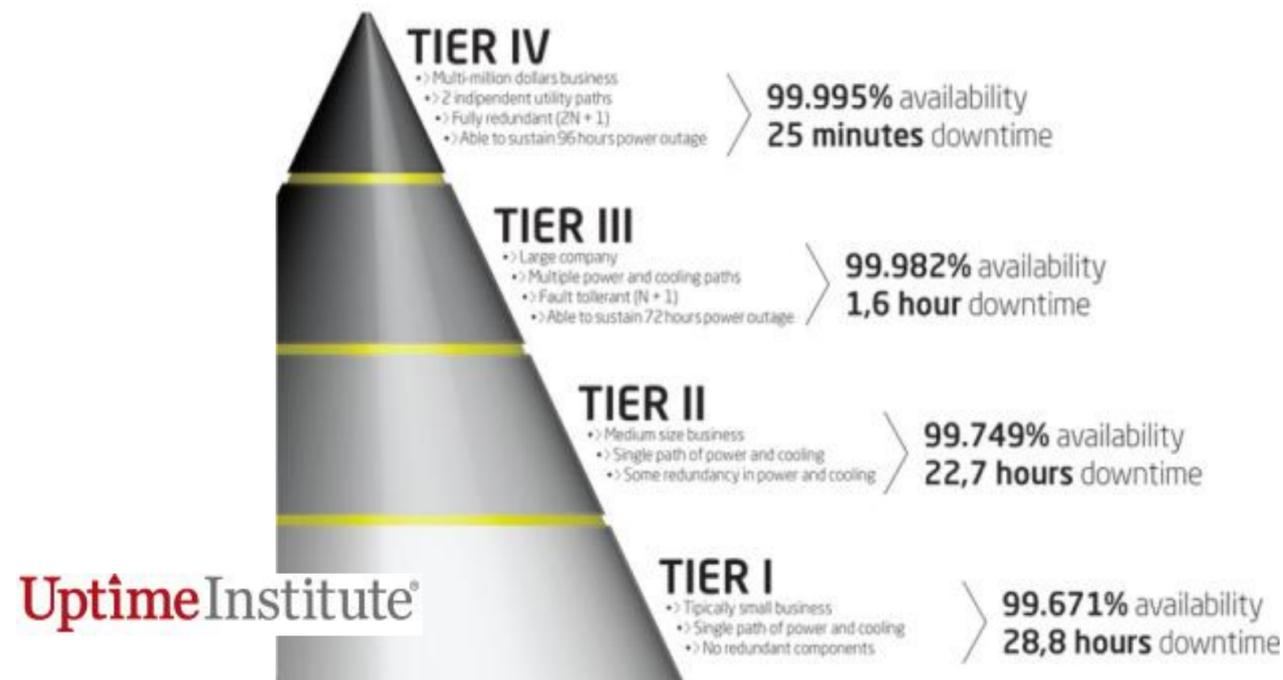
Free cooling diretto

Il termine viene attribuito generalmente agli impianti termici o parte di essi che sfruttano l'aria esterna a temperatura ambiente per raffreddare un qualsiasi elemento (liquido, aeriforme o solido) senza l'ausilio di macchine di refrigerazione.

Free cooling indiretto

Il free cooling indiretto prevede l'invio di acqua fredda all'impianto UTA (Unità di Trattamento dell'Aria). Possono essere utilizzati due sorgenti: una prevede la presenza di una pompa di calore e un impianto geotermico, l'altra aria esterna veicolata con opportuni canali.

Certificazioni



LEED

Leadership in Energy and Environmental Design

Main credit categories

- Sustainable sites credits** encourage strategies that minimize the impact on ecosystems and water resources.
- Water efficiency credits** promote smarter use of water, inside and out, to reduce potable water consumption.
- Energy & atmosphere credits** promote better building energy performance through innovative strategies.
- Materials & resources credits** encourage using sustainable building materials and reducing waste.
- Indoor environmental quality credits** promote better indoor air quality and access to daylight and views.

- Norme ISO/IEC
- Norme DIN
- Livelli Tier (Uptime Institute)
- Certificazione ANSI/TIA-942
- Norme internazionali ISO/IEC 22237 e DIN EN 50600

Monitoraggio

Il Data Center è un sistema dinamico che richiede un costante monitoraggio dei vari parametri per poter intervenire in caso di problemi (real time) utilizzarlo nel modo più efficiente e attraverso l'analisi dei dati storici migliorare le aree meno performanti

Gli aspetti da monitorare sono molteplici e spesso vengono inclusi in un cruscotto che riporta una serie di parametri utili ad avere una visione d'insieme del funzionamento del Sistema

Per la gestione del Data Center normalmente si utilizzano degli "integratori" denominati **Data Center Infrastructure Management** o brevemente **DCIM**



Tutti i parametri possibili, in particolare dove disponibili interrogazioni via SNMP

1. Umidità
2. Temperatura
3. Temperatura H₂O In/Out
4. Presenza Fumi
5. Presenza H₂O under floor
6. Presenza di flusso refrigerante mediante misura da Flussostato
7. UPS Power
8. Potenza assorbita

Datacenter Pionen – Stoccolma, Svezia

Il data center Pionen si trova 30 metri sotto a Stoccolma ed è stato realizzato dal provider di servizi Internet svedese Bahnhof. Si tratta di un bunker nucleare convertito in un data-center sicuro e molto particolare, L'accesso è protetto da una porta spessa circa 40 cm, cascate artificiali, nebbiolina e vegetazione da giungla oltre ad un gigantesco acquario di pesci marini e decine di candidi armadi contenenti centinaia di server e device di rete.

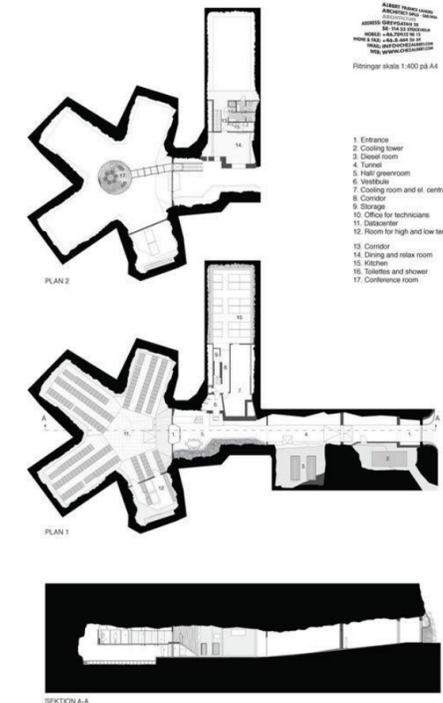


Datacenter Pionen – Stoccolma, Svezia



Environmentally friendly

Our data centers are powered by renewable electricity and carry the Triple Green label. We work with local utilities to recycle excess heat that heats thousands of homes.



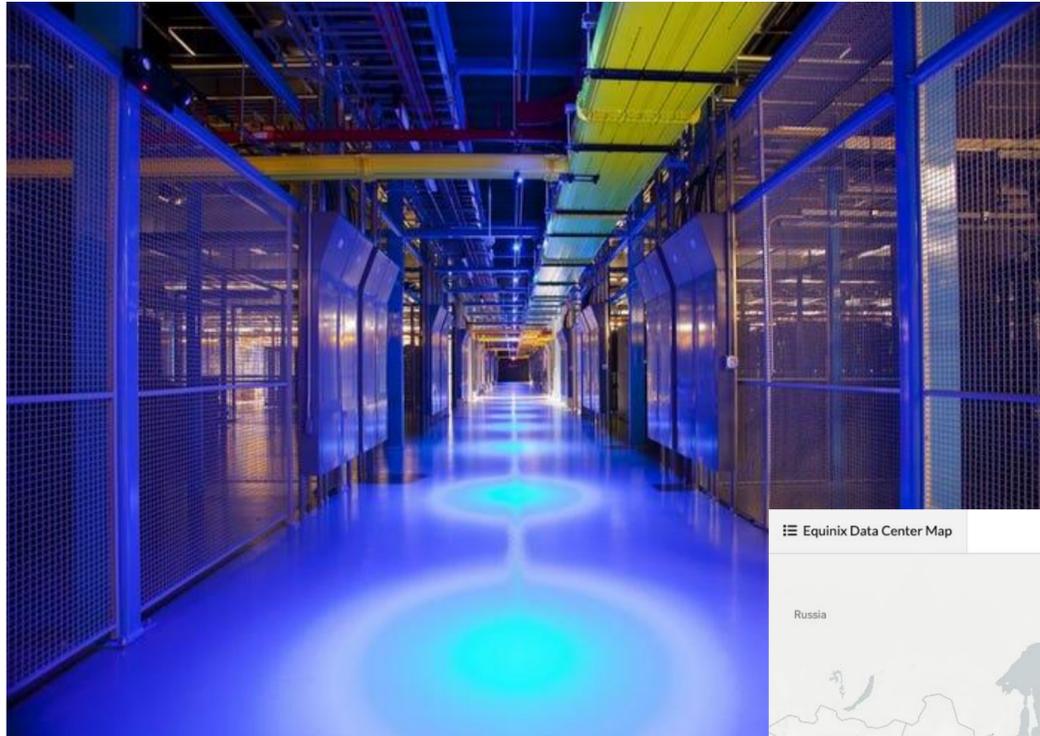
<https://bahnhof.se/foretag/colocation-en/>

Datacenter (HPC) Mare Nostrum – Barcellona, Spagna



MareNostrum 1 è stato realizzato nel 2005 - 160 mq, 48 cabinet, 1,4 MW totali, progetto e realizzazione: 7 mesi.
Ora è installato MareNostrum 4

Datacenter Equinix MI1 – Miami, USA



273 data center nel mondo, Equinix controlla oltre il 13% del mercato della colocation.



📍 50 Northeast 9th Street, Miami, FL, USA

☎ +1 833-544-2200

📄 [View Equinix](#)

[Download Brochure](#)

🏠 **658528 sqft** total space

🏢 **255512 sqft** colocation space

⚡ **17.45 MW** total power

🏢 **0 colocation** products

✈ **5.6 miles** to nearest airport

Efficienza e metriche di misura

Metriche

Un passo fondamentale nella gestione di infrastrutture ad alto impatto energetico, quali i data center, è quello di misurare quanto viene consumato in modo da disporre di dati analitici in grado di guidare interventi di efficientamento

Per rendere il processo efficace è necessario che si adottino metriche standard per poter valutare in modo consistente i dati e confrontare le performance energetiche di data center diversi per tecnologia e dimensione

Su queste basi molte aziende si sono impegnate a sviluppare tecniche e strumenti di assesstment e nel 2006 nasce The Green Grid, un'associazione no-profit che raggruppa aziende, Istituti di Ricerca e Università al fine di sviluppare metodologie di analisi e misura legate al risparmio energetico dei Data Center



Metriche – PUE

PUE

Power Usage Effectiveness (PUE) è una misura di quanto efficiente sia un centro di calcolo, o data center, nell'usare l'energia elettrica che lo alimenta. Esso è un parametro che rende l'idea di quanta potenza elettrica sia dedicata all'alimentazioni degli apparati IT rispetto ai servizi ausiliari come il condizionamento o le perdite degli UPS

DCiE

Data Center infrastructure Efficiency (DCiE) è l'inverso del PUE e si calcola in percentuale

$$PUE = \frac{\text{Total Data Center energy}}{\text{IT Equipment energy}}$$

$$DCiE = \frac{1}{PUE} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Valore espresso} \\ \text{in percentuale} \end{array} \right)$$

Il valore ideale delle due grandezze, PUE e DCiE, è ottenuto quando tutta l'energia in ingresso corrisponde al carico IT. In questo caso il PUE sarà di 1 e il DCiE raggiungerà il 100%.

Valore degli indicatori PUE e DCiE	Prestazione energetica
PUE > 3 (DCiE < 33 %)	Molto inefficiente
PUE compreso tra 2,5 e 3,0 (DCiE compreso tra 33% e 40 %)	Inefficiente
PUE compreso tra 2 e 2,5 (DCiE compreso tra 40% e 50 %)	Mediamente efficiente
PUE compreso tra 1,5 e 2,0 (DCiE compreso tra 50 % e 67 %)	Efficiente
PUE compreso tra 1,1 e 1,5 (DCiE compreso tra 67 % e 83 %)	Molto efficiente

Norma CEI 315-8

Metriche – PUE

Total Data Center energy

Power e UPS

- Batterie
- Commutatore di trasferimento
- UPS
- Trasformatori
- Sistema antincendio
- Quadri interruttori
- PDU
- Gruppo elettrogeno
- Illuminazione
- ...

Raffreddamento

- Refrigeratori (chiller)
- Pompe acqua refrigerata
- Torri di raffreddamento
- Pompe di condensazione
- Unità CRACs & CRAHs
- Ventilatori
- Umidificatori
- Raffreddatori “in row”
- Raffreddatori “in rack”
- ...

Apparecchiature IT

- Server
- Storage
- Network
- Apparati di sicurezza
- ...

