

Le impronte ambientali dei Data Center

Quando si utilizzano dei servizi informatici, non importa se per un acquisto online, per una transazione bancaria, una prenotazione di un volo aereo o di un ristorante, la nostra interfaccia non interagisce direttamente con il negozio, la banca, la compagnia aerea o il ristorante. Colloquia invece con un *server*, ossia un computer dedicato alla elaborazione richiesta, che di solito risiede insieme a moltissimi altri in un *data center*.

Data center e cloud. I data center sono le infrastrutture di calcolo che ospitano i computer, detti server, che erogano i servizi. Comprendono, oltre agli elaboratori, anche sottosistemi di alimentazione, gruppi di continuità, sistemi di ventilazione e raffreddamento, sistemi antincendio, connessioni alle reti esterne.

I data center richiedono notevoli quantità di energia elettrica e, specialmente per quelli di grosse dimensioni, l'approvvigionamento energetico è un problema centrale, collegato anche a quello dello smaltimento del calore prodotto. Per consentire il corretto funzionamento delle varie apparecchiature devono infatti essere raffreddati. Sono strutture *mission-critical* (con un funzionamento sicuro e continuo). Un data center hyperscale – una struttura di calcolo e archiviazione dati di enormi dimensioni, progettata per crescere in modo semplice ed efficiente man mano che la domanda di risorse aumenta - causa del numero elevatissimo dei server contenuti, dei servizi per far funzionare la struttura e dei relativi sistemi di raffreddamento, richiede spazi vastissimi dove tutte le necessità energetiche sono esasperate. Per considerazioni legate a costi e complessità di gestione, i data center sono collegati invece in remoto, tramite Internet. Si dice che stanno nel cloud computing. La parola cloud significa *nuvola* e indica che ciò che si utilizza è impalpabile e sta in una dimensione eterea, il cui unico accesso è l'erogazione di un servizio. L'immagine della nuvola potrebbe far pensare che sia a impatto ambientale nullo, purtroppo non è così.

Consumo di suolo, di acqua, di energia elettrica, dissipazione di calore. Alcuni fattori fisici sono alla base dell'impatto ambientale di queste infrastrutture. I data center hyperscale richiedono molto terreno collocato in un'area capace di garantire elettricità economica, ma affidabile. I proprietari dei data center, inoltre, per alimentare le proprie infrastrutture costruiscono le proprie centrali di produzione elettrica ad hoc, vicino ai data center stessi. Un data center hyperscale non dovrebbe trovarsi in nessun luogo soggetto a condizioni meteorologiche avverse che potrebbero compromettere l'intera struttura come rischi idrici, sismici, e via dicendo. A questo bisogna aggiungere il necessario perimetro di sicurezza, progettato a più livelli per prevenire attacchi informatici e violazioni fisiche che potrebbero compromettere l'operatività.

I data center sono realizzati in edifici fra i più energivori che esistano, consumando da 10 a 50 volte l'energia per superficie di un tipico edificio per uffici commerciali. Gli edifici che contengono i data center sono vari per forma, dimensioni e caratteristiche architettoniche. Queste strutture fioriscono numerose – spesso in luoghi all'apparenza impensabili – rispondendo a bisogni di spazio, acqua, raffreddamento, approvvigionamento energetico, sicurezza e sostenibilità: la scelta della collocazione è guidata proprio da tali requisiti. Ne sono stati realizzati in un ex-rifugio antiatomico, in un ex-deposito di armi riconvertito, sotto al mare, nel deserto o nel gelo oltre il Circolo Polare Artico.

Il calore da disperdere nei data center. Un'alta concentrazione di computer in funzione, quale appunto quella di un data center, produce una notevole quantità di calore che deve essere smaltito in continuazione. Il raffreddamento degli edifici può funzionare mediante diversi sistemi: può essere ad aria, consumando ulteriore elettricità, o ad acqua, con un consumo idrico anche importante, o usare sistemi misti.

L'acqua per i data center. Esistono due tipi di utilizzo d'acqua nei data center: il raffreddamento

evaporativo e il raffreddamento a ciclo chiuso.

L'acqua può essere in parte prelevata e poi restituita all'ambiente, ma una porzione significativa viene effettivamente consumata o dispersa durante il processo di raffreddamento, in particolare nei sistemi di raffreddamento evaporativo, dove l'acqua viene vaporizzata per dissipare il calore. In questi casi l'acqua viene consumata perché l'evaporazione la rende indisponibile per altri usi.

Anche quando l'acqua viene rilasciata invece nei sistemi di raffreddamento a ciclo chiuso deve passare attraverso dei trattamenti per ridurre gli impatti termici chimici e biologici sull'ecosistema circostante. La water footprint comprende l'acqua per il raffreddamento (la parte più significativa) e l'acqua per la produzione di energia. L'energia utilizzata per i data center richiede acqua per la generazione, specialmente se proviene da centrali termoelettriche che utilizzano acqua per il raffreddamento delle turbine. Questo consumo d'acqua è un'impronta idrica indiretta. I data center con tecnologie più efficienti (come raffreddamento ad aria o sistemi chiusi a ciclo combinato) usano meno acqua o usano acqua piovana, acque grigie o acqua non potabile. A volta l'acqua usata in ingresso è potabile, ma viene restituita poi dal data center come non potabile. In molti casi l'uso delle risorse idriche può essere in competizione con le comunità locali, specie quelle agricole.

Efficienza energetica. La temperatura di alcuni componenti dei data center può raggiungere i 60°C, mentre quella dell'aria interna, per avere un funzionamento ottimale, deve essere compresa fra 20°C e 27°C. In altre parole: i componenti funzionano bene al fresco e raffreddarli costa. Le temperature a cui far funzionare il data center sono stabilite trovando un punto di equilibrio tra i costi dei sistemi di raffreddamento e l'affidabilità dei componenti. Dunque, i sistemi di raffreddamento possono richiedere una quota notevole di tutta l'energia consumata. Questo aspetto è talmente importante che è stato definito un indicatore specifico, il *PUE (Power Usage Effectiveness* o Efficacia di uso della potenza) che rappresenta il rapporto tra l'energia totale utilizzata e quella che viene utilizzata dai soli apparati IT per effettuare elaborazioni. Questo rapporto può variare tra 1,2 e 2 ad indicare come, nonostante tutti i miglioramenti, il consumo di elettricità da parte dell'elaborazione sui server sia solo una parte, anche se importante, del consumo globale di energia elettrica da parte di un datacenter. Valore medio in Europa è 1,36 in Italia è 1,46.

Impronta di carbonio. L'IEA (International Energy Agency), nel Sustainable Recovery Report (2020) alla sezione *Energy footprint of the digital economy*, riporta come le tecnologie ICT (Information Communication Technologies) nell'anno 2020 hanno consumato circa 800 TWh di elettricità. Quanto il consumo di energia elettrica si traduca in emissioni di carbonio dipende anche dall'uso di fonti rinnovabili nella produzione dell'elettricità usata. Già nel 2020 il settore digitale era considerato responsabile del 4% delle emissioni di carbonio e tale impatto è in crescita.

Intelligenza Artificiale. Secondo la IEA, nel 2024 i data center hanno consumato circa 415 TWh di elettricità a livello mondiale, equivalenti a circa l'1,5% del consumo elettrico globale ed il consumo elettrico globale dei data center è passato da circa 415 TWh nel 2024 a 485 TWh nel 2025, registrando un aumento del 17% in un solo anno. È l'effetto dell'intelligenza Artificiale. Se l'idea di cloud computing aveva puntato sull'immaterialità, i data center per l'IA riportano la loro materialità fisica nei luoghi in cui vengono costruiti sulla Terra. Sono strutture di dimensioni fisiche enormi (con estensioni territoriali che si quantificano in termini di decine di campi di calcio), che richiedono enormi quantità di energia elettrica (che si quantificano in termini di consumi elettrici di decine di migliaia di famiglie occidentali), enormi quantità di acqua (che si misurano in termini di decine di piscine olimpioniche), che producono emissioni di carbonio pari a quelle di qualche stato e gran quantità di rifiuti elettronici (il cui peso si esprime in termini di centinaia di torri Eiffel).

A differenza delle precedenti evoluzioni del Cloud computing, che si concentravano sull'aumento del volume di dati (bit), L'IA generativa si basa su un aumento vertiginoso **dell'intensità computazionale per operazione**. Nello sviluppo delle AI si utilizza sempre un maggior numero di chip in parallelo e chi sviluppa è disposto a pagarne il costo economico e quello ambientale. Il

consumo di energia elettrica dei data center è destinato a raddoppiare approssimativamente, passando da 485 TWh nel 2025 a 950 TWh nel 2030, rappresentando circa il 3% della domanda globale di energia elettrica a quella data. Il problema che sorge non è tanto legato alla quota globale di elettricità consumata dai data center quanto alla forte concentrazione geografica di questa domanda. Si sviluppano in cluster regionali.

La carica emotiva del dibattito è alimentata anche dalla portata dei progetti, dalla rapidità con cui sono apparsi e dalla segretezza che li contraddistingue.

Scelte normative. Alcuni criteri possono guidare le scelte normative: gli insediamenti devono essere in aree dismesse, degradate o da rigenerare, evitando il ricorso a nuovo suolo, incentivando l'utilizzo di energia a basso impatto carbonico, al recupero del calore per il teleriscaldamento e a sistemi di raffreddamento a ridotto consumo idrico. Il tema del rumore riguarda sia il periodo di costruzione (cantiere) che quello di esercizio: potranno verificarsi vari impatti acustici nei diversi scenari, incluso quello della situazione di massimo utilizzo dei generatori. Attenzione a questo aspetto significherebbe prevedere una distanza minima dalle abitazioni. La valutazione di tutti gli impatti va fatta con analisi del ciclo di vita completo: costruzione, esercizio, dismissione.

Posti di lavoro. Per focalizzare adeguatamente i possibili problemi è importante che i progetti di nuovi insediamenti siano realizzati con la massima trasparenza, indicando quindi anche quali sono le reali prospettive occupazionali. Quanti posti di lavoro si creano nelle fasi di progettazione, quanti nella fase di costruzione e quanti nella gestione operativa delle infrastrutture stesse. Quali e quanti saranno i posti di lavoro a regime.

Giovanna Sissa

Autrice del volume *Le emissioni segrete. L'impatto ambientale dell'universo digitale* (il Mulino, 2024) vincitore del Premio Nazionale di Divulgazione Scientifica Giancarlo Dosi 2025 - Sezione Scienze dell'Ingegneria e dell'Architettura