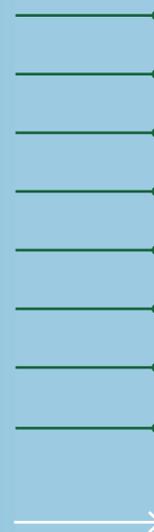




RENEWABLE ENERGY
ENERGY EFFICIENCY
HYDROGEN INNOVATION
SMART MOBILITY
ZERO CARBON POLICY AGENDA
ELECTRICITY MARKET
CIRCULAR ECONOMY
ZERO CARBON TECHNOLOGY PATHWAYS

DIGITALIZATION & DECARBONIZATION



REPORT

20

24

Transizione gemella: le principali opportunità di decarbonizzazione delle imprese e delle città passano dallo sviluppo dell'AI

DIGITALIZATION & DECARBONIZATION REPORT 2024

Transizione gemella: le principali opportunità di decarbonizzazione delle imprese e delle città passano dallo sviluppo dell'AI

Presentazione



In un mondo sostenibile e decarbonizzato la gestione innovativa dell'energia e della sostenibilità rappresentano le principali leve strategiche per la crescita e il benessere di imprese, istituzioni e cittadini.

Energy & Strategy supporta imprese, istituzioni e policy maker ad identificare le leve tecnologiche e strategiche in grado di trasformare le imprese in attori protagonisti della transizione ecologica attraverso un'estensiva attività di ricerca applicata e di consulenza strategica e manageriale.

Partner



Team di progetto

TEAM DI PROGETTO

Federico Frattini
Responsabile della ricerca

Vittorio Bentivegna
Project Manager

Davide Guelfi
Analyst

Eleonora Cisana
Analyst

Federico Zucco
Analyst

PROGETTO GRAFICO E IMPAGINAZIONE

Flávia Chornobai

Arianna Fietta

Nicolás Peña

BOARD DI E&S

Vittorio Chiesa

Davide Chiaroni

Federico Frattini

Josip Kotlar

Transizione gemella: decarbonizzazione + sviluppo dell'AI

1.

L'inquadramento normativo:
la transizione gemella
e il **focus sul digitale**

PNRR italiano

destinati alla
trasformazione
digitale

55
miliardi
di euro

destinati
alla transizione
ecologica

Il digitale può
contribuire a

-53%

delle emissioni
entro il 2050

41
miliardi
di euro

2.
L'adozione dell'AI nelle
imprese energetiche



sistemi
energetici

- + efficienza
- + sostenibilità
- + affidabilità

3. Città
digitali



Positive
Energy
District

aree urbane efficienti
e flessibili dal punto
di vista energetico

zero
emissioni di
CO₂

L'obiettivo Europeo:
100 PED al 2025

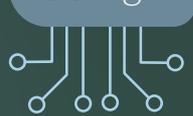
4.

La sostenibilità
dell'intelligenza artificiale

nella fase di inferenza di
un modello LLM si stima
consumo di 150-200
kWh

con emissioni
di CO₂ pari a

55 Kg



5.

Il digitale per la
sostenibilità:

l'analisi dei bilanci
di sostenibilità delle
aziende MIB ESG

95%
delle aziende
rendiconta le

emissioni
Scope 3

solo il 4%
delle attività
è rendicontato
in termini di

emissioni
di CO₂

effettivamente
risparmiate

È essenziale rendere l'AI più sostenibile
attraverso strategie di efficientamento
energetico e operazioni carbon-aware

Indice

	Executive Summary	12
1	L'inquadramento normativo: la transizione gemella e il focus sul digitale	28
2	L'adozione dell'AI nelle imprese energetiche	44
3	Le città digitali	60
4	La sostenibilità dell'AI	78
5	Il digitale per la sostenibilità: l'analisi dei bilanci di sostenibilità delle imprese MIB ESG	96
6	Imprese Partner	110

Executive Summary

Executive Summary

La transizione gemella: verde e digitale per un futuro competitivo

Per mantenere il pianeta vivibile e cogliere le opportunità economiche offerte dal contesto, l'Unione Europea sta promuovendo una **transizione rapida e inclusiva** verso stili di vita e economie sostenibili dal punto di vista ambientale. La **transizione verde** ha l'obiettivo di **raggiungere la sostenibilità e di combattere il cambiamento climatico e il degrado ambientale**.

Allo stesso tempo, la **crescente importanza delle tecnologie digitali** sta trasformando società ed economie. Nella transizione digitale, l'Unione Europea punta a **sfruttare le tecnologie maggiormente innovative al fine di perseguire sostenibilità e prosperità, e per poter fornire maggior potere a cittadini e imprese**.

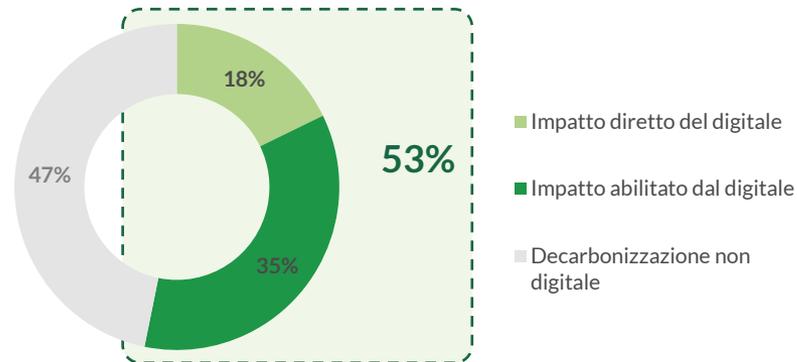
Gestire con successo la «**transizione gemella**» verde e digitale è fondamentale per realizzare un **futuro sostenibile, equo e competitivo**. Le transizioni verde e digitale devono essere raggiunte insieme, in maniera proattiva e integrata, per sbloccare il loro potenziale sinergico.

A tal proposito, grazie alle **tecnologie digitali**, sarà possibile

ridurre le emissioni complessive del 53% nello scenario di neutralità carbonica al 2050 presentato nel Green Deal europeo, attraverso impatti diretti e indiretti.

Il digitale non è solo un supporto per la decarbonizzazione, ma anche un **motore essenziale** per un futuro più sostenibile e responsabile.

Contributo del digitale alla decarbonizzazione



Per quanto concerne le attività economiche, i progressi tecnologici e le nuove soluzioni digitali **consentono alle imprese di perseguire una crescita sostenibile attraverso modelli di business innovativi riducendo le esternalità ambientali senza gravare sui costi aziendali.**

Le aziende che hanno scelto di investire in infrastrutture digitali hanno registrato un **incremento delle loro performance operative:**

- In **Italia** le aziende digitalizzate mostrano in media un **livello di produttività maggiore di circa il 60%** rispetto alle aziende non digitalizzate.
- A **livello europeo** le aziende che hanno adottato soluzioni digitali mostrano una **produttività** che è quasi il **doppio** di quella delle loro controparti non digitalizzate.

A livello normativo, negli ultimi cinque anni, **l'Unione Europea (UE)** ha strategicamente **orientato le sue politiche verso un quadro normativo che indirizza in maniera più decisa la transizione digitale**, riconoscendo la necessità urgente di **modellare lo spazio digitale attraverso investimenti mirati e meccanismi regolatori**

robusti. Questo approccio pone l'UE all'avanguardia della governance digitale globale e dell'innovazione in termini di politiche.

Nel Report 2024 vengono approfondite **alcune delle principali misure** Europee per la regolamentazione del settore digitale, come ad esempio il **Data Act**, il **Chip Act** e l'**AI Act**.

L'AI nel settore energetico: una grande opportunità per la decarbonizzazione

L'intelligenza artificiale può svolgere un ruolo cruciale nel raggiungimento degli obiettivi legati alla transizione energetica. Le sue applicazioni si estendono lungo l'intera filiera del settore energetico, dalla produzione al trasporto e distribuzione, fino al consumo finale.

Alcune di queste applicazioni sono strettamente connesse alla transizione energetica, mentre altre, pur offrendo notevoli opportunità di supporto alla decarbonizzazione, trovano impiego anche in ambiti non direttamente orientati a tale obiettivo. Un esempio è rappresentato dalla manutenzione predittiva, una tecnologia già ampiamente adottata, che può essere applicata anche in contesti tradizionali, non connessi alla transizione energetica, come la gestione delle centrali termoelettriche.

Nel Report di quest'anno, l'attenzione si concentra sulle tre applicazioni, sinteticamente descritte nella tabella sottostante, per le quali è stato riconosciuto il più alto livello di specificità in relazione alla transizione energetica: **Generation Forecast**, **Grid Stability** e **Demand Response**.

Le applicazioni analizzate nel report

Generation Forecast

Previsione della produzione di energia rinnovabile per ottimizzare la pianificazione e ridurre l'impatto dell'intermittenza delle FER

Grid Stability

Monitoraggio dei parametri della rete elettrica (e in futuro dell'idrogeno) per prevedere e risolvere squilibri, garantendo la stabilità al sistema

Demand Response

Ottimizzazione della domanda energetica dei carichi industriali e residenziali, adattandola a segnali di prezzo o condizioni di rete

Sebbene le tre applicazioni esaminate si riferiscano a fasi della filiera e a tecnologie differenti, condividono un **elemento centrale** che le rende essenziali per la transizione energetica: **la gestione della natura intermittente delle fonti energetiche rinnovabili (FER)**.

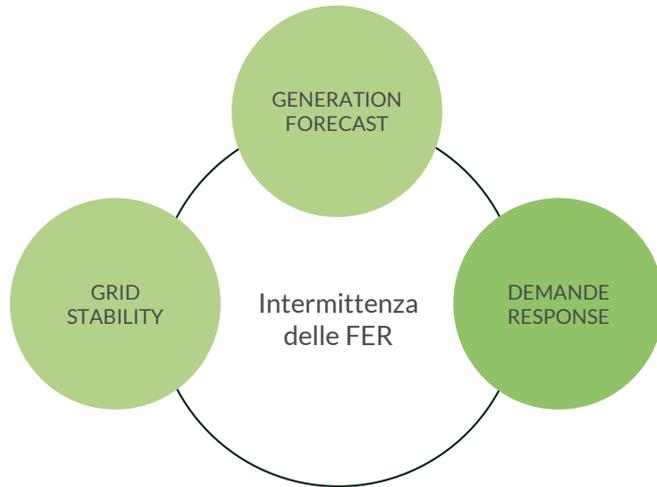
Già oggi, e ancor più in futuro, le FER rappresentano una quota significativa della generazione elettrica nazionale, apportando **importanti benefici ambientali**. Tuttavia, la loro natura non programmabile, dipendente dalle condizioni atmosferiche piuttosto che dai fabbisogni di famiglie e imprese, genera **frequenti squilibri tra produzione e consumo**. Questo fenomeno rappresenta una sfida significativa per il sistema elettrico, che deve affrontare continui **momenti di sbilanciamento**.

Il Report ha pertanto scelto di focalizzarsi su **tre azioni strategiche** che possono mitigare, se non risolvere, le problematiche legate all'intermittenza delle FER:

1. Migliorare la previsione della generazione rinnovabile attraverso tecnologie avanzate di **Generation Forecast**.
2. Potenziare la capacità della rete elettrica di gestire gli sbilanciamenti con soluzioni per la **Grid Stability**.
3. Adattare il profilo di consumo a quello di produzione mediante l'implementazione di meccanismi di **Demand Response**.

È importante sottolineare che tali problematiche non riguardano esclusivamente il sistema elettrico. In prospettiva, una quota crescente di energia rinnovabile sarà infatti destinata alla produzione di **idrogeno a zero emissioni**, il quale verrà trasportato e gestito attraverso un'infrastruttura che presenta molte analogie con quella attualmente utilizzata per il gas naturale (in alcuni casi, le due molecole condivideranno persino le stesse reti di trasporto). Di conseguenza, l'intermittenza delle FER avrà implicazioni anche sul sistema infrastrutturale di gas e idrogeno, e le applicazioni analizzate nel Report, dunque, trovano **un'ampia applicabilità** anche in questo settore emergente, contribuendo a costruire **un ecosistema energetico resiliente e integrato**.

Approccio strategico basato sull'AI



L'analisi della prima applicazione, **Generation Forecast**, evidenzia la necessità di distinguere tra **tecnologia fotovoltaica ed eolica**, le due tecnologie predominanti nel panorama delle energie rinnovabili e oggetto di analisi all'interno del Report. Per entrambe le tecnologie, gli **algoritmi di ensemble** si sono dimostrati particolarmente efficaci grazie alla loro capacità di ridurre il rischio di *overfitting*. Questi algoritmi permettono infatti di distinguere eventi strutturali da quelli contingenti, come giornate insolitamente soleggiate o ventose. Altre famiglie di algoritmi non offrono invece le stesse prestazioni per entrambe le tecnologie. Ad esempio, mentre gli **algoritmi non lineari statici** risultano performanti per il **fotovoltaico**, l'**eolico richiede approcci più avanzati** che includano la **dimensione temporale** per modellare adeguatamente la **complessità del vento**. In generale, i casi studio analizzati mostrano che **l'intelligenza artificiale può migliorare l'accuratezza delle previsioni di generazione degli impianti rinnovabili di oltre il 30%**, con benefici significativi per l'intero sistema.

La seconda applicazione, **Grid Stability**, affronta una sfida complessa caratterizzata da una varietà di fenomeni eterogenei, ciascuno dei quali richiede approcci specifici e interventi mirati. L'analisi ha evidenziato che i fenomeni di **small-signal stability** e **voltage stability** possono essere gestiti efficacemente mediante algoritmi di *ensemble* e modelli non lineari statici. Questi strumenti sono particolarmente adatti a catturare **relazioni statiche** tra variabili di sistema, offrendo previsioni affidabili in contesti relativamente stabili. Al contrario, i fenomeni di **transient stability** e **frequency stability** necessitano di modelli avanzati che incorporino la **dimensione temporale**. Gli **algoritmi sequenziali** sono risultati particolarmente efficaci per rappresentare l'evoluzione temporale di eventi critici, come oscillazioni o variazioni improvvise nella rete.

Infine, per il contesto della **Demand Response**, l'analisi ha dimostrato che quasi tutti gli algoritmi esaminati possono supportare efficacemente applicazioni quali lo **scheduling dei carichi**, sia a livello individuale che aggregato, e la **definizione di schemi ottimali di incentivi o prezzi**. Tuttavia, le performance e il livello di dettaglio fornito variano significativamente tra i diversi algoritmi. Pertanto, è fondamentale selezionare la soluzione più

adatta in base agli obiettivi specifici e alle condizioni operative del sistema.

In conclusione, il Report conferma che **l'intelligenza artificiale rappresenta uno strumento essenziale per affrontare le sfide legate all'intermittenza delle FER** e per accelerare la loro integrazione nel sistema energetico in modo sostenibile ed efficace.

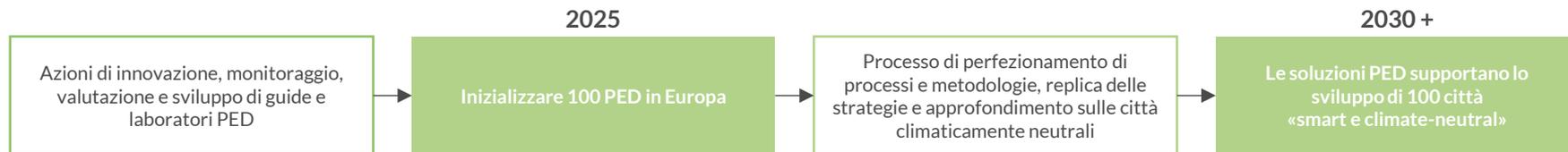
I PED come abilitatori della transizione digitale e le sfide tecnologiche per la decarbonizzazione del sistema urbano

Il gruppo di lavoro europeo per l'implementazione dei distretti a energia positiva per lo sviluppo urbano sostenibile (PED) è stato istituito nell'**ottobre 2018**. Viene sostenuto da molti dei Paesi europei, con i **rispettivi programmi nazionali** di ricerca e innovazione (R&I) e reti di città europee, R&I e industria.

Contribuendo agli ambiziosi obiettivi del **Piano Strategico europeo per le Tecnologie Energetiche (SET)** (Piano SET Azione 3.2), il programma **Urban Europe sui PED**, chiamato «Distretti e quartieri a energia positiva per lo sviluppo urbano sostenibile», ha l'ambizione di supportare la pianificazione, la diffusione e l'implementazione di **100 distretti a energia positiva in tutta Europa entro il 2025**.

L'obiettivo Europeo di realizzare **100 PED al 2025** risulta già ad un ottimo punto, anche se **l'Italia fa ancora fatica** ad implementare queste tipologie di sistemi nelle città e dovrebbe partecipare più attivamente alle prossime iniziative di digitalizzazione dei propri distretti.

Nel Report di quest'anno vengono **anche indagate e approfondite le principali tecnologie digitali in ambito urbano**, sia afferenti a **contesti strutturali** (recupero rifiuti, illuminazione, gestione dati, connettività, sistemi idrici ecc.) sia per **l'ambito della mobilità**, sicuramente impattante dal punto di vista dei consumi e delle emissioni.



		Vantaggi	Criticità
Guida autonoma per la raccolta rifiuti	Veicoli dotati di intelligenza artificiale e sensori che possono pianificare autonomamente i percorsi di raccolta in base ai dati trasmessi dai cassonetti intelligenti.	<ul style="list-style-type: none"> • Riduce i tempi di percorrenza. • Risponde rapidamente a variazioni nei volumi di rifiuti. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costi elevati • Personale tecnico specializzato.
Illuminazione LED connessa	Lampioni a LED integrati con sistemi di comunicazione (Wi-Fi, LoRaWAN, Zigbee) per il controllo remoto.	<ul style="list-style-type: none"> • Alta efficienza energetica. • Possibile regolare l'intensità luminosa. • Facilità di monitoraggio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costi iniziali elevati. • Infrastrutture di rete affidabili. • Rischi legati alla cyber-sicurezza.
Espansione e diffusione del Wi-Fi free	Creazione e disponibilità crescente di reti Wi-Fi accessibili al pubblico senza costi diretti.	<ul style="list-style-type: none"> • Connessione Internet per tutti. • Facilitazione dell'accesso a servizi digitali pubblici. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rischi legati alla cyber-sicurezza • Problemi di copertura e velocità. • Necessità di infrastrutture e gestione continua della rete.
Comunicazione dati di zona a singolo edificio	Strumenti tecnologici progettati per ottimizzare la gestione e la condivisione delle informazioni all'interno di un edificio.	<ul style="list-style-type: none"> • Notifiche in tempo reale su consumo energetico o guasti. • Interfacce centralizzate. • Automatizzazione processi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Configurazione iniziale complessa. • Problemi di compatibilità. • Rischi legati alla cyber-sicurezza.
Sistemi di raccolta e riutilizzo delle acque piovane integrati	Integrazione di tecnologie per la raccolta, il filtraggio e il riutilizzo delle acque piovane in contesti urbani, gestiti tramite sensori e software.	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione della domanda di acqua potabile per usi non potabili. • Mitigazione del rischio di inondazioni. • Minore pressione sulle infrastrutture. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitazioni nei periodi di bassa piovosità. • Costi significativi. • Necessità di manutenzione periodica.

