



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI**  
**"M.FANNO"**

**CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA**

**PROVA FINALE**

**"LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DELLE TECNOLOGIE  
DIGITALI"**

**RELATORE:**

**CH.MA PROF.SSA ELEONORA DI MARIA**

**LAUREANDO: MARCO CARRARO**

**MATRICOLA N. 1160649**

**ANNO ACCADEMICO 2019 – 2020**

## Indice

<b>Introduzione</b> .....	<b>3</b>
<b>Capitolo 1: L’impatto ambientale delle infrastrutture Digitali</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1. L’attuale situazione climatica</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2. Impatto ambientale del settore ICT</b> .....	<b>5</b>
<b>1.3. Il Consumo dei Data Center</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3.1. Modelli di stima dei valori</b> .....	<b>8</b>
<b>1.4. Focus sull’Europa</b> .....	<b>9</b>
<b>1.4.1. Codice di condotta europeo per l'efficienza energetica dei data center</b> .....	<b>10</b>
<b>1.4.2. Metriche</b> .....	<b>10</b>
<b>1.4.3. Risultati</b> .....	<b>11</b>
<b>1.4.4. Analisi della distribuzione geografica</b> .....	<b>12</b>
<b>Capitolo 2: Le soluzioni tecniche</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1. Energia da fonti rinnovabili</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2. Il free cooling</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2.1. Airside</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.2. Waterside</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3. Tecnologie nei data center</b> .....	<b>20</b>
<b>2.3.1. Intelligenza artificiale</b> .....	<b>20</b>
<b>2.3.2. Data center hyperscale</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3.3. Il vantaggio di costo dell'hyperscale</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3.4. Efficienza energetica dei data center hyperscale</b> .....	<b>22</b>
<b>Capitolo 3: Il Caso Italia</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1. Data center in Italia</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2. Il caso Aruba.it</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2.1. I suoi data center</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3. Eni: un modello di business sostenibile</b> .....	<b>30</b>
<b>3.3.1. Il green data center di Ferrera Erbognone</b> .....	<b>30</b>
<b>Conclusioni</b> .....	<b>33</b>
<b>Bibliografia</b> .....	<b>35</b>

## Introduzione

Quella che stiamo vivendo ora è un'emergenza globale. Gli scienziati affermano che il cambiamento climatico causato dall'uomo soprattutto a causa dei combustibili fossili ha portato la razza umana e gli animali alla sesta estinzione di massa della vita sulla terra. Eppure c'è sempre poca consapevolezza da parte di tutti riguardo ciò che sta succedendo.

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), organismo delle Nazioni Unite, nell'ottobre del 2018 ha affermato che le emissioni di gas serra stanno accelerando e siamo sull'orlo di una serie di eventi climatici sempre più intensi, che metteranno in pericolo la vita sul nostro pianeta. L'IPCC ha inoltre stimato che a causa dell'attività umana la temperatura è aumentata, rispetto ai livelli pre industriali, di un grado centigrado, e ha predetto che il superamento della soglia di 1,5 gradi centigradi scatenerà un *feedback loop* incontrollabile e una cascata di mutamenti climatici che decimerà gli ecosistemi sulla terra.

Per questo motivo il tema della sostenibilità ambientale deve essere sempre più riconosciuto come un argomento di fondamentale importanza, e trovare soluzioni immediate per arginare il problema deve essere uno degli obiettivi principali per la salvaguardia del pianeta.

Questo progresso ambientale deve essere assolutamente accompagnato da un progresso tecnologico consapevole e sostenibile.

L'elaborato cerca di analizzare e sintetizzare, sotto una chiave economica, manageriale e tecnica, quelli che sono i legami tra sostenibilità ambientale e le tecnologie digitali, focalizzando l'attenzione sul settore delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT).

Per semplicità e chiarezza d'esposizione il testo è diviso in tre macro-aree: la prima tratta dell'impatto ambientale di quelle che sono le tecnologie digitali, più nello specifico dei data center, strumenti di calcolo che stanno sempre più prendendo piede grazie anche al processo di digital transformation che in questo periodo storico sta investendo la società. La seconda invece offre una risposta tecnologica a questi problemi ambientali, analizzando dal punto di vista tecnico come vengono sfruttate le risorse rinnovabili per produrre energia elettrica e le loro potenzialità, e quali nuove tecnologie sono state implementate nei data center per ridurre al minimo il loro impatto ambientale.

Infine, la terza parte propone un focus dei data center nel panorama italiano, portando anche due casi di studio aziendali quali Aruba.it ed Eni, vedendo come queste aziende dimostrano concretamente la loro attenzione alla situazione climatica attuale.

# Capitolo 1: L'impatto ambientale delle infrastrutture Digitali

## 1.1. L'attuale situazione climatica

“Vivere dei giacimenti combustibili fossili per oltre due secoli ci ha indotto erroneamente a immaginarci un futuro senza fine. Ora il conto è arrivato ed è il cambiamento climatico. Davanti a noi, adesso, c'è l'età della resilienza”.

Scrive così nel suo libro “Un Green New Deal globale” Jeremy Rifkin, famoso teorico economico, esponendo il suo pensiero riguardo all'attuale situazione climatica.

Nel 2019 il 29 luglio la Terra ha esaurito le risorse che dovevano bastare per l'intero anno.

In questa data la domanda di acqua, cibo, fibre, legno e assorbimento di anidride carbonica ha superato le risorse biologiche che gli ecosistemi della Terra sono in grado di rinnovare in un anno: la cosiddetta “biocapacità globale”. Trent'anni fa questa data era nel mese di ottobre, 20 anni fa a fine settembre.<sup>1</sup>

Questi cambiamenti climatici estremi sono principalmente dovuti all'aumento delle temperature: a ogni aumento di un grado della temperatura sulla terra dovuto all'intensificarsi delle emissioni di gas serra, la capacità dell'aria di trattenere l'acqua cresce del 7 per cento circa, portando a precipitazioni più concentrate e al generarsi di eventi idrici più estremi come alluvioni primaverili devastanti, prolungate siccità estive e incendi terrificanti con ingentissime perdite di vite umane e beni materiali e con la distruzione di ecosistemi.

Ulteriore aspetto negativo di questi sempre più frequenti cambiamenti sono i costi dovuti ai danni alle infrastrutture e alla salute umana, un esempio sono le alluvioni che negli ultimi 40 anni hanno causato danni per un valore di oltre 90 miliardi di euro.

Il tempo sta cambiando troppo velocemente, dunque occorre cambiare direzione il più velocemente possibile per evitare conseguenze irreversibili, tanto che l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) delle Nazioni Unite prevede entro il 2030 un innalzamento delle temperature medie di circa 1.5 gradi e di 5 entro il 2100; non a caso il The Guardian ha cambiato

---

<sup>1</sup> ELISA BEGNI, 2019. Overshooting day 2019: abbiamo esaurito le risorse annuali della terra. *Neverwasradio* [online]. 29 luglio 2019. Disponibile su: <<https://www.neverwasradio.it/ambiente/overshooting-day-2019-abbiamo-esaurito-le-risorse-annuali-della-terra/>> [Data di accesso: 18/07/2020].

l'espressione con cui definire questo tema, da "climate change" a "climate emergency" per mettere in evidenza la pericolosità e l'urgenza del problema.

Le ricadute economiche causate dal peggioramento potranno addirittura causare perdite monetarie maggiori di quelle subite dal settore economico nel corso della storia. A sostenerlo l'articolo "Long-Term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis" dell'19 agosto 2019.

Secondo questo articolo, entro fine secolo, se si continua a mantenere una crescita della temperatura media annua di 0.04 centigradi, e senza l'attuazione di politiche per impedire ciò, si potrebbe avere una riduzione del PIL pro capite medio di circa il 7.22%.

Mentre invece se si attuassero manovre per marginare l'aumento delle temperature, o se si dovesse rispettare il Trattato di Parigi già in atto, e quindi non si superasse un aumento delle temperature di massimo due gradi rispetto alle temperature medie del 1880, le perdite del Pil sarebbero di molto inferiori, cioè perdite di 1.07%.

Tra le misure per mitigare l'impatto del cambiamento climatico, l'efficienza energetica è evidenziata come una componente chiave.

## **1.2. Impatto ambientale del settore ICT**

Al giorno d'oggi il settore delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) conta circa il 5-9% del consumo totale di elettricità ed inoltre genera fino al 2% delle emissioni globali di CO<sub>2</sub>, tanto quanto tutto il traffico aereo globale, una gran parte delle quali è dovuta ai data center, servizi di cloud e connettività e si stima che questi abbiano la più rapida crescita dell'impronta di carbonio di tutto il settore ICT, dovuto soprattutto ai progressi tecnologici come il cloud computing e la rapida crescita dell'uso dei servizi Internet.<sup>2</sup>

Inoltre si stima che se non verrà regolato, entro il 2040 il suo impatto potrà aumentare fino ad essere la causa del 14% delle emissioni globali.

Con l'aumento del numero di utenti Internet a livello globale, è cresciuta anche la domanda di servizi per i data center, dando adito a preoccupazioni per il loro crescente consumo energetico.

Tra il 2010 e il 2018, l'IP trac globale - la quantità di dati che attraversa internet - è aumentata di oltre dieci volte, mentre la capacità di archiviazione globale dei data center è aumentata contestualmente del 25% (Masanet et al. 2020). Nello stesso periodo di tempo, il numero di

---

<sup>2</sup> IEA, 2020. *Climate change. The energy sector is central to efforts to combat climate change*. [online] Disponibile su: <<https://www.iea.org/topics/climate-change>> [Data di accesso: 20/07/2020].

istanze di calcolo in esecuzione sui server del mondo - una misura del totale delle applicazioni ospitate - è aumentato di oltre sei volte (Masanet et al. 2020).

Si prevede che queste forti tendenze di crescita continueranno, dato che il mondo consuma sempre più dati. E nuove forme di servizi di informazione come l'intelligenza artificiale (AI), che sono particolarmente impegnative dal punto di vista dei calcoli, potrebbero accelerare ulteriormente la crescita della domanda. Pertanto, la capacità di quantificare e proiettare l'uso dell'energia e l'inquinamento dei data centers è una priorità chiave della politica energetica e climatica.

Nell'UE, così come in altre grandi economie, sono state introdotte politiche e misure per migliorare l'efficienza energetica in ogni settore dell'economia, compresi le ICT e i data center.

3

### 1.3. Il Consumo dei Data Center

Secondo Rong et al., i data center sono magazzini informatici che immagazzinano grandi quantità di dati che soddisfano le esigenze quotidiane di elaborazione delle transazioni di diverse aziende. Essi contengono server per la raccolta dei dati e infrastrutture di rete per il loro utilizzo e archiviazione.

L'elettricità utilizzata da questi dispositivi IT viene convertita in calore, che deve essere rimosso dal data center raffreddando le apparecchiature che funzionano anche a elettricità.

In media, i server e i sistemi di raffreddamento rappresentano la quota maggiore dell'uso diretto di energia elettrica nei data center, seguiti da unità di memorizzazione e dispositivi di rete. Alcuni dei più grandi data center del mondo possono contenere decine di migliaia di dispositivi IT e richiedono più di 100 megawatt (MW) di capacità di potenza, sufficienti per alimentare circa 80.000 famiglie americane. <sup>4</sup>

I data center funzionano di solito 24 ore su 24, 7 giorni su 7, tutto l'anno, e sono molto intensivi dal punto di vista energetico con densità di potenza tipiche di 538-2153 W/m<sup>2</sup> che a volte possono arrivare fino a 10 KW/m<sup>2</sup>. L'elevato consumo di energia può essere attribuito principalmente alle richieste IT e alle apparecchiature di raffreddamento, così come all'illuminazione, alla distribuzione dell'energia e ad altre esigenze. Il sistema di raffreddamento

---

<sup>3</sup> EUROPEAN COMMISSION, 2016. *Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centres* [online]. Disponibile su: <<https://ec.europa.eu/jrc/en/energy-efficiency/code-conduct/datacentres>> [Data di accesso: 27/07/2020].