IT Equipment energy

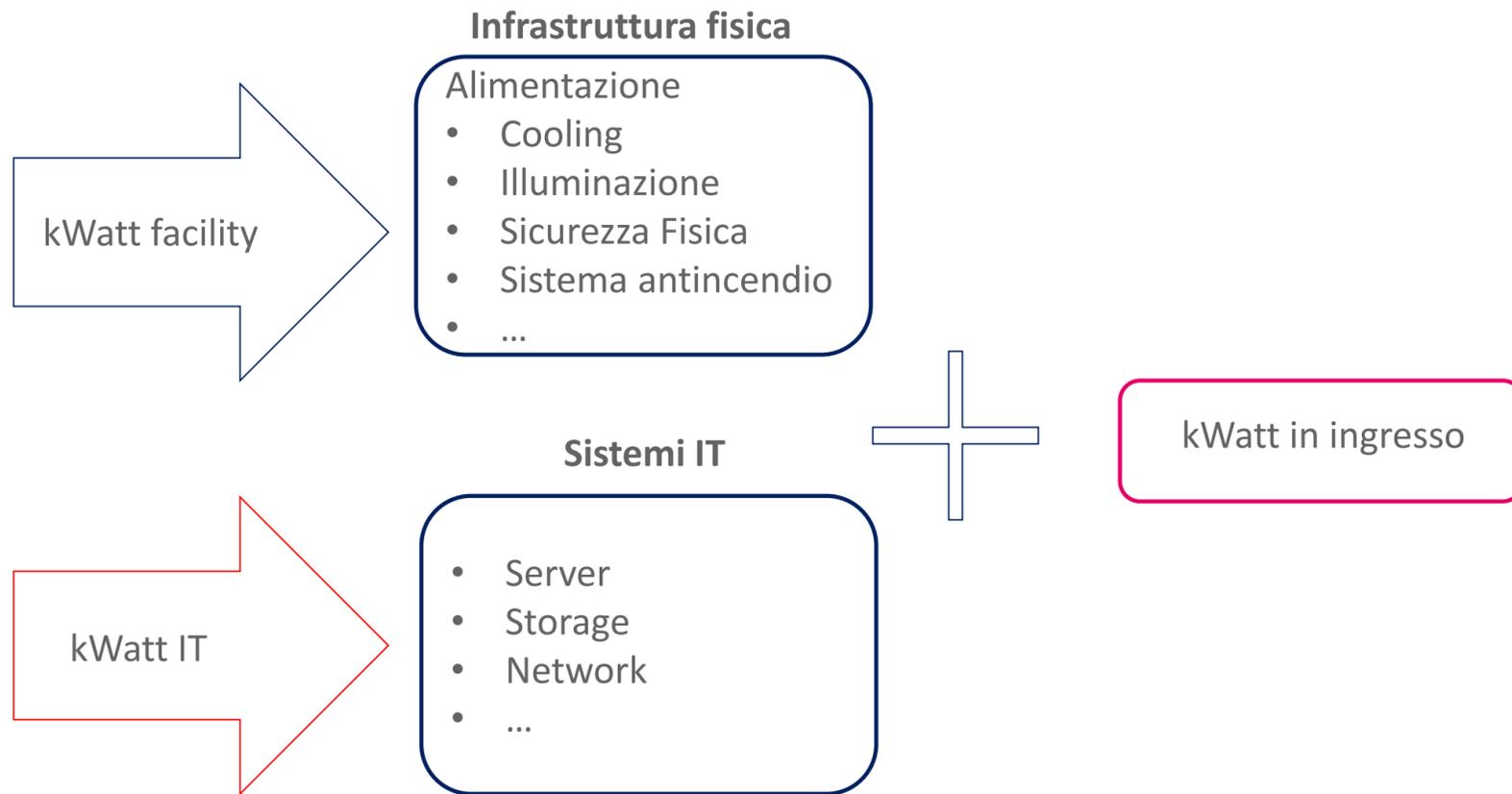
Apparecchiature IT

- Server
- Storage
- Network
- Apparati di sicurezza
- ...

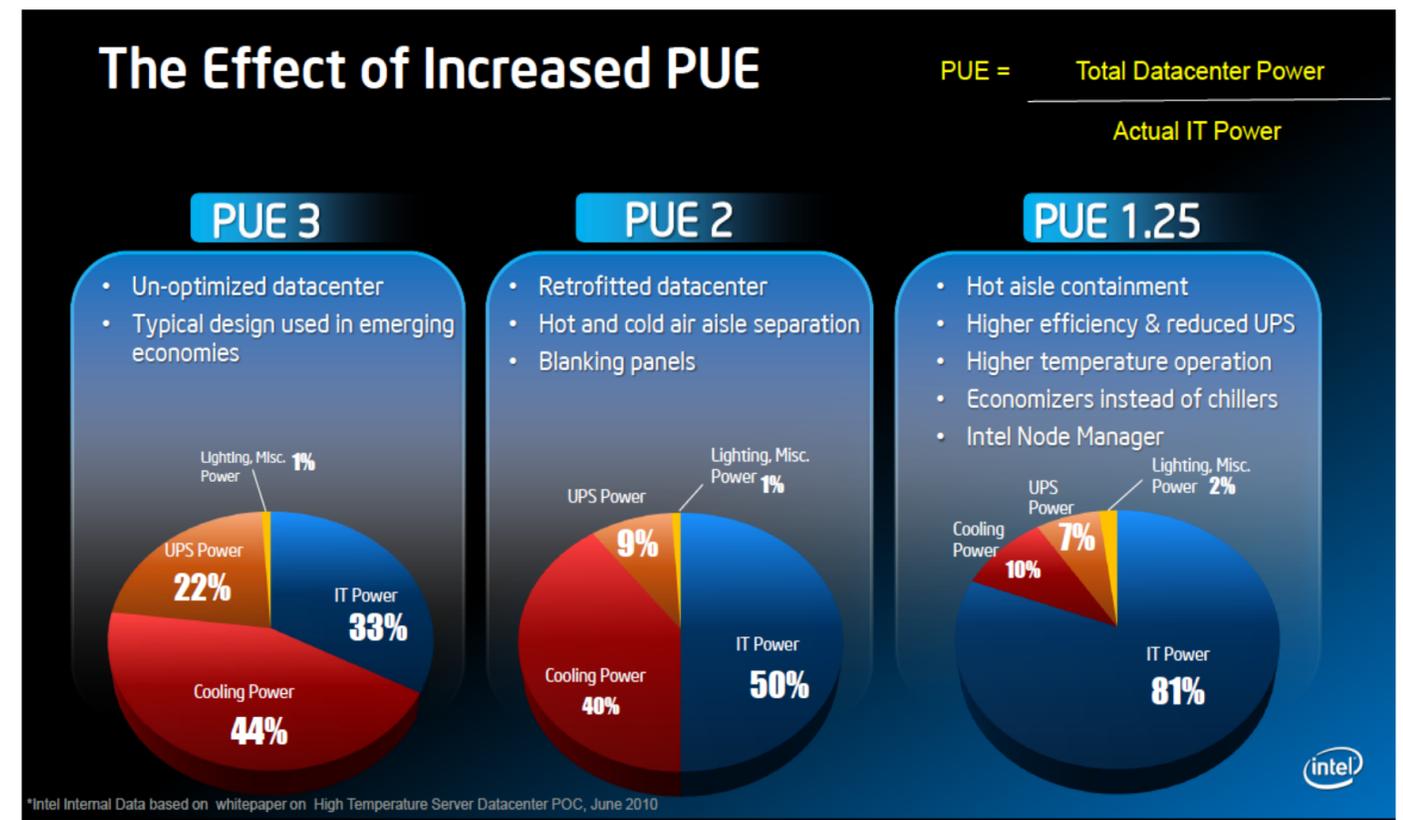
The Green Grid association indica i criteri per il calcolo del PUE. Sebbene logicamente i parametri di Total Data centre energy e IT Equipment energy siano intuitivi, calcolo del PUE non è semplice a causa delle grande varietà di impianti, del gran numero di variabili oltre che dalla non sempre facile raccolta dei dati dagli impianti. Il PUE dovrebbe essere calcolato in modo continuo e non solo in fase di progettazione.



Metriche – PUE



$$PUE = \frac{\text{kWatt in ingresso}}{\text{kWatt IT}}$$



Altre metriche

$$\text{PUE} = \frac{\text{Total Data Center energy}}{\text{IT Equipment energy}}$$

$$\text{DCiE} = \frac{1}{\text{PUE}} = \frac{\text{IT Equipment energy}}{\text{Total Data Center energy}} * 100$$

$$\text{CUE} = \frac{\text{Total CO}_2 \text{ emission caused by the Total Data Center energy}}{\text{IT Equipment energy}}$$

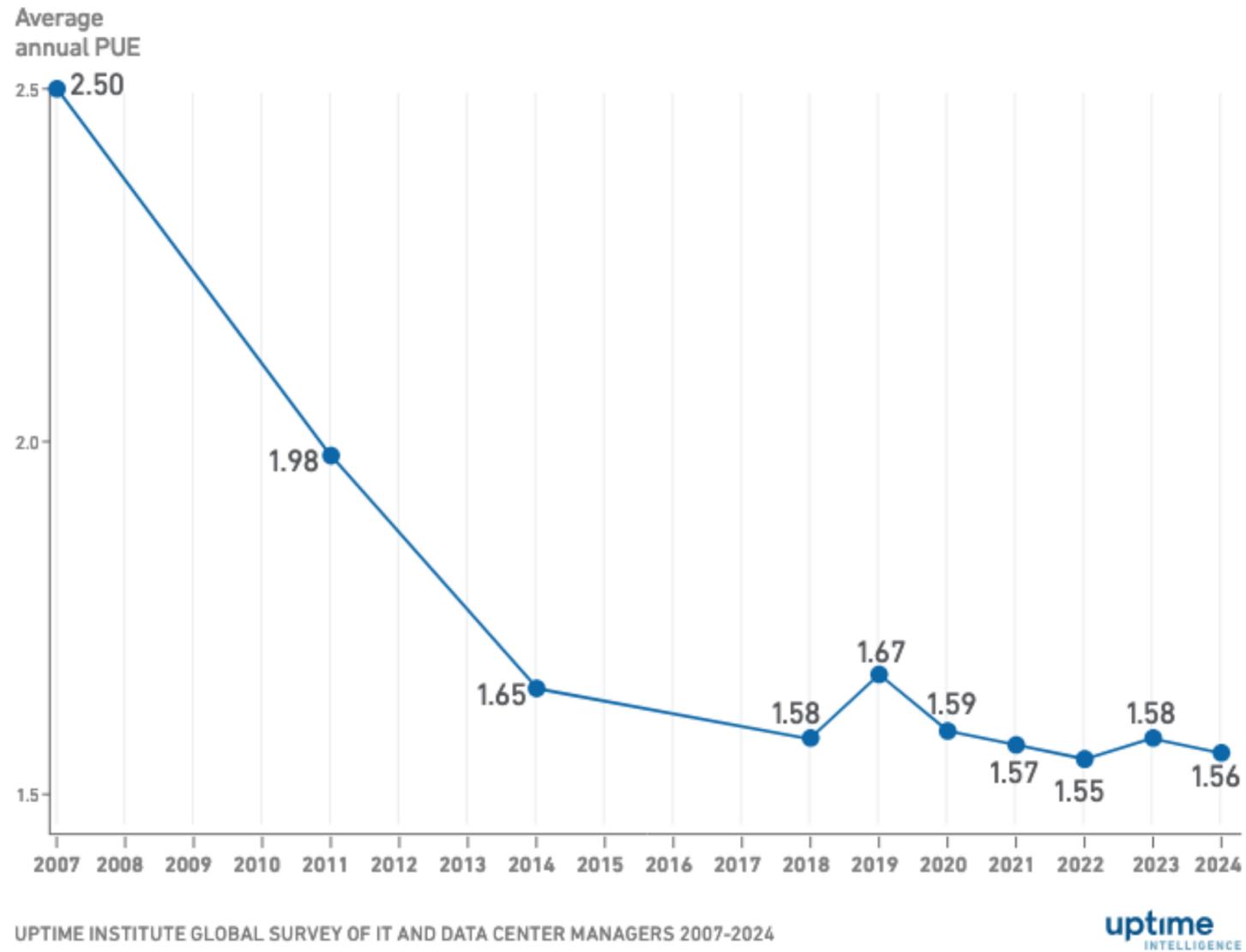
$$\text{WUE} = \frac{\text{Annual Water Usage}}{\text{IT Equipment energy}}$$

PUE: Power Usage Effectiveness
DCiE: Data Center Infrastructure Efficiency
CUE: Carbon Usage Effectiveness
WUE: Water Usage Effectiveness

Efficienza

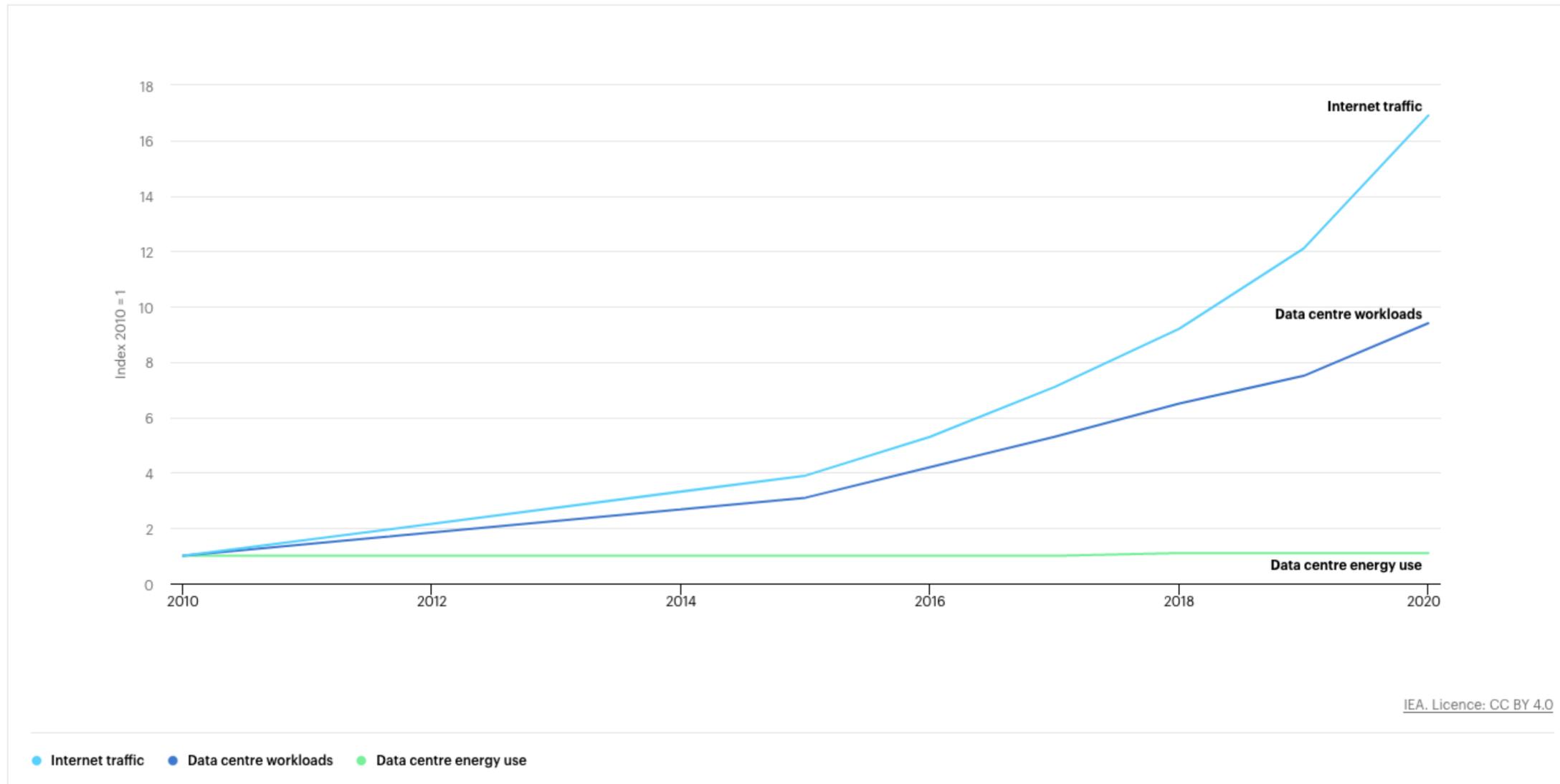
Industry average PUE holds steady

What is the average annual PUE for the largest data center your organization owns / operates?
(n=526)



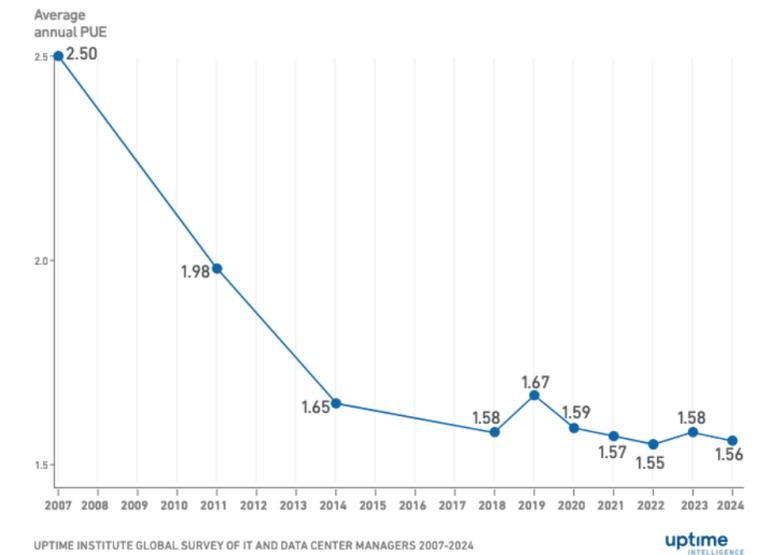
Dal 2007 al 2018 il PUE medio si è ridotto di circa il 40%

Efficienza



Industry average PUE holds steady

What is the average annual PUE for the largest data center your organization owns / operates? (n=526)



IEA, Global trends in internet traffic, data centres workloads and data centre energy use, 2010-2020, IEA, Paris

PUE e GPUE

Green Power Usage Effectiveness (GPUE) è stato proposto come strumento di misura per introdurre il fattore *fonte energetica*.

Il GPUE pesa il PUE in relazione all'effettiva emissione di CO₂ derivata dall'energia utilizzata.

Un datacenter, anche se con PUE molto basso ma responsabile di emissione di CO₂ importatni difficilmente può essere considerato realmente *green*.

$$GPUE = G * PUE$$

Dove G è la somma del peso delle sorgenti energetiche utilizzate e del loro ciclo di vita in termini di kg CO₂/kWh

$$G = \sum \%Energy\ source \times (1 + Weighted)$$

Data Center	PUE	GPUE	% Energy
Google, Lenoir	1,21	1,97	50,5% Carbone, 38,7% Nucleare
Google, Dallas	1,2	1,79	34% Carbone, 3,3% Nucleare
Apple, North Carolina	1,5	2,44	50,5% Carbone, 38,7 Nucleare
GreenQloud, Iceland	1,1	1,12	70% Idroelettrica, 30% Geotermica
Microsoft, Chicago	1,22	2,22	72,8 Carbone, 22,3 Nucleare
Microsoft, San Antonio	1,32	2,32	37, 1Carbone
Yahoo, Lockport	1,16	1,74	21% Carbone, 27% Nucleare
Yahoo, La Vista	1,5	2,75	73,5% Carbone, 14,6 Nucleare

PUE: Power Usage Effectiveness vs. GPUE:Green Power Usage Effectiveness (Old data)

TABLE I: Life-cycle estimates for electricity generators. Reproduced from [2]

Energy Source Technology	G CO2/kwh
Wind (offshore)	9
Hydroelectric reservoir	10
Wind (onshore)	10
Biogas	11
Hydroelectric river	13
Solar thermal	13
Biomass	14-41
Solar PV	32
Geothermal	38
Nuclear	66
Natural gas	443
Fuel cell	664
Diesel	778
Heavy oil	778
Coal (with scrubbing)	960
Coal (without scrubbing)	1050

F. AL-Hazemi, A. F. Yousif Mohammed, L. Isaac Yoseke Laku and R. Alanazi, "PUE or GPUE: A Carbon-Aware Metric for Data Centers," *2019 21st International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, PyeongChang, Korea (South), 2019, pp. 38-41, doi: 10.23919/ICACT.2019.8701895.

keywords: {Data centers;Green products;Measurement;Air pollution;Carbon;Servers;Carbon dioxide;carbon footprint;data center;power metric;PUE;GPUE},

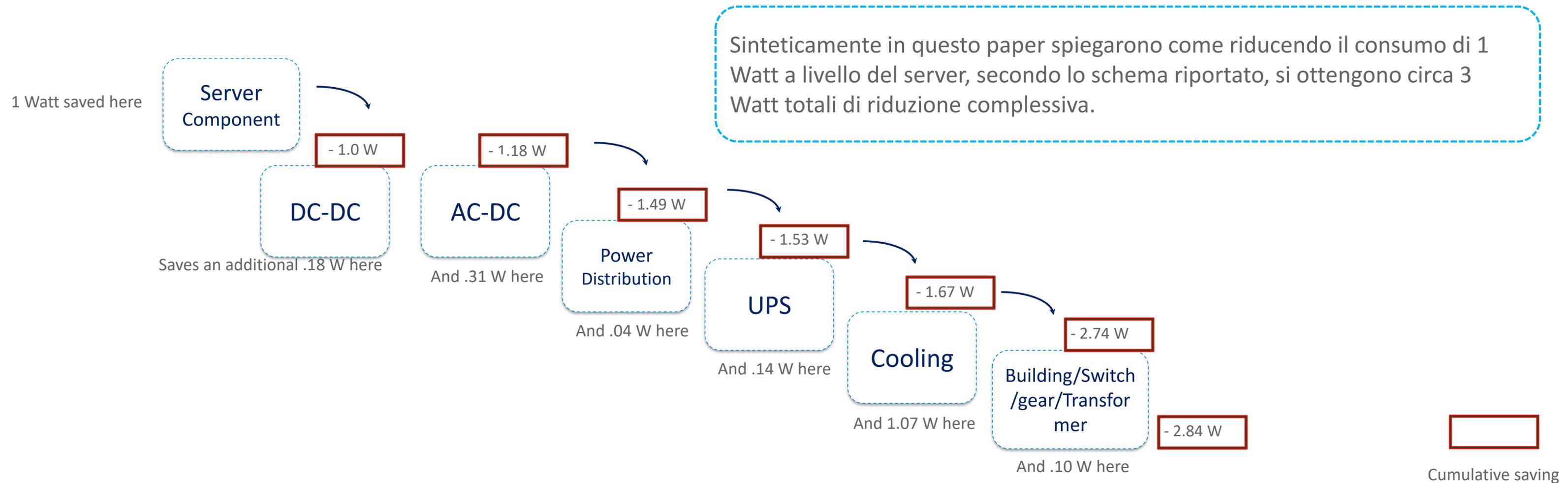
Energy Logic - Emerson Network Power White Paper

La Emerson (produttore di sistemi di power e cooling) avviò uno studio per determinare come l'energia fosse utilizzata dai vari component di un Data Center: CPU, Storage, Networking Switch, Cooling, UPS, ecc.

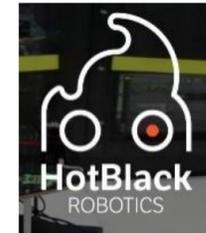
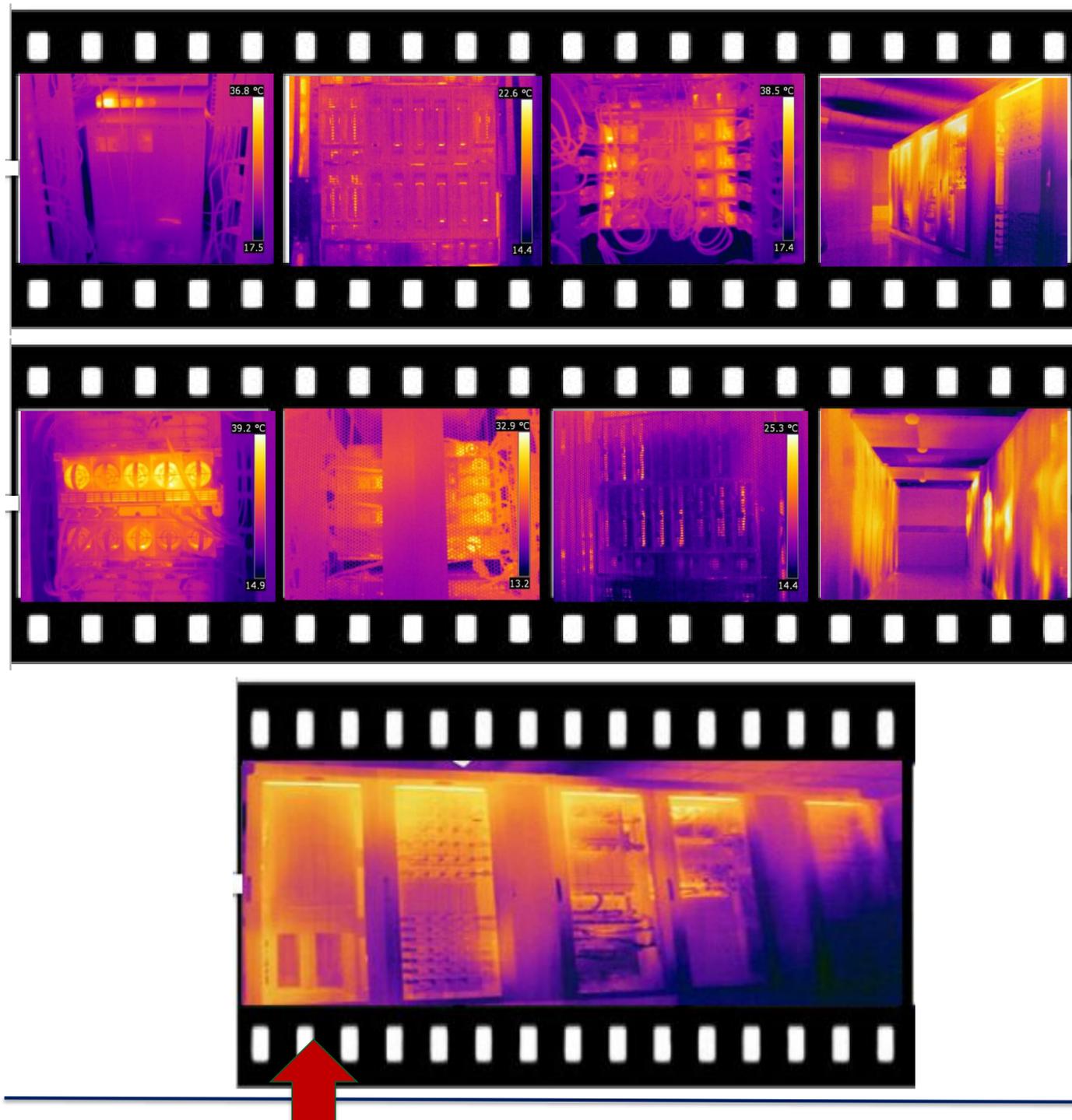
Determinò le proporzioni dopo che definì il modello dei consumi di energia di quello che considerava un data center tipico di circa 460 mq. Le ipotetiche facility di supporto per 210 rack configurati in corridoio caldo e corridoio freddo, e 2,8 kW/rack per il raffreddamento. Lo scenario porta ad un consumo di 1,1 MW complessivi

Nel 2008, gli analisti di Emerson pubblicarono un paper dal titolo: "Energy Logic: Reducing Data Center Energy Consumption by Creating Saving that Cascade AcrossSystems"

Energy Logic - Emerson Network Power White Paper

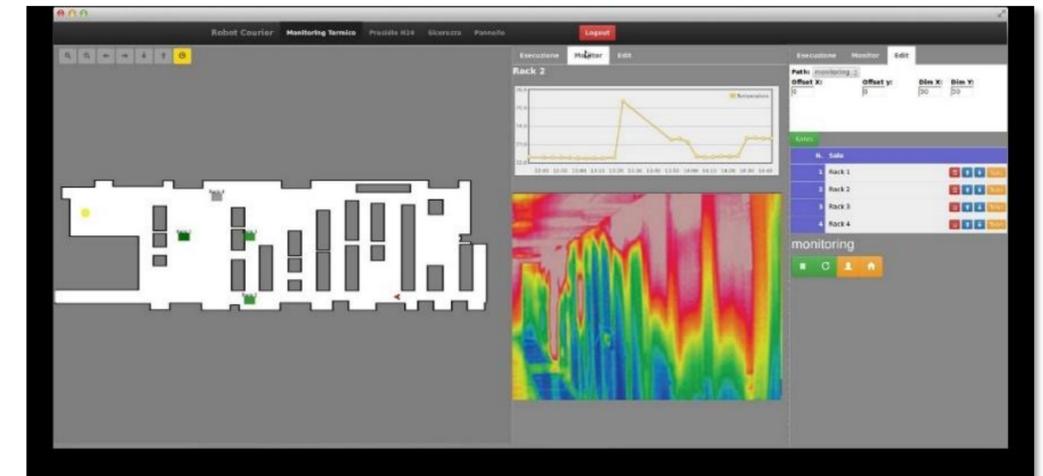


Energy Logic – Dettagli



[...] L'applicazione robotica sviluppata integra specifiche capacità di monitoraggio: è in grado di analizzare e identificare anomalie termiche (come hot-spot) ed è provvista di avanzate capacità di navigazione autonoma [3], quali mapping, localizzazione, path planning, ecc.

Il sistema si basa su ROS (Robot Operative System). ROS [4] è un framework Open Source pensato per lo sviluppo di applicazioni di robotica di servizio, molto utilizzato nei mondi accademico e industriale. [...]



- L. O. Russo, S. Rosa, M. Maggiore, B. Bona

A Novel Cloud-Based Service Robotics Application to Data Center Environmental Monitoring, *Sensors*, 46(8): 1255-1273, 2016

- L. O. Russo, S. Rosa, S. Primatesta, M. Maggiore, B. Bona

Service Robotics for Data Centers Monitoring

42nd Annual Conference of IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2016), pp. 1-6, 2016

Direttiva Europea EED - Energy Efficiency Directive

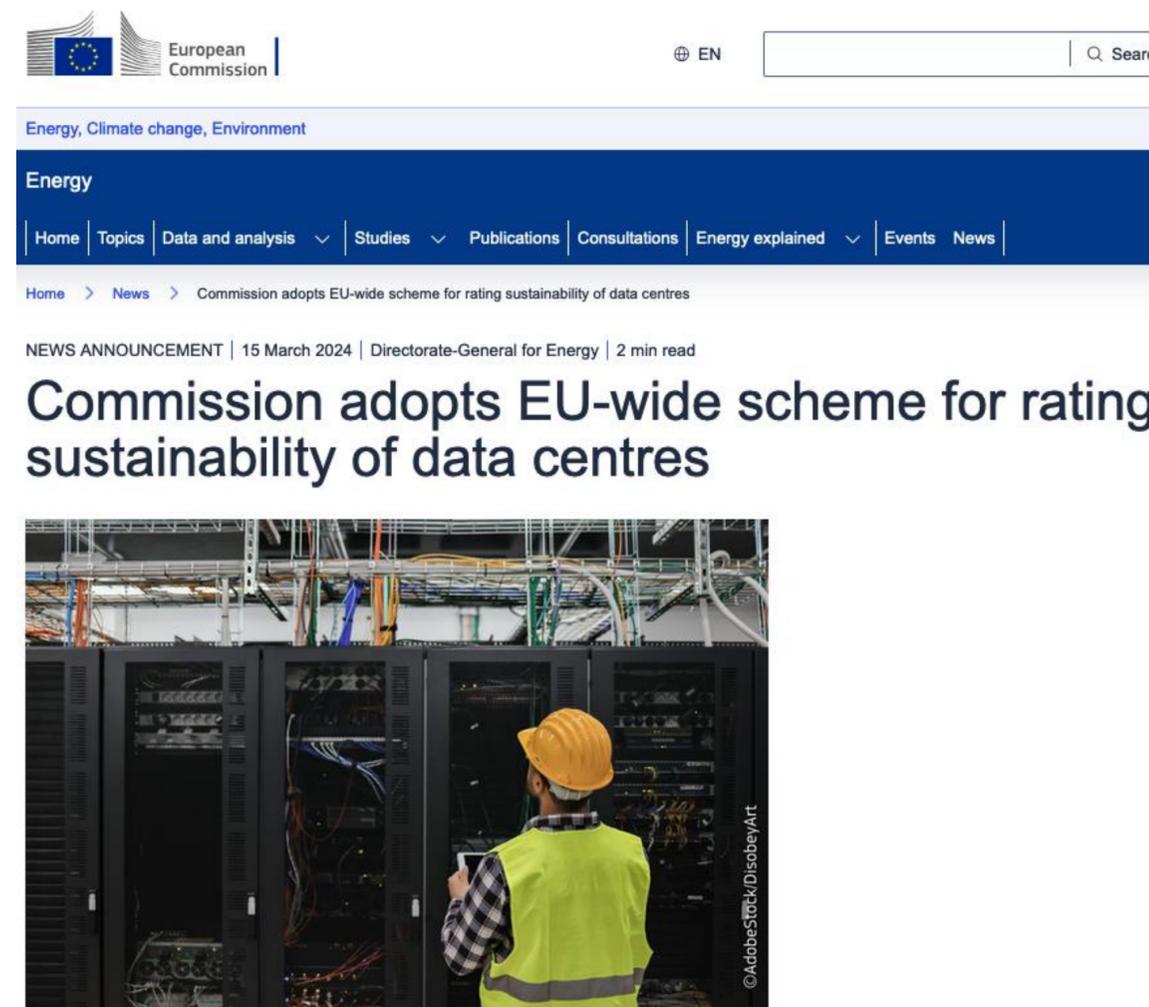


<https://www.climateneutraldatacentre.net/>

La direttiva europea sull'efficienza energetica (EED) è volta a ridurre l'uso di energia e le emissioni di carbonio in Europa. Oltre ad altri settori industriali, prevede una serie di indicazioni destinate agli operatori di data center in Europa.

Gli operatori dei data center nel 2021 hanno sottoscritto il *Climate Neutral Data Center Pact* un patto per rendere le infrastrutture neutre dal punto di vista dell'impronta carbonica entro il 2030.

Il primo passo prevede la comunicazione obbligatoria dell'uso di energia e delle relative emissioni dai data center con più di 500 kW di potenza. La data di applicazione dell'atto delegato valido per tutti gli stati europei è il 15/09/2024.



La Germania ha già adottato l'atto delegato

Direttiva Europea EED – Le sfide

1. Calcolare il PUE non è sempre facile
2. Monitorare nel tempo le variabili, implementare e misurare i miglioramenti è complesso
3. I dati raccolti devono poter essere facilmente accessibili ed esportabili
4. Le nuove norme richiedono molto più informazioni del solo PUE

Le tipologie d'indicatori richiesti sono:

Indicatori capacità ICT

- ICT capacity for servers
- ICT capacity for storage equipment

Indicatori traffico dati

- Incoming traffic bandwidth
- Outgoing traffic bandwidth
- Incoming data traffic
- Outgoing data traffic

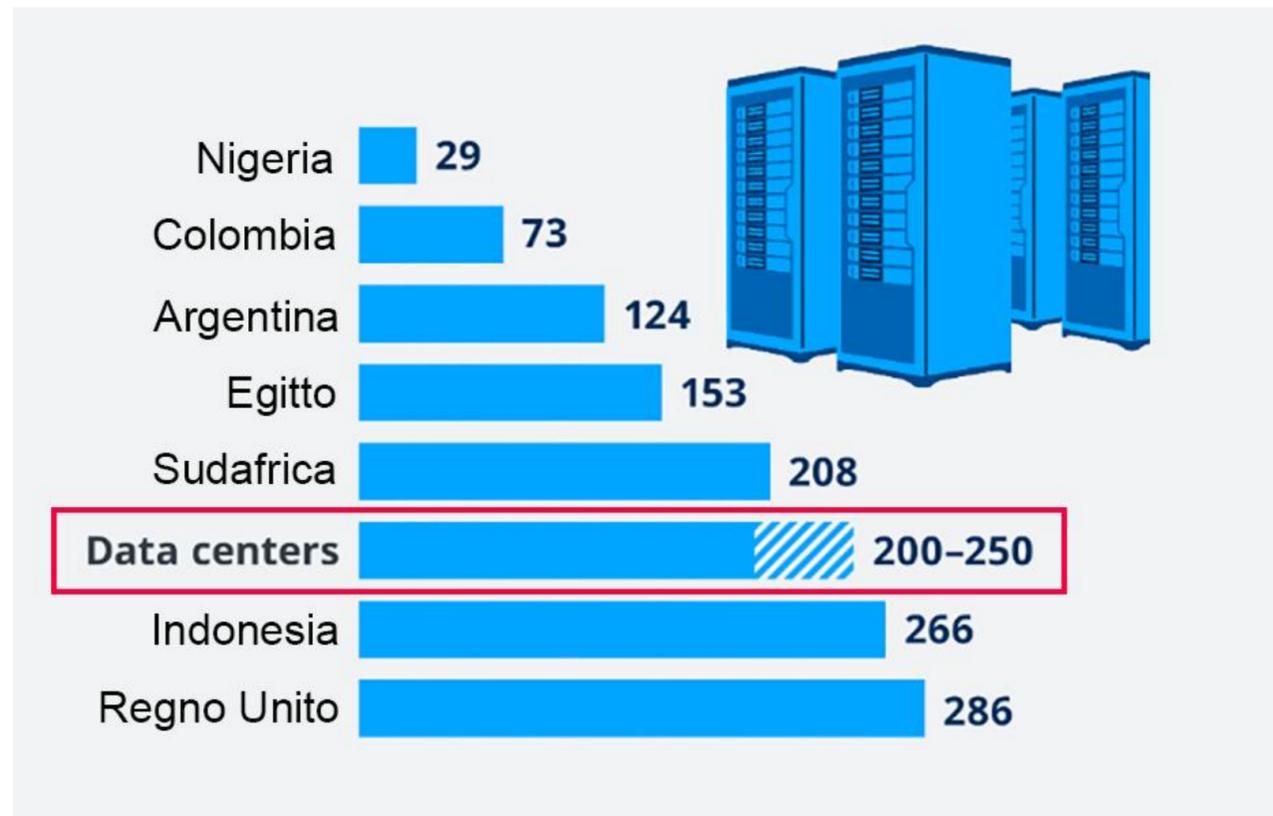
Indicatori di sostenibilità

- Power Usage Effectiveness (PUE)
- Renewable Energy Factor (REF)
- Water Usage Effectiveness (WUE)
- Energy Reuse Factor (ERF)



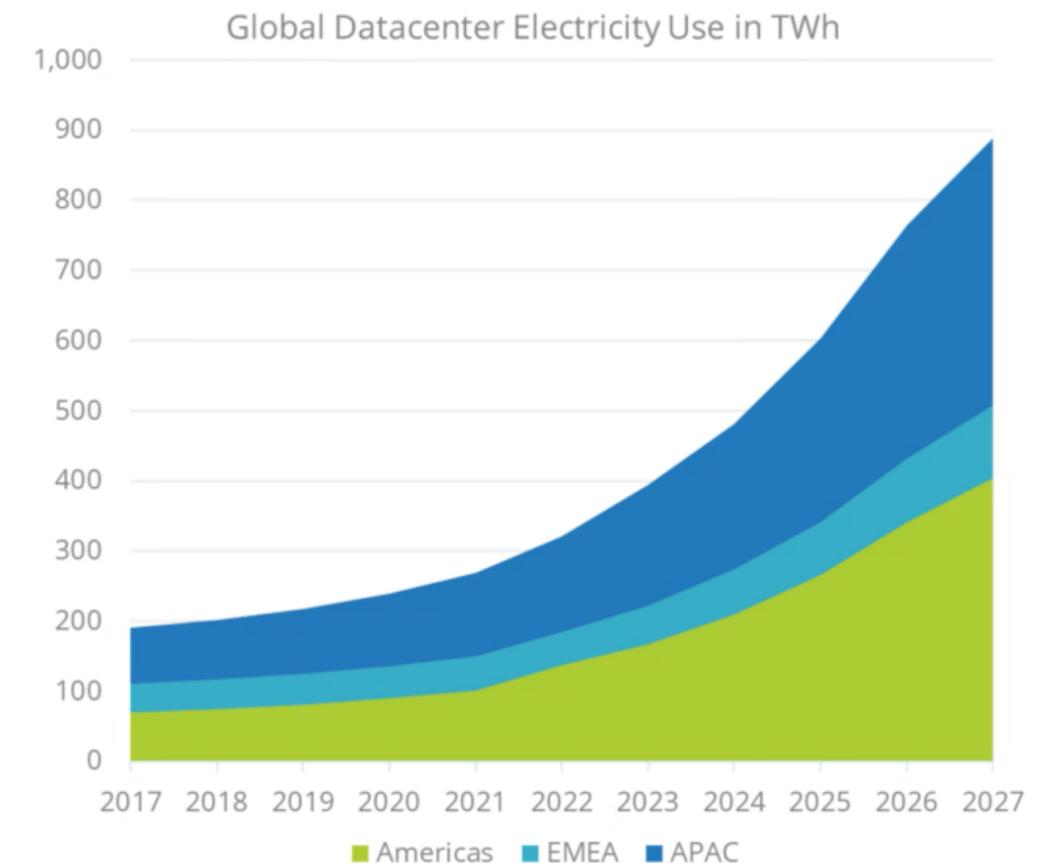
<https://www.climateutraldatacentre.net/>

Efficienza



Il grafico confronta il consumo in TWh di energia elettrica dei data center nel mondo nel 2020 con il consumo alcune nazioni.

(Fonte: dw.com – Deutsche Welle)



Secondo IDC, ci sarà una forte crescita del consumo energetico dei data center, in parte sostenuta dal AI generativa. Da 320 TWh nel 2022 a 887 TWh nel 2027 con un fattore di crescita annuale di circa il 22%. In particolare, nell'UE, si prevede che la domanda di elettricità dei datacenter sarà pari al 3,2% del totale UE entro il 2030 (+28% rispetto al 2018)

Riutilizzo del calore del data center

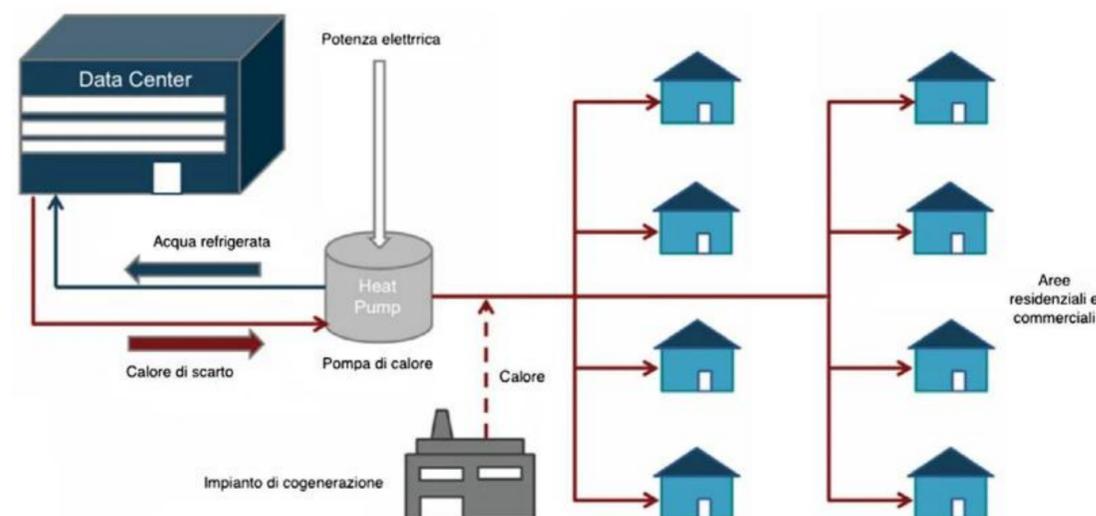
Si possono effettuare essenzialmente due tipi di recupero del calore attraverso le pompe di calore :

Recupero sul posto indiretto:

- Alta efficienza (COP 4,5)
- Refrigeranti bas Grazie all'iniziativa, il **calore di scarto del sistema di raffreddamento dei server** verrà impiegato per **riscaldare le abitazioni: 1.250 famiglie** servite in più all'anno, con un **risparmio energetico** equivalente a **1.300 tonnellate di petrolio** e una **riduzione** delle emissioni di **CO2 di 3.300 tonnellate.**
- Basse potenze f **L'impianto sarà operativo nei primi mesi del 2026.**
- Fino a 78°C
- Possibilità di produrre freddo fino a 20°C

Recupero indiretto su rete di teleriscaldamento:

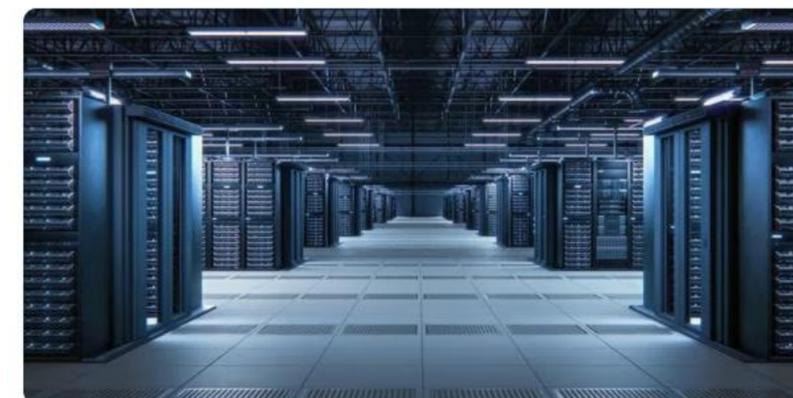
- Alta efficienza (COP 4,5)
- Refrigeranti basso GWP
- Potenza fino ai 1.500kW cad.
- Fino a 85°C
- Possibilità di produrre freddo fino a 20°C



A2A, RETELIT E DBA GROUP

Il teleriscaldamento col calore di scarto dei data centre: a Milano il primo progetto italiano

| Scritto da Redazione il 06 Agosto 2024



Prende il via a Milano la prima partnership industriale in Italia per recuperare il calore dei Data Center e destinarlo al teleriscaldamento. Protagonisti del progetto A2A, DBA Group e Retelit.

Riutilizzo del calore del data center



Soluzioni per pompe di calore

L'utilizzo di fonti di energia esterne esistenti come il fluido termovettore, l'acqua e l'aria per il recupero termico rende le pompe di calore un modo altamente efficiente per decarbonizzare le reti di riscaldamento. Il nostro portafoglio di pompe di calore comprende diverse soluzioni innovative con bassi costi di produzione e tempi di recupero dell'investimento ridotti.

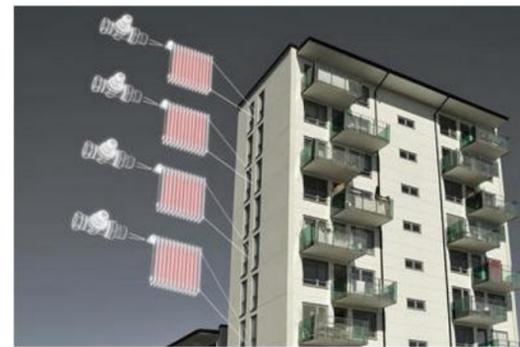
[Scopri le soluzioni per le pompe di calore](#)



Scambiatori di calore

Ottimizza il trasferimento di calore negli impianti HVAC e di teleriscaldamento con i nostri scambiatori di calore saldobrasati, con guarnizioni e saldati.

[Heat exchangers](#)



Bilanciamento idronico

Il bilanciamento idronico degli impianti HVAC viene utilizzato per garantire che lo spazio dell'edificio abbia un livello di temperatura adeguato e che l'impianto funzioni nel modo più efficiente possibile. Se il bilanciamento idronico non è implementato correttamente, possono verificarsi reclami da parte dell'utente finale, costi aggiuntivi e una riduzione del ciclo di vita utile dell'impianto.

[Scopri le soluzioni per il bilanciamento idronico](#)



HRU: Recuperare in modo efficiente il calore residuo dai data center

Con l'unità di recupero termico (HRU) di Danfoss, il recupero del calore in eccesso in un data center è molto più semplice di quanto possa sembrare. Questo sistema modulare è una soluzione economica che garantisce sia un'impronta di carbonio inferiore che un rapido ROI. Con un'unità HRU si ottiene un sistema su misura con tutti i componenti necessari basato su un modello 3D. Include una sottostazione di riscaldamento con serbatoi di accumulo pronti per l'uso e un regolatore automatico ECL che consente la comunicazione esterna. Progettata come stazione a pavimento e consegnata in un unico pezzo che può essere suddiviso in tre parti, l'unità HRU è facile da trasportare e installare. Inoltre, il layout semplifica la preparazione dell'edificio del data center con le tubazioni di collegamento prima della consegna.

[Scopri di più sull'unità di recupero termico](#)



Valvole per teleriscaldamento

Le valvole di controllo motorizzate garantiscono un controllo e un'efficienza perfetti per ogni edificio e applicazione. Le valvole di regolazione motorizzate (MCV) di Danfoss garantiscono un controllo stabile e preciso di acqua, miscele di glicole e vapore.

Valvole a sfera

Le valvole a sfera consentono il controllo on/off del collegamento dell'impianto dell'edificio. Creano il sezionamento del sistema che consente di eseguire l'assistenza, la manutenzione e le riparazioni nelle sezioni, senza spegnere o svuotare l'intero sistema.

[Scopri le valvole di controllo motorizzate e gli attuatori](#)

[Scopri le valvole a sfera](#)



Regolatori di pressione e di portata

Virtus è una gamma di regolatori di pressione differenziale e di portata per applicazioni pesanti per reti di teleriscaldamento e applicazioni di raffreddamento. Sono progettati per essere utilizzati nella fonte di energia, nella rete di trasporto, nella rete di distribuzione e nella sottostazione degli aderenti.

[Scopri di più su Virtus](#)

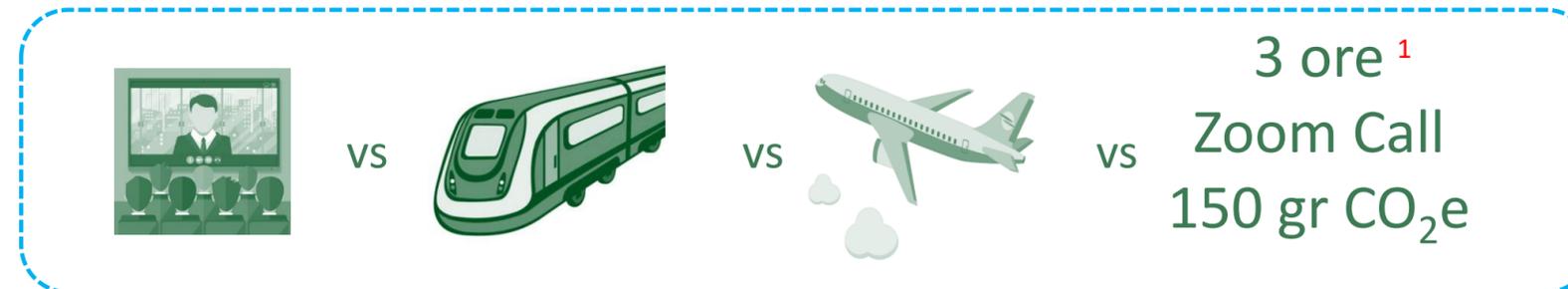
Impatto ambientale ICT

Impatto ambientale ICT

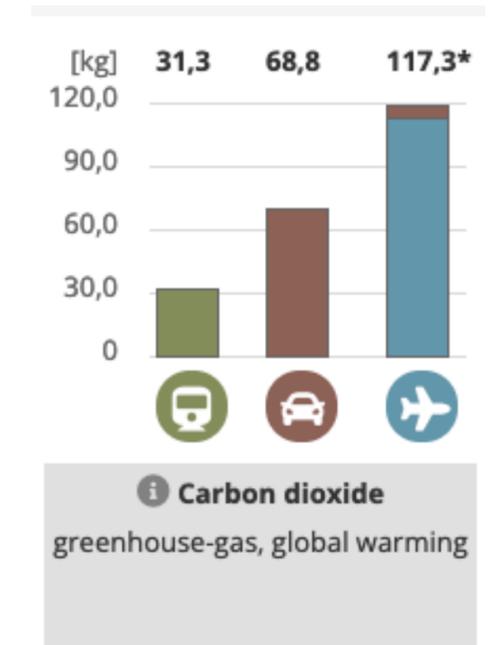
La riduzione dell'impatto delle attività umane grazie alle tecnologie ICT si può stimare tra il 20% e il 30 %

- Trasporti
- Processi
- Logistica
- Dematerializzazione
- ...

Torino Roma



In generale vale la regola che spostare *bit* è energeticamente meno oneroso che spostare *atomi*, senza fare molti calcoli la differenza d'impatto ambientale di un viaggio aereo Torino-Roma rispetto ad una videoconferenza appare immediatamente piuttosto importante.



The climate impact of ICT: A review of estimates, trends and regulations December 2020.
Charlotte Freitag, and Mike Berners-Lee. Small World Consulting (SWC) Ltd. charlie, mike @sw-consulting.co.uk
Kelly Widdicks, Bran Knowles, Gordon Blair and Adrian Friday. School of Computing and Communications, Lancaster University
k.v.widdicks, b.h.knowles1, g.blair, a.friday @lancaster.ac.uk

¹ Mike Berners-Lee How bad are bananas? The Carbon Footprint of everything 2020

² Ecopassengers- he **Institute for Energy and Environmental Research (ifeu)** Heidelberg as scientific partner of EcoPassenger has been working on the development of methodologies of emission calculation in transportation for years.

Impatto ambientale ICT

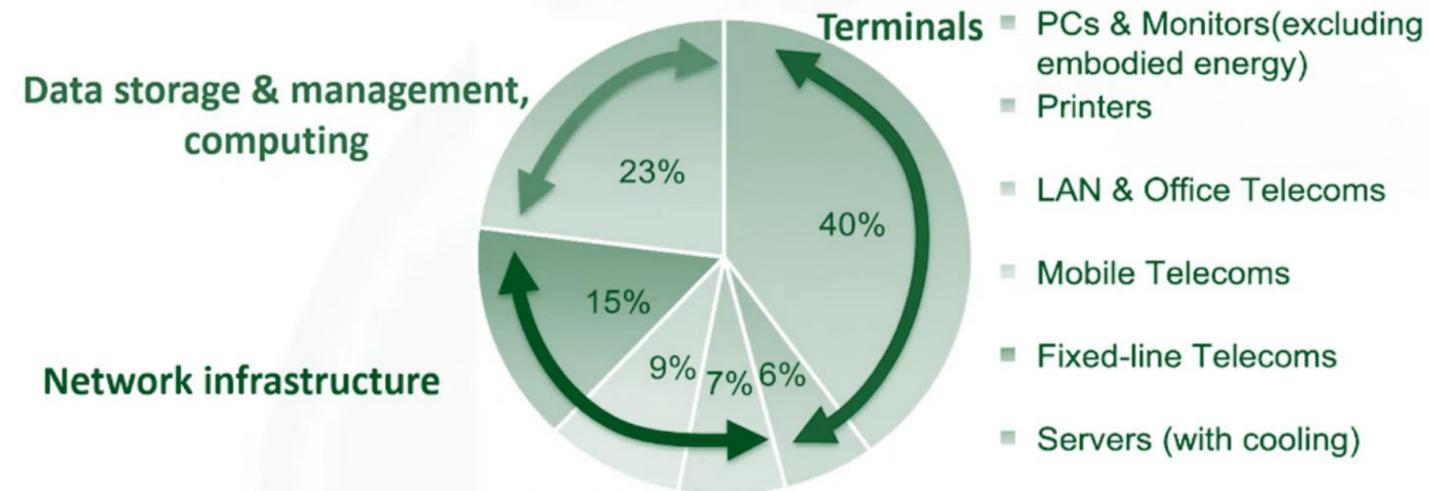
Le tecnologie digitali non producono polveri sottili ma il consumo energetico e l'impatto ambientale prodotto su scala globale, che è la dimensione su cui è ormai necessario ragionare, è importante.

Per *Climate Change News*, l'intera industria ICT sarebbe responsabile del 3,5% di tutte le emissioni climalteranti nel mondo (dato 2020)

Secondo la *Lancaster University*, considerando tutti i gadget digitali che usiamo e aggiungendo Internet, si arriva al 3,7% delle emissioni di gas serra nell'atmosfera

Secondo il ricercatore svedese Anders Andrae in uno studio pubblicato sul *Guardian*. le stime per il 2025 prevedono che il settore ICT sarà responsabile del 5,5% delle emissioni di diossido di carbonio (CO₂) a livello mondiale e di cui circa il 3% sarà ad opera esclusiva dei data center (circa 1,9Gt di CO₂)

I contributi del settore ICT



Se esaminiamo il settore ICT nel suo complesso, emerge che la rete (31%) e i device utente (46%) hanno un'incidenza prevalente rispetto ai data center (23%)

CO₂ equivalente (CO₂e)

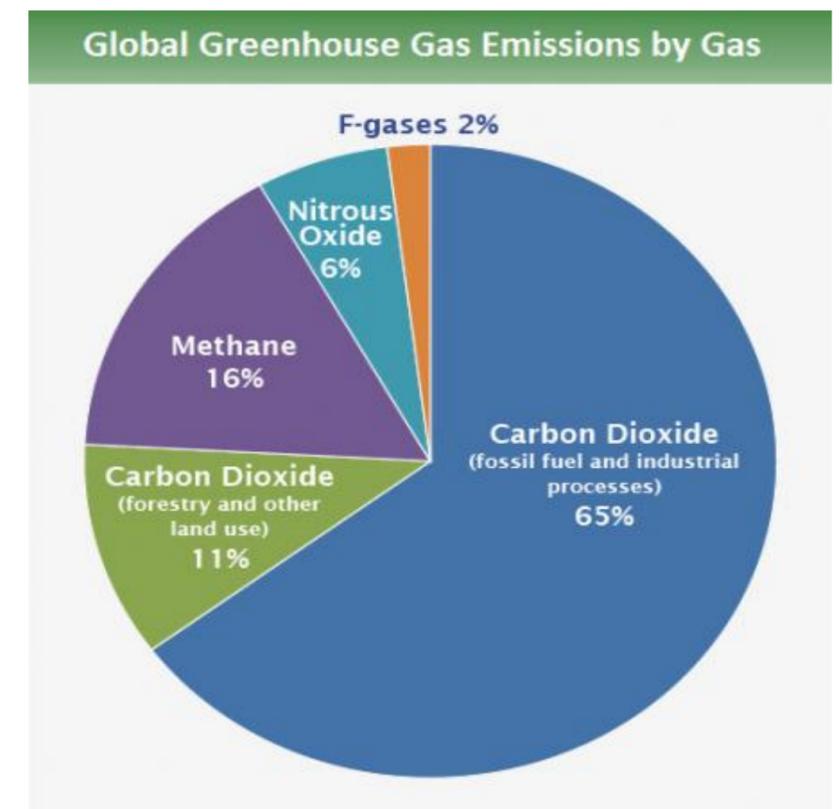
La CO₂ equivalente (CO₂e) è una misura che esprime l'impatto sul riscaldamento globale di una certa quantità di gas serra rispetto alla stessa quantità di anidride carbonica (CO₂). Viene utilizzata per poter confrontare e sommare insieme i contributi di diversi gas serra, in particolare per stimare l'impronta carbonica associata ad un'attività umana.

Come si calcola

Tale quantità può essere ottenuta moltiplicando la massa del gas serra preso in esame per il Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP) dello stesso gas, riferendosi ad un arco temporale (tipicamente assunto pari a 100 anni) per il quale vale il confronto tra gli effetti del gas serra e dell'anidride carbonica.

Ad esempio, il GWP del metano in 100 anni è pari a 24, mentre quello del monossido di diazoto è pari a 298. Ciò vuol dire che una emissione di 1 tonnellata di metano e di monossido nitroso sono equivalenti, ai fini del riscaldamento globale, rispettivamente a una emissione di 24 e 298 tonnellate di anidride carbonica.

[wikipedia]



Da kWh a CO₂e

Metodo Location-Based

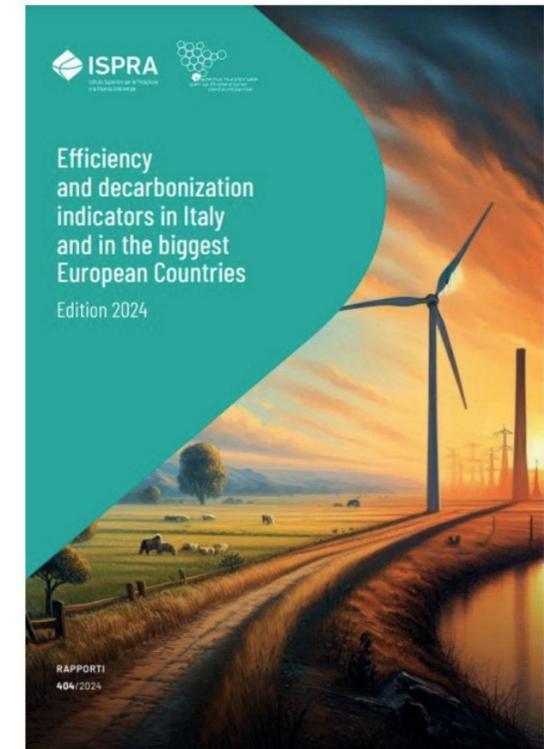
Per l'Italia svolge il compito di stabilire le tabelle di conversione tra kWh e CO₂ l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Secondo le valutazioni di ISPRA 1 kWh elettrico consumato in Italia nel 2022 ha prodotto 0,309 kg di CO₂. Le emissioni CO₂ per kWh elettrico in Italia sono generalmente più basse di quelle di altri Stati per via della presenza di molte centrali idroelettriche, e per la crescente quota di impianti di energia rinnovabile.

Metodo Market-Based

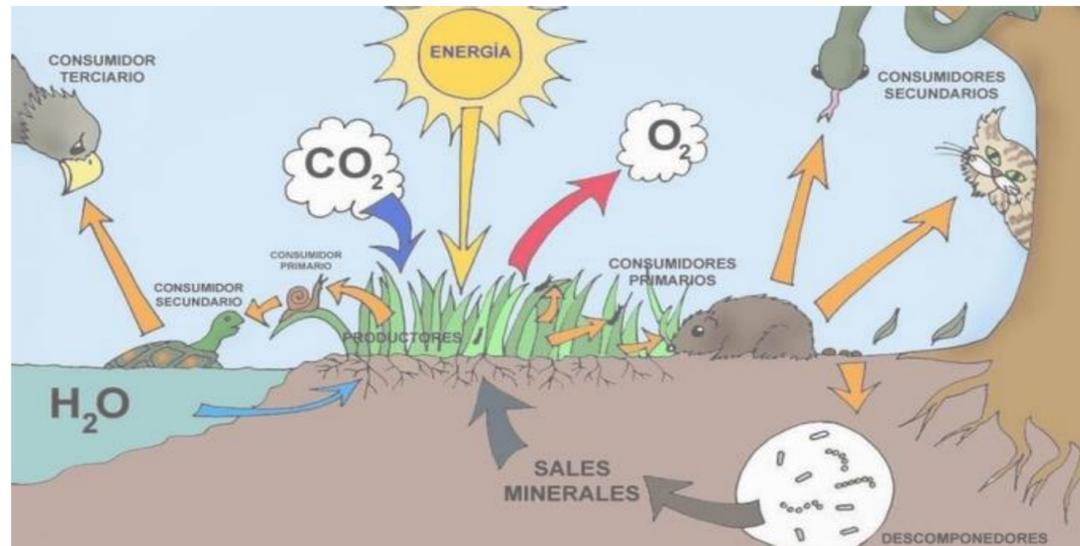
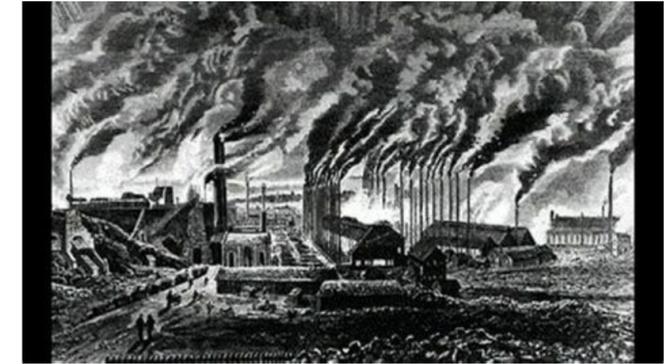
Il metodo Market-based considera invece le emissioni di CO₂ prodotte dal fornitore di energia elettrica ed è un metodo che offre il vantaggio di far emergere la tipologia di energia elettrica acquistata dal consumatore, se prodotta con energia verde oppure da combustibili fossili quali carbone, gas, ecc.

Questi due metodi, secondo quanto previsto dal GHG (GreenHouse Gas) Protocol, devono essere riportati entrambi nel bilancio di sostenibilità che le aziende devono presentare.

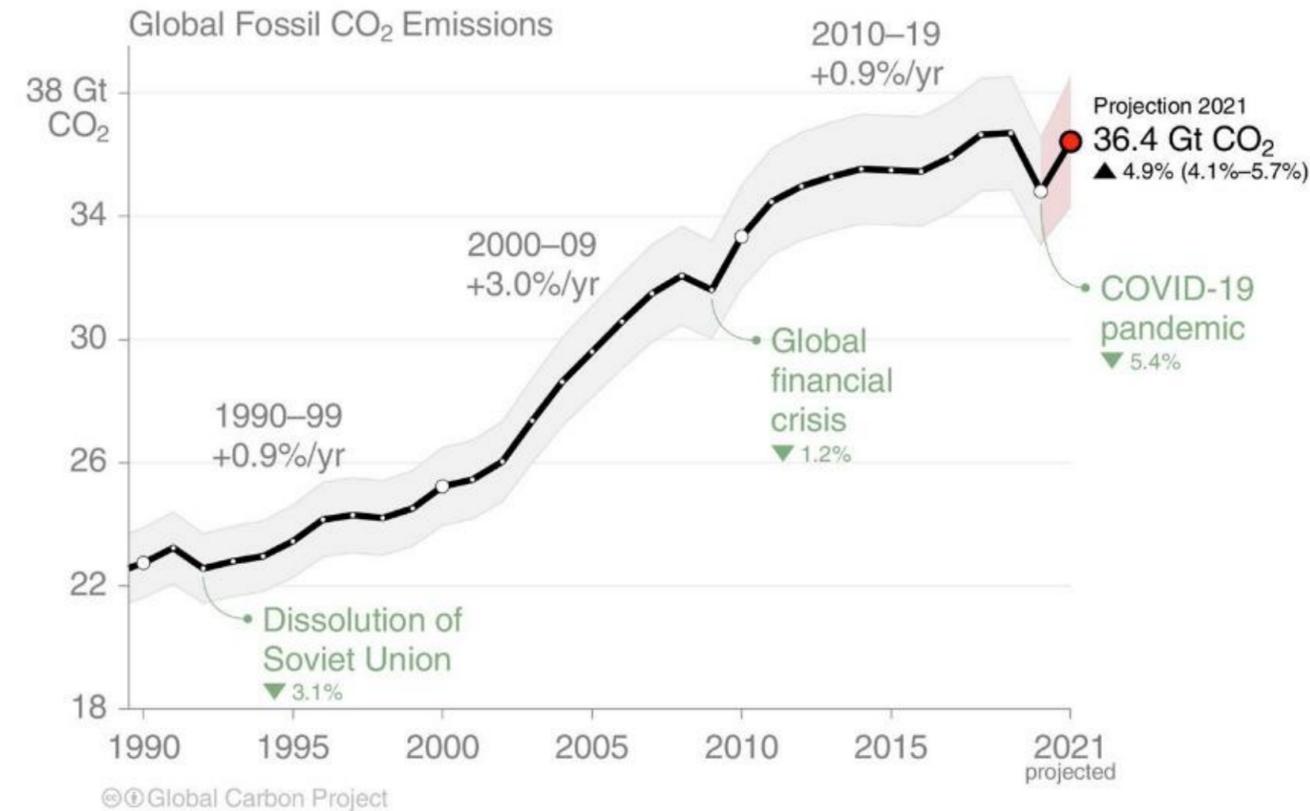
Nel 2022, un kWh elettrico consumato in Italia ha emesso 0,309 kg di CO₂, secondo i fattori di emissione definiti da ISPRA



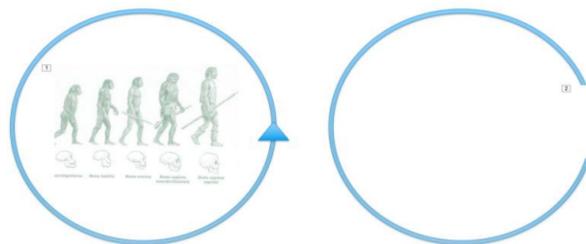
Impatto ambientale ICT



Global fossil CO₂ emissions: 34.8 ± 2 GtCO₂ in 2020, 53% over 1990
 ● Projection for 2021: 36.4 ± 2 GtCO₂, 4.9% [4.1%–5.7%] higher than 2020



The 2021 projection is based on preliminary data and modelling.
 Source: [Friedlingstein et al 2021](#); [Global Carbon Project 2021](#)



Global Fossil CO₂ Emissions

The GCP is a Global Research Project of **futureearth**
 Research, Innovation, Sustainability.

and a Research Partner of **WCRP**
 World Climate Research Program

Published on 4 November 2021
 PowerPoint version 1.0

Impatto ambientale ICT – Rete 5G e Videocall

Rete 5G

La rete 5G è un esempio di come alcune scelte tecnologiche possono produrre effetti indesiderati:

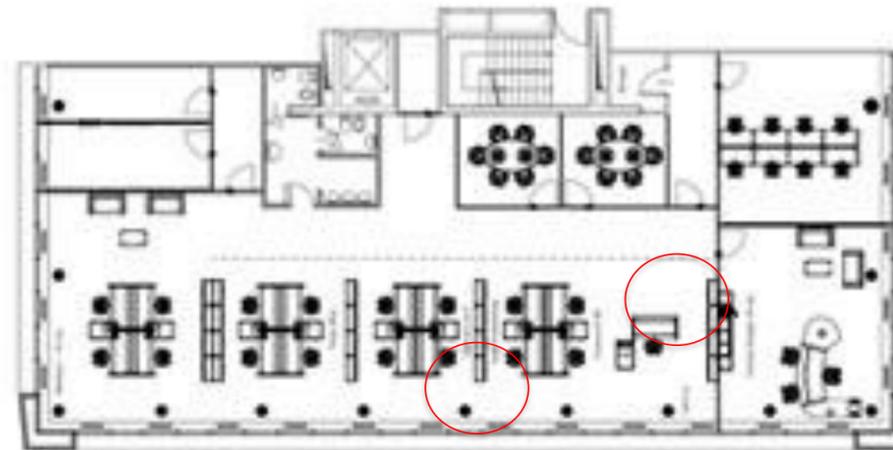
- Le stazioni consumano meno
- Molto efficiente nella comunicazione con il terminale
- Numero di stazioni crescerà in modo importante
- La conseguenza è un consumo elettrico che crescerà di molte volte
- Il consumo elettrico rappresenta già il 70%-80% dei costi per gli operatori mobili



Videocall

Una videocall ha un impatto molto inferiore ad viaggio o un trasferimento con un mezzo di trasporto.

Tuttavia la comodità dello strumento ha indotto la pratica di trovarsi in videocall anche quando gli uffici sono vicini



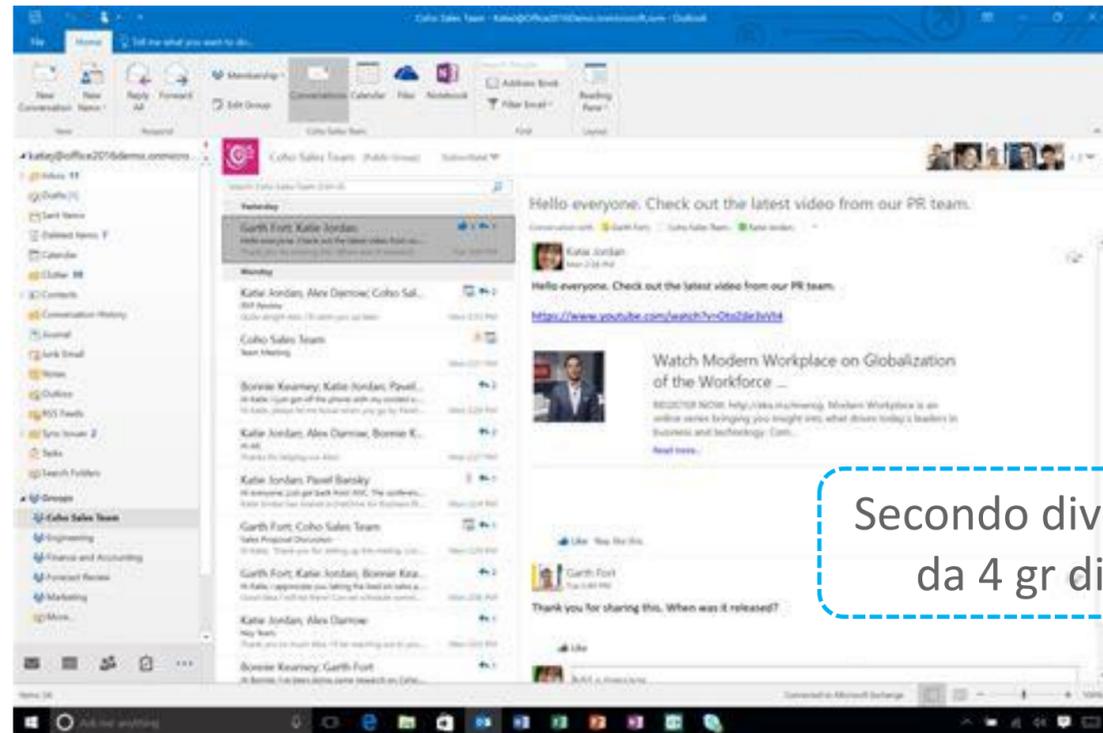
50 gr CO₂ e per 1 di call Zoom

*Nel 2023 è stato calcolato che ogni minuto ci sono 104K ore di meeting Zoom.
Circa 150 milioni di ore al giorno: 150 M/ore * 50 gr CO₂e*

¹ Mike Berneers-Lee How bad are bananas? The Carbon Footprint of everything 2020

Posta elettronica

- 350 miliardi di mail inviate ogni giorno nel 2023
- La media delle mail aperte è del 18%
- Oltre il 60% delle email sono spam



Secondo diversi studi una mail produce da 4 gr di CO₂ e fino a 50 gr CO₂ e

4 gr CO₂ e * 350.000.000.000

How bad are Bananas?, The carbon footprint of everything. Mike Berners-Lee, Profile Books, Revised Edition, 2020

BIG STORY 10 NOVEMBER 26, 2019 / 7:24 PM / UPDATED 3 YEARS AGO

With 'thank you' emails, polite Britons burn thousands of tonnes of carbon a year

By Rosa Furneaux 2 MIN READ  

LONDON (Thomson Reuters Foundation) - Britain could significantly cut its carbon footprint if people stopped sending unnecessary 'thank you' emails, researchers said on Tuesday, calling on the public to 'think before you thank'.

Britons send more than 64 million unnecessary emails per day, a study by energy supplier OVO Energy found, with unactionable pleasantries such as 'thank you' and 'thanks' topping the list of most common offenders.

"Is OVO asking everybody to be more rude? Absolutely not," said Mike Berners-Lee, an expert on carbon footprinting at Britain's Lancaster University who carried out the analysis.

"But if you send somebody a 'thanks' email, and they're only three meters away from you, it might be nice to just go over and say, thank you very much," he told the Thomson Reuters Foundation.

If each adult sent one less email a day, Britain could reduce its carbon output by 16,433 tonnes - equal to more than 81,000 flights from London to Madrid, the study found.

Impatto ambientale ICT



Mitel 6920 - circa 3 W

1,3 Wh idle mode
3,4 Wh tipico



Switch di accesso – 100 -150 W

Ore 100% sprecate in quanto non utilizzabili
6672 h



¹ Si assumono come ore lavorative su un anno considerando come festivi solo sabato e domenica

² Si assumono 8 ore di lavoro al giorno

Si assume il costo dell'energia elettrica 0,113 kWh

Si assumono 8 ore di consumo tipico e 16 di idle mode

Solo il 23% delle ore/anno in cui il dispositivo è alimentato sono potenzialmente utili

Impatto ambientale ICT

La tabella riassume i dati riguardanti il consumo energetico e l'impatto ambientale per 2 milioni di telefoni Mitel 6920 su base annua, suddivisa per modalità di funzionamento:

Modalità	Consumi (kWh)	Costi/Anno (€)	Emissioni CO2 (ton)
Stand-by non abilitato	59.568.000	6.731.184	18.406,512
Stand-by abilitato	31.545.600	3.564.653	9.747,5904

Consumo Energetico Mitel 6920 per 2.000.000 di Telefoni (1 Anni)

La tabella riassume i dati riguardanti il consumo energetico e l'impatto ambientale per 2 milioni di telefoni Mitel 6920 su base 5 anni di vita dell'apparato, suddivisa per modalità di funzionamento:

Modalità	Consumi (kWh)	Costi/Anno (€)	Emissioni CO2 (ton)
Stand-by non abilitato	297.840.000	33.656.880	92.032,56
Stand-by abilitato	157.728.000	17.823.265	48.737,952

Consumo Energetico Mitel 6920 per 2.000.000 di Telefoni (5 Anni)



Mitel 6920 - circa 3 W

1,3 Wh idle mode
3,4 Wh tipico

Si assumono per:

- Consumo in stand by (16h) 1,3 W
- Consumo tipico (8h) 3,4 W

Conclusioni

Prossimo futuro

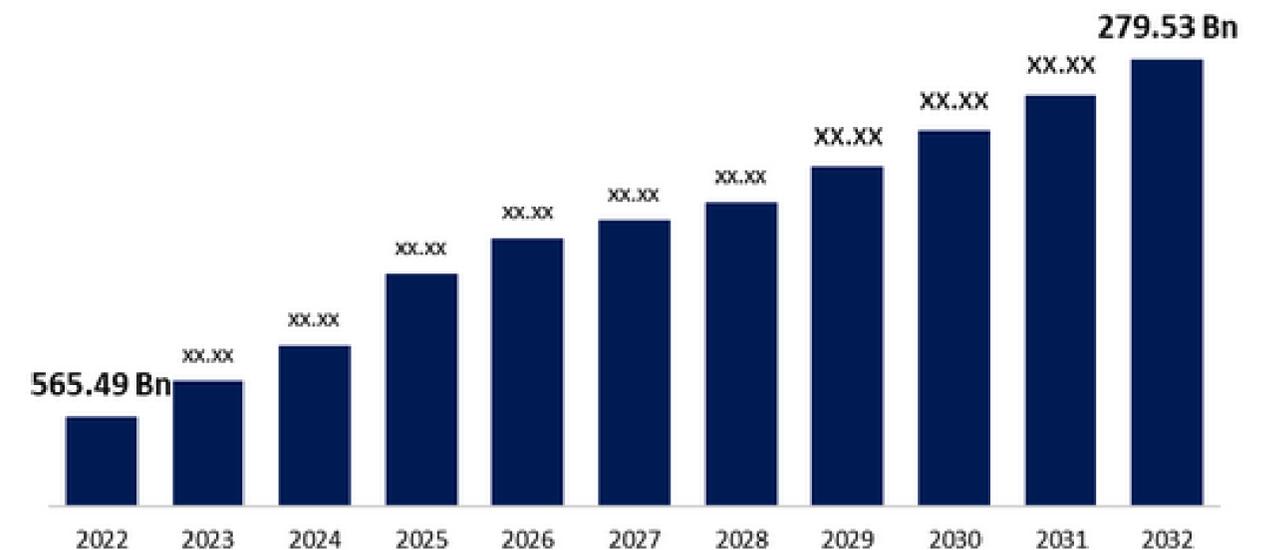
BUSINESS

Data Center in Italia: un potenziale da 15 miliardi di euro

Oltre 20 organizzazioni, di cui 8 debuttanti sul mercato italiano, hanno annunciato l'apertura di 83 nuove infrastrutture nel periodo tra il 2023 e il 2025. Ma la mancanza di normative specifiche sul settore rischia di rallentare la crescita

Francesco Carrubba | 19 Gennaio 2024

Global Data Center Market



Prossimo futuro



Errori del passato



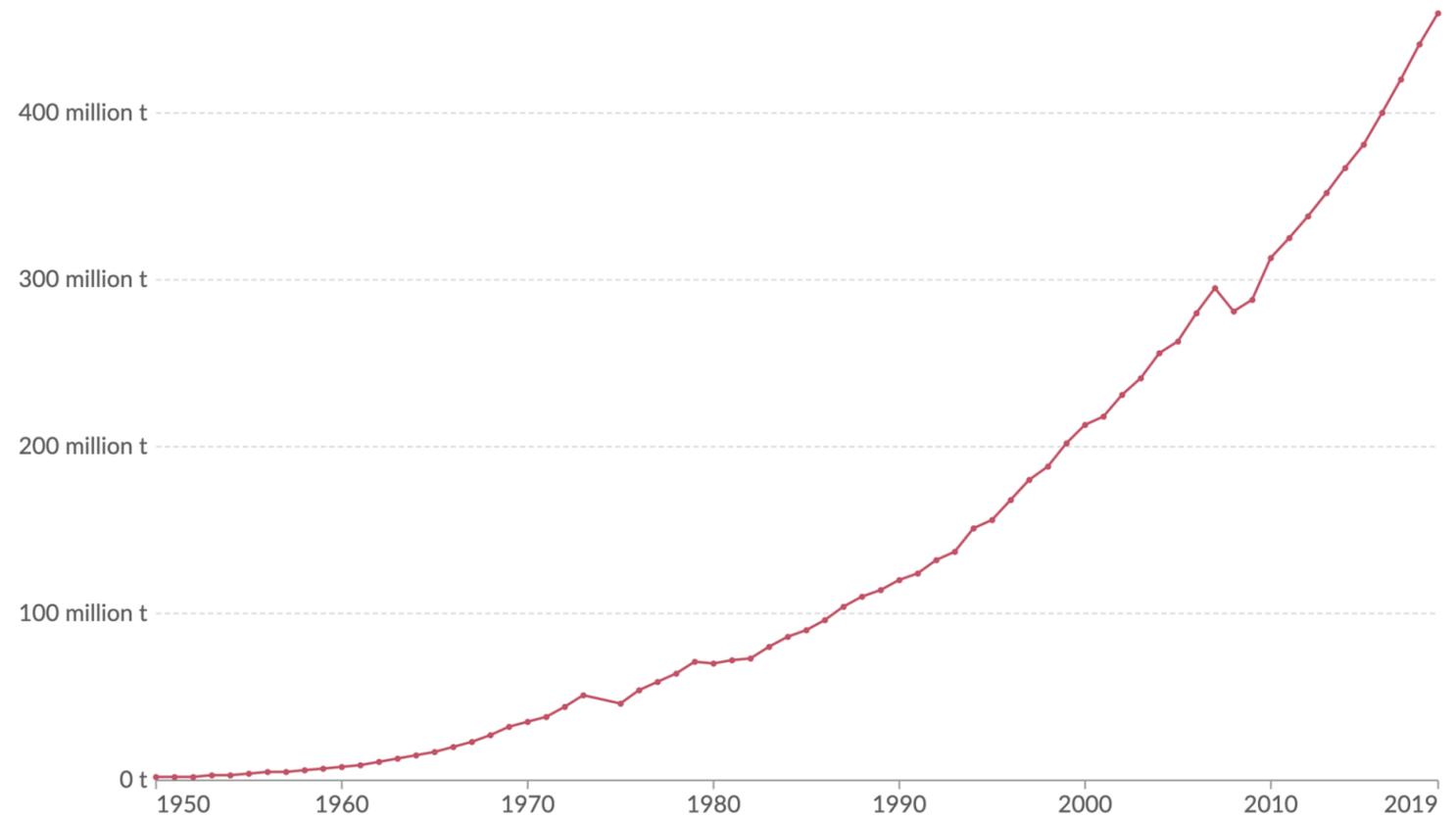
Errori del passato - *plastica*



Global plastics production

Annual production of polymer resin and fibers.

Our World
in Data



Data source: Geyer et al. (2017); OECD (2022)

OurWorldInData.org/plastic-pollution | CC BY

Errori del passato - *spazio*



Space junk in numbers

2,000 active satellites in Earth's orbit

3,000 dead satellites in Earth's orbit

34,000 pieces of space junk larger than 10 centimetres

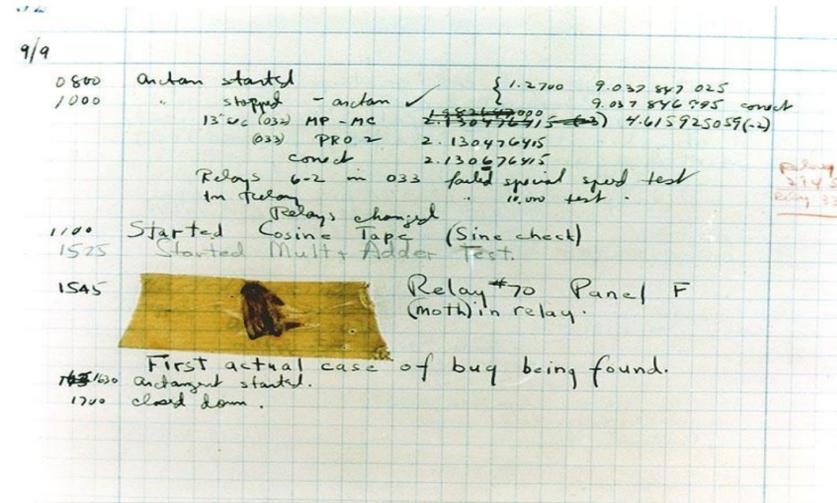
128 million pieces of space junk larger than 1 millimetre

One in 10,000: risk of collision that will require debris avoidance manoeuvres

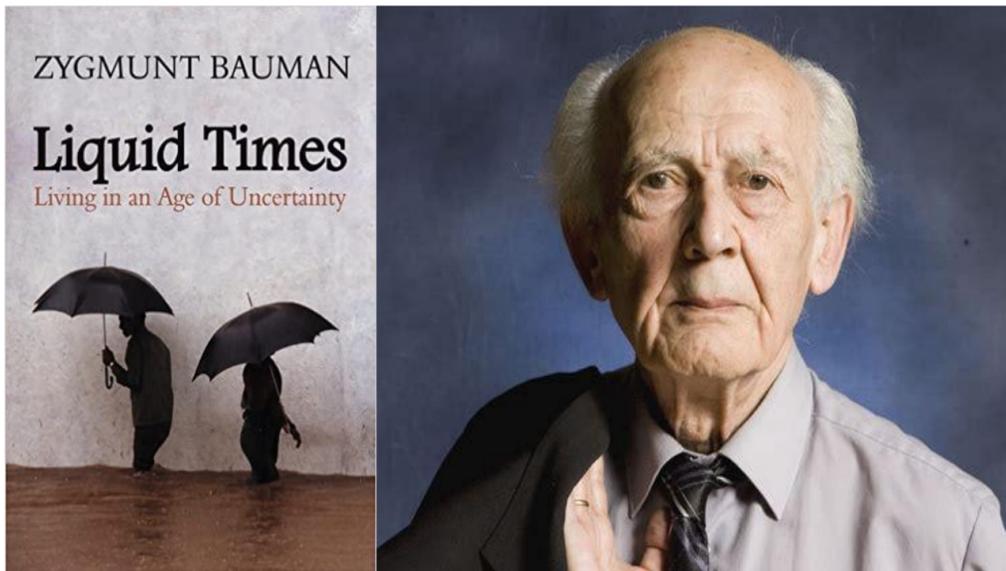
25 debris avoidance manoeuvres by the ISS since 1999



Grace Murray Hopper (New York, 9 dicembre 1906 – Arlington, 1 gennaio 1992)



“Si è sempre fatto così”



Zygmunt Bauman (Poznań, 19 novembre 1925 – Leeds, 9 gennaio 2017)

“Perché non sviluppiamo più la tecnologia per avere strumenti migliori per i nostri obiettivi.”

Adesso sono gli strumenti che la tecnologia ci mette a disposizione a determinare quali siano i nostri obiettivi. Sviluppiamo gli strumenti non per fare quello che vogliamo, ma facciamo quello che essi rendono possibile.

Le cose di cui noi dovremmo servirci, ci prendono al loro servizio. Siamo diventati loro schiavi.”

Data Center

Infrastrutture, facility, tecnologie, impatto energetico



Fondazione
Compagnia
di San Paolo

PRISMA

Progetti Innovazione Soluzioni Management

National Research Council of Italy



Institute of Electronics,
Computer and
Telecommunication Engineering