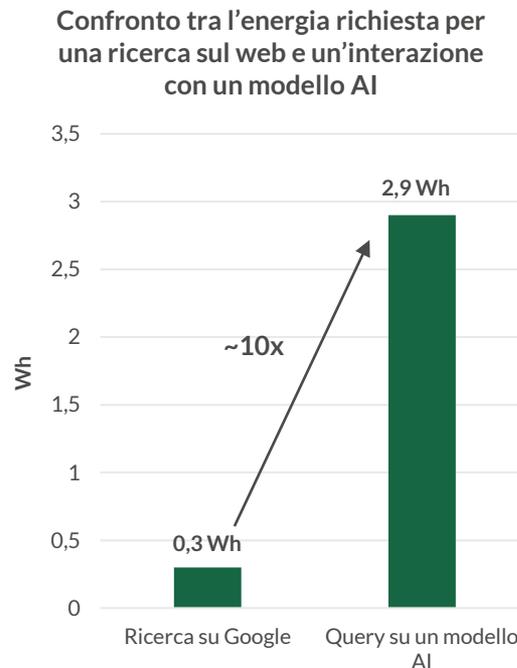
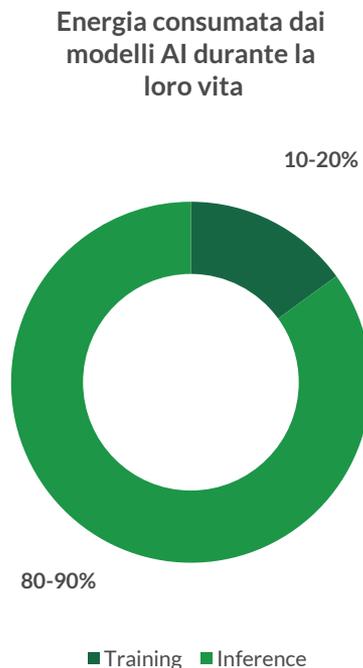
Esiste un'ampia varietà di soluzioni digitali per la **decarbonizzazione**, che coinvolgono in prima linea i cittadini, le loro scelte e richiedono lo sviluppo di un know-how tecnologico in ambito di **sistemi IoT** e di **tecniche per la gestione dell'AI** non indifferente.

I **costi in gioco** e la **complessità tecnica** possono fungere da principali barriere all'integrazione di tali sistemi, ma con un **approccio pragmatico e integrato** si possono ottenere **risultati soddisfacenti** e metterci al passo con i target di decarbonizzazione delle politiche comunitarie.

Per bilanciare i benefici dell'intelligenza artificiale con il suo impatto energetico, sono necessarie strategie di mitigazione su più livelli.

Studi dimostrano che i costi energetici dell'AI derivano principalmente dall'utilizzo dei modelli, ossia dall'inferenza, che rappresenta l'80-90% del workload nei data center, rispetto al 10-20% dell'addestramento. Infatti, il training di un modello AI comporta un costo una tantum, mentre il suo utilizzo continua a consumare energia nel tempo, perciò la maggior parte dei consumi del modello si concentrano in questa fase.

Ciò è dovuto al fatto che in media l'interazione con un modello LLM (Large Language Models) richiede un consumo energetico di circa dieci volte superiore rispetto a quello necessario per una normale ricerca sul web. Prendendo come riferimento il caso di ChatGPT, il quale supera il miliardo di visite mensili, il suo consumo energetico stimato è di almeno **2,9 GWh al mese**. Una quantità simile di energia sarebbe sufficiente per coprire i fabbisogni energetici mensili di circa **7.000 famiglie italiane**.



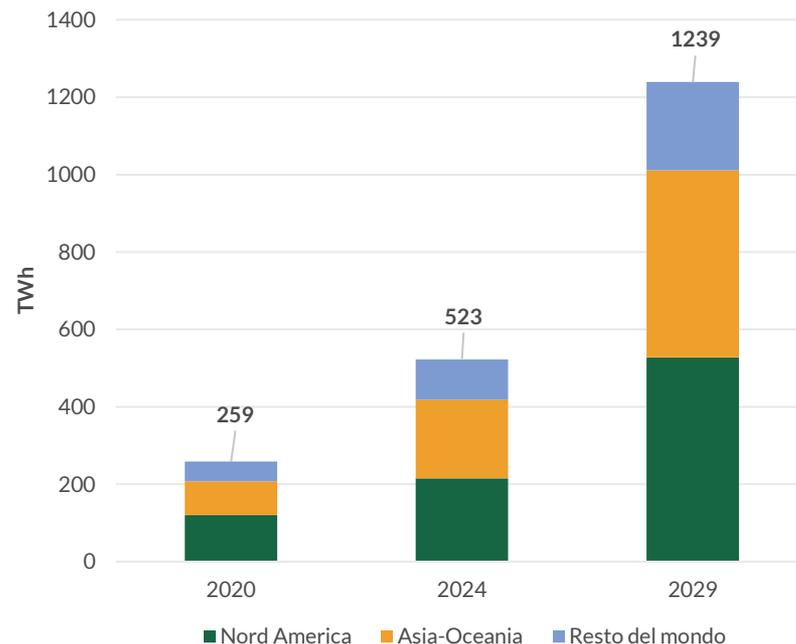
I dati storici indicano che la **domanda di energia dei data center è raddoppiata tra il 2020 e il 2024** e si **prevede possa più che raddoppiare (+137%) entro il 2029**. Questo aumento è trainato principalmente dalla **crescente richiesta di energia per supportare l'uso sempre più diffuso di modelli di intelligenza artificiale**. A livello globale, la **domanda aggiuntiva di energia per i data center legati all'AI sarà stimata in 716 TWh tra il 2024 e il 2029**.

All'interno del Digitalization and Decarbonization Report 2024 si è **sviluppato un modello** esemplificativo per la **stima dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂** associati all'utilizzo di un **modello AI** per la stesura di 1.000 report. **L'energia totale consumata è di 197 kWh**, con **emissioni pari a 55 Kg di CO₂** se il data center fosse situato in Lombardia.

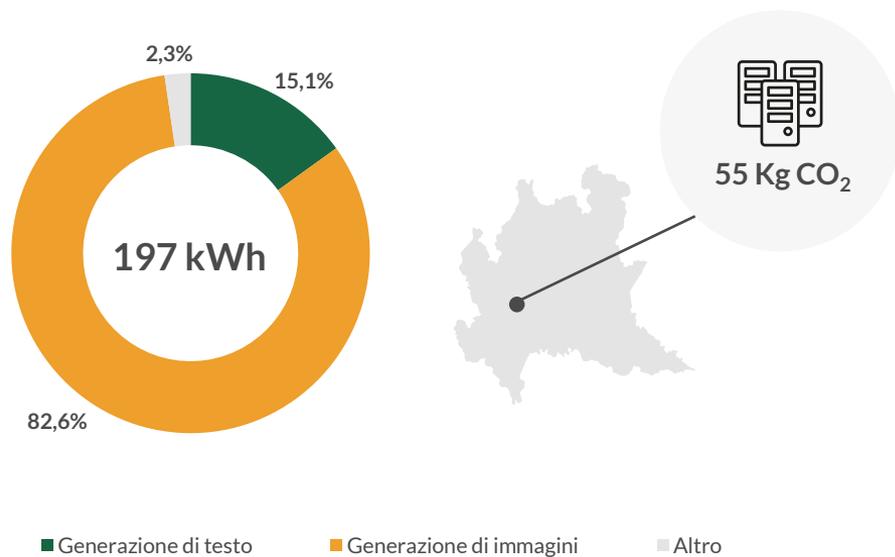
La maggior parte dei consumi è attribuibile alla **generazione di immagini**, seguita dalla **generazione di testo**, mentre altre attività come classificazioni, riassunto del testo e rilevamento di oggetti incidono in misura minore.

Per confronto, **l'energia necessaria equivale a quella utilizzata da un'auto elettrica per percorrere circa mille chilometri**.

Domanda di energia dei data center per l'AI



Consumi ed emissioni associate all'utilizzo di un modello di AI generativa per la stesura di 1000 report



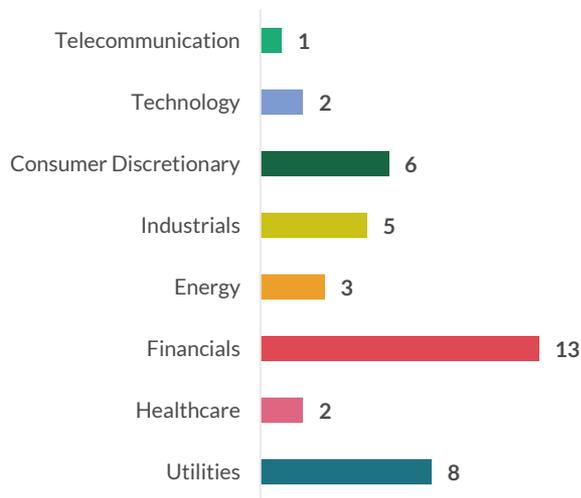
Crescita della digitalizzazione e aumento della standardizzazione nelle aziende dell'indice MIB ESG

All'interno del Report di quest'anno sono state altresì **aggiornate le analisi** riguardanti le iniziative digitali delle **40 aziende dell'indice MIB ESG**.

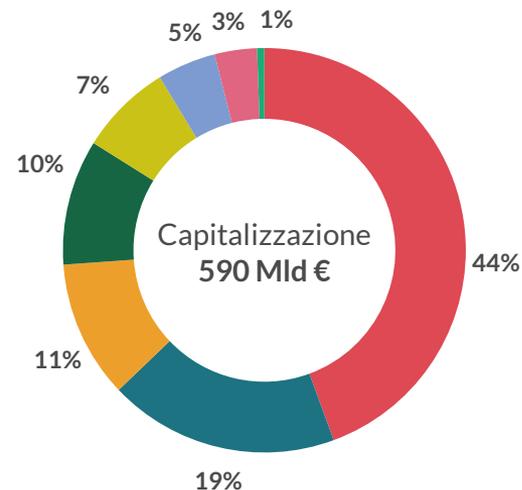
Nel biennio 2023-2024, le **sudette aziende** hanno implementato **902 iniziative digitali**, segnando un **incremento del 23%** rispetto al periodo precedente. Questi progetti si sono focalizzati sull'adozione di tecnologie innovative come IoT, AI e digital twins, con particolare attenzione agli ambiti Operations e Risorse Umane.

Con riferimento alla **Industry Classification Benchmark (ICB)** si riporta la rilevanza delle diverse industrie sia come numerosità delle aziende sia come capitalizzazione.

Numero di aziende nell'indice MIB ESG per settore ICB



Capitalizzazione spartita per settori ICB

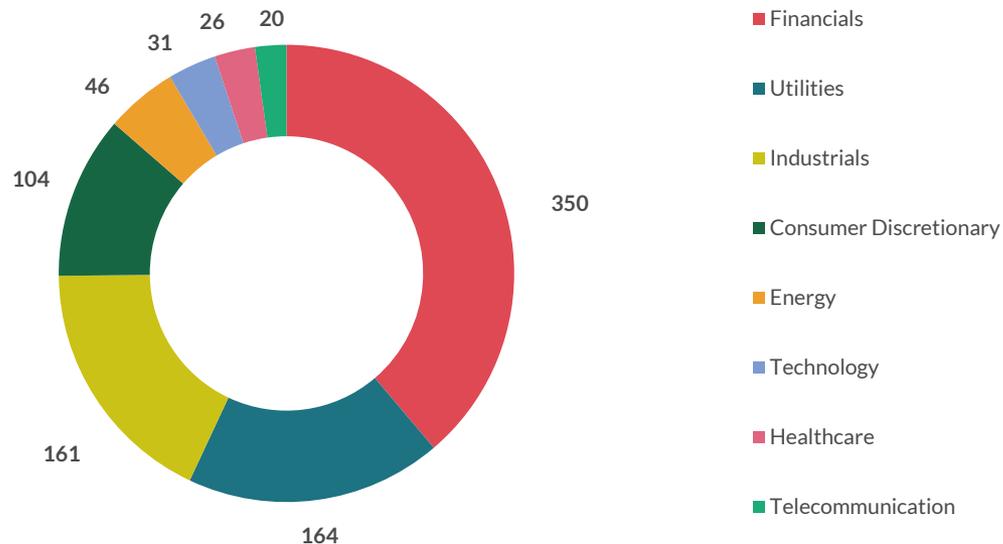


Nota: l'industry classification benchmark è una tassonomia di classificazione del settore lanciata da Dow Jones e FTSE nel 2005 e ora utilizzata da FTSE International e STOXX.

Tra i **settori ICB** delle 40 aziende che compongono l'indice MIB ESG, la maggior parte delle iniziative si concentra nel gruppo **Financials**, seguito da **Utilities** e **Industrials**, riflettendo la maggiore presenza di aziende in questi settori.

Tuttavia, il **crescente numero di iniziative tecnologiche** non si traduce in un'adeguata misurazione dell'impatto ambientale: solo il 4% delle attività è rendicontato in termini di emissioni di CO2 effettivamente risparmiate, evidenziando la necessità di un approccio più strutturato alla valutazione dei benefici sostenibili.

Numerosità iniziative per settore ICB





L'inquadramento normativo:

la transizione gemella e il focus sul digitale

CAP.

01



La transizione gemella: verde e digitale per un futuro competitivo

La **transizione gemella** dell'Unione Europea unisce la **transizione verde e digitale** per un sviluppo sostenibile e competitivo del sistema economico europeo. Questi due processi, centrali nell'agenda politica dell'UE, sono interconnessi e la loro integrazione potrebbe accelerare i cambiamenti necessari.

Il **PNRR** italiano prevede oltre **55 miliardi di euro per la transizione ecologica** e **41 miliardi per la trasformazione digitale**, sottolineando la sinergia tra innovazione tecnologica e sostenibilità. Le **tecnologie digitali**, infatti, favoriscono nuovi modelli di business e incrementano la produttività, con aziende digitalizzate che mostrano una **produttività superiore del 64%** rispetto a quelle non digitalizzate.

Il digitale come chiave per ridurre del 53% le emissioni e guidare il futuro sostenibile

Il digitale può contribuire a ridurre le emissioni del 53% entro il 2050. Di questa riduzione, il 18% sarà ottenuto grazie all'impatto diretto derivante dall'adozione delle tecnologie digitali, mentre il 35% sarà raggiunto indirettamente.

Riconosciuto come un elemento chiave per raggiungere la neutralità carbonica e costruire un futuro sostenibile, il digitale facilita l'adozione di pratiche di economia circolare e una gestione ottimale delle risorse.

Le leggi che stanno ridisegnando il futuro verde e digitale dell'Europa

Per garantire il successo della transizione gemella, è cruciale mobilitare investimenti strategici e definire un quadro normativo adeguato.

Diverse leggi e regolamenti europei, come il «Data Act», il «Chip Act» e l'«AI Act», supportano lo sviluppo e la governance del digitale, dei semiconduttori e dell'applicazione dell'AI nei diversi settori economici. Questi strumenti normativi favoriscono l'interoperabilità dei dati, la resilienza tecnologica e la competitività globale, facilitando l'adozione dell'innovazione in settori chiave per la transizione verde e digitale.

Transizione gemella

L'Unione Europea mira a essere sostenibile, equa e competitiva

Per mantenere il pianeta vivibile e cogliere le opportunità economiche offerte dal contesto, l'Unione Europea sta promuovendo una **transizione rapida e inclusiva verso stili di vita e economie sostenibili dal punto di vista ambientale**. La transizione verde ha l'obiettivo di raggiungere la sostenibilità e di combattere il cambiamento climatico e il degrado ambientale.

Allo stesso tempo, la crescente importanza delle tecnologie digitali sta trasformando società ed economie. Nella **transizione digitale**, l'Unione Europea punta a sfruttare le tecnologie digitali per la sostenibilità e la prosperità, e a dare potere a cittadini e imprese.

Gestire con successo la «**transizione gemella**» verde e digitale è fondamentale per realizzare un futuro sostenibile, equo e competitivo. Le transizioni verde e digitale devono essere raggiunte insieme per sbloccare il loro potenziale sinergico. Per prevenire effetti negativi richiedono una gestione proattiva e integrata.



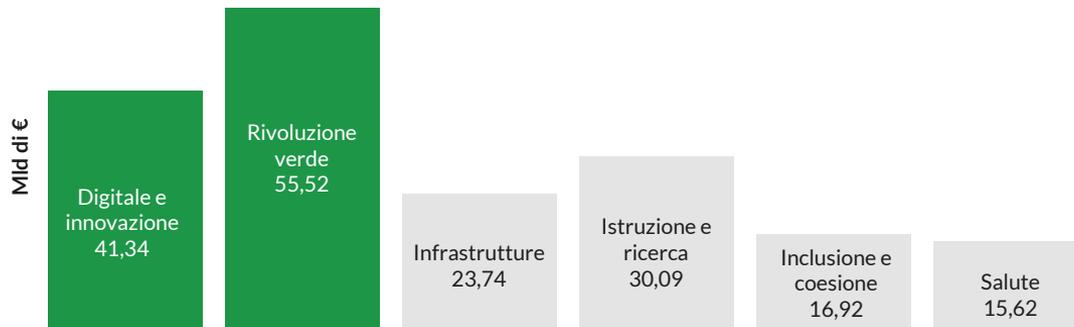
Transizione gemella

Allocazione delle risorse del PNRR

La gestione della transizione gemella è uno degli **obiettivi principali** dei progetti che l'Italia finanzia attraverso il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

Da un lato, **55,52 miliardi di euro** sono destinati a favorire la **transizione ecologica**; dall'altro, **41,34 miliardi di euro** sostengono la **trasformazione digitale**.

Allocazione delle risorse alle missioni del PNRR



Fonte: The European House - Ambrosetti

Transizione gemella

La transizione gemella per le imprese

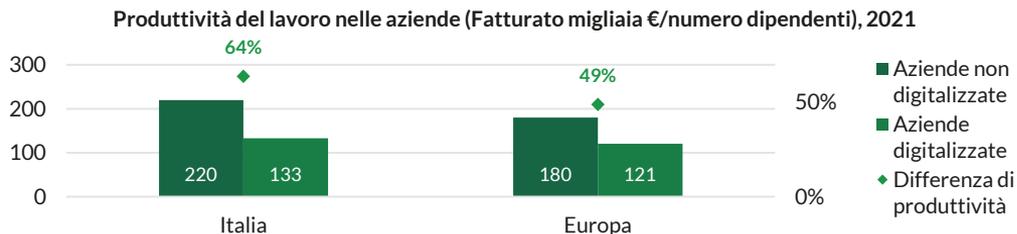
I progressi tecnologici e le nuove soluzioni digitali consentono alle imprese di perseguire una crescita sostenibile attraverso modelli di business innovativi riducendo le esternalità ambientali senza gravare sui costi aziendali.

Le aziende che hanno scelto di investire in infrastrutture digitali hanno registrato un **incremento delle loro performance operative**:

- In **Italia** le aziende digitalizzate mostrano un **livello di produttività maggiore del 64%** rispetto alle aziende non digitalizzate.
- A **livello europeo** le aziende che hanno adottato soluzioni digitali mostrano una **produttività** che è quasi il **doppio** di quella delle loro controparti non digitalizzate.

Fonte: The European House - Ambrosetti

Il digitale non rende solo più efficiente l'utilizzo delle risorse, ma crea nuovi modelli di business e paradigmi di circolarità



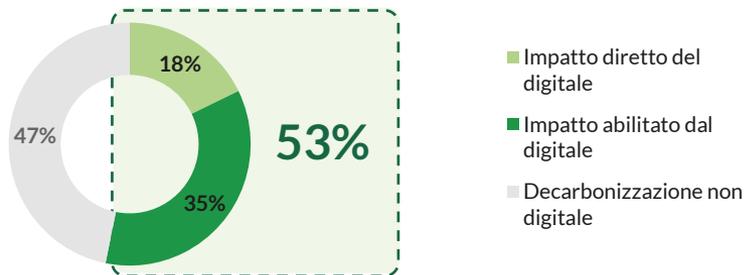
La strategia per la digitalizzazione europea

Contributo del digitale al processo di decarbonizzazione e target della trasformazione

Grazie alle tecnologie digitali, sarà possibile ridurre le emissioni complessive del **53%** nello scenario di neutralità carbonica al 2050, attraverso impatti diretti e indiretti.

Il digitale non è solo un supporto per la decarbonizzazione, ma anche un motore essenziale per un futuro più sostenibile e responsabile.

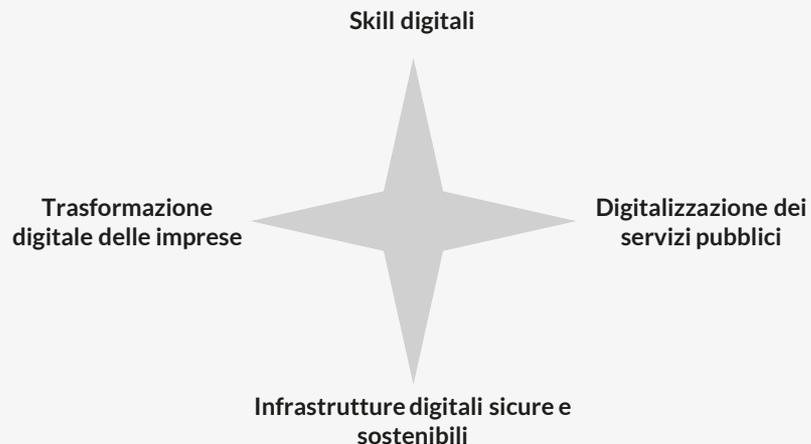
Contributo del digitale alla decarbonizzazione



Fonte: The European House - Ambrosetti

DECENNIO DIGITALE

Gli Stati membri dell'UE sono chiamati a definire e applicare le loro politiche digitali per **raggiungere i target, entro il 2030, prefissati in 4 aree:**



Gli indicatori DESI 24: media EU e Italia a confronto

Punti di forza italiani

L'Italia si distingue per performance superiori alla media europea negli ambiti delle **infrastrutture digitali** e della **trasformazione digitale delle imprese**, posizionandosi al primo posto in Europa per la diffusione della **fatturazione elettronica**.

Inoltre, supera la media UE in alcuni indicatori chiave del Decennio Digitale, come la **copertura del 5G** e l'adozione dei **servizi cloud**, superando paesi come Francia, Germania e Spagna.

Indicatori	Valore medio UE [% o scala EU0-100] ⁽¹⁾	Valore nazionale [% o scala 0-100] ⁽¹⁾	Posizione in classifica (su 28 paesi)
PMI con almeno un livello base di intensità digitale	57,7	60,7	10°
Cloud	38,9	55,1	6°
Fatture elettroniche	38,6	97,5	1°
Almeno 100 Mbps di banda larga	65,9	69,5	13°
Almeno 1 Gbps di adozione della banda larga	18,52	19,26	6°
Copertura complessiva 5G	89,3	99,5	6°
Spettro 5G	73,4	93,3	11°

(1): i valori fanno riferimento alla scala specifica di ogni indicatore (% di individui, di aziende, di specialisti, etc.) o al relativo punteggio (scala 0-100). **Fonte:** Rapporto sullo Stato del Decennio Digitale 2023; Digital Decade Cardinal Points; DESI 23 Indicators

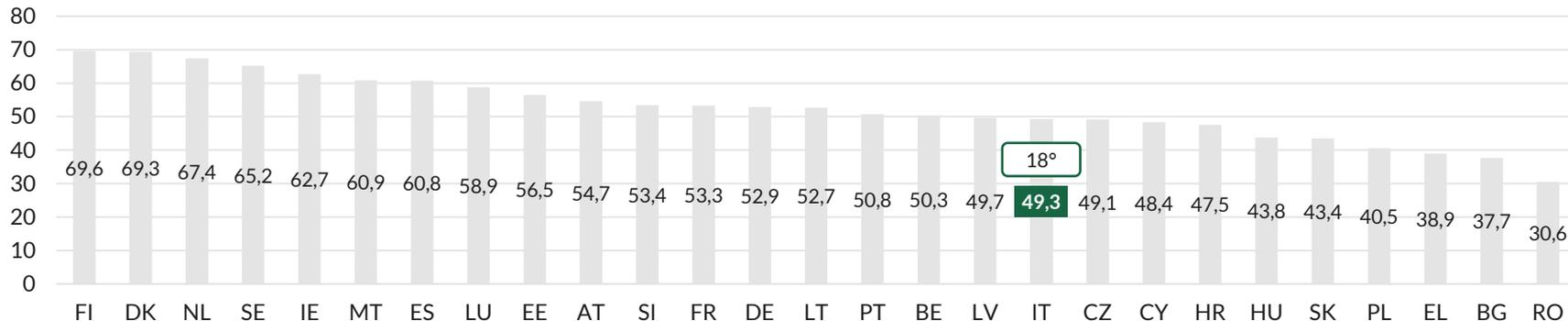
Gli indicatori DESI 24: media EU e Italia a confronto

Classifica europea dell'indice DESI

L'Italia, attualmente 18^a, ha registrato una **crescita del 75%**, rispetto al 2017, risultando il Paese con il più rapido avanzamento tra tutti quelli dell'Unione Europea.

Lo slancio è **confermato dal progresso nella classifica DESI**, in cui l'Italia è salita di cinque posizioni, passando dalla 23^a alla 18^a, e registrando un incremento di 21,1 punti percentuali nell'indice DESI.

Indice e rank dell'Italia



Transizione digitale

Normative europee a supporto

Negli ultimi cinque anni, l'Unione Europea (UE) ha strategicamente orientato le sue politiche verso un quadro normativo che indirizza più decisamente la transizione digitale, riconoscendo la necessità urgente di modellare lo spazio digitale attraverso investimenti mirati e meccanismi regolatori robusti. Questo approccio pone l'UE all'avanguardia della governance digitale globale e dell'innovazione in termini di politiche.

Con il suo quadro normativo in ambito digitale, l'UE dovrebbe contribuire a uniformare il panorama tra gli Stati membri, favorendo il raggiungimento degli obiettivi del Decennio Digitale. Tra le leggi più rilevanti approvate in questo mandato vi sono:

Artificial Intelligence Act -
Regolamento (UE) 2021/0106

Data Governance Act -
Regolamento (UE) 2022/868

Data Act -
Regolamento (UE) 2023/2854

Chip Act
Regolamento (UE) 2023/1781

Single Digital Gateway e il sistema "Once-Only" - Regolamento (UE) 2018/1724

Interoperable Europe Act - Regolamento (UE) 2024/903

Digital Services Act (DSA) - Regolamento (UE) 2022/2065

Digital Markets Act (DMA) - Regolamento (UE) 2022/1925

Direttiva NIS2 - Direttiva (UE) 2022/2555

Cyber Solidarity Act e Cyber Resilience Act - In fase di pubblicazione

Regolamento sull'Identità Digitale Europea (EUDI) - Regolamento (UE) 2024/1183

Gigabit Infrastructure Act - Regolamento (UE) 2024/1309

Approfondite nel report

Transizione digitale

Il contesto del Data Act

Per affrontare le esigenze dell'«economia digitale» e superare le barriere al funzionamento del mercato interno dei dati, è fondamentale creare un quadro normativo che specifichi i diritti di utilizzo dei dati associati a prodotti e servizi. In questo contesto, è entrato in vigore a gennaio 2024 la **normativa dell'UE sui dati (Data Act)**, che sarà applicabile a partire da settembre 2025.

La normativa **integra la legge sulla governance dei dati**, creando un quadro normativo che favorisce la fiducia nella **condivisione dei dati** e definisce **requisiti di interoperabilità per facilitare il flusso dei dati tra settori e Stati membri**, contribuendo a un **mercato unico dei dati in Europa**.

Governance dei dati

La **legge sulla governance dei dati** disciplina i processi e le strutture che facilitano la **condivisione volontaria dei dati**.

Data Act

La **legge sui dati, Data Act**, chiarisce chi può creare valore dai dati e a quali condizioni.

Il Data Act mette a disposizione dati a beneficio di aziende, cittadini e PA attraverso una serie di misure:

Mitigare l'**abuso degli squilibri contrattuali** per garantire un'equa **condivisione dei dati**

Consentire agli **enti pubblici** di **accedere ai dati** detenuti dal settore privato e di utilizzarli per **specifiche finalità di interesse pubblico**

Definire norme per **agevolare il passaggio dei clienti tra fornitori di servizi di dati** e promuovere l'**interoperabilità** nel mercato UE del cloud

Rivedere la direttiva sulle banche dati per **chiarire il diritto sui generis** e applicarlo anche alle **banche dati IoT**, bilanciando gli interessi tra titolari e utenti

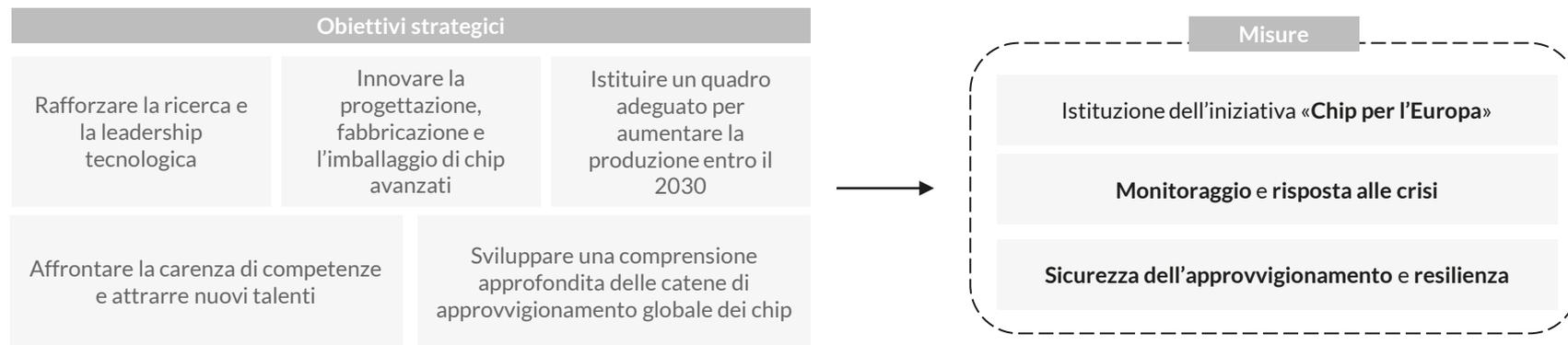
Garantire certezza giuridica nell'uso dei dati IoT, incentivare **investimenti** e facilitare il **trasferimento sicuro** dei dati, promuovendo una maggiore partecipazione all'economia dei dati

Transizione digitale

Il contesto del Chip Act

Il regolamento sui chip, **Regolamento (UE) 2023/1781**, noto come **Chip Act**, rafforzerà la competitività e la resilienza dell'Europa nelle tecnologie e nelle applicazioni dei semiconduttori e contribuirà a realizzare sia la transizione digitale che la transizione verde. A tal fine **rafforzerà la leadership tecnologica dell'Europa** nel settore e garantirà che l'Europa raggiunga **l'obiettivo del decennio digitale** di raddoppiare al **20% la sua quota di mercato globale** dei semiconduttori.

Fonte: Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Regolamento (UE) 2023/1781 del parlamento europeo e del consiglio



Transizione digitale

Il contesto del AI Act

La **legge sull'AI**, nota anche come AI Act, affronterà i potenziali rischi per la salute, la sicurezza e i diritti fondamentali dei cittadini, sostenendo nel contempo lo sviluppo di un'IA innovativa e responsabile nell'UE.

L'AI Act è il **primo quadro giuridico sull'intelligenza artificiale** che affronta i rischi legati all'AI, posizionando l'Europa come leader

Le nuove regole

- 1 Affrontare i rischi creati specificamente dalle applicazioni di intelligenza artificiale
- 2 Vietare le pratiche di AI che comportano rischi inaccettabili
- 3 **Determinare un elenco di applicazioni ad alto rischio**
- 4 Stabilire requisiti chiari per i sistemi di AI per applicazioni ad alto rischio
- 5 Definire obblighi specifici per i deployer e i fornitori di applicazioni di AI ad alto rischio
- 6 Richiedere una valutazione della conformità prima che un determinato sistema di AI sia messo in servizio o immesso sul mercato
- 7 Mettere in atto l'applicazione delle norme dopo che un determinato sistema di AI è stato immesso sul mercato
- 8 Istituire una struttura di governance a livello europeo e nazionale

globale. Mira a **creare un mercato interno più efficiente con regole uniformi** per lo sviluppo e l'uso dell'AI, promuovendo un'AI antropocentrica e affidabile, tutelando salute, sicurezza e diritti fondamentali, e incentivandone l'innovazione.

Fonte: Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, Regolamento (UE) 2024/1689

Tra i settori ad alto rischio

- Biometria
- Infrastrutture critiche**
- Istruzione e formazione professionale
- Occupazione e gestione dei lavoratori
- Accesso a servizi e prestazioni essenziali
- Attività di contrasto
- Migrazione e controllo delle frontiere
- Amministrazione della giustizia

Riguarda i sistemi di AI utilizzati nella gestione e nel funzionamento delle **infrastrutture digitali critiche**, come quelle del traffico, e nella fornitura di **servizi essenziali** come **acqua, gas, riscaldamento ed elettricità**.



L'adozione dell'AI nelle imprese energetiche

CAP.

02



L'AI nel settore energetico: una grande opportunità per la decarbonizzazione

L'intelligenza artificiale rappresenta una risorsa straordinaria nel settore energetico, offrendo un **ampio spettro di applicazioni** che coprono **tutte le fasi della filiera**, dalla generazione di energia al suo utilizzo finale. Questa versatilità rende l'AI un elemento fondamentale per sostenere la transizione energetica, specialmente in un contesto caratterizzato dalla **crescente diffusione delle fonti rinnovabili**.

Tra le tecniche di AI più utilizzate spiccano gli **algoritmi di ensemble**, come Random Forest e Gradient Boosting, che si dimostrano particolarmente efficaci nel **ridurre il rischio di overfitting** e nell'analisi di grandi quantità di dati eterogenei. Altrettanto rilevanti sono gli **algoritmi non lineari statici**, come le Support Vector Machines e le Artificial Neural Network, che si distinguono per la loro capacità di **modellare relazioni complesse e non lineari** tra variabili. Infine, **gli algoritmi sequenziali**, come le Recurrent Neural Network (RNN) e le Long Short-Term Memory (LSTM), risultano indispensabili per **catturare dipendenze temporali** e gestire fenomeni che si sviluppano lungo un arco temporale prolungato, rendendoli ideali per analisi predittive in contesti dinamici.

Queste tecniche, opportunamente implementate, stanno **rivoluzionando il settore**, contribuendo a migliorare **l'efficienza, l'affidabilità e la sostenibilità** dei sistemi energetici moderni.

Prevedere la generazione di impianti rinnovabili è più facile grazie ad algoritmi innovativi

Migliorare la **previsione della generazione da fonti rinnovabili** è cruciale per l'intero sistema energetico.

Dall'analisi delle **tecnologie fotovoltaiche ed eoliche** emergono sia analogie che differenze. Gli **algoritmi di ensemble** si dimostrano efficaci nella previsione della generazione di **entrambe le tecnologie**, grazie alla loro capacità di **ridurre il rischio di overfitting** dei modelli e di distinguere tra condizioni contingenti (es. passaggio di una nuvola) e condizioni strutturali. Gli **algoritmi non lineari statici** producono risultati soddisfacenti **solo per la generazione solare**, poiché la previsione della generazione eolica richiede algoritmi più sofisticati, come quelli **sequenziali**, che integrano la **dimensione temporale** per modellare la **complessità del vento**. Tali algoritmi risultano invece **eccessivamente onerosi** per la generazione solare, dove la dimensione temporale è una variabile relativamente meno rilevante.

Per entrambe le tecnologie, **le previsioni a lungo termine presentano significative difficoltà**. Tuttavia, per la **generazione solare**, quando sono disponibili **dataset storici ampi**, alcuni **algoritmi non lineari statici** particolarmente avanzati (es. Artificial Neural Network) riescono a raggiungere **performance soddisfacenti**.

Non solo la fase di generazione: l'AI ottimizza anche la rete e le utenze di consumo

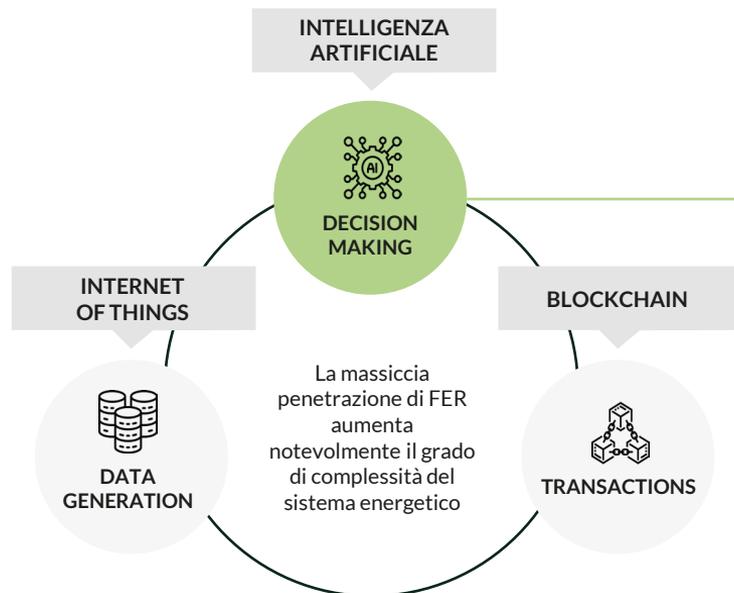
Affrontare il problema della **stabilità della rete** è una sfida complessa, in quanto comprende una varietà di fenomeni eterogenei che richiedono approcci differenziati e interventi mirati. Dall'analisi emerge che i fenomeni di **small-signal stability** e **voltage stability** possono essere efficacemente affrontati utilizzando **algoritmi di ensemble** e **modelli non lineari statici**. Questi approcci risultano particolarmente efficaci nel catturare le **relazioni statiche tra le variabili del sistema**, fornendo previsioni affidabili in contesti relativamente stabili. Diversamente, i fenomeni di **transient stability** e **frequency stability** richiedono l'impiego di modelli più avanzati e sofisticati, in grado di integrare la **dimensione temporale**. Gli **algoritmi sequenziali** si dimostrano particolarmente adatti per modellare queste dinamiche, poiché riescono a rappresentare **l'evoluzione temporale di eventi critici**, come variazioni improvvise o oscillazioni nella rete.

Per quanto riguarda il contesto della **demand response**, l'analisi evidenzia che **quasi tutti gli algoritmi** presi in considerazione possono supportare efficacemente le applicazioni analizzate, ovvero lo **scheduling dei carichi**, sia a livello individuale che aggregato, e l'**identificazione del miglior schema di incentivi/prezzi**. Tuttavia, le performance e il livello di dettaglio offerto dai diversi algoritmi variano, rendendo necessaria una **selezione accurata** in base agli obiettivi specifici e alle condizioni operative del sistema.

La digitalizzazione del settore energetico

L'AI come pilastro fondamentale

I 3 pilastri della digitalizzazione del settore energetico



Cosa si intende con *Intelligenza Artificiale*?



Un **software** [...] che può, per una specifica serie di obiettivi definiti dall'uomo, **generare output** come contenuti, previsioni, raccomandazioni o decisioni che influenzano gli ambienti con cui interagiscono.

Fonte: AI Act (Commissione Europea, 2021)

Quali algoritmi AI abbiamo considerato nell'analisi?



Training phase

- Supervised Learning
- Unsupervised Learning
- Reinforcement Learning



Inference phase

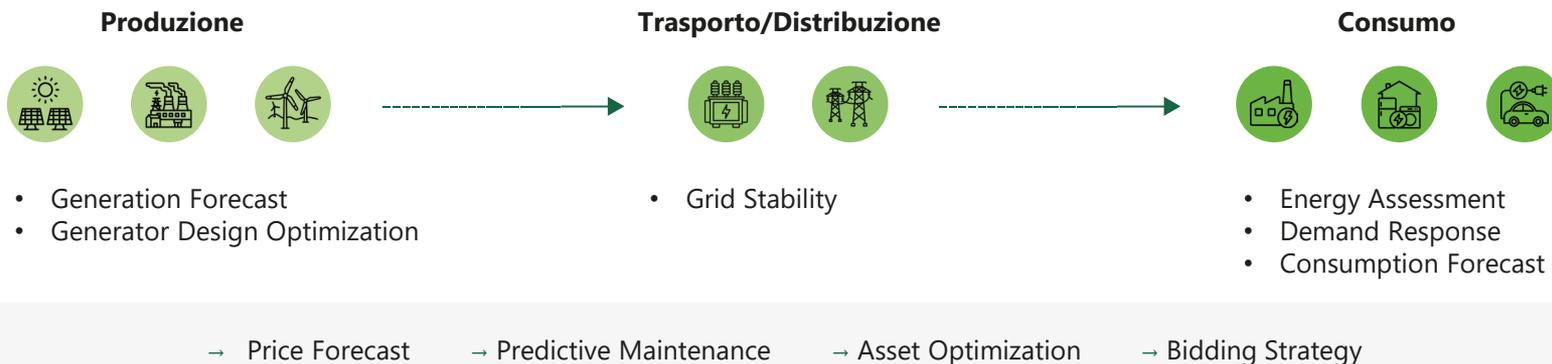
- Algoritmi di ensemble
- Algoritmi non lineari statici
- Algoritmi sequenziali

Le applicazioni dell'AI nel settore energetico (1/2)

La distribuzione lungo la supply chain

La filiera del settore energetico si articola in quattro fasi principali: **produzione, trasporto, distribuzione e consumo**. Per garantire una fornitura affidabile, efficiente e di alta qualità, è fondamentale che queste fasi siano **perfettamente coordinate** tra loro. **L'intelligenza artificiale** rappresenta un potenziale significativo per raggiungere questo obiettivo.

Per ciascuna fase della filiera sono state individuate una o più applicazioni dell'AI. Inoltre, sono state identificate ulteriori applicazioni trasversali, che possono essere implementate **lungo l'intera filiera** senza essere specifiche per una singola fase.



Fonte: Unravelling the role of Artificial Intelligence to achieve energy-related Sustainable Development Goals: a literature review and an empirical analysis (Bonalumi, 2024)

Le applicazioni dell'AI nel settore energetico (2/2)

La loro specificità rispetto alla transizione energetica



Alcune applicazioni dell'AI nel settore energetico sono **strettamente legate alla transizione energetica**, mentre altre, pur offrendo significative opportunità di supporto al processo di decarbonizzazione, possono essere applicate anche in **contesti diversi** e con finalità non necessariamente orientate alla transizione (ad esempio, la manutenzione predittiva può essere implementata anche in centrali termoelettriche).

Nel report di quest'anno, si è scelto di analizzare le tre applicazioni che presentano il **più alto livello di specificità** rispetto alla transizione energetica: **Generation Forecast**, **Grid Stability** e **Demand Response**.

Le applicazioni analizzate nel report	
Generation Forecast	Previsione della produzione di energia rinnovabile per ottimizzare la pianificazione e ridurre l'impatto dell'intermittenza delle FER
Grid Stability	Monitoraggio dei parametri della rete elettrica (e in futuro dell'idrogeno) per prevedere e risolvere squilibri, garantendo la stabilità al sistema
Demand Response	Ottimizzazione della domanda energetica dei carichi industriali e residenziali, adattandola a segnali di prezzo o condizioni di rete

Generation Forecast, Grid Stability e Demand Response

Il nesso tra le tre applicazioni: l'intermittenza delle FER

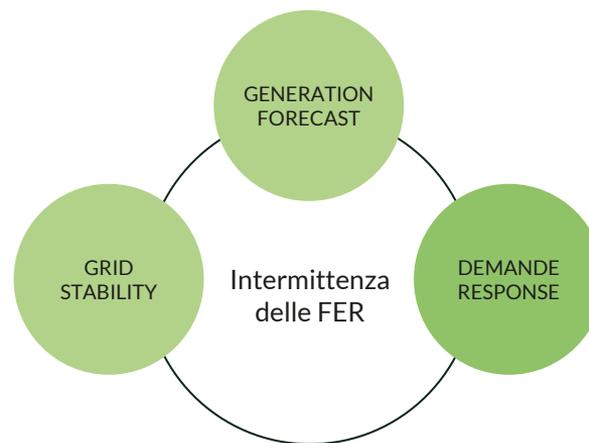
L'**intermittenza delle FER** rappresenta una sfida significativa per la **stabilità del sistema elettrico**, che richiede un costante equilibrio tra domanda e offerta. Questa sfida non riguarda solo il settore elettrico: infatti, in futuro le energie rinnovabili avranno anche il compito di produrre idrogeno a zero emissioni, che verrà poi trasportato attraverso reti gas esistenti riconvertite o di nuova

In primo luogo, l'applicazione di **Generation Forecast** fornisce una previsione accurata delle fluttuazioni, permettendo una migliore pianificazione e gestione delle risorse. In secondo luogo, attraverso le applicazioni di **Demand Response**, si tenta di armonizzare il profilo di consumo con l'andamento intermittente della produzione da FER. Infine, le applicazioni di **Grid Stability** offrono alla rete la capacità di rispondere efficacemente alle fluttuazioni improvvise, garantendo la stabilità operativa anche in condizioni di variazione non previste.

Queste tre prospettive, integrate tra loro, costituiscono un **approccio strategico** per affrontare i problemi derivanti dall'intermittenza e per **accelerare l'adozione delle FER** in modo sostenibile ed efficace.

costruzione. Pertanto, la produzione di idrogeno, e la conseguente immissione in rete, seguirà il profilo di generazione rinnovabile, introducendo complessità nel sistema. In questo contesto, **l'intelligenza artificiale può svolgere un ruolo cruciale** e le tre applicazioni analizzate cercano di affrontare il problema da tre prospettive complementari.

Approccio strategico basato sull'AI



Gli algoritmi di AI

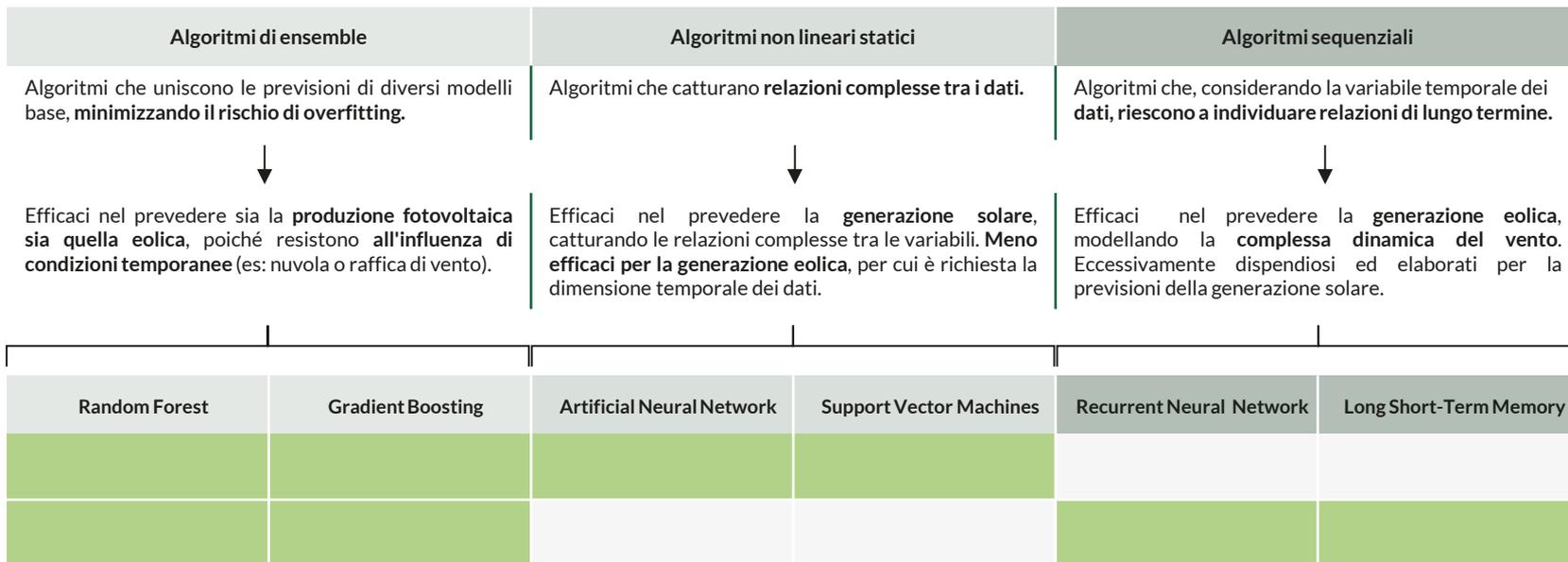
Il confronto con i metodi tradizionali

Indipendentemente dall'applicazione per cui vengono utilizzati, **gli algoritmi di AI si distinguono dai metodi tradizionali** per una serie di caratteristiche che consentono loro di identificare schemi complessi, ottimizzare processi e prendere decisioni in tempo reale. La seguente tabella evidenzia **le principali differenze** tra le due tipologie di algoritmi, analizzandole lungo **alcune variabili chiave**.

	ALGORITMI TRADIZIONALI	ALGORITMI BASATI SULL'AI
Approccio alla modellazione	Modelli fisici o statistici che richiedono un'esplicita comprensione delle relazioni tra variabili	Modelli che non richiedono una definizione a priori delle relazioni tra variabili, ma identificano autonomamente pattern e correlazioni
Adattabilità	Buone performance in condizioni stabili e prevedibili, ma mostrano limiti in scenari con alta variabilità o intermittenza	Capacità di catturare variabilità e non linearità nei dati, gestendo fluttuazioni impreviste delle condizioni esterne
Gestione dei dati	Bassa capacità di gestire dataset formati da una serie di variabili eterogenee	Progettati per gestire efficacemente grandi dataset (i.e. Big Data), integrando dati eterogenei
Tempo di aggiornamento	Modelli che richiedono un intervento manuale per adattarsi a nuove condizioni	Modelli che si aggiornano automaticamente attraverso processi di apprendimento continuo, migliorando costantemente le previsioni.
Robustezza	Modelli con alta sensibilità a dati incompleti e/o rumorosi, che possono introdurre errori significativi	Modelli che hanno la capacità di gestire automaticamente i «processi di denoising», identificando autonomamente eventuali outlier

Generation Forecast

Gli algoritmi AI più utilizzati



Generation Forecast

Numerosità del dataset e orizzonte di previsione

La selezione del miglior algoritmo da implementare, tuttavia, non è un'attività che può essere descritta con un approccio generalistico, in quanto **dipende dallo specifico contesto** che si sta analizzando. Tra le **tante variabili** che influiscono sulla scelta, due risultano

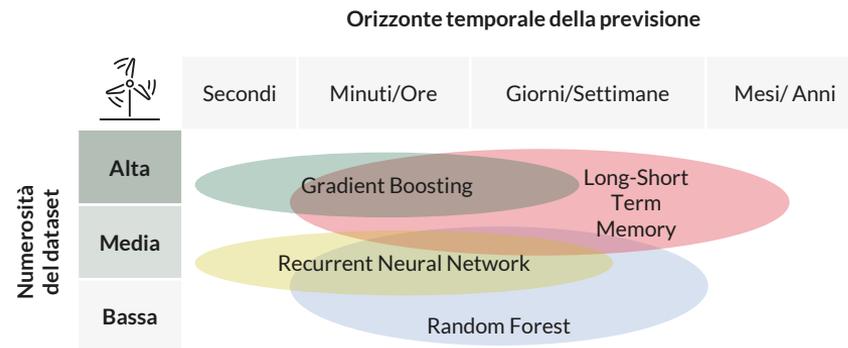
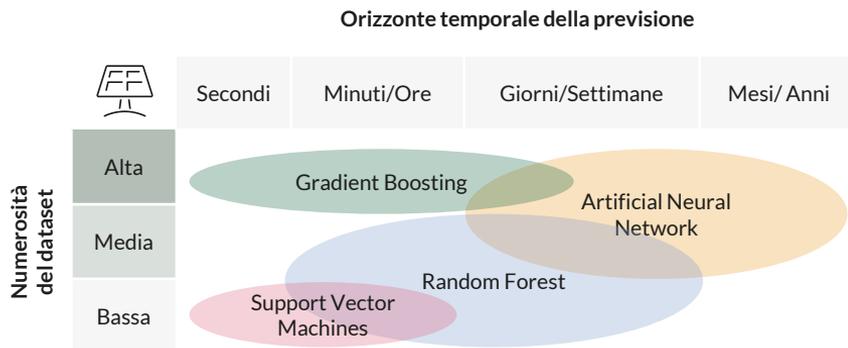
particolarmente determinanti: la **numerosità del dataset** a disposizione e l'**orizzonte temporale** su cui si vuole effettuare la previsione.

Numerosità del dataset

Si riferisce alla **quantità di dati storici disponibili**, un fattore che influisce direttamente sulla capacità dell'algoritmo di **apprendere pattern significativi**. Dataset ampi e completi permettono l'utilizzo di algoritmi complessi. Al contrario, dataset limitati potrebbero richiedere l'uso di modelli più semplici.

Orizzonte temporale della previsione

Si riferisce alla **durata del periodo futuro** per cui si vuole effettuare la previsione. Previsioni a breve termine beneficiano spesso di modelli che sfruttano dati ad alta risoluzione temporale. Per orizzonti temporali più lunghi, è preferibile usare modelli che incorporano variabili esogene e riescano a cogliere trend di lungo periodo.



Grid Stability

Caratterizzazione del fenomeno

GRID STABILITY



Transient Stability



Capacità del sistema elettrico di mantenere la **sincronizzazione** tra generatori **dopo una grande perturbazione**, come un cortocircuito o la perdita di un'importante linea di trasmissione.



Small-Signal Stability



Capacità del sistema elettrico di mantenere la stabilità sotto **piccole perturbazioni**, come variazioni di carico o generazione, evitando oscillazioni crescenti.



Frequency Stability



Capacità del sistema elettrico di mantenere la **frequenza entro limiti accettabili** durante squilibri tra domanda e offerta di potenza attiva.



Voltage Stability



Capacità del sistema elettrico di mantenere **livelli di tensione accettabili sotto carico**, evitando collassi di tensione durante variazioni di domanda o condizioni operative critiche.

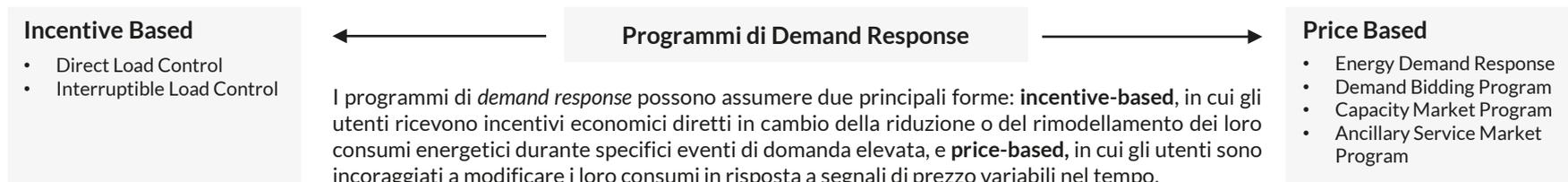
Generation Forecast

Gli algoritmi AI più utilizzati

	Algoritmi di ensemble		Algoritmi non lineari statici		Algoritmi sequenziali	
	<p>Efficaci per small-signal e voltage stability, fenomeni caratterizzati da variazioni lente che possono essere analizzate con modelli quasi-statici. Inoltre, gli algoritmi di ensemble riducono l'overfitting, identificando le variabili più rilevanti. Meno adatti per frequency e transient stability, che richiedono analisi temporali dettagliate per cogliere dinamiche rapide e non lineari.</p>		<p>Anche loro sono poco efficaci nella risoluzione di fenomeni come frequency e transient stability, poiché non fanno affidamento ad analisi temporali non cogliendo le relazioni temporale dei questi fenomeni. Efficaci per small-signal e voltage stability, anche se, in caso di dataset con molte variabili eterogenee, il SVM fa fatica a risolvere la voltage stability.</p>		<p>Efficaci per la risoluzione di fenomeni come transient e frequency stability, grazie alla loro capacità di individuare pattern nascosti e relazioni a lungo termine. Invece, risultano eccessivamente complessi per small-signal e voltage stability, che possono essere risolte con modelli statici o quasi statici.</p>	
	Random Forest	(Extreme) Gradient Boosting	Deep Neural Network	Support Vector Machines	Recurrent Neural Network	Long Short-Term Memory
						
						
						
						

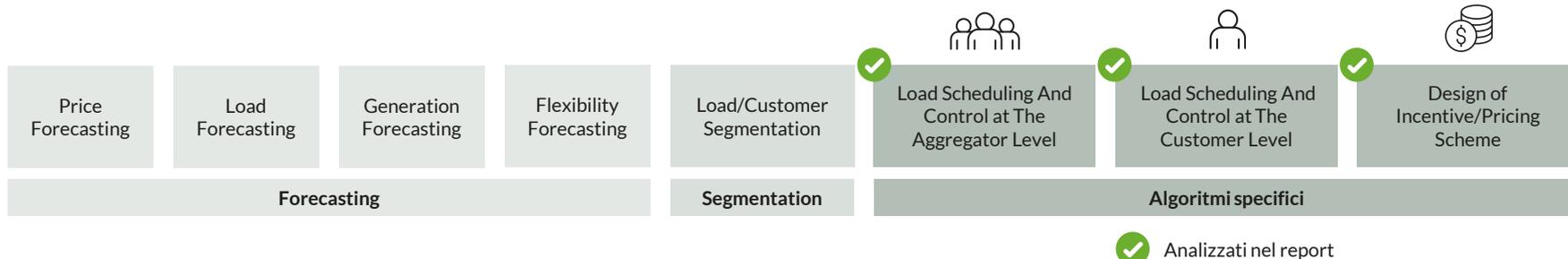
Demand Response

Le attività che concorrono alla definizione del migliore schema



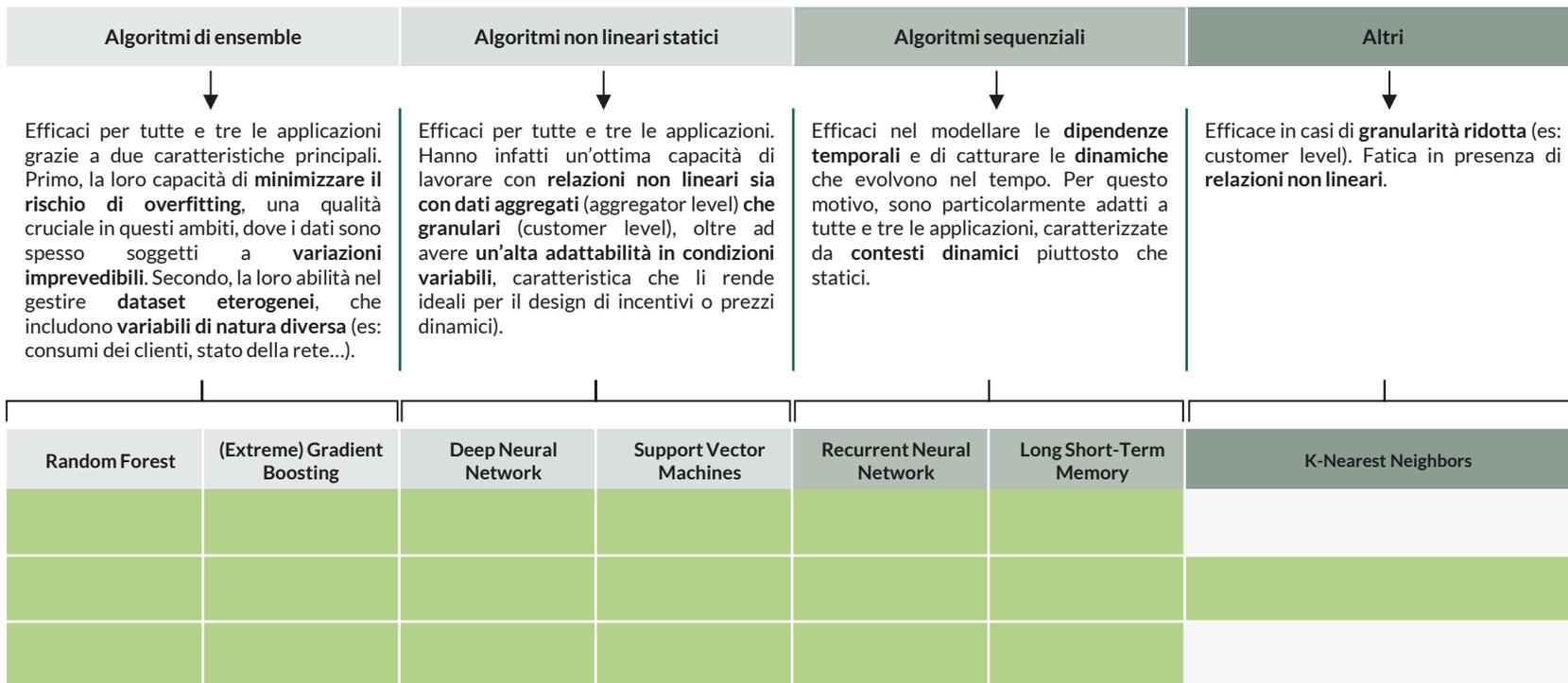
L'intelligenza artificiale può **migliorare significativamente** i programmi di demand response, ottimizzando **la gestione della domanda energetica** attraverso **l'analisi avanzata dei dati**. In particolare, gli algoritmi AI possono supportare diverse attività.

Alcune di queste applicazioni sono di carattere generale e trovano impiego anche in altri contesti, mentre altre sono **specificamente adottate nel contesto del demand response**. Nel report sono state analizzate queste ultime.



Generation Forecast

Gli algoritmi AI più utilizzati







Messaggi chiave

L'approccio Smart alla digitalizzazione delle città italiane

La crescita costante della popolazione nelle aree urbane in tutti i Paesi determina la **necessità di un approccio molto più integrato dei servizi e delle strutture digitali**, al fine di attuare delle **politiche di decarbonizzazione** efficaci.

Secondo lo **Smart City Index 2024**, le uniche tre città italiane considerate nell'analisi hanno perso molte posizioni rispetto all'anno precedente: Bologna (-27), Milano (-9), Roma (-11). Questo ci spinge a **interrogarci sull'efficacia delle attuali manovre** per la digitalizzazione del nostro contesto urbano.

I PED come abilitatori della transizione digitale

I **distretti energetici positivi (Positive Energy District)** sono delle aree urbane **efficienti e flessibili** dal punto di vista energetico, che producono **zero emissioni nette di gas serra** e **gestiscono attivamente la produzione di energia** rinnovabile, autoconsumandola e/o cedendola alla rete quando in eccesso.

Tali distretti fanno parte del «Strategic Energy Technology (SET) Plan» europeo e contribuiranno a **raggiungere gli obiettivi** in termini di **decarbonizzazione**, aumentando parallelamente la qualità della vita nelle città europee.

L'obiettivo Europeo di realizzare **100 PED al 2025** risulta già ad un ottimo punto, anche se **l'Italia fa ancora fatica** ad implementare queste tipologie di sistemi nelle città e dovrebbe partecipare più attivamente alle prossime iniziative di digitalizzazione dei propri distretti.

Le sfide tecnologiche per la decarbonizzazione del sistema urbano

Esiste un'ampia varietà di soluzioni digitali per la decarbonizzazione, che coinvolgono in prima linea i cittadini, le loro scelte e richiedono lo sviluppo di un know-how tecnologico in ambito di **sistemi IoT** e di **tecniche per la gestione dell'AI** non indifferente.

I **costi in gioco** e la **complessità tecnica** possono fungere da principali barriere all'integrazione di tali sistemi, ma con un **approccio pragmatico e integrato** si possono ottenere **risultati soddisfacenti** e metterci al passo con i target di decarbonizzazione delle politiche comunitarie.

Le città digitali

L'origine della digitalizzazione urbana integrata

Il concetto di **città digitale** si sviluppa nei primi anni del 2000 ed indica una **città connessa in rete**, dotata di **piattaforme tecnologiche** per la gestione di informazioni e **comunicazioni** in grado di abilitare l'**Internet of Things** e grazie alle quali è possibile offrire **nuovi servizi ai cittadini** e **nuove funzionalità per la gestione dell'ambiente urbano**.

Una **smart city** nasce originariamente come un sistema complesso che utilizza le **infrastrutture digitali** e di **comunicazione** per gestire sistemi come il controllo del traffico, i parcheggi, l'illuminazione e molti altri.

I due concetti sono **strettamente collegati e, di fatto, imprescindibili**: una città non può dirsi smart senza essere contemporaneamente digitale.

La **Commissione Europea** sottolinea l'importanza dello sviluppo di una smart city secondo alcune aree principali:

- Reti di trasporto urbano intelligenti
- Miglioramento dell'approvvigionamento idrico e delle strutture per lo smaltimento dei rifiuti
- Modi più efficienti per illuminare e riscaldare gli edifici
- Amministrazione cittadina più interattiva e reattiva
- Spazi pubblici più sicuri

Le città digitali

Smart City Index 2024

Ogni anno, l'Institute of Management Development (IMD) realizza e pubblica lo «**Smart City Index**», che tiene conto di vari criteri e dei servizi a disposizione per i cittadini al fine di analizzare le principali città al mondo e la loro capacità di evolversi ed integrarsi in ambito «smart».

Su **142 città** analizzate nel report del 2024, solo **3 città italiane** mostrano uno sviluppo digitale considerevole: **Bologna, Milano e Roma**.

	Posizione
Bologna	78°
Milano	91°
Roma	133°

Smart City Index 2024 – Top 20

1. Zurigo	6. Copenhagen	11. Stoccolma	16. Taipei City
2. Oslo	7. Losanna	12. Dubai	17. Seoul
3. Canberra	8. Londra	13. Pechino	18. Amsterdam
4. Ginevra	9. Helsinki	14. Amburgo	19. Shanghai
5. Singapore	10. Abu Dhabi	15. Praga	20. Hong Kong

Le città digitali

La sfida dell'integrazione dei Positive Energy Districts (PED)

Un **Positive Energy District (PED)** è un quartiere urbano ad emissioni zero di CO₂, che risulta **autosufficiente dal punto di vista energetico** e, contemporaneamente, svolge un ruolo importante anche nel produrre energia in eccesso da poter reimmettere in rete, grazie all'uso di fonti di energia rinnovabile.

Per fare ciò, un distretto energetico urbano sfrutta **l'integrazione fra edifici, rete energetica, utenti, mobilità e sistemi IT** per unire alcuni obiettivi principali: aumentare l'efficienza energetica, diminuire le emissioni di gas serra e creare valore aggiunto per i cittadini.

Vantaggi	Svantaggi e sfide	Esempi
Ambientali: riduzione delle emissioni di CO ₂ e maggiore utilizzo di energie rinnovabili.	Costi iniziali elevati: le tecnologie avanzate e le infrastrutture richiedono investimenti significativi.	Seestadt Aspern, Vienna (Austria): utilizza energia solare e sistemi di accumulo per alimentare edifici a basse emissioni.
Sociali: coinvolgimento dei cittadini attraverso modelli partecipativi e accesso a soluzioni energetiche economicamente sostenibili.	Complessità normativa: le normative attuali spesso non supportano appieno la decentralizzazione energetica.	Brunnshög, Lund (Svezia): combina energia solare, eolica e geotermica con un'innovativa rete di teleriscaldamento e raffreddamento.
Economici: possibilità di risparmio energetico e creazione di nuove opportunità economiche locali.	Accettazione sociale: richiede il coinvolgimento attivo e la fiducia dei cittadini.	Helsinki Smart Kalasatama (Finlandia): unisce soluzioni di smart grid e partecipazione dei cittadini per gestire consumi e produzione.
Energetici: aumento dell'autosufficienza e riduzione della dipendenza da fonti esterne.	Gestione integrata: difficoltà nel coordinare diversi attori e tecnologie.	

Le città digitali

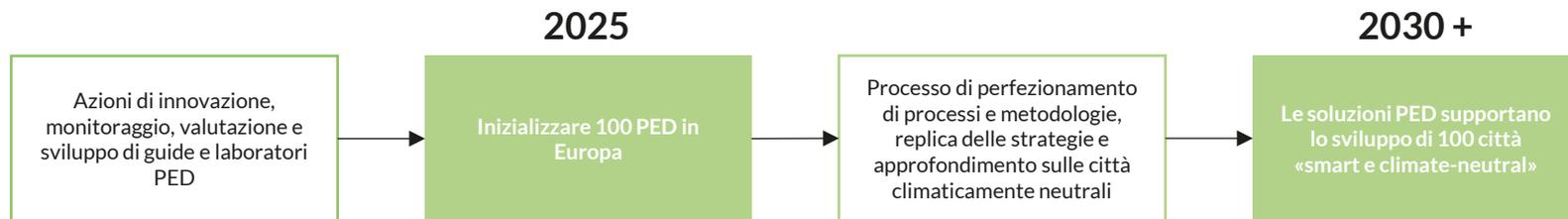
Positive Energy Districts: le sperimentazioni in UE

Il gruppo di lavoro europeo per l'implementazione dei distretti a energia positiva per lo sviluppo urbano sostenibile (PED) è stato istituito nell'**ottobre 2018**. Viene sostenuto da molti dei Paesi europei, con i **rispettivi programmi nazionali** di ricerca e innovazione (R&I) e reti di città europee, R&I e industria.

Contribuendo agli ambiziosi obiettivi del **Piano Strategico europeo per le Tecnologie Energetiche (SET)** (Piano SET Azione 3.2), il programma **Urban Europe sui PED**, chiamato «Distretti e quartieri a energia positiva per lo sviluppo urbano sostenibile», ha l'ambizione di supportare la pianificazione, la diffusione e l'implementazione di **100 distretti a energia positiva in tutta Europa entro il 2025**.

Al progetto hanno aderito inizialmente **20 Stati membri dell'UE** (poi diventati 28) ed è stato condotto da JPI Urban Europe, coinvolgendo le parti interessate delle reti di finanziamento della ricerca e dell'innovazione, delle città, dell'industria, degli organismi di ricerca e delle organizzazioni di cittadini.

I distretti energetici positivi aumenteranno la **qualità della vita nelle città europee**, contribuiranno a raggiungere gli obiettivi europei in termini di decarbonizzazione e miglioreranno le capacità e le conoscenze europee per diventare un modello globale.



Le tecnologie abilitanti la digitalizzazione

Gli ambiti applicativi della digitalizzazione (1/2)

Gli ambiti applicativi	
Recupero rifiuti	Tecnologie digitali adatte all'ottimizzazione della raccolta, alla riduzione degli spazi e alla pianificazione intelligente per la gestione dei rifiuti.
Smart lighting	Sistemi di illuminazione, sia stradale che architettonica, intelligenti ed efficienti che si adattano alle condizioni del contesto urbano.
Gestione dati e connettività	Espansione e diffusione dei sistemi di condivisione, analisi e utilizzo dei dati urbani.
Sviluppo App	Integrazione dei principali servizi e sistemi comunicativi tramite app dedicate e facilmente utilizzabili.
Sistemi idrici	Utilizzo di sensori IoT, algoritmi di machine learning e tecnologie digitali per gestire la rete idrica, prevedere guasti, analizzare i dati meteorologici e anticipare fenomeni di scarsità o eccesso.

Le tecnologie abilitanti la digitalizzazione

Gli ambiti applicativi della digitalizzazione (2/2)

Elenco di alcuni esempi dei principali sistemi digitali attualmente in sviluppo nelle aree urbane, con vantaggi e criticità:

Tecnologie digitali in ambito urbano

		Vantaggi	Criticità
Guida autonoma per la raccolta rifiuti	Veicoli dotati di intelligenza artificiale e sensori che possono pianificare autonomamente i percorsi di raccolta in base ai dati trasmessi dai cassonetti intelligenti.	<ul style="list-style-type: none">• Riduce i tempi di percorrenza.• Risponde rapidamente a variazioni nei volumi di rifiuti.	<ul style="list-style-type: none">• Costi elevati• Personale tecnico specializzato.
Illuminazione LED connessa	Lampioni a LED integrati con sistemi di comunicazione (Wi-Fi, LoRaWAN, Zigbee) per il controllo remoto.	<ul style="list-style-type: none">• Alta efficienza energetica.• Possibile regolare l'intensità luminosa.• Facilità di monitoraggio.	<ul style="list-style-type: none">• Costi iniziali elevati.• Infrastrutture di rete affidabili.• Rischi legati alla cyber-sicurezza.
Espansione e diffusione del Wi-Fi free	Creazione e disponibilità crescente di reti Wi-Fi accessibili al pubblico senza costi diretti.	<ul style="list-style-type: none">• Connessione Internet per tutti.• Facilitazione dell'accesso a servizi digitali pubblici.	<ul style="list-style-type: none">• Rischi legati alla cyber-sicurezza• Problemi di copertura e velocità.• Necessità di infrastrutture e gestione continua della rete.
Comunicazione dati di zona a singolo edificio	Strumenti tecnologici progettati per ottimizzare la gestione e la condivisione delle informazioni all'interno di un edificio.	<ul style="list-style-type: none">• Notifiche in tempo reale su consumo energetico o guasti.• Interfacce centralizzate.• Automatizzazione processi.	<ul style="list-style-type: none">• Configurazione iniziale complessa.• Problemi di compatibilità.• Rischi legati alla cyber-sicurezza.
Sistemi di raccolta e riutilizzo delle acque piovane integrati	Integrazione di tecnologie per la raccolta, il filtraggio e il riutilizzo delle acque piovane in contesti urbani, gestiti tramite sensori e software.	<ul style="list-style-type: none">• Riduzione della domanda di acqua potabile per usi non potabili.• Mitigazione del rischio di inondazioni.• Minore pressione sulle infrastrutture.	<ul style="list-style-type: none">• Limitazioni nei periodi di bassa piovosità.• Costi significativi.• Necessità di manutenzione periodica.

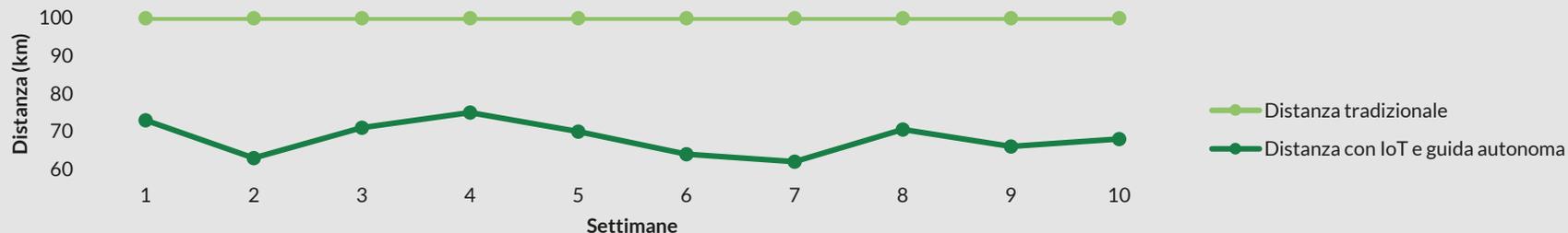
Box: Le tecnologie digitali per il recupero rifiuti

L'adozione di tecnologie di guida autonoma e IoT per il recupero dei rifiuti urbani può portare a riduzioni significative dei consumi e delle emissioni di CO2.

Ad esempio, sistemi con sensori di riempimento e pianificazione intelligente dei percorsi hanno ridotto del 29% le distanze percorse dai camion per la raccolta in città come Lisbona. Inoltre, l'ottimizzazione dei giri di raccolta evita il trasporto inutile, riducendo l'uso di carburante (circa del 30%) e le emissioni associate (fino al 25% in meno).

Nel grafico è mostrato un esempio delle distanze percorse per la raccolta rifiuti in 10 settimane, sia in maniera tradizionale che con l'implementazione delle tecnologie digitali menzionate.

Le analisi simulano benefici particolarmente elevati nei contesti in cui i veicoli operano con alimentazione elettrica o ibrida e, sebbene promettenti, le implementazioni su larga scala risultano ancora limitate da costi e infrastrutture,



Fonti: ITS Deployment Evaluation; MIT-IBM Watson AI Lab; Waste management 2.0 leveraging internet of things for an efficient and eco-friendly smart city solution, 2024.

Le tecnologie abilitanti la digitalizzazione

L'ambito mobilità

Uno dei settori chiave per la qualità della vita dei cittadini è rappresentato dalla **mobilità**.

Infatti all'interno di una città digitale, soprattutto grazie a una rete di infrastrutture di ricarica in continua espansione ed evoluzione, si **favorisce lo sviluppo della mobilità elettrica**, con conseguenti effetti quali strade più pulite e meno rumorose.

Visto la grande quantità di tecnologie digitali afferenti a tale macro-ambito, alcune soluzioni sono state raggruppate per settore di applicazione:

- **Urbanistica**: soluzioni digitali che si applicano principalmente a livello stradale e riguardano la mobilità nello spazio urbano nel suo complesso.
- **Veicolo**: tecnologie digitali che riguardano direttamente i veicoli che circolano, le loro interazioni con l'ambiente e le possibilità di decarbonizzazione del parco mezzi.
- **Informazioni**: sistemi informativi e gestionali che, comunicando fra loro e/o con gli utenti, possano garantire la condivisione di dati utili.

Urbanistica

- Mobilità individuale integrata
- Semafori intelligenti
- Smart parking

Veicolo

- Guida autonoma
- Sviluppo tecnologie V2G
- Smart charging

Informazioni

- Ottimizzazione rotte trasporti pubblici/commerciali
- Concentrazione di inquinamento per zone/strade

Le tecnologie abilitanti la digitalizzazione

Urbanistica: l'approccio digitale all'ecosistema stradale



Mobilità
individuale
integrata



Semafori
intelligenti



Smart parking



Guida autonoma



Sviluppo V2G



Smart Charging



Ottimizzazione
rotte
commerciali



Concentrazione
di inquinamento
per zone/strade

Approccio in cui diversi mezzi di trasporto possono essere connessi e coordinati per garantire spostamenti più efficienti e sostenibili, supportati dalla possibilità di sfruttare sensori, algoritmi di intelligenza artificiale e connessioni a reti di dati per ottimizzare i flussi veicolari e pedonali e garantire l'ottimizzazione della gestione dei parcheggi.

Vantaggi

- Efficienza e flessibilità
- Accessibilità migliorata
- Riduzione della congestione stradale
- Riduzione dell'inquinamento
- Miglioramento della sicurezza stradale
- Ottimizzazione degli spazi
- Miglioramento traffico urbano
- Pagamento digitale e trasparenza
- Riduzione impatto ambientale

Svantaggi e sfide

- Dipendenza dalla tecnologia
- Costi infrastrutturali elevati
- Problemi di interoperabilità
- Problemi di compatibilità
- Manutenzione complessa
- Accesso limitato per alcuni utenti
- Potenziale esclusione digitale

Le tecnologie abilitanti la digitalizzazione

Veicolo: la gestione intelligente



Mobilità
individuale
integrata



Semafori
intelligenti



Smart parking



Guida autonoma



Sviluppo V2G



Smart Charging



Ottimizzazione
rotte
commerciali



Concentrazione
di inquinamento
per zone/strade

Tecnologie basate su una combinazione di sensori, intelligenza artificiale, software avanzati di elaborazione dati e mappe digitali per gestire la guida autonoma del veicolo, la sua ricarica rapida e lo scambio intelligente di energia elettrica verso la rete.

Vantaggi

- Riduzione del traffico, dei posteggi e dei costi di trasporto
- Miglioramento della sicurezza stradale
- Integrazione con il trasporto pubblico
- Maggiore efficienza nel traffico
- Ottimizzazione delle risorse (e.g. veicoli come gen. di emergenza)
- Promozione dell'innovazione tecnologica
- Integrazione con energie rinnovabili
- Monitoraggio e controllo remoto

Svantaggi e sfide

- Problemi di cyber security
- Problemi etici e di pubblica sicurezza
- Affidabilità della tecnologia e dipendenza dalla connettività
- Accettazione sociale
- Disponibilità dei veicoli
- Sovraccarico della rete elettrica
- Carichi elettrici improvvisi

Le tecnologie abilitanti la digitalizzazione

Informazioni: la condivisione nell'ambito mobilità



Mobilità
individuale
integrata



Semafori
intelligenti



Smart parking



Guida autonoma



Sviluppo V2G



Smart Charging



Ottimizzazione
rotte commerciali



Concentrazione
di inquinamento
per zone/strade

Processo che utilizza strumenti e tecniche avanzate, come software di gestione delle flotte, analisi dei dati e algoritmi di pianificazione, per determinare i percorsi migliori che minimizzano i costi e riducono i tempi e per monitorare in tempo reale i livelli di inquinanti atmosferici (come PM10, PM2.5, NOx, CO2, e ozono) in specifiche aree, come strade, quartieri o zone urbane.

Vantaggi

- Riduzione costi operativi
- Riduzione significativa delle emissioni CO2 derivanti dal commercio
- Riduzione tempi di consegna e aumento dell'efficienza
- Maggiore capacità di risposta a esigenze di mercato
- Riduzione degli sprechi
- Precisione localizzata
- Supporto alla pianificazione urbana
- Integrazione con altre tecnologie

Svantaggi e sfide

- Costi iniziali elevati
- Criticità a livello geopolitico
- Limite predittivo
- Flessibilità limitata
- Resistenza al cambiamento
- Manutenzione continua
- Complessità tecnica
- Possibile mancanza di standardizzazione

Box: Lo smart charging e il V2G

Secondo uno studio⁽¹⁾ su rete urbana che prende in analisi il mix energetico previsto e la domanda totale del Regno Unito per gli anni 2030 e 2040, l'adozione dello smart charging permetterebbe una diminuzione del consumo energetico totale, con conseguente riduzioni associate fra il 12 e il 22%, grazie alla gestione dinamica della potenza di ricarica in base alla domanda complessiva della rete e all'integrazione di Vehicle-to-Grid (V2G).

Più in generale⁽²⁾, l'utilizzo di strategie di smart charging può ridurre le emissioni di CO₂ associate ai veicoli elettrici fino al 30% rispetto alla ricarica tradizionale non controllata.

Questa riduzione deriva dall'ottimizzazione dei tempi di ricarica, allineandoli con i periodi di maggiore disponibilità di energia rinnovabile e con minore impronta di carbonio nella rete elettrica

Scenari di riferimento ⁽¹⁾	Emissioni di CO ₂ (%) rispetto al caso senza EV
Giorno estivo tipico (2030)	- 21,6
Giorno estivo tipico (2040)	- 12

(1) Electric vehicle Carbon footprint reduction via intelligent charging strategies, 2019.

(2) A Comprehensive Review of Smart Charging Strategies for Electric Vehicles and Way Forward, 2024.



La sostenibilità dell'intelligenza artificiale

CAP.

04



Le sfide per la decarbonizzazione dell'AI

Attualmente, l'intelligenza artificiale richiede una notevole quantità di elettricità. In particolare, circa l'80-90% del consumo complessivo deriva dal diretto utilizzo dei modelli di AI generativa, poiché eseguiti milioni di volte al giorno, a differenza del training che è un processo una tantum. Per comprendere la portata del fenomeno, basta pensare che **una singola query su un modello AI può consumare dieci volte più energia rispetto a una normale ricerca sul web.**

Se alimentata da fonti non rinnovabili, **questa domanda crescente di energia rischia di avere un impatto ambientale significativo**, contribuendo alle emissioni globali di CO₂.

L'impatto ambientale dell'AI

I consumi energetici associati ai modelli AI si traducono in emissioni di CO₂ che dipendono fortemente dalla fonte energetica utilizzata nei data center e dall'efficienza complessiva del modello. Un esempio rilevante è PaLM di Google, che ha registrato emissioni più basse rispetto ad altri modelli, nonostante un consumo energetico più elevato, grazie all'utilizzo di energia proveniente da fonti rinnovabili.

La stima dei consumi energetici e le emissioni di CO₂ nella fase di inferenza di un modello LLM evidenzia come **l'utilizzo su larga scala di queste tecnologie**, come nel caso della redazione di report analitici, **comporti un impatto significativo in termini di consumi elettrici ed emissioni**. I risultati di un modello di stima realizzato per questo report registrano un consumo di circa 150-200 kWh, con emissioni di CO₂ pari a 55 Kg. Questi dati sottolineano la necessità di adottare fonti energetiche rinnovabili per decarbonizzare l'uso dell'intelligenza artificiale, in particolare in vista di un suo impiego sempre più diffuso.

La necessità di efficientare i modelli di AI generativa

Per bilanciare i benefici dell'intelligenza artificiale con il suo impatto energetico, sono necessarie strategie di mitigazione su più livelli. A livello algoritmico, tecniche come il pruning, la quantizzazione e il gradient checkpointing permettono di ridurre i calcoli richiesti senza comprometterne la precisione.

A livello hardware, l'utilizzo di architetture **più efficienti e di dispositivi ottimizzati** consente di abbassare i consumi energetici. Inoltre, l'adozione di strategie operative, come il carbon-aware scheduling, che pianifica le esecuzioni dei modelli AI in base alla disponibilità di energia rinnovabile, può contribuire in modo significativo alla riduzione delle emissioni di carbonio. **Queste azioni sono essenziali per rendere sostenibile l'utilizzo sempre più diffuso dei modelli AI, riducendo i costi computazionali e l'impatto ambientale associato.**

Introduzione all'AI

I principali modelli di Generative AI

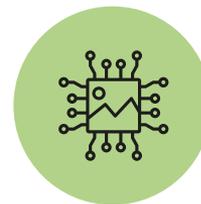
L'AI generativa è una branca dell'intelligenza artificiale che permette di **creare nuovi contenuti** partendo da dati esistenti. Questa tecnologia sfrutta modelli avanzati come i **Large Language Models (LLM)**, capaci di comprendere e generare testi complessi, e i **Multimodal/Image Generative Models**, che combinano input

diversi, come testo e immagini, per produrre contenuti visivi o multimediali. Questi strumenti aprono infinite possibilità creative e operative in diversi settori (e.g.: scrittura assistita, generazione di immagini e design grafico, creazione di contenuti multimediali immersivi, sviluppo di chatbot e assistenti virtuali).



Large Language Models (LLM)

I **Large Language Models** sono reti neurali profonde con **miliardi di parametri**, progettate per **comprendere e generare linguaggio umano in modo naturale**. Addestrati su grandi quantità di testo, accumulano una vasta conoscenza linguistica che consente loro di **rispondere a domande, generare testi, tradurre e svolgere compiti complessi** come scrittura creativa o sintesi di documenti.



Multimodal or Image Generative Models

I **Multimodal or Image Generative Models** si distinguono per la capacità di creare **contenuti complessi basati su input eterogenei, come testo, immagini o una combinazione di entrambi**. Questo li rende estremamente versatili e potenti per applicazioni di **creatività assistita**, come la generazione di immagini da descrizioni testuali, l'editing visivo avanzato e la creazione di contenuti immersivi.

Il ciclo di vita dei modelli AI

Addestramento e utilizzo

I modelli di AI generativa nel loro ciclo di vita sono caratterizzati da due fasi principali: il **training** e l'**inference**.

PRIMA FASE



Training

La prima fase è detta di **addestramento** (o training), nella quale i modelli di deep learning richiedono **discrete quantità di dati e risorse computazionali per apprendere**.

SECONDA FASE



Inference

La seconda è quella di **inferenza** (utilizzo dei modelli), in cui il modello servendo milioni di utenti ogni giorno registra un **fabbisogno energetico elevato**. È in quest'ultima fase che il consumo energetico del modello di intelligenza artificiale risulta essere particolarmente energivoro.

Il ciclo di vita dei modelli AI

Addestramento e utilizzo

Il **training** dei modelli di AI generativa consiste **nell'ottimizzazione dei parametri su enormi dataset**, richiedendo un **lungo periodo di tempo** e un **notevole consumo energetico**.

Durante la **fase di inferenza**, i modelli utilizzano ciò che hanno

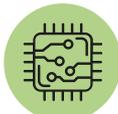
appreso per generare risposte o testi. Sebbene richiedano meno risorse rispetto al training, **l'uso frequente su larga scala comporta un consumo energetico significativo**, rendendo **fondamentale ottimizzare l'efficienza delle esecuzioni**.

Training	Inference
Ottimizzazione dei parametri su enormi dataset Il modello analizza grandi quantità di dati aggiustando continuamente i parametri per migliorare le prestazioni.	Modello addestrato per generare output Il modello risponde a una domanda o genera un testo a partire da un prompt, sfruttando ciò che ha imparato durante il training.
Processo di lunga durata Il processo di training del modello ha una durata variabile (settimane/mesi) in base al tipo di modello e dati.	Consumo globale elevato L'inferenza richiede meno risorse rispetto all'addestramento, ma i modelli LLM vengono eseguiti milioni di volte al giorno.
Consumi e emissioni elevati Sono necessari migliaia di kilowattora di elettricità, se generati da fonti fossili causa l'emissione di tonnellate di CO ₂ .	Ottimizzazione dell'inferenza Migliorare l'efficienza dei servizi di AI che gestiscono volumi elevati di richieste in tempo reale è cruciale per ridurne i consumi.

Impatto ambientale dell'AI

Consumo energetico

Creare **stime accurate dell'uso di energia e delle emissioni di carbonio dei sistemi di AI** nel corso della loro vita è un'operazione **complessa** dal momento che questi calcoli dipendono da molti fattori riportati di seguito.



Specifiche tecniche dei chip utilizzati

L'efficienza energetica dei chip dipende dalla loro potenza, processo produttivo e ottimizzazione termica.



Design dei data center

Un design ottimizzato migliora l'efficienza, riducendo sprechi energetici tramite una migliore gestione del flusso d'aria e del raffreddamento.



Workload

La complessità e il volume del carico di lavoro influenzano direttamente il consumo di risorse.



Sistemi di raffreddamento

Sistemi efficienti, come il raffreddamento ad aria, a liquido o immersione, riducono i consumi energetici necessari per dissipare il calore prodotto dai dispositivi.



Software

Codici e modelli ben ottimizzati riducono le operazioni computazionali e il consumo energetico.



Fonte dell'elettricità utilizzata

L'utilizzo di fonti rinnovabili permette di ridurre le emissioni di carbonio rispetto ai combustibili fossili.

Impatto ambientale dell'AI

Il consumo energetico del training

Il fabbisogno di energia per mantenere le infrastrutture di calcolo dell'AI si traduce in **una grande richiesta di data center** che **funzionino ininterrottamente** e richiedano **sistemi di raffreddamento intensivo**. I data center sono i **diretti responsabili del consumo energetico** legato all'addestramento e all'utilizzo dell'AI.

Per quanto riguarda l'ammontare di **energia consumata per l'addestramento** di un modello AI, esso dipende dalla **durata complessiva del training**, espressa in ore, e dal **numero di processori utilizzati**.

$$\text{Energia Consumata Training AI [MWh]} = \text{Ore di Training [h]} * \text{N}^\circ \text{ Processori} * \text{Potenza Media Processore [MW]} * \text{PUE}$$

Ogni processore possiede una potenza media che varia in base alle sue caratteristiche tecniche. L'effettiva quantità di energia necessaria per la fase di training è legata inoltre al valore del **Power Usage Effectiveness (PUE)**. Esso rappresenta un indicatore che misura l'efficienza energetica di un data center. È calcolato come il

rapporto tra l'energia totale consumata dal data center (inclusi sistemi di supporto come raffreddamento e alimentazione) e l'energia utilizzata esclusivamente per alimentare i dispositivi IT (server, processori, ecc.).

Impatto ambientale dell'AI

Case Study: i consumi e le emissioni per il training

Di seguito vengono riportati i dati relativi alla fase di addestramento di tre modelli di intelligenza artificiale: **GPT-3 (Open AI)**, **Llama 2 (Meta)** e **PaLM (Google)**. Per ciascun modello sono riportati il **numero di parametri**, che ne indica la complessità, l'**energia consumata** durante il training e le **emissioni di CO₂** associate. Si osserva che **a una maggiore complessità, corrisponde**

un maggiore consumo energetico. Tuttavia, il modello di Google ha registrato minori emissioni di CO₂, nonostante il maggior consumo energetico, grazie all'utilizzo di elettricità da fonti rinnovabili. Per quantificare più precisamente i significativi consumi registrati durante la fase di training, vengono forniti degli esempi di consumi equivalenti per ciascun modello AI.

GPT 3

175 mld di parametri
355 h di training
1.287 MWh consumati
552 t CO₂ emesse



1.287 MWh corrispondono a:



Consumo **annuo** di circa
260 famiglie



~18 viaggi a/r Milano - Roma
con un Frecciarossa

Llama 2⁽¹⁾

70 mld di parametri
Ore di training **N.D.**
688 MWh consumati
291,4 t CO₂ emesse



688 MWh corrispondono a:



Illuminazione di un quartiere
per circa un mese



Consumo **mensile** di un centro
commerciale

PaLM

540 mld di parametri
1.526 h di training
3.436 MWh consumati
271,4 t CO₂ emesse



3.436 MWh corrispondono a:



Un mese di produzione di
un grande impianto industriale



Consumo **mensile** di un quartiere
di circa 10.000 abitanti

(1) sono state rilasciate 3 versioni per offrire flessibilità agli sviluppatori e adattarsi a diversi casi d'uso, è stata considerata la versione con le prestazioni maggiori.

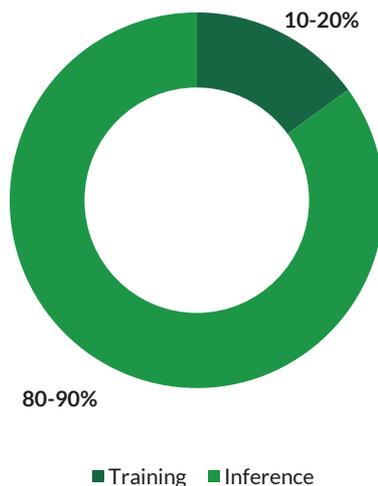
Impatto ambientale dell'AI

Consumo energetico dell'inferenza

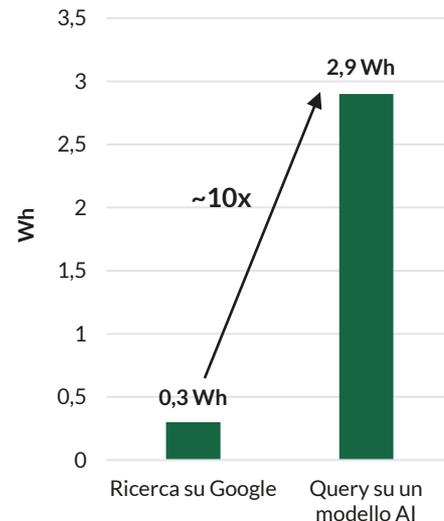
Studi dimostrano che i costi energetici dell'AI derivano principalmente dall'utilizzo dei modelli, ossia dall'inferenza, che rappresenta l'80-90% del workload nei data center, rispetto al 10-20% dell'addestramento. Infatti, il training di un modello AI comporta un costo una tantum, mentre il suo utilizzo continua a consumare energia nel tempo, perciò la maggior parte dei consumi del modello si concentrano in questa fase.

Ciò è dovuto al fatto che in media l'interazione con un modello LLM richiede un consumo energetico di circa dieci volte superiore rispetto a quello necessario per una normale ricerca sul web. Prendendo come riferimento il caso di ChatGPT, il quale supera il miliardo di visite mensili, il suo consumo energetico stimato è di almeno **2,9 GWh al mese**. Una quantità simile di energia sarebbe sufficiente per coprire i fabbisogni energetici mensili di circa **7.000 famiglie italiane**.

Energia consumata dai modelli AI durante la loro vita



Confronto tra l'energia richiesta per una ricerca sul web e un'interazione con un modello AI



Fonte: Centre for Data Innovation, S&P Global.

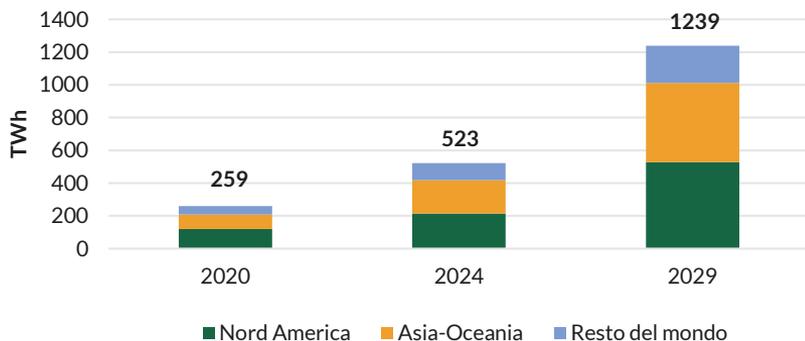
Impatto ambientale dell'AI

Consumo energetico ed emissioni

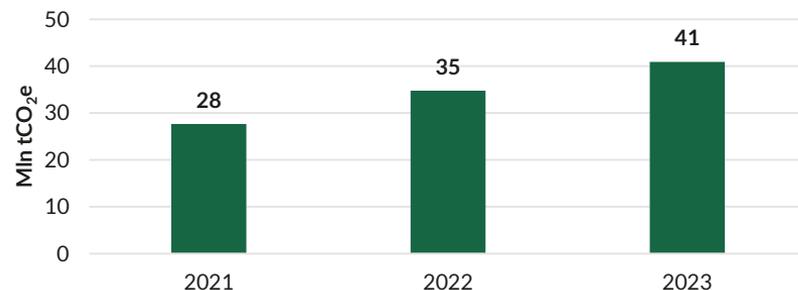
I dati storici indicano che la **domanda di energia dei data center è raddoppiata tra il 2020 e il 2024** e si prevede **possa più che raddoppiare (+137%) entro il 2029**. Questo aumento è trainato principalmente dalla **crescente richiesta di energia per supportare l'uso sempre più diffuso di modelli di intelligenza artificiale**. A livello globale, la **domanda aggiuntiva di energia per i data center legati all'AI sarà stimata in 716 TWh tra il 2024 e il 2029**. Negli

ultimi anni, le emissioni di CO₂ delle aziende che gestiscono o affittano data center sono aumentate. In particolare, **le emissioni indirette classificate come Scope 2, ovvero quelle derivanti principalmente dall'energia acquistata, sono aumentate del 48% tra il 2021 e il 2023** nelle aziende che si occupano di elaborazione dati. Prevedere le future emissioni risulta invece complesso poiché dipende dal mix energetico del paese ospitante i data center.

Domanda di energia dei data center per l'AI



Emissioni Scope 2 per aziende di elaborazione dati



Fonte: S&P Global

Impatto ambientale dell'AI

Le azioni di mitigazione

Efficientare il consumo energetico dei modelli di intelligenza artificiale è fondamentale, dato il loro crescente utilizzo. Diverse tecniche algoritmiche possono migliorare l'efficienza energetica mantenendo prestazioni elevate.

Alcune ottimizzano i calcoli complessivi senza compromettere

l'accuratezza, mentre altre sfruttano modelli già addestrati per generare versioni più leggere e efficienti con una precisione quasi equivalente. Tutte queste tecniche sono utili per ridurre il costo computazionale e, di conseguenza, i consumi e le emissioni di carbonio dei modelli.

Possibili interventi per l'efficientamento di un modello AI

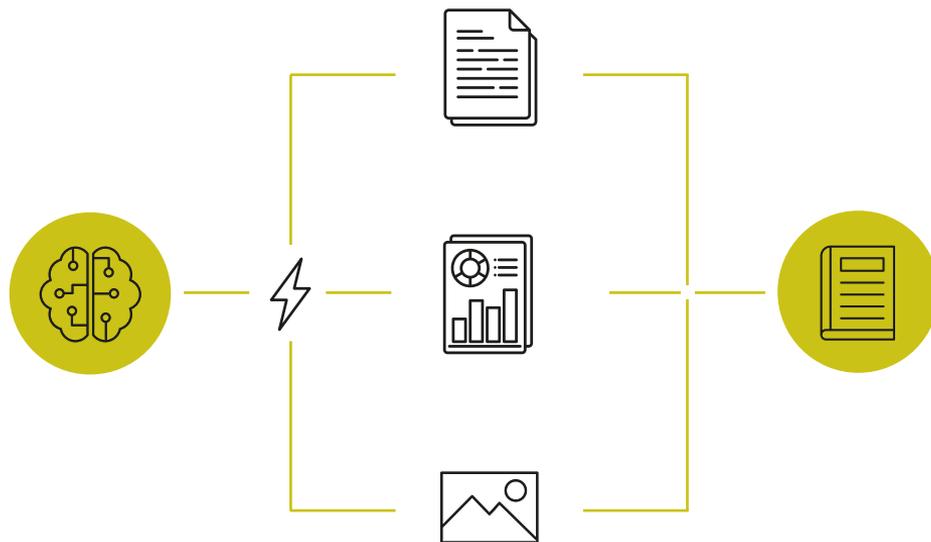
 Pruning	 Hyperparameter Tuning	 Hardware Ottimizzato	 Efficienza dei Dati
 Quantizzazione	 Architetture Efficienti	 Gradient Checkpointing	 Federated Learning e Edge Computing
 Knowledge Distillation	 Adaptive Computation	 Batch Size e Mixed-Precision Training	 Green AI e Carbon-aware Scheduling

Il consumo e le emissioni dell'AI

Un modello per stimare consumi e emissioni

Il modello per la stima dei consumi e delle emissioni dell'inferenza di un'AI generativa si basa sulla simulazione di un caso d'uso reale. È stato ipotizzato di redigere mille report di circa 400 pagine utilizzando un modello AI svolgendo diversi compiti specifici. Fissando la frequenza con cui questi compiti sono eseguiti, è stato calcolato il consumo energetico complessivo necessario per completare i report. Successivamente, questi consumi sono stati tradotti in termini di emissioni di CO₂, stimando così l'impatto ambientale legato all'utilizzo del modello.

Lo stesso approccio è stato applicato ipotizzando di svolgere la stesura di mille romanzi da circa 300 pagine, calcolando i consumi e le emissioni relativi alle attività principali richieste per completarli.



Il consumo e le emissioni dell'AI

Le assunzioni



Classificazione del testo

0,002 Wh

Identificazione e categorizzazione di contenuti testuali, ad esempio per distinguere argomenti.



Classificazione delle immagini

0,007 Wh

Analisi e assegnazione di categorie specifiche a immagini, come il riconoscimento di grafici o figure.



Rilevamento degli oggetti

0,038 Wh

Identificazione e localizzazione di oggetti specifici all'interno di un'immagine o video.



Generazione di testo

0,047 Wh

Creazione di contenuti testuali originali, come articoli, racconti o risposte a domande.



Riassunto del testo

0,049 Wh

Sintesi di contenuti testuali più lunghi in versioni più brevi, preservando le informazioni principali.



Generazione di immagini

2,907 Wh

Creazione di immagini digitali a partire da descrizioni testuali o parametri definiti.

Fonte: Centre for Data Innovation.

Il consumo e le emissioni dell'AI

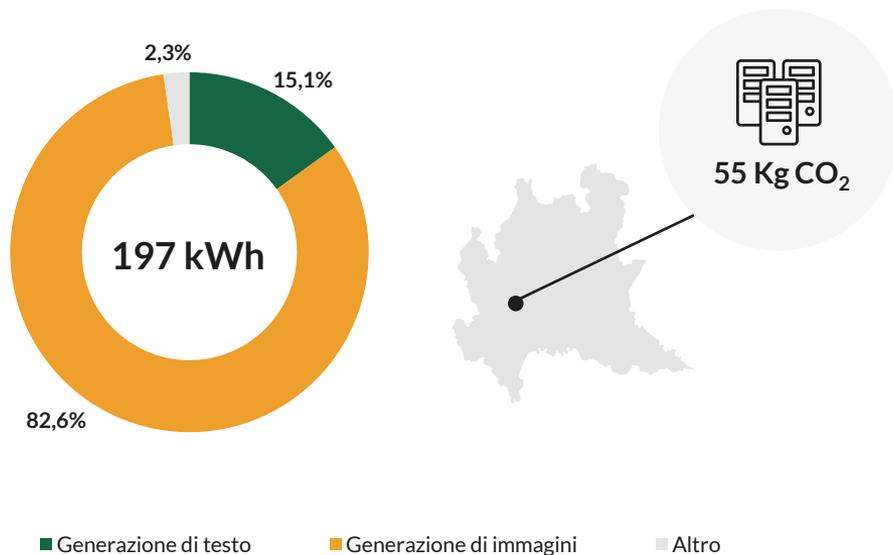
I risultati del modello (1/2)

La stima dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ associati all'utilizzo di un modello AI per la stesura di mille report evidenzia un impatto significativo. **L'energia totale consumata è di 197 kWh, con emissioni pari a 55 Kg di CO₂ se il data center fosse situato in Lombardia.**

La maggior parte dei consumi è attribuibile alla **generazione di immagini**, seguita dalla **generazione di testo**, mentre altre attività come classificazioni, riassunto del testo e rilevamento di oggetti incidono in misura minore.

Per confronto, l'energia necessaria equivale a quella utilizzata da un'auto elettrica per percorrere circa mille chilometri.

Consumi ed emissioni associati all'utilizzo di un modello di AI generativa per la stesura di 1000 report



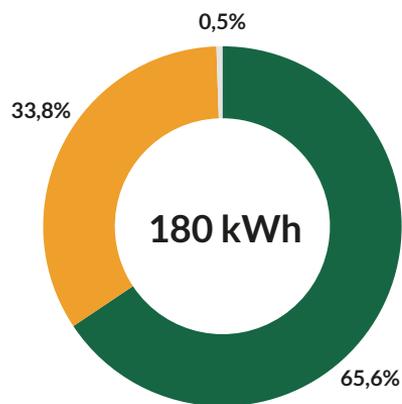
Il consumo e le emissioni dell'AI

I risultati del modello (2/2)

Se ipotizzassimo di scrivere mille romanzi grazie a un modello AI il consumo totale ammonterebbe a circa **180 kWh**, distribuito tra diverse attività, con la **generazione di testo** che rappresenta la quota maggiore, pari a circa il **66%** del totale. Anche la **generazione di immagini**, seppur meno frequente rispetto al caso del report, ha un impatto significativo, costituendo il **33,8%** del consumo complessivo. Le altre attività, come classificazione, rilevamento e riassunto del testo, hanno un peso trascurabile in termini energetici.

Nuovamente, viene ipotizzato che il data center sul quale lavora il modello AI sia situato in Lombardia e dunque a partire dal relativo mix energetico associato è stato stimata la quota emissiva per la stesura dei romanzi.

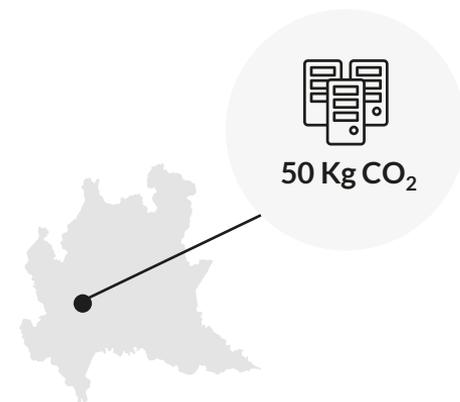
Consumi ed emissioni associate all'utilizzo di un modello di AI generativa per la stesura di 1000 romanzi



■ Generazione di testo

■ Generazione di immagini

■ Altro





Il digitale per la sostenibilità:

l'analisi dei bilanci di sostenibilità delle
aziende MIB ESG

CAP.

05



Messaggi chiave

100% delle emissioni Scope 1 e 2 rendicontate, cresce il focus sulle emissioni Scope 3

Nel 2023, il **100% delle aziende** dell'indice MIB ESG ha reso conto delle proprie emissioni **Scope 1 e Scope 2**, mentre il **95% ha riportato le emissioni Scope 3**, con un aumento del 5% rispetto al 2021. Questo riflette un crescente impegno verso la trasparenza e la sostenibilità.

Quasi il **95% delle emissioni** analizzate proviene da **quattro settori ICB** (industry classification benchmark): Consumer Discretionary, Industrials, Energy e Utilities, evidenziando la necessità di concentrare gli sforzi di decarbonizzazione su queste aree prioritarie.

Aumento della standardizzazione nei bilanci di sostenibilità: 73% adotta un documento autonomo

Il 73% delle aziende elabora il bilancio di sostenibilità come un documento autonomo, separato dai report finanziari. Tra queste, emerge una tendenza verso l'adozione di una nomenclatura specifica, indicativa di una progressiva standardizzazione verso un modello unico.

Inoltre, il 75% delle imprese adotta lo standard «in accordance with GRI standards» per la rendicontazione, registrando un incremento del 5% rispetto all'anno precedente. Questo dato evidenzia un impegno crescente verso una maggiore conformità agli standard ESG.

Crescita della digitalizzazione nelle aziende del MIB ESG: +23% di iniziative

Nel biennio 2023-2024, le aziende dell'indice MIB ESG hanno implementato 902 iniziative digitali, segnando un incremento del 23% rispetto al periodo precedente. Questi progetti si sono focalizzati sull'adozione di tecnologie innovative come IoT, AI e digital twins, con particolare attenzione agli ambiti Operations e Risorse Umane.

In base alle aziende analizzate ed al numero medio di iniziative per azienda, i settori ICB (industry classification benchmark) più attivi sono *Industrials*, con 32 iniziative per azienda, seguito da *Financials* con 27 e *Utilities* con 21. Le iniziative sono per oltre il 60% incentrate su Operations (36%) e Human Resources (35%).

Tuttavia, il crescente numero di iniziative tecnologiche non si traduce in un'adeguata misurazione dell'impatto ambientale: solo il 4% delle attività è rendicontato in termini di emissioni di CO2 effettivamente risparmiate, evidenziando la necessità di un approccio più strutturato alla valutazione dei benefici sostenibili.

Indice MIB ESG

Le aziende dell'indice

Di seguito vengono riportate le 40 aziende appartenenti all'indice MIB ESG all' 8 novembre 2024:

Financials



Utilities



Consumer Discretionary



Energy



Healthcare



IT



Telecommunication



Industrial

FINCANTIERI



nexi

Prysmian Group

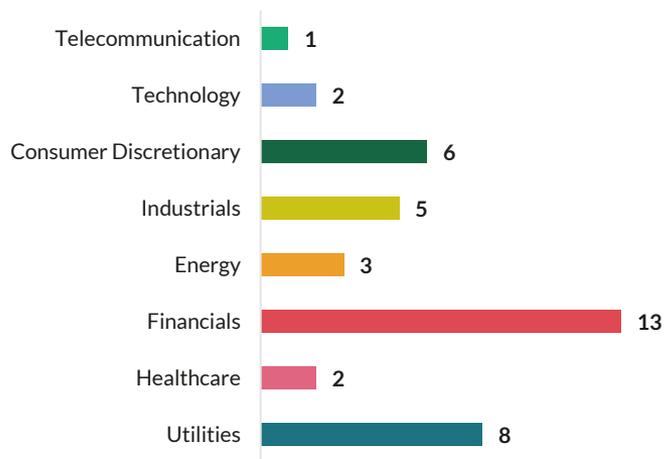


L'indice MIB ESG

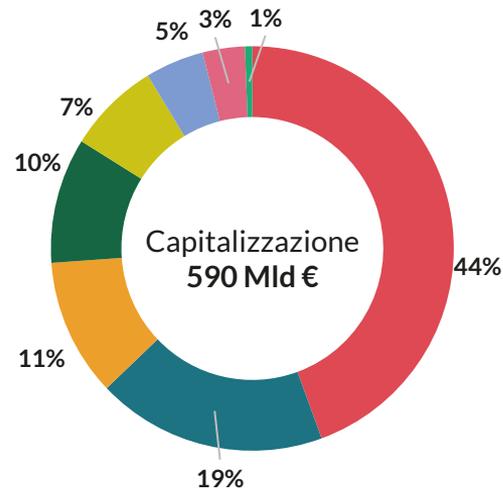
Settori di appartenenza e rilevanza sulla capitalizzazione dell'indice

Con riferimento alla **industry classification benchmark (ICB)** si riporta la rilevanza delle diverse industrie sia come numerosità delle aziende sia come capitalizzazione (aggiornamento all' 8 novembre 2024).

Numero di aziende nell'indice MIB ESG per settore ICB



Capitalizzazione spartita per settori ICB



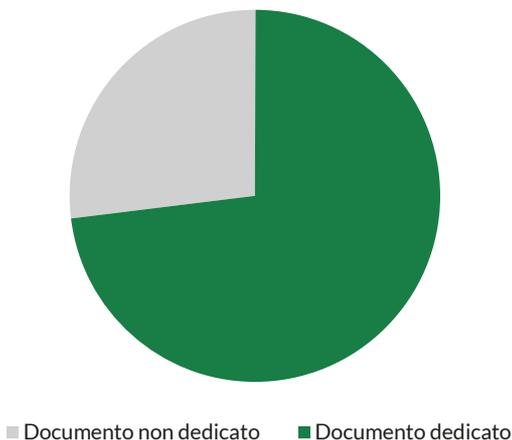
Nota: l'industry classification benchmark è una tassonomia di classificazione del settore lanciata da Dow Jones e FTSE nel 2005 e ora utilizzata da FTSE International e STOXX.

Evidenze dell'analisi

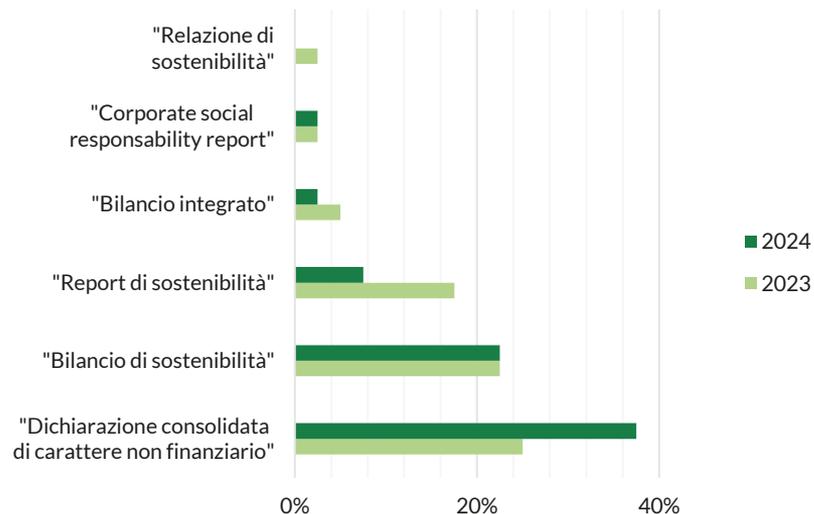
Tipologia di documenti e standard adottati

Il 73% delle aziende (29) redige il proprio bilancio di sostenibilità con un documento a sé stante e ben distinto dai documenti finanziari. Nei casi in cui esiste un documento dedicato il nome più diffuso risulta essere «Dichiarazione consolidata di carattere non finanziario» (38% dei casi).

Tipologia di documento utilizzato dalle aziende nel 2023



Nomenclatura del documento dedicato



Analisi delle emissioni e dei bilanci di sostenibilità

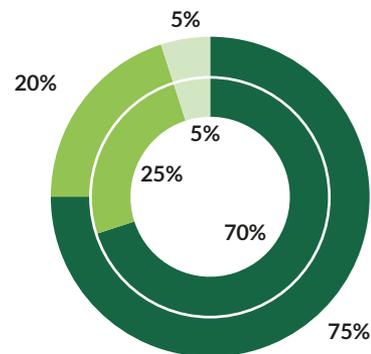
Tipologia di documenti e standard adottati

Tutte le aziende dell'indice fanno riferimento agli standard GRI per la rendicontazione. Il 75% delle aziende analizzate dichiara esplicitamente di aderire agli standard secondo la modalità «in accordance with GRI standards», mentre una quota minoritaria, pari al 5%, opta per la rendicontazione «with reference to GRI standards». La restante parte non specifica chiaramente la modalità di adesione agli standard.

Rispetto all'analisi precedente, si registra un **incremento del 5%** della quota di aziende che adotta la modalità «in accordance», incremento che deriva principalmente dalla diminuzione di pari entità della quota che sceglie la modalità «with reference».

Questo andamento evidenzia un trend positivo verso una **maggiore adesione formale agli standard GRI secondo la modalità più rigorosa**, garantendo così un livello di trasparenza e conformità più elevato. La riduzione della quota «with reference» riflette un'evoluzione nelle pratiche di reporting, con molte aziende che scelgono di impegnarsi nella conformità integrale.

Standard di rendicontazione adottati dalle aziende dell'indice MIB ESG
2023 (ext) 2022 (int)



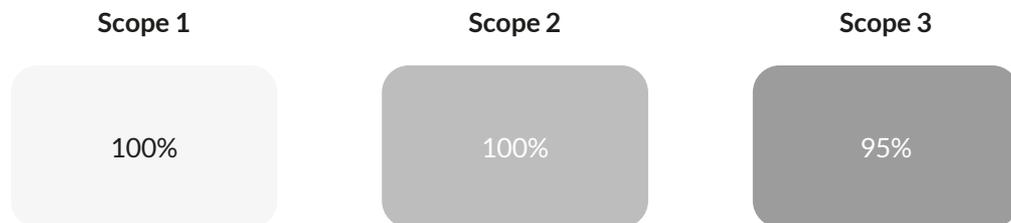
- Aderisce allo standard GRI in modalità "in accordance with"
- Aderisce allo standard GRI in modalità "with reference to"
- Aderisce allo standard GRI, ma non è dichiarata la modalità

Evidenze dell'analisi

Analisi delle emissioni rendicontate

Il 100% delle aziende ha rendicontato sia nel 2022, sia nel 2023 le proprie **emissioni Scope 1** e, utilizzando almeno uno dei due approcci tra **Market-based** e **Location-based**, le proprie **emissioni Scope 2**. Inoltre, per quanto concerne le **emissioni Scope 3**, nel 2023 sono state calcolate dal 95% delle aziende analizzate.

Percentuale di aziende che rendicontano le emissioni di Scope 1, 2 e 3 secondo i diversi approcci (dati 2023)



Il 75% delle aziende analizzate calcola lo scope 2 sia secondo una logica *market-based* che *location-based*.

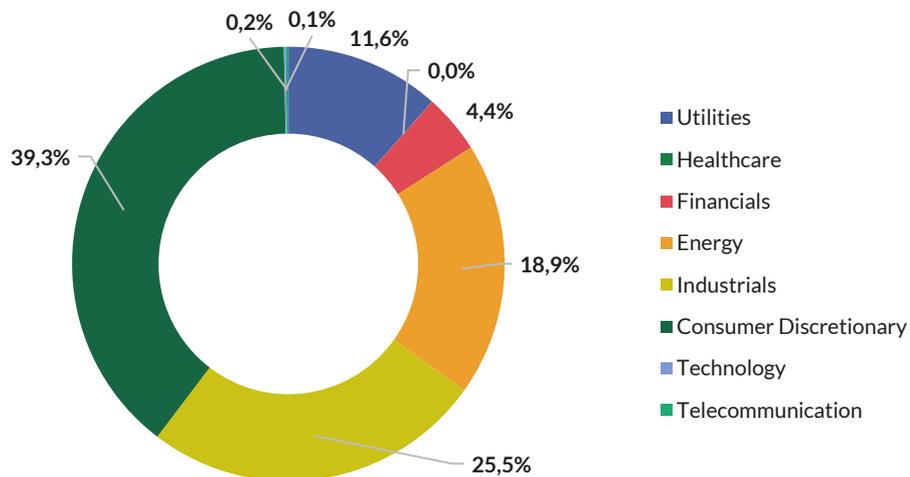
Per il 75% delle aziende dell'indice che riportano le emissioni di SCOPE 3 queste costituiscono la **principale categoria emissiva**.

Analisi delle emissioni e dei bilanci di sostenibilità

Analisi delle emissioni rendicontate

Analizzando la ripartizione delle emissioni complessive dell'indice nel 2023 per settore di appartenenza, è possibile notare che quasi il 95% di queste ultime è prodotto dai quattro settori maggiormente contribuenti, vale a dire: **Consumer Discretionary** (39,3%), **Industrials** (25,5%), **Energy** (18,9%) e **Utilities** (11,6%).

Distribuzione delle emissioni totali per settore ICB 2023



Analisi delle emissioni e dei bilanci di sostenibilità

Visione complessiva

Di seguito una visione complessiva dei fattori economici ed emissivi delle 40 aziende appartenenti all'indice MIB ESG all' 8 novembre 2024:

Fatturato delle 40 aziende dell'indice MIB ESG



Capitalizzazione

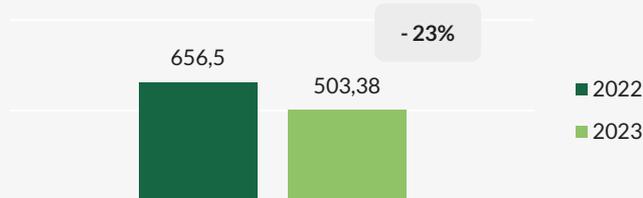
590,190 Mld€

(8/11/2024)

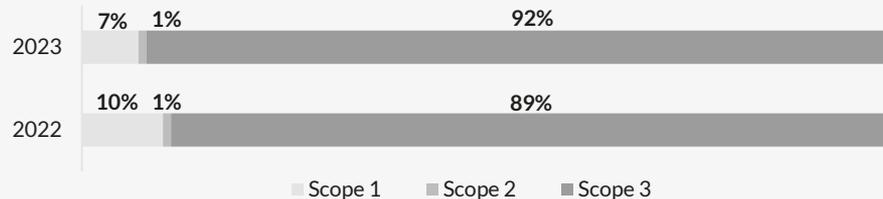
Dipendenti

Circa 1,2 Mln

Emission Intensity [tCO2eq/Mln€]



Evoluzione emissioni



Variazione nelle emissioni negli anni, per scope (2023-2022)

	Scope 1	Scope 2	Scope 3
23/40 Aziende hanno ridotto la loro carbon footprint	- 20%	- 11%	2%

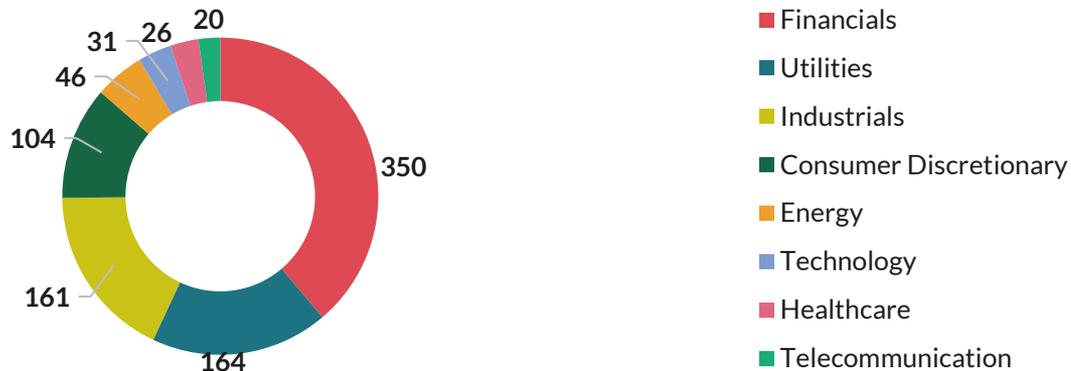
Analisi delle emissioni e dei bilanci di sostenibilità

Crescita della Digitalizzazione nelle Aziende del MIB ESG

Le 40 aziende incluse nell'indice MIB ESG hanno documentato un numero sempre maggiore di iniziative digitali a supporto delle loro operazioni ed obiettivi di sostenibilità pari a un **aumento del 23%** rispetto al periodo precedente.

Tra i settori ICB delle 40 aziende che compongono l'indice MIB ESG, la maggior parte delle iniziative si concentra nel gruppo *Financials*, seguito da *Utilities* e *Industrials*, riflettendo la maggiore presenza di aziende in questi settori.

Numerosità iniziative per settore ICB



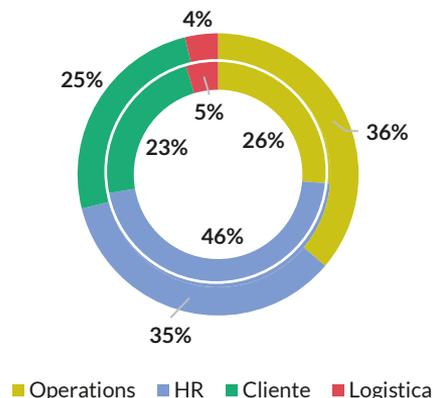
Analisi delle emissioni e dei bilanci di sostenibilità

Iniziative digitali per ambito di applicazione