<sup>4</sup> ENERGY INNOVATION, 2020. *How Much Energy Do Data Centers Really Use?* [online]. Disponibile su: <<https://energyinnovation.org/2020/03/17/how-much-energy-do-data-centers-really-use/>> [Data di accesso: 25/07/2020].

da solo può rappresentare in media fino al 40% del fabbisogno energetico di un data center, con i sistemi più efficienti che utilizzano il 24% dell'energia totale e quelli meno efficienti il 61%. L'energia viene distribuita ai refrigeratori, alle torri di raffreddamento e alle pompe dell'acqua. I refrigeratori d'acqua sono quelli che consumano più energia in quanto forniscono acqua refrigerata alla serpentina di raffreddamento in modo da mantenere la temperatura interna sufficientemente bassa da rimuovere il calore emesso dai server e dalle altre apparecchiature. I server, lo stoccaggio e l'hardware di rete da soli hanno consumato più energia nel 2018 (205TWh) rispetto al 2010 (92TWh). Ma questi dispositivi utilizzano l'energia in modo molto più efficiente ora rispetto a dieci anni fa, il che significa molti più calcoli per ogni 1Wh utilizzato.

Un così lento tasso di crescita del consumo di energia in relazione alla crescita della potenza di calcolo complessiva riflette il continuo spostamento dei processi di calcolo dai vecchi e inefficienti data center gestiti da imprese tradizionali, come banche, compagnie di assicurazione o rivenditori, a strutture più recenti costruite da fornitori di servizi di cloud computing, come Amazon Web Services, Microsoft Azure e Google Cloud.

Scrivendo del nuovo studio su un blog aziendale, Urs Hölzle, il VP senior delle infrastrutture tecniche di Google, ha dichiarato che, in media, "un data center di Google è due volte più efficiente dal punto di vista energetico di un tipico data center aziendale. E rispetto a cinque anni fa, ora forniamo circa sette volte più potenza di calcolo con la stessa quantità di energia elettrica".

Tre effetti di efficienza primaria spiegano questo near-plateau nell'uso dell'energia: In primo luogo, l'efficienza energetica dei dispositivi IT, in particolare dei server e delle unità di storage, è migliorata notevolmente grazie al costante progresso tecnologico dei produttori IT. In secondo luogo, il maggiore utilizzo del software di virtualizzazione dei server, che consente l'esecuzione di più applicazioni su un singolo server, ha ridotto significativamente l'intensità energetica di ogni applicazione ospitata. In terzo luogo, la maggior parte delle istanze di calcolo sono migrate verso grandi data center di classe cloud e hyperscale, che utilizzano sistemi di raffreddamento ultra-efficienti (tra le altre importanti pratiche di efficienza) per ridurre al minimo l'uso di energia.

A dimostrazione di ciò, i nuovi dati suggeriscono che i moderni sistemi di infrastrutture di data center (raffreddamento ed energia) sono così efficienti rispetto a prima, che la diminuzione del loro uso di energia è stata "sufficiente a compensare la crescita del consumo totale di energia dei dispositivi IT" che è stimata passare da 33 zettabyte nel 2018 a una stima di 175 zettabyte nel 2025.

Infine, il notevole uso di energia elettrica dei data center suscita anche preoccupazioni per le loro emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). Purtroppo non è ancora possibile stimare con precisione le emissioni totali di CO<sub>2</sub>, a causa della mancanza di dati sulla localizzazione della maggior parte dei data center globali e sull'intensità delle emissioni (misurata in grammi di CO<sub>2</sub> per chilowattora) delle loro effettive fonti di elettricità. Solo poche aziende, tra cui Google, Apple, Switch e Facebook, riportano pubblicamente tali dati, indicando una tendenza crescente tra alcuni dei più grandi operatori di data center del mondo verso l'approvvigionamento di energia rinnovabile.

### **1.3.1. Modelli di stima dei valori**

Attualmente non vengono compilate statistiche ufficiali sull'uso dell'energia dei data center a livello nazionale o globale. Pertanto, è necessario utilizzare modelli matematici per stimare questo consumo di energia. I cosiddetti modelli "bottom-up" tengono conto delle scorte installate di dispositivi IT nei diversi data center e delle loro caratteristiche di consumo energetico per arrivare ad una stima del consumo totale di energia. Mentre gli studi bottom-up offrono molti spunti di riflessione sul consumo di energia, sono anche molto dispendiosi in termini di dati e di tempo; pertanto, essi non appaiono spesso. Ad esempio, lo studio bottom-up più autorevole dell'ultimo decennio è apparso nel 2011 (Kooimey 2011) e ha stimato che i data center rappresentavano tra l'1,1 e l'1,5 per cento del consumo globale di energia elettrica nel 2010.

Al contrario, i modelli basati sull'estrapolazione stimano il consumo totale di energia prendendo i precedenti valori bottom-up e scalandoli sulla base di indicatori di crescita del mercato dei data center, come il trac IP globale (Andrae e Edler 2015) o gli investimenti nei data center (Belkhir e Elmeligi 2018). Poiché gli approcci basati sull'estrapolazione sono molto più semplici, sono stati utilizzati per colmare le lacune temporali lasciate da sporadici studi bottom-up.

Di sotto infine sono riportate le stime di consumi di energia in termini di TWh a livello europeo, statunitense e mondiale.



Consumption (TWh)	Reporting Year	Reference
EU consumption		
18.3	2000	Koomey [15]
41.3	2005	Koomey [15] and Whitehead [12]
56	2007	Bertoldi [18]
72.5	2010	Whitehead [12]
104	2020	Bertoldi [18]
US consumption		
91	2013	Ni [10]
140	2020	Ni [10]
Global consumption		
216	2007	Van Heddeghem [17]
269	2012	Van Heddeghem [17]

**Tabella 1:** Stime e proiezioni del consumo di energia in TWh da una prospettiva europea, americana e globale.<sup>5</sup>

#### 1.4. Focus sull'Europa

L'efficienza energetica è una parte fondamentale delle politiche energetiche europee e gli obiettivi energetici e climatici per il 2020 e il 2030 comprendono una parte specifica per l'efficienza energetica. Nell'UE, così come in altre grandi economie, sono state introdotte politiche e misure per migliorare l'efficienza energetica in ogni settore dell'economia, compresi le ICT e i data center.

Un ulteriore progetto che l'Unione Europea sta portando avanti è un piano strategico digitale il cui obiettivo è quello di rendere i data center più efficienti dal punto di vista energetico, ed ottenere l'azzeramento delle emissioni di carbonio entro il 2030, poiché nonostante l'attenzione dell'industria tecnologica per le energie rinnovabili, l'avvento dello streaming, dell'intelligenza artificiale e di altri servizi che richiedono molti dati sta accelerando la quantità di combustibili fossili bruciati per mantenere attivi e funzionanti i server di dati.

L'iniziativa dell'UE fa parte dei più ampi piani del blocco per una trasformazione economica radicale, chiamata "Green Deal", in tutto il blocco delle 27 nazioni. Prevede di imporre standard di emissione più severi alle industrie, tasse sull'energia e standard di qualità dell'aria più severi.

<sup>5</sup> MARIA AVGERINO, PAOLO BERTOLDI, LUCA CASTELLAZZI, 2017. Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency. European Commission. [online]. Disponibile su: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108354/kjna28874enn.pdf> [Data di accesso: 05/08/2020].

### 1.4.1. Codice di condotta europeo per l'efficienza energetica dei data center

Per affrontare complesse questioni di efficienza energetica, i responsabili politici possono stabilire normative obbligatorie o accordi volontari. Tuttavia, ci sono settori che sono particolarmente difficili da regolamentare con molti decisori coinvolti, quindi l'approccio volontario è generalmente preferito, soprattutto tra le autorità pubbliche e le imprese private.

I Codici di condotta (Code of Conduct) sono programmi volontari europei per il settore delle ICT che sono stati introdotti a partire dal 2000.

Il Codice di Condotta dei data center dell'UE è un'iniziativa creata nel 2008 per limitare il loro aumento del consumo di energia e quindi per ridurre gli impatti ambientali, economici e di sicurezza energetica<sup>6</sup>. È gestito dal Centro comune di ricerca (JRC), il servizio scientifico interno della Commissione europea. L'obiettivo è quello di informare gli operatori e i proprietari dei data center per ridurre il consumo di energia in modo efficiente in termini di costi e senza ostacolare la funzione critica dei data center.

A differenza degli altri CoC, nei quali si stabiliscono requisiti di efficienza specifici per i vari prodotti su base volontaria, in quello riguardante i Data Center, data la diversità degli stessi e il loro diverso livello di responsabilità, non è stato possibile stabilire un requisito minimo di efficienza; si è deciso quindi che il criterio chiave fosse quello di chiedere alle aziende partecipanti di monitorare i propri consumi energetici e di adottare una serie di “best practice” consolidate.

Tutti i partecipanti hanno l'obbligo di monitorare continuamente i consumi energetici e di adottare una politica di gestione dell'energia col fine di ottenere un continuo miglioramento dell'efficienza energetica.

Ogni richiedente deve fornire varie informazioni sulle sue caratteristiche tecniche, come la capacità, le dimensioni e l'anno di costruzione, i dati di consumo di energia e di IT e le Best Practices che sono già in vigore o che saranno implementate nel prossimo futuro.

### 1.4.2. Metriche

Diverse organizzazioni industriali e di ricerca hanno proposto diverse metriche per valutare le prestazioni energetiche dei data center e i loro costi operativi (ad esempio, la "durata di vita dei server"). Il CoC europeo misura l'efficienza dei Data Centre utilizzando il parametro PUE

---

<sup>6</sup> EUROPEAN COMMISSION, 2016. *Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centres* [online]. Disponibile su: <<https://ec.europa.eu/jrc/en/energy-efficiency/code-conduct/datacentres>> [Data di accesso: 27/07/2020].

(Power Usage Effectiveness) introdotto da The Green Grid nel 2007, e adottato dall'industria come scelta standard. Il PUE ha lo scopo di aiutare gli operatori a comprendere l'efficienza di un data center e a ridurre al consumo di energia. È definito come il rapporto tra la potenza totale in ingresso al data center e la potenza utilizzata dalle apparecchiature informatiche.

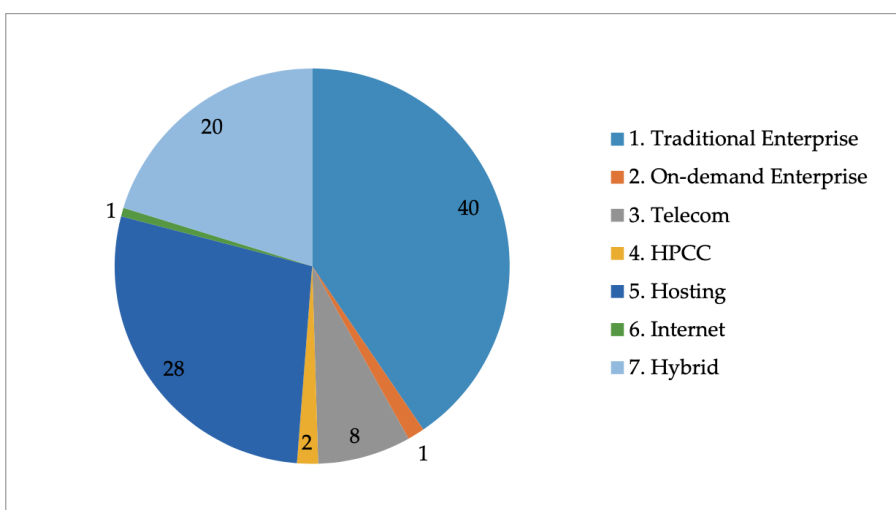
Più alto è il valore PUE, minore è l'efficienza dell'impianto, poiché viene consumata più energia. Il valore PUE ideale è 1, che indica la massima efficienza raggiungibile senza energia di sovraccarico, ma questo non è attualmente raggiungibile.

### 1.4.3. Risultati

Dai data center partecipanti a questo progetto, le stime del valore di PUE presentano un valore compreso tra 1,60 e 1,80 con 4 picchi di efficienza di 1,0-1,2 tutti situati nel Regno Unito e nord europa.

Per quanto riguarda le aziende partecipanti al progetto, il Codice di condotta distingue sette diversi tipi di data center.

Si osserva che più di un terzo delle strutture di reporting appartengono al tipo di impresa tradizionale. In questo tipo di modello di business, la proprietà dell'impianto, delle apparecchiature informatiche e dei sistemi software sono comuni. Il settore hosting è al secondo posto, seguito dall'ibrido. In un impianto di tipo hosting, la proprietà e le attrezzature IT sono comuni, ma i sistemi software sono gestiti da terzi. Inoltre, la maggior parte dei data center (circa il 61%) sono strutture autonome.



**Tabella 2:** Percentuale di ciascuno dei sette diversi settori. <sup>7</sup>

<sup>7</sup> MARIA AVGERINO, PAOLO BERTOLDI, LUCA CASTELLAZZI, 2017. Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency. European Commission. [online]. Disponibile su:

#### 1.4.4. Analisi della distribuzione geografica

Ulteriori aspetti chiave da tenere in considerazione nell'analisi dei dati del consumo dei Data center sono i parametri meteorologici, come la temperatura ambiente e l'umidità relativa, i quali possono avere un impatto significativo sul consumo di energia.

Si prevede che un data center situato in un'area con temperature ed umidità elevate consumerà più energia, poiché il sistema di raffreddamento lavorerà più duramente per mantenere condizioni operative stabili all'interno dell'impianto. La tabella sottostante mostra la distribuzione dei data center in Europa per posizione geografica.

I risultati sono stati suddivisi in quattro diverse zone: La zona nordica, la zona del Regno Unito e dell'Irlanda, la zona dell'Europa centro-settentrionale, la zona dell'Europa meridionale.

I paesi nordici e i paesi dell'Europa continentale sembrano essere i più efficienti in termini di efficienza energetica. Ciò si spiega con il progresso tecnologico avanzato del settore e con le condizioni climatiche fredde che riducono la richiesta di energia per il raffreddamento degli impianti. Il mercato nordico, che comprende Norvegia, Svezia, Danimarca, Finlandia e Islanda, sfrutta le abbondanti fonti di energia rinnovabile come l'energia idroelettrica e termica. D'altra parte, i data center situati nei paesi del Sud Europa hanno un valore medio PUE di 2,0, una cifra che può essere attribuita al clima più caldo e umido.

Geographical Zones	Countries	Temperature Range (°C)	RH Range (%)	Average PUE	Number of Data Centres
Nordic countries	Denmark, Finland, Norway, Sweden	18–26	20–80	1.71	13
UK and Republic of Ireland	England, Scotland, Wales, Northern Ireland, Republic of Ireland.	17–30	8–80	1.83	116
Northern/Central Europe	Austria, Belgium, France, Germany, Hungary, Luxembourg, The Netherlands, Portugal, Poland, Switzerland	14–28	16–75	1.72	122
Southern Europe/Mediterranean	Gibraltar, Greece, Italy, Malta, Spain, Turkey, Monaco, Romania, Bulgaria	16–26	20–80	2.00	30

**Tabella 3:** Suddivisione in zone geografiche con i dati medi di temperatura e umidità relativa.<sup>8</sup>

<<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108354/kjna28874enn.pdf>> [Data di accesso: 05/08/2020].

<sup>8</sup> MARIA AVGERINO, PAOLO BERTOLDI, LUCA CASTELLAZZI, 2017. Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency. European Commission. [online]. Disponibile su: <<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108354/kjna28874enn.pdf>> [Data di accesso: 05/08/2020].

## Capitolo 2: Le soluzioni tecniche

Come ampiamente analizzato nel precedente capitolo, abbiamo visto che ora, con l'aumento esponenziale del numero di dispositivi ICT come smartphone e tablet, lo sviluppo dell'IoT e la proliferazione dei data center, la quantità di dati che viene generata e archiviata è in aumento, e con essa aumenta anche l'elettricità utilizzata.

Inoltre, abbiamo visto che i data center sono responsabili di una parte considerevole del consumo energetico e dell'impronta di carbonio, che è stimata a circa il 45 per cento dell'impronta dell'intero settore ICT.

In questo capitolo analizzeremo quali sono i metodi per ridurre l'impatto ambientale di questi data center, partendo dal vedere come vengono sfruttate le risorse rinnovabili per produrre energia elettrica e le loro potenzialità; successivamente studieremo anche quali nuove tecnologie e metodi vengono utilizzati per rendere i data center più sostenibili dal lato ambientale.

### 2.1. Energia da fonti rinnovabili

Negli ultimi anni molti sono i movimenti ambientali ed economici a difesa dell'ambiente che stanno sempre prendendo piede, uno dei principali è il movimento ambientale del Green New Deal, il cui scopo principale è quello di decarbonizzare il settore energetico.<sup>9</sup>

Al cuore della transazione di cui parla il Green New Deal vi sono i settori che costituiscono l'infrastruttura della seconda rivoluzione industriale tra i quali ICT, energia ed elettricità.

Nell'ultimo decennio questi settori hanno iniziato a sganciarsi dalla civiltà dei combustibili fossili per agganciarsi a energie verdi, tecnologie pulite, efficienze sostenibili e ai processi di circolarità e resilienza che le accompagnano, facendo così diventare i combustibili fossili *stranded assets*, cioè beni che si svalutano prematuramente, prima che il loro prevedibile ciclo di vita giunga al normale termine.

Ad aprire la strada dello sganciamento dai combustibili fossili per reinvestire in energia verde nel settore ICT, sono stati i colossi del settore tecnologico e delle comunicazioni quali Apple, Google e Facebook.

Queste, che sono le aziende con i più grandi data center, sono all'avanguardia in quanto hanno le economie di scala per rendere tali sforzi più produttivi. Inoltre, hanno il denaro necessario

---

<sup>9</sup> SILVESTRI VIOLETTA, Cos'è il Green New Deal e cosa prevede? Il significato. *Money.it* [online], 16 gennaio 2020. Disponibile su: <<https://www.money.it/Green-New-Deal-cos-e-significato-cosa-prevede>> [Data di accesso: 29/07/2020].

per realizzare tali progetti, e tipicamente hanno culture aziendali in cui le questioni ambientali sono di grande importanza per i loro dipendenti e azionisti.

Nell'aprile 2018 Apple ha annunciato che tutti i suoi data center erano alimentati ad energie rinnovabili.<sup>10</sup>

Per quanto riguarda Google invece, l'azienda californiana ha affermato di aver raggiunto l'indipendenza dai combustibili fossili già nel 2017, alimentando il 100 per cento dei suoi data center attraverso energia rinnovabile; inoltre sta attualmente portando avanti venti progetti riguardanti energie rinnovabili con un investimento totale, per le relative infrastrutture, di circa 3,5 miliardi di dollari.<sup>11</sup>

Infine, anche Facebook nel luglio 2017 ha annunciato che da quel momento i nuovi data center sarebbero stati alimentati al 100 per cento da energie rinnovabili.

Non sono però solo i colossi di internet a muoversi in questa direzione dello sganciamento dai combustibili fossili, ma stanno seguendo le loro orme molte aziende leader nel settore dell'ICT e telecomunicazioni.

Microsoft nel 2018 alimentava i suoi data center attraverso energie rinnovabili per il 50 per cento, affermando di voler raggiungerne la totalità entro il 2023.<sup>12</sup>

Anche altre aziende tra le quali AT&T, Intel e Cisco stanno in questi ultimi anni integrando nelle loro aziende energie rinnovabili.

Questa decisione imprenditoriale di reinvestire in energie rinnovabili è dettata oltre che dall'importanza a livello ambientale di queste scelte anche dal lato economico.

Il solare e l'eolico che già ora sono più a buon mercato del carbone e allo stesso livello del petrolio e del gas naturale, fra qualche anno sono destinati a diventare ancora più convenienti e ad avere un costo marginale di produzione pari quasi a zero.

L'impatto di queste due fonti rinnovabili è ancora più importante se ne consideriamo le potenzialità.

Il sole irradia sulla terra 470 exajoule di energia, pari alla quantità che gli esseri umani consumano in un anno, intercettando un decimo dell'1 per cento dell'energia solare che

---

<sup>10</sup> APPLE, *Apple now globally powered by 100 percent renewable energy*. [online]. Disponibile su: <<https://www.apple.com/newsroom/2018/04/apple-now-globally-powered-by-100-percent-renewable-energy/>> [Data di accesso: 01/08/2020].

<sup>11</sup> GOOGLE SUSTAINABILITY, *100% renewable is just the beginning*. [online]. Disponibile su: <<https://sustainability.google/projects/announcement-100/>> [Data di accesso: 01/08/2020].

<sup>12</sup> THERE100, *242 RE100 companies have made a commitment to go '100% renewable'*. [online]. Disponibile su: <<https://www.there100.org/companies>> [Data di accesso: 01/08/2020].

raggiunge la terra si avrebbe a disposizione sei volte l'energia che utilizziamo attualmente nell'economia globale.<sup>13</sup>

Così come il sole, anche il vento ha enormi potenzialità non ancora espresse: uno studio della Stanford University sulla capacità eolica globale afferma che se il 20 per cento del vento disponibile nel mondo fosse intercettato, produrrebbe sette volte più elettricità di quanta ne usiamo attualmente per l'intera economia globale.

## 2.2. Il free cooling

Il raffreddamento è uno dei problemi principali dei data center. Le tecniche di raffreddamento dei data center sono state al centro di progressi straordinari, in quanto le innovazioni e l'applicazione delle migliori pratiche hanno portato notevoli guadagni in termini di efficienza energetica. Il principale di questi miglioramenti è stato l'uso del free cooling, in particolare grazie allo sfruttamento dell'aria. Altre tecniche che stanno guadagnando terreno sono l'economizzazione waterside e il raffreddamento ad evaporazione diretta e indiretta.

Prima dell'introduzione di queste nuove tecnologie, il raffreddamento di queste enormi strutture era il problema principale a livello ambientale.

Tradizionalmente l'apparecchiatura di raffreddamento dei data center è un condizionatore d'aria per sale computer (Computer Room Air Conditioner, CRAC) basato sulla refrigerazione meccanica a compressione di vapore. Il suo consumo energetico occupa circa il 30-50% del consumo totale dei data center.

Il sistema di raffreddamento tradizionale consuma una grande quantità di energia per tre ragioni principali:

1. Elevato consumo energetico per il trasporto di aria o acqua fredda. Il sistema tradizionale di compressione del vapore deve funzionare tutto l'anno, anche di notte o in inverno quando la temperatura è bassa.
2. Grande consumo di energia nel sistema di tubazioni. Molta energia viene utilizzata da pompe e ventilatori per trasportare acqua fredda o aria, ed inoltre il trasporto a lunga distanza comporta una perdita di temperatura.

---

<sup>13</sup> NAAM RAMEZ, 2011. Smaller, cheaper, faster: Does Moore's law apply to solar cells? *Scientific American blog* [online], 16 marzo 2011. Disponibile su: <<https://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/smaller-cheaper-faster-does-moores-law-apply-to-solar-cells/>> [Data di accesso: 04/08/2020].

3. Miscelazione di flussi d'aria fredda e calda. L'intrappolamento dell'aria calda nei corridoi freddi è ampiamente visibile a causa della mancanza di dispositivi di controllo del flusso d'aria.

Per la risoluzione di questi aspetti, il Free cooling è la soluzione tecnologica ideale.

Il free cooling, sfrutta le condizioni climatiche esterne asciutte e fredde per ridurre i costi di raffreddamento attraverso la riduzione del carico di lavoro del compressore di refrigerazione necessaria per far funzionare i refrigeratori. Quando la temperatura ambiente è sufficientemente bassa rispetto alla temperatura dell'impianto, il calore fluisce naturalmente verso l'esterno senza l'uso di un sistema di refrigerazione a compressione di vapore, offrendo un significativo risparmio energetico. Questo tipo di raffreddamento economico può essere installato in alcuni impianti. Dove l'impianto di refrigerazione può essere ridotto nelle dimensioni (o eliminato), i costi operativi e di capitale sono ridotti, compreso quello delle infrastrutture elettriche di supporto.

Attualmente sono in uso due categorie principali di economizzatori, l'economizzatore waterside e l'economizzatore airside, generalmente, gli economizzatori airside sono usati in data center situati in luoghi con condizioni climatiche fredde e secche, ma non sono adatti per aree calde e umide.

### **2.2.1. Airside**

I sistemi di free cooling airside utilizzano aria esterna per il raffreddamento dei data center. In questo sistema, i sensori sono utilizzati per il monitoraggio delle condizioni dell'aria esterna e interna e delle temperature. Quando la temperatura esterna è appropriata, gli economizzatori airside aspirano l'aria esterna direttamente all'interno o utilizzano l'aria esterna più fredda indirettamente tramite scambiatori di calore aria-aria.

- Raffreddamento diretto airside

L'aspirazione dell'aria fredda esterna direttamente nel data center è il metodo di free cooling più semplice che viene chiamato free cooling diretto airside. L'economizzatore diretto airside è un sistema di controlli, serrande e ventilatori che cambia completamente, o in parte, l'impianto dall'uso del raffreddamento basato sul compressore, all'immissione di aria fresca per raffreddare le apparecchiature IT. [Fig.1] L'economizzatore d'aria diretto è impiegato dal 40% del numero totale di apparecchiature che utilizzano la tecnologia del free cooling.



Per verificarne l'efficacia, l'azienda multinazionale Intel ha condotto un test di 10 mesi di free air cooling in un data center da 10 megawatt (MW) e il risultato ha mostrato un risparmio energetico di 2,87 milioni di dollari<sup>14</sup>.

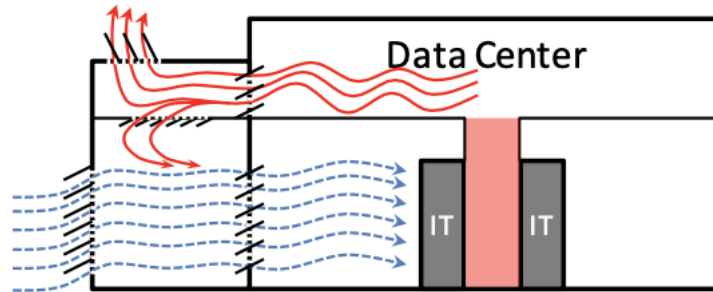


Fig.1 Diagramma schematico sistema free cooling a raffreddamento diretto

15

- Raffreddamento indiretto airside

Gli economizzatori d'aria indiretti funzionano attraverso lo scambiatore di calore aria-aria, consentendo il trasferimento di calore con un passaggio dell'aria esterna nell'ambiente interno del data center.

Il sistema a ruota di Kyoto (**Fig. 2**) è un esempio ben noto di un sistema di economizzatori d'aria indiretti. Esso comprende uno scambiatore di calore rotante con un sistema di raffreddamento ad espansione diretta e controlli per la gestione del sistema. Questo permette di fornire aria al data center senza disturbare l'ambiente interno, esso può utilizzare il free cooling quando disponibile e ricadere sul raffreddamento tradizionale quando necessario

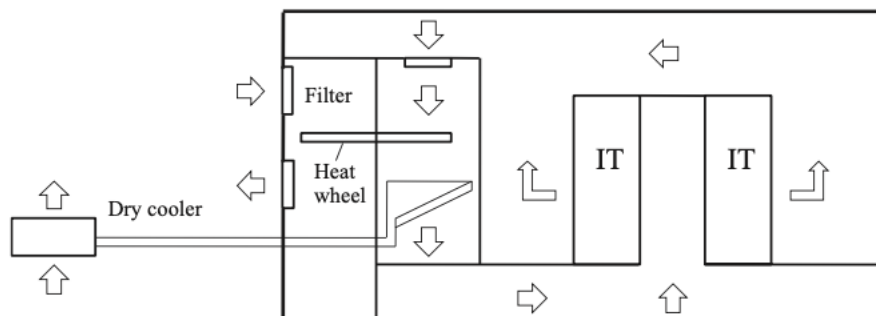


Fig. 2 Sistema a ruota di Kyoto

<sup>14</sup> ATWOOD DON, G. MINER JOHN, 2008. *Reducing Data Center Cost with an Air Economizer*. Intel Information Technology. [online]. Disponibile su: <<https://www.intel.com/content/dam/doc/technology-brief/data-center-efficiency-xeon-reducing-data-center-cost-with-air-economizer-brief.pdf>> [Data di accesso: 11/08/2020].

<sup>15</sup> NIEMANN J, BEAN J, AVELAR V, 2011. *Economizer modes of data center cooling systems*. Paris: Schneider Inc White; (Paper 132).

### 2.2.2. Waterside

Il free cooling ad acqua è un concetto che utilizza una fonte di raffreddamento naturale attraverso un'infrastruttura ad acqua refrigerata in modo che il processo di free cooling possa essere introdotto senza compromettere l'ambiente interno. Il free cooling Waterside può essere ulteriormente suddiviso in due tipi: sistema diretto raffreddato ad acqua e sistema raffreddato ad aria.

- Raffreddamento ad acqua diretto [ Fig. 3]

In un sistema raffreddato ad acqua diretto, l'acqua fredda viene utilizzata direttamente per raffreddare il data center senza alcuna fase intermedia di trasferimento di calore.

A causa della notevole massa termica dell'acqua, il sistema di raffreddamento diretto ad acqua può mantenere una temperatura vicina alla temperatura ambiente media durante le 24 ore. Tuttavia, la sua applicazione è limitata a causa della sua dipendenza dall'acqua fredda naturale, quindi localizzare i data center vicino o sotto l'oceano è una buona scelta.

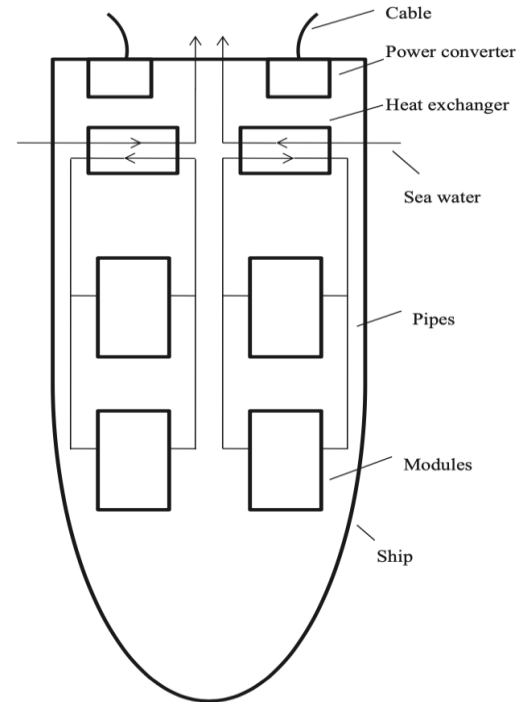


Fig. 3 Data Center collocato nell'oceano

- Sistema raffreddato ad aria [Fig. 4]

In questo sistema, un raffreddatore ad aria viene utilizzato per raffreddare l'acqua che circola nelle apparecchiature di raffreddamento quando la temperatura dell'aria esterna è sufficientemente bassa.

Quando le condizioni dell'aria esterna sono entro i set point specificati, l'acqua ritorna dai raffreddatori e fluisce attraverso una serpentina ad acqua refrigerata riducendo o eliminando la necessità di raffreddamento meccanico.

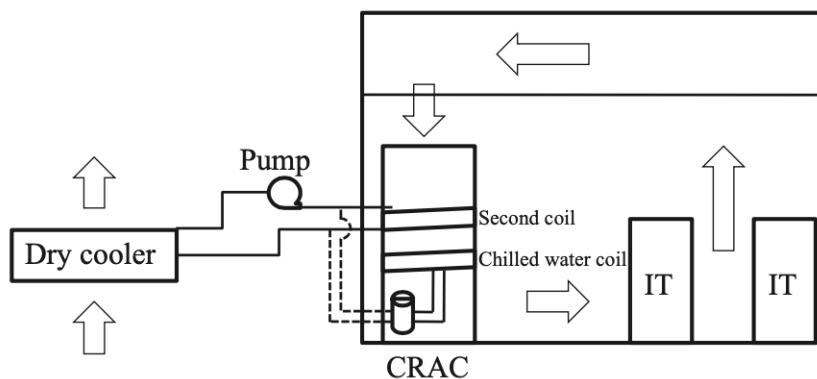


Fig. 4 Sistema raffreddato ad aria

Qui sotto viene riportata una tabella riassuntiva e comparativa delle quattro forme di free cooling.<sup>16</sup>

	Air side		Water side	
Caratteristiche Free Cooling	Raffreddamento diretto airside	Raffreddamento indiretto airside	Raffreddamento ad acqua diretto	Sistema raffreddato ad aria
Impronta di Carbonio	0.038 m <sup>2</sup> /kW	0.073 m <sup>2</sup> /kW	0.18 m <sup>2</sup> /kW	0.19 m <sup>2</sup> /kW
Costo del capitale dell'intero sistema di raffreddamento	\$2.2 / watt	\$2.4 / watt	\$3.0 / watt	\$2.0/ watt
PUE annuale stimato	1.34	1.25	1.31	1.39
Vantaggi <sup>17</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funzionando fino alla temperatura di 21°C, può essere applicata per gran parte dell'anno in molte regioni.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilità di installazione.</li> <li>• Nessun effetto negativo sulla sala computer, in quanto non è necessario alcuno spazio aggiuntivo e non c'è il rischio di introdurre agenti inquinanti all'interno.</li> </ul>	
Svantaggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spostamento di grandi quantità di aria, che significa costruzione di grandi edifici.</li> <li>• L'aria deve essere filtrata per non portare sostanze inquinanti all'interno, il che comporta grandi spese di manutenzione.</li> <li>• Possono funzionare con un'ampia gamma di temperature, ma possono avere rigidi requisiti di umidità.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ore di funzionamento limitate. L'economizzatore Water-side può funzionare tipicamente solo quando è al di sotto dei 2°C. Dunque funzionerà un numero di ore significativamente inferiore rispetto all'economizzatore air-side.</li> </ul>	

<sup>16</sup> NIEMANN JOHN, JOHN BEAN, VICTOR AVELAR. *Economizer Modes of Data Cener Cooling Systems*. Schneider Inc. White Paper

<sup>17</sup> DREW HAMILTON, Pros and Cons of Different Economizer Configurations for Data Centers. *Hallam ICS Blog* [online]. 11 giugno 2020. Disponibile su: <<https://www.hallam-ics.com/blog/pros-and-cons-of-different-economizer-configurations-for-data-centers>> [Data di accesso: 11/08/2020].

## 2.3. Tecnologie nei data center

### 2.3.1. Intelligenza artificiale

Un'ulteriore spinta nella direzione della riduzione dell'impatto ambientale oltre che dal lato gestionale dei data center è stata data dall'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale in questo settore. Ogni data center è costituito da più server fisici e apparecchiature di memorizzazione per l'elaborazione e l'archiviazione dei dati. Per gestire grandi volumi di dati, si devono progettare algoritmi per bilanciare il carico di lavoro dei server; a causa però del crescente tasso di generazione e raccolta dei dati questo approccio si dimostra spesso inefficiente per ottimizzare le prestazioni dei server<sup>18</sup>.

L'introduzione e la diffusione dell'Intelligenza Artificiale nei data center ha aiutato a distribuire il carico di lavoro tra i vari server con l'aiuto dell'analisi predittiva.

Gli algoritmi di bilanciamento del carico alimentati dall'IA possono imparare dai dati del passato per distribuire il carico di lavoro in modo efficiente. L'ottimizzazione dei server basati sull'IA può aiutare a trovare possibili difetti nei data center, ridurre i tempi di elaborazione e risolvere i fattori di rischio più rapidamente rispetto agli approcci tradizionali. In questo modo, le organizzazioni possono massimizzare l'ottimizzazione dei server e le prestazioni, e dunque anche ridurre i consumi e il loro impatto ambientale.

A questo proposito, Google ha trovato il modo migliore per modificare le strutture di raffreddamento e quindi ridurre l'utilizzo dell'energia. I miglioramenti che Google ha apportato ai suoi data center, hanno permesso di ottenere una riduzione dei costi di questi sistemi di raffreddamento di circa il 40%<sup>19</sup>.

Sviluppato in collaborazione con DeepMind, l'algoritmo di Google impiega un metodo noto come Reinforcement Learning, che impara per tentativi ed errori.

DeepMind ha utilizzato i dati del suo nuovo algoritmo raccolti nei data center di Google e gli ha permesso di scoprire quali sistemi di raffreddamento riducono il dispendio energetico.

Grazie a questo progetto si è riusciti a produrre un risparmio di milioni di dollari in elettricità e ad aiutare l'azienda a ridurre la sua impronta di carbonio.

---

<sup>18</sup> VISHAL CHAWLA, Why Data Centers Should Utilise AI To Optimise Power Costs. *Analytics India Magazine* [online], 23 aprile 2020. Disponibile su <<https://analyticsindiamag.com/why-data-centers-should-utilise-ai-to-optimise-power-costs/>> [Data di accesso: 13/08/2020].

<sup>19</sup> GOOGLE SUSTAINABILITY, *Machine learning finds new ways for our data centers to save energy*. [online]. Disponibile su: <<https://sustainability.google/projects/machine-learning/>> [Data di accesso: 13/08/2020].

### **2.3.2. Data center hyperscale**

Un ulteriore utilizzo già consolidato dell'intelligenza artificiale nella gestione dei data center, lo troviamo nei data center Hyperscale.

I data center hyperscale stanno cambiando il settore, e le aziende stanno spingendo i carichi di lavoro dei consumatori e delle imprese nella direzione del "cloud", che funziona principalmente su data center hyperscale, offrendo vantaggi convincenti in termini di costi ed efficienza energetica. I servizi cloud utilizzano una tecnica chiamata 'virtualizzazione' dell'hardware in cui un server, uno storage o altro hardware di calcolo viene condiviso tra un certo numero di 'macchine virtuali' che accedono o lavorano sullo stesso hardware, permettendo a tale hardware di essere utilizzato per scopi diversi contemporaneamente. Per esempio, un server che prima gestiva un singolo sistema operativo può ora essere usato per eseguire diverse istanze di quel sistema operativo, ognuna delle quali può essere trattata come completamente indipendente.

Un'altra tecnica è la "containerizzazione", in cui un singolo sistema operativo può eseguire una serie di applicazioni contemporaneamente, ognuna isolata in un "contenitore". Queste tecniche portano ad un utilizzo molto più elevato delle apparecchiature di calcolo, che aumenta la potenza di calcolo e l'efficienza energetica di ogni macchina in termini di calcoli per chilowattora.

### **2.3.3. Il vantaggio di costo dell'hyperscale**

I data center hyperscale hanno un netto vantaggio di costo rispetto ai data center tradizionali grazie alla loro "elasticità" o flessibilità. Come accennato in precedenza, la virtualizzazione permette a questi data center di raggiungere alti tassi medi di utilizzo. Essi possono anche scalare e bilanciare le risorse attraverso grandi pool di server e attrezzature, il che migliora ancora una volta l'efficienza.

Un tipico cliente avrà carichi di lavoro variabili che raggiungono il loro picco in determinati momenti del giorno o dell'anno - ad esempio nelle ore di lavoro per le applicazioni commerciali e la sera per lo streaming video. L'applicazione web di una società di vendita al dettaglio potrebbe subire una quantità insolita di traffico durante un evento festivo o di sconto.

I fornitori di cloud hyperscale hanno il vantaggio di poter spostare le attività senza soluzione di continuità da un server all'altro, consentendo loro di bilanciare i carichi di lavoro in tutta la loro infrastruttura globale e di soddisfare al contempo i carichi di lavoro dei singoli clienti. Un data center tradizionale, tuttavia, non è scalabile: deve avere un numero di server sufficiente ad

accogliere i picchi di carico di lavoro che potrebbero verificarsi solo poche volte all'anno. Tutti i data center sono investimenti costosi e a costo fisso. E questo nuovo tipo di struttura aiuta a ridurre questi costi. I fornitori di cloud distribuiscono il carico di lavoro dei loro clienti in molti data center hyperscale all'interno di una zona o regione di disponibilità, il che consente loro di ridurre al minimo i server inattivi. I clienti pagano solo per le risorse che utilizzano risparmiando ciò che altrimenti sarebbe necessario spendere per i server inattivi e lo spazio a disposizione.

### **2.3.4. Efficienza energetica dei data center hyperscale**

I data center Hyperscale superano anche quelli tradizionali più piccoli in termini di efficienza energetica.

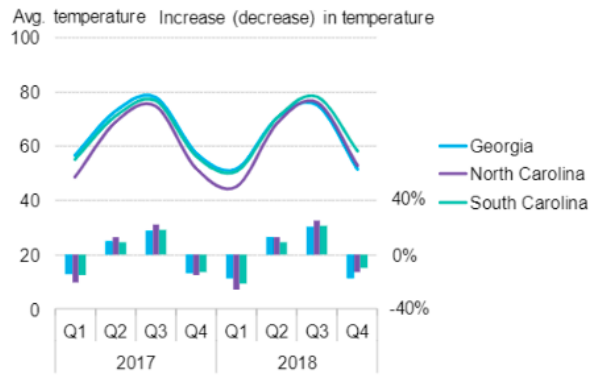
Nella maggior parte dei data center il rapporto PUE è inferiore a 2,0, con i data center hyperscale più efficienti che raggiungono rapporti di 1,10. o anche inferiori.

L'ottimizzazione dei sistemi di raffreddamento e di controllo del clima offre un'opportunità immediata per migliorare l'efficienza energetica dei data center. Anche l'aumento dell'efficienza delle apparecchiature IT è importante, ma è in gran parte dovuto al miglioramento dell'intensità energetica dei processori, che tende a dimezzarsi ogni 1,5 anni. Gran parte di questi ultimi risparmi sono reinvestiti in software e algoritmi sempre più complessi. Google sostiene che i suoi data center hanno i migliori rapporti PUE della categoria. Nell'ultimo decennio, il suo rapporto PUE medio trimestrale nei suoi data center è sceso da 1,23 a 1,11. Ciò rappresenta un miglioramento del 52% del carico di lavoro in testa rispetto al carico IT.

Come ci si potrebbe aspettare, i carichi di raffreddamento e i carichi climatici sono sensibili ai cambiamenti stagionali della temperatura esterna e dell'umidità (Figura 5, Figura 6). I carichi di lavoro, tuttavia, non sono particolarmente stagionali e i carichi IT sono generalmente costanti durante tutto l'anno. Nei mesi estivi il carico di lavoro aumenta in una certa proporzione con la temperatura, anche se non si tratta di una relazione lineare. Al contrario, durante i mesi invernali, i rapporti PUE miglioreranno, poiché l'aria esterna più fresca riduce la necessità di refrigerazione. La sensibilità del carico aereo alle condizioni stagionali è particolare per ogni data center e dipende dal clima locale.

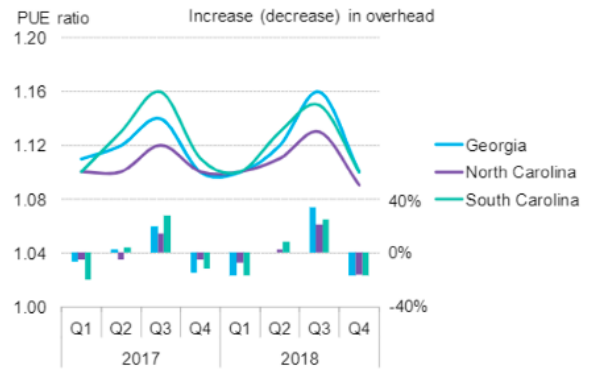
Il rapporto PUE del data center medio hyperscale è più alto di quello di Google, compreso nell'intervallo tra 1,15 e 1,30. I data center più piccoli o più vecchi avranno un rapporto PUE significativamente più alto. tra 1,3 e 2,0. e con sistemi di controllo della temperatura e del clima meno sofisticati, i loro carichi aerei saranno ancora più sensibili ai cambiamenti stagionali di temperatura e umidità.

**Fig. 5: Stagionalità delle temperature dei data center Hyperscale di Google**



Fonte: Google, NOAA, BloomerangNEF

**Fig. 6: PUE e stagionalità generale dei data center Hyperscale di Googler**



Fonte: Google, NOAA, BloomerangNEF

## Capitolo 3: Il Caso Italia

Dopo aver discusso nei due precedenti capitoli riguardo l'impatto ambientale dei data center prima e degli sviluppi tecnologici per ridurlo poi, in quest'ultimo capitolo verrà esposta l'attuale situazione dei data center in Italia, con lo studio di due casi aziendali nazionali Aruba.it e Eni, leader nei rispettivi settori di servizi IT ed energetici.

La struttura e l'offerta dei Data Center in Italia sta progressivamente cambiando ed evolvendosi man mano che i processi economici sono sempre più basati sul digitale. Così se qualche anno fa a un'azienda poteva bastare uno sgabuzzino refrigerato in cui ospitare server e hard disk, oggi – man mano che i processi di business e quelli di produzione si digitalizzano – i dati aziendali hanno bisogno di più spazio, consumano più energia e richiedono requisiti di sicurezza molto stringenti: la loro perdita o compromissione potrebbe infatti causare gravi danni in termini di competitività. Così dal vecchio Ced, il centro elaborazione dati interno, si passa prima al Data Center interno e proprietario e oggi sempre più all'hosting, all'housing e alla colocation, fino ad arrivare al Cloud Data Center.

### 3.1. Data center in Italia <sup>20</sup>

Per quanto riguarda il panorama italiano dei data center, l'offerta si sta spostando su strutture dedicate, che mettono le macchine a disposizione dei loro clienti (hosting Data Center), concedendole “in affitto”, o semplicemente offrendo spazi in cui le aziende possono installare i propri calcolatori, e gestirli a distanza (hosting remoto), con il cosiddetto housing Data Center, o Colocation; inoltre cresce anche l'offerta di servizi che i Data Center sono in grado di mettere a disposizione dei propri utenti.

Dato l'aumento della concorrenza, le aziende stanno iniziando a concentrarsi su servizi aggiuntivi a quello del semplice hosting e ai requisiti di sicurezza standard, cercando di raggiungere grandi economie di scala e ridurre così i prezzi per una maggiore competitività.

L'offerta dei Data Center, punta normalmente a soluzioni personalizzabili per aziende pubbliche e private, dalle Pmi ai grandi gruppi, mettendo a loro disposizione spazi performanti e affidabili per collocare i propri sistemi di Infrastruttura primaria o di disaster recovery. Per assicurare le performance, quali velocità e tempi di latenza nel trasferimento dei dati ogni volta

---

<sup>20</sup> SALERNO ANTONELLO. 2018. Data center in Italia: tutto ciò che serve sapere, cosa sono e cosa offrono alle aziende, *Techcompany360* [online]. Disponibile su: <<https://www.techcompany360.it/data-center/data-center-in-italia-cosa-sono-e-cosa-offrono-alle-aziende/>> [Data di accesso: 17/08/2020]



che sia necessario, e per mettere le basi per la creazione di “ecosistemi” di rete dinamici modellati sulle esigenze dei clienti, i Data Center possono contare su reti in fibra ottica ridondata, che contribuisce grazie all’alta capacità e alla bassa latenza alla virtualizzazione ottimale dei servizi, e di conseguenza al miglioramento della flessibilità e della reattività operative, assicurando la business continuity e un drastico ridimensionamento per i clienti degli investimenti necessari alla realizzazione delle infrastrutture fisiche. All’interno dei Data Center i clienti possono normalmente usufruire dei servizi di server, storage e networking.

Tra i servizi principali da offrire ai clienti c’è la sicurezza: internamente è rispettata prendendo tutte le precauzioni e quindi l’accesso nei locali deve essere regolamentato con estrema attenzione e consentito soltanto alle persone autorizzate, dev’essere garantita la continuità dell’alimentazione elettrica per tutte le necessità tramite gruppi di continuità ed infine il raffreddamento delle macchine deve essere il più efficiente possibile. Quanto alla sicurezza dall’esterno, deve essere garantito che l’area in cui nasce il data center non sia a rischio idrogeologico, e che la struttura dell’edificio presenti il massimo della resistenza a ogni genere di sollecitazione e stress.

La classificazione dell’affidabilità impiantistica dei Data Center prevede quattro livelli: si parte da Tier I, il livello base, in cui i “black out” possono arrivare a 30 ore annuali, per una continuità operativa garantita al 99,671%. Il Data Center Tier I è caratterizzato dal non avere ridondanze nella rete elettrica e in quella per il raffreddamento, e dal dover essere “spento” per rendere possibili gli interventi di manutenzione. Le prestazioni e i livelli di affidabilità aumentano progressivamente fino al Tier IV, che garantisce una continuità operativa al 99,995%, con fermi in un anno complessivamente inferiori alla mezz’ora, e che rendono possibili le attività di manutenzione senza incidere sulle prestazioni complessive della struttura. Alimentazione e raffreddamento sono inoltre completamente ridondata e sono disponibili generatori, gruppi di continuità e pavimenti flottanti.

Al mondo attualmente esistono solamente 37 data center Tier IV, di cui 17 in Europa e 6 in Italia.

Il primo data center costruito da un’azienda italiana con questa certificazione è quello dell’azienda Fastweb, inaugurato nel 2015 e situato a Milano<sup>21</sup>. Questo si distingue per efficienza, potenza, sicurezza, rispetto dell’ambiente e livello di automazione e costituisce un’eccellenza nazionale.

---

<sup>21</sup> FASTWEB, *Data Center*. [online]. Disponibile su: <<https://www.fastweb.it/corporate/azienda/data-center/>> [Data di accesso: 17/08/2020].

L'offerta di Data Center in Italia è abbastanza ampia e soprattutto in rapida crescita. L'Italia conta oggi su 69 strutture, su un totale globale di 4.324 distribuite in 122 Paesi.

La distribuzione geografica è abbastanza omogenea, e tocca le città di Ancona, Arezzo (3), Ascoli Piceno, Bari, Bergamo (2), Bologna (3), Brescia, Castel San Pietro Terme, Catania (2), Città S. Angelo, Firenze (2), Genova, Lucca, Manocalzati (2), Milano (23), Padova (2), Palermo (2), Piacenza, Pisa, Pordenone, Roma (7), Torino (4), Treviso (2), Udine (2) e Venezia (2).

Il confronto con i Paesi più vicini dell'Unione Europea vede i Data Center in Italia un po' al di sotto degli altri Stati dell'area: in Francia ce ne sono 147, in Germania 190, nel Regno Unito 249, in Olanda 94. L'Italia rimane comunque al di sopra della Spagna (58) e della Grecia (14). Secondo una recente ricerca di Dcd Intelligence, inoltre, lo spazio totale dedicato ai Data Center in Italia al 2017 copriva 550 mila metri quadrati. Di questi il 70% è "privato", mentre il 30% è quello dedicato a colocation/cloud o gestito dalle aziende di telecomunicazioni.

I punti deboli, secondo lo studio, per la crescita dei Data Center in Italia vengono identificati nei rischi sul fronte naturale/climatico, socio/politico, economico e della convenienza energetica, mentre la disponibilità di competenze si attesta sopra alla media degli altri Paesi Ue.

Infine un altro elemento che mette in evidenza il continuo sviluppo nel territorio nazionale dei data center è il fenomeno della digital transformation che sta coinvolgendo il pianeta. L'Italia è un paese dove il tessuto economico è sostenuto principalmente da piccole e medie imprese locali, dunque la loro trasformazione digitale è destinata per forza a passare dai data center; perché questo vorrebbe dire fare economie di scala dal punto di vista energetico e più in generale quindi ridurre le spese, rendendo più agile ed efficiente la fase di transizione.

Poter quindi contare su data center per quanto possibile "di prossimità", anche se non troppo polverizzati sul territorio, potrebbe essere una garanzia di una migliore assistenza al cliente e di prestazioni più "tailor made" per il tessuto produttivo locale.

### **3.2. Il caso Aruba.it**<sup>22</sup>

Aruba S.p.A., fondata nel 1994, è la prima società in Italia per i servizi IT di data center, web hosting, e-mail, PEC e registrazione domini. Aruba è attiva sui principali mercati europei quali Francia, Inghilterra e Germania e vanta la leadership in Repubblica Ceca e Slovacca oltre ad una presenza consolidata in Polonia e Ungheria. La società ha una grande esperienza nella

---

<sup>22</sup> ARUBA.IT, *CHI SIAMO*. [online]. Disponibile su: <<https://www.aruba.it/chisiamo.aspx>> [Data di accesso: 18/08/2020].

gestione dei data center disponendo di un network europeo in grado di ospitare oltre 200.000 server.

Aruba gestisce 2,7 milioni di domini, 8,6 milioni di caselle email, 6,7 milioni di caselle PEC, 130.000 server tra fisici e virtuali ed un totale di circa 5,4 milioni di clienti. Fornisce servizi di hosting, cloud pubblico e privato, housing e colocation, server dedicati e tanti altri per clienti pubblici e privati.

La divisione Aruba Enterprise, da oltre 10 anni, offre soluzioni Cloud, Data Center e Trust Services alle imprese e alla Pubblica Amministrazione, progettando, implementando e gestendo soluzioni IT personalizzate.

I loro servizi sono erogati da una rete di data center distribuita in tutta Europa. Il network italiano è composto interamente da data center di proprietà: Global Cloud Data Center (IT3), il più grande data center campus d'Italia (200.000 m<sup>2</sup> di superficie) alle porte di Milano; i due Data Center di Arezzo (IT1 e IT2), che grazie alla loro vicinanza e reciproca interconnessione consentono massimi livelli di ridondanza; Hyper Cloud Data Center (IT4) in fase di progettazione a Roma, destinato a diventare presto un punto di riferimento strategico per l'azienda. Grazie alla posizione strategica e potenza elettrica ridondata, i data center proprietari italiani vantano struttura e impianti conformi e superiori al Rating 4 (Tier IV) ANSI/TIA 942-B, dove ANSI/TIA 942-B-2017 è uno dei principali standard di riferimento al mondo per la valutazione della qualità infrastrutturale e la garanzia di continuità dei servizi di un data center. Il TIA-942-B-2017 è l'unico standard di riferimento e classificazione adottato dall'AGID (Agenzia per l'Italia Digitale) per la classificazione dei CED della Pubblica Amministrazione italiana.

### **3.2.1. I suoi data center**

“Mentre ospitiamo i vostri dati, il pianeta ospita tutti noi!”<sup>23</sup> Con questa espressione presente nel loro sito internet, l'azienda vuole mettere in risalto l'attenzione rivolta all'ambiente e alla sua salvaguardia, dimostrata anche grazie all'utilizzo di impianti innovativi e completamente eco sostenibili.

Dal 2011 i data center Aruba infatti funzionano solo con energia a garanzia di origine da fonti rinnovabili.

---

<sup>23</sup> ARUBA.IT, *RISPETTIAMO L'AMBIENTE AL 100%*. [online]. Disponibile su: <<https://www.datacenter.it/ecosostenibilita-aruba/energia-verde.aspx>> [Data di accesso: 18/08/2020].

Grazie a questo, il consumo annuo di tutto il gruppo Aruba si attesta a solo 50.000MWh, e l'utilizzo di sole risorse rinnovabili porta ad un risparmio annuo pari a 17.986,360 tonnellate di CO2.

Per quanto riguarda la produzione di energia elettrica, Aruba reimmette nella Rete di Trasmissione Nazionale energia rinnovabile originata da fonti idroelettriche e fotovoltaiche, poi è la stessa rete nazionale a garantire l'energia necessaria ad alimentare i data center.

Il sistema di raffreddamento dei rack e quindi dei server e degli altri apparati, avviene grazie a due differenti modalità.

La prima corrisponde all'utilizzo dell'acqua di falda come sorgente principale di energia frigorifera [Fig. 1], che permette di ridurre gli sprechi energetici. Il principale vantaggio è dato dalla temperatura costante dell'acqua che, a livello di falda, resta intorno ai 9°C tutto l'anno. Al termine del processo di raffreddamento e senza subire alcuna alterazione chimica, l'acqua viene immessa nuovamente nella falda di origine, azzerando l'impatto ambientale del processo. L'impianto, completamente ridondato, può ricevere l'apporto parziale o totale da parte dei chiller aria/acqua del circuito di emergenza, in grado di garantire la stessa potenza refrigerante dell'impianto primario.

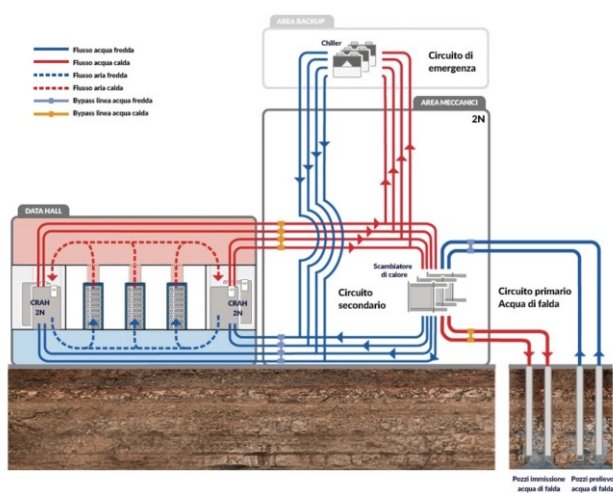


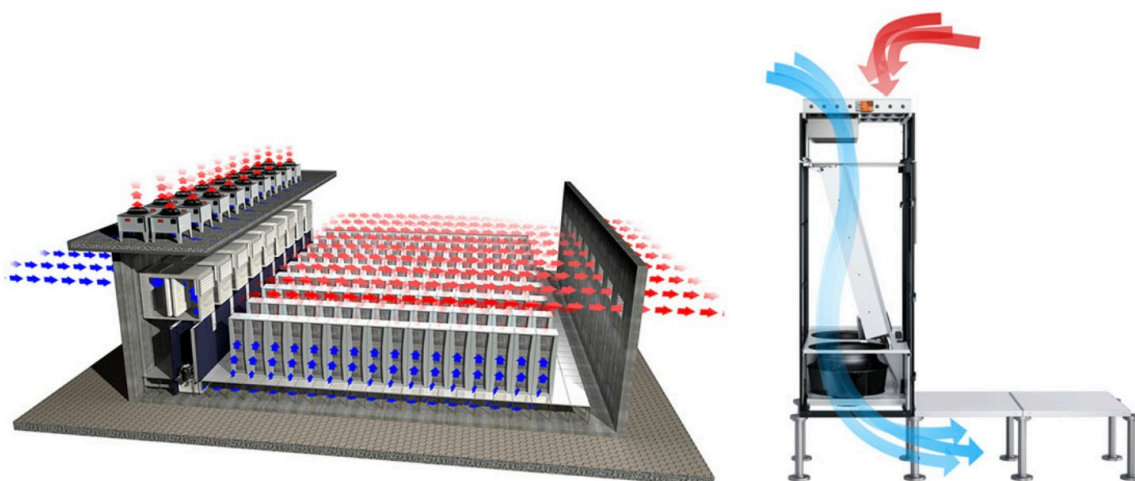
Fig.1: Sistema di raffreddamento con falda acquifera

24

Il secondo è il cosiddetto Dynamic Free Cooling [Fig.2], che permette di risparmiare energia utilizzando l'aria esterna, opportunamente filtrata, per raffreddare la sala server. L'aria calda viene espulsa dall'edificio da grandi ventilatori aiutati da serrande elettriche che chiudono ed

<sup>24</sup> ARUBA.IT, *Raffreddamento solo dove serve*. [online]. Disponibile su: <<https://www.datacenter.it/ecosostenibilita-aruba/raffreddamento.aspx>> [Data di accesso: 18/08/2020].

aprono all'occorrenza le aperture. Infine scambiatori di calore posti sul tetto dell'edificio riducono l'impatto acustico.



**Fig.2:** Schema del Dynamic Free Cooling

Un esempio tangibile del loro ecosistema a basso impatto ambientale è riscontrabile nel più grande data center posseduto dall'azienda, il Global Cloud Data Center che è un data center campus di 200.000 m<sup>2</sup> situato in provincia di Bergamo.<sup>25</sup>

Rappresenta una struttura d'eccellenza nel suo ambito, progettato e costruito per soddisfare i massimi livelli di performance previsti dal livello Rating 4 (Tier IV).

Questo impianto è considerato a tutti gli effetti un Green data center, in quanto è alimentato da energia al 100 per cento rinnovabile, proveniente da impianti fotovoltaici e da una centrale idroelettrica di proprietà. Non tutte le fonti rinnovabili sono però sempre efficaci, alcune presentano delle limitazioni e dipendono in larga parte dalla locazione fisica della struttura. Energia solare ed eolica sono limitate dai cicli giorno/notte e dalla presenza o meno di vento. Mentre l'energia idroelettrica tende ad essere assai più stabile e continua, ma è legata alla presenza di un bacino d'acqua nei dintorni come nel caso di questo Global Cloud Data Center, che dispone di una centrale idroelettrica di proprietà. In questo modo l'approvvigionamento di energia rinnovabile è assicurato nella sua totalità e addirittura permette di immettere nella rete l'energia in eccesso non consumata, garantendosi così, quote di energia rinnovabile direttamente da fornitori esterni.

Ulteriore certificazione dell'efficacia di questo impianto è riscontrabile grazie all'alto livello sia di sicurezza idrogeologica, in quanto è un'area rialzata e non esondabile, che sismica, poiché

<sup>25</sup>ARUBA.IT, *GLOBAL CLOUD DATA CENTER*. [online]. Disponibile su: < <https://www.datacenter.it/data-center-aruba/italia-milano-dc-it3.aspx> > [Data di accesso: 18/08/2020].

è un'area a bassa sismicità nella quale non si sono mai verificati terremoti di rilievo negli ultimi 2000 anni.

### **3.3. Eni: un modello di business sostenibile**

Azienda leader nel territorio nazionale e con una presenza ormai globale, Eni negli ultimi anni ha deciso di cambiare la sua mission aziendale basandola su obiettivi per lo sviluppo sostenibile, con il fine di diventare una società determinante nel processo di transizione energetica verso un futuro low-carbon.<sup>26</sup>

La mission si ispira all'Agenda 2030 delle Nazioni Unite, lanciata nel settembre 2015, quando più di 150 leader di tutto il mondo si sono incontrati per contribuire allo sviluppo globale, promuovere il benessere umano e proteggere l'ambiente. È un programma di azione che ingloba i 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile, che abbracciano ogni ambito dello sviluppo sociale, economico e ambientale, considerati in maniera integrata e organica.

Eni afferma infatti di essere un'impresa sostenitrice di una transizione energetica socialmente equa, con l'obiettivo di preservare il pianeta e promuovere l'accesso alle risorse energetiche in maniera efficiente e sostenibile per tutti.

Una delle modalità per raggiungere questa transazione energetica è l'ottenimento della neutralità carbonica nel lungo termine, per realizzarla Eni mette in campo una serie di azioni, tra le quali la massimizzazione dell'efficienza energetica degli asset, la crescita delle fonti low carbon nel portafoglio, la crescita delle fonti a zero emissioni e lo sviluppo di iniziative di economia circolare.

#### **3.3.1. Il green data center di Ferrera Erbognone<sup>27</sup>**

Questa macchina racchiude i concetti espressi nella mission aziendale di efficienza e sostenibilità dal lato ambientale.

---

<sup>26</sup> ENI.COM, *La mission di Eni*. [online]. Disponibile su: < <https://www.eni.com/it-IT/chi-siamo/mission.html> > [Data di accesso: 18/08/2020].

<sup>27</sup> ENI.COM, *Il Green Data Center di Ferrera Erbognone*. [online]. Disponibile su: < <https://www.eni.com/it-IT/attivita/green-data-center-ferrera-erbognone.html> > [Data di accesso: 20/08/2020].

Il Green Data Center, attivo dal 2013, ospita dei supercalcolatori, strumenti fondamentali per le scoperte esplorative di Eni in tutto il mondo e utili, per esempio, a elaborare immagini in 3D del sottosuolo.<sup>28</sup>

All'interno del data center, dal 2013 la compagnia dell'energia ha sviluppato i suoi Hpc, high performance computer, dalle straordinarie capacità di calcolo, con lo scopo principale di analizzare l'enorme mole di Big Data che l'azienda immagazzina. La potenza di calcolo si misura in flop, cioè nel numero di operazioni matematiche che un computer riesce a svolgere in un secondo. Il primo degli Hpc di Eni aveva una potenza di calcolo di mezzo petaflop, cioè riusciva a risolvere 500mila miliardi di operazioni in mezzo secondo. Grazie al quinto di questi supercomputer, chiamato Hpc5 inaugurato il 6 febbraio 2020, la potenza di calcolo totale è arrivata a 70 petaflopil, che rende questo sistema capace di risolvere in un secondo 52 milioni di miliardi di operazioni matematiche, e lo rende il quinto computer più potente del pianeta e di gran lunga il primo tra quelli utilizzati per applicazioni industriali.<sup>29</sup>

Grazie a questa potenza di calcolo, Eni non utilizza questo computer solo con l'obiettivo di trovare nuovi giacimenti, come quello (Zohr)<sup>30</sup> scoperto nel 2015 al largo delle coste egiziane, ma la potenza di calcolo messa assieme da Eni è decisiva anche nello sviluppo dell'energia del futuro. L'azienda ha creato una ricca rete di connessioni con le migliori università e centri di ricerca per essere all'avanguardia nella transizione verso le nuove fonti di energia sostenibile, in particolare l'energia dal moto ondoso, per la quale è stato completato il progetto pilota Iswec<sup>31</sup>

Inoltre assieme al Mit di Boston l'azienda sta poi esplorando l'energia da fusione a confinamento magnetico, il processo che replica quello che alimenta il sole e le altre stelle, riuscire a replicare la fusione in maniera controllata ed economicamente sostenibile può garantire una quantità di energia illimitata ed estremamente pulita. Infine Eni porta avanti anche la ricerca sul fotovoltaico organico, con i primi prodotti innovativi che sono quasi pronti per la commercializzazione.

---

<sup>28</sup> IL FATTO QUOTIDIANO, *GREEN DATA CENTER uno dei più grossi calcolatori al mondo*. [online]. Disponibile su: <<https://www.ilfattoquotidiano.it/longform/eni-con-litalia/green-data-center/>> [Data di accesso: 20/08/2020].

<sup>29</sup> SACCÒ PIETRO, 2020. Perché Eni i è costruita uno dei computer più potenti del mondo. *Avvenire.it* [online], 7 febbraio 2020. Disponibile su <<https://www.avvenire.it/economia/pagine/eni-accende-il-supercalcolatore>> [Data di accesso: 20/08/2020].

<sup>30</sup> ENI.COM, *Zohr*. [online]. Disponibile su: <<https://www.eni.com/it-IT/attivita/egitto-zohr.html>> [Data di accesso: 20/08/2020].

<sup>31</sup> ENI.COM, *ISWEC*. [online]. Disponibile su: <<https://www.eni.com/it-IT/attivita/onde-mare-energia.html#:~:text=ISWEC%20converte%20il%20moto%20ondoso,quello%20di%20beccheggio%2C%20questo%20per>> [Data di accesso: 20/08/2020].

In un Data Center moderno, causa dimensioni, concentrazione, smaltimento e trasporto del calore ed efficienza complessiva, il problema principale da risolvere oltre alla gestione dei dati è quello dell'energia utilizzata per alimentare i sistemi di facility necessari al raffreddamento dei sistemi informatici.

Nonostante ciò, questo Green data center di Eni è anche fra i più green del mondo, cioè con il minor consumo di energia elettrica per Petaflop/s. Nella lista speciale GREEN500<sup>32</sup>, HPC5 è classificato come sesto al mondo per efficienza energetica, primo in Europa e primo fra tutti i supercomputer non governativi. Inoltre il suo P.U.E. (Power Usage Effectiveness) è pari a 1,171, a fronte di una media mondiale pari a 1.67.

Per alimentare il Green Data Center di Eni, è stato installato un impianto fotovoltaico in modo da utilizzare il terreno industriale del gruppo per generare energia da fonte rinnovabile, da autoconsumare presso i siti industriali Eni. Il Centro, peraltro, contribuisce a un modello sostenibile non solo minimizzando l'impatto delle attività di calcolo e ricerca, ma anche contribuendo, in maniera decisiva, al miglioramento delle tecniche in essere. Basti pensare che proprio grazie al HPC è stato possibile realizzare in breve tempo il nuovo reattore della tecnologia EST<sup>33</sup>, in grado di convertire i residui di raffinazione, oli pesanti e bitumi in prodotti e carburanti leggeri di elevata qualità.

Dunque quello realizzato da Eni è un centro che può essere considerato una delle forze trainanti dell'innovazione e della ricerca europea, fondamentale per definire l'energia del futuro, rendere sempre più rapido il processo di transizione energetica e implementare i processi relativi all'esplorazione e a nuove fonti rinnovabili.

---

<sup>32</sup> TOP500, *Green500 list - June200*. [online]. Disponibile su: <<https://www.top500.org/lists/green500/list/2020/06/>> [Data di accesso:20/08/2020].

<sup>33</sup> ENI.COM, *EST-Eni Slurry Technology*. [online]. Disponibile su: <<https://www.eni.com/it-IT/attivita/tecnologia-est.htm>> [Data di accesso: 20/08/2020].



## Conclusioni

La letteratura e i testi citati, vedono nell'innovazione tecnologica un punto di slancio essenziale per riuscire a far cambiare rotta alle azioni di sfruttamento del pianeta, sganciandosi dall'utilizzo di combustibili fossili e cercando uno sviluppo sempre più sostenibile e quindi a difesa dell'ambiente. Sulla base di queste le seguenti conclusioni.

Come visto in precedenza dunque, se la situazione climatica rimarrà inalterata, oltre a danni ambientali ci saranno gravi conseguenze anche dal lato macroeconomico, con la diminuzione del PIL stimato del 7,22% e un conseguente aumento della povertà. Un esempio sono le alluvioni che negli ultimi 40 anni hanno causato danni per un valore di oltre 90 miliardi di euro. Per cercare di arginare questo susseguirsi di effetti negativi, le più grandi potenze mondiali stanno progettando una serie di provvedimenti a salvaguardia dell'ambiente.

Nell'Unione Europea, non appena si è stabilita alla presidenza, la politica tedesca Ursula von der Leyen ha subito fatto capire che la sfida ambientale sarebbe stata una priorità nell'agenda comunitaria. Ha introdotto il Green New Deal, il cui scopo principale è proprio quello di risposta all'emergenza dei cambiamenti climatici. Per la prima volta, una legge vincolante per tutti i Paesi UE ha sancito il raggiungimento della neutralità delle emissioni inquinanti entro il 2050. Il progetto normativo ha lo scopo di favorire una transizione equa e giusta verso un'economia sostenibile e con impatto ambientale zero in tutti i Paesi membri.

Questo piano sta prendendo sempre più importanza anche negli Stati Uniti d'America, specialmente grazie al supporto della politica e attivista Alexandria Ocasio-Cortez, la quale supporta a pieno l'obiettivo della riduzione della dipendenza dai combustibili fossili, per puntare sulle fonti rinnovabili.

Sul piano concreto e analizzando quanto discusso in questo elaborato, è di rilevante importanza la riduzione dell'impatto ambientale che si sta perseguendo per le tecnologie digitali, le quali incidono in maniera importante sull'impronta di carbonio globale.

In particolare, per quanto riguarda i data center, in questi ultimi anni sono state introdotte diverse tecnologie e sistemi per ridurre questo impatto, e la letteratura dimostra che queste sono risultate assai efficaci e con esiti soddisfacenti sul piano ecologico.

Due esempi significativi sono per questo settore quelli discussi nell'ultima parte dell'elaborato, che mostrano come anche in Italia il tema della sostenibilità ambientale sia ormai imprescindibile nelle mission future delle più grandi aziende del paese. Inoltre evidenziano un progresso tecnologico assai avanzato in questi ultimi anni, come dimostrato da questi data

center di proprietà aziendale con sistemi tecnologici e ecologici tra i più avanzati a livello mondiale.

In conclusione, sulla base della letteratura esaminata l'implemento di questi nuovi strumenti tecnologici nel settore dell'ICT sono risultati fondamentali per ottenere esiti rilevanti a livello ambientale. Questo però deve essere supportato dalle organizzazioni legislative per incrementare la sensibilizzazione ecologica e permettere una maggiore coscienza collettiva sulla situazione climatica attuale e quindi spingere la diffusione dell'innovazione tecnologica a sua difesa.

## Bibliografia

AVGERINO MARIA, BERTOLDI PAOLO, CASTELLAZZI LUCA, 2017. Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency. European Commission. [online]. Disponibile su:

<<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108354/kjna28874enn.pdf>>

[Data di accesso: 05/08/2020].

CHEN Y, ZHANG Y, MENG Q, 2009. *Study of ventilation cooling technology for telecommunication base stations in Guangzhou. Energy Build*; 41: 738–44.

CHIARAVIGLIO, L.; CIANFRANI, A.; LISTANTI, M.; LIU, W.; POLVERINI, M. 2016. *Lifetime-Aware Cloud Data Centers: Models and Performance Evaluation. Energies*.

CIATLIN FITHIAN, 2019. *Data centers: the energy bandit we need to talk about. Medium*.

[online]. Disponibile su: <<https://medium.com/age-of-awareness/data-centers-the-energy-bandit-we-need-to-talk-about-306cd186887b>> [Data di accesso: 10/08/2020].

Disponibile su: < <https://davidmytton.blog/how-much-energy-do-data-centers-use/>> [Data di accesso: 08/08/2020].

DROZDIAK NATALIA, 2020. *EU Eyes Carbon-Neutral Data Centers by 2030 in Green-Tech Switch. Bloomer Green*. [online]. Disponibile su:

<<https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-02-05/eu-eyes-carbon-neutral-data-centers-by-2030-in-green-tech-switch>> [Data di accesso: 02/08/2020].

E. KAHN MATTHEW, KAMIAR MOHADDES, ET AL, 2019. *Long-Term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis. Federal Reserve Bank of Dallas*.

[online]. Disponibile su:

<<https://www.dallasfed.org/~media/documents/institute/wpapers/2019/0365.pdf>> [Data di accesso: 25/07/2020].

EBRAHIMI K, JONES GF, FLEISCHER AS, 2014. *A review of data center cooling technology, operating conditions and the corresponding low-grade waste heat recovery opportunities. Renew Sustain Energy Rev*;31:622–38.

EUROPEAN COMMISSION, 2016. *EU Code of Conduct on Data Centre Energy Efficiency Participant Guidelines and Registration Form*.

EUROPEAN UNION, 2017. “Climate Change Consequences.” *Climate Action - European Commission*, [online]. Disponibile su: <[https://ec.europa.eu/clima/change/consequences\\_en](https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_en)> [Data di accesso: 04/08/2020].

JOSHI NAVEEN, 2019. *Exploring The Impact Of AI In The Data Center*, Forbes.

L.ARCHER CRISTINA E Z.JACOBSON MARK, 2005. *Evaluation of global wind power*. Journal of Geophysical Research Atmospheres

MASANET, ERIC, ARMAN SHEHABI, NUOA LEI, SARAH SMITH, AND JONATHAN KOOMEY, 2020. *Recalibrating Global Data Center Energy-Use Estimates*. Science 367, No. 6481. 984-986.

MEIJER GI, 2010. Cooling energy-hungry data centers. Science;328:318–9.

MORTENSONS DAVID, 2017. 2017 year in review: data centers. Facebook Engineering. [online]. Disponibile su: < <https://engineering.fb.com/data-center-engineering/2017-year-in-review-data-centers/>> [Data di accesso: 02/08/2020]

MYTTON DAVID, 2020. *How much energy do data centers use?* [online]. Disponibile su: < <https://davidmytton.blog/how-much-energy-do-data-centers-use/>> [Data di accesso: 06/08/2020].

NIEMANN J, BEAN J, AVELAR V, 2011. *Economizer modes of data center cooling systems*. Paris: Schneider Inc White; (Paper 132).

ORÓ, E.; DEPOORTER, V.; GARCIA, A.; SALOM, J, 2015. *Energy efficiency and renewable energy integration in data centres. Strategies and modelling review*. 42, 429–445.

POTTS Z, 2011. *Free cooling technologies in data centre applications*. Sudlows White Paper, Manchester.

RAMBO J, JOSHI Y, 2006. *Convective transport processes in data centers*. Numer Heat Transf A ;49:923–45.

REZESSY, S.; BERTOLDI, P, 2011. *Voluntary agreements in the field of energy efficiency and emission reduction: Review and analysis of experiences in the European Union*. Energy Policy, 39, 7121–7129.

RIFKIN JEREMY, 2019. *Un Green New Deal Globale*. Mondadori 1<sup>a</sup> ed. Milano.

RONG, H.; ZHANG, H.; XIAO, S.; LI, C.; HU, C, 2016. Renewable and Sustainable Energy Reviews. *Optimizing energy consumption for data centres*, 58, 674–691 Volume 58 Pagine 674-691

SHAH N, 2012. *CFD analysis of direct evaporative cooling zone of air-side economizer for containerized data center, ms in mechanical engineering*. Arlington, MA: The University of Texas at Arlington.

SIMON ALEXANDER, WILSHIRE MICHAEL, 2019. *Data Centers: the Power Behind the Cloud*, Bloomberg nef.

SMOLAKS MAX, 2015. *Nordic data center market expected to triple power by 2017*, Data Center Dynamics [online]. Disponibile su: <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/nordic-data-center-market-expected-to-triple-power-by-2017/> [Data di accesso: 10/08/2020].

THE GREEN GRID, 2011. *Survey results: data center economizer use*.

UNITED NATIONS, 2016. *ICT Sector Helping to Tackle Climate Change*. United Nations Climate Change. [online]. Disponibile su <https://unfccc.int/news/ict-sector-helping-to-tackle-climate-change> [Data di accesso: 29/07/2020].

YEVGENIY SVERDLIK, 2020 Study: Data Centers Responsible for 1 Percent of All Electricity Consumed Worldwide. Data Center Knowledge. [online]. Disponibile su: <https://www.datacenterknowledge.com/energy/study-data-centers-responsible-1-percent-all-electricity-consumed-worldwide> [Data di accesso: 27/07/2020].

ZHANG ET AL, 2014. *Free cooling of data centers: A review*, Elsevier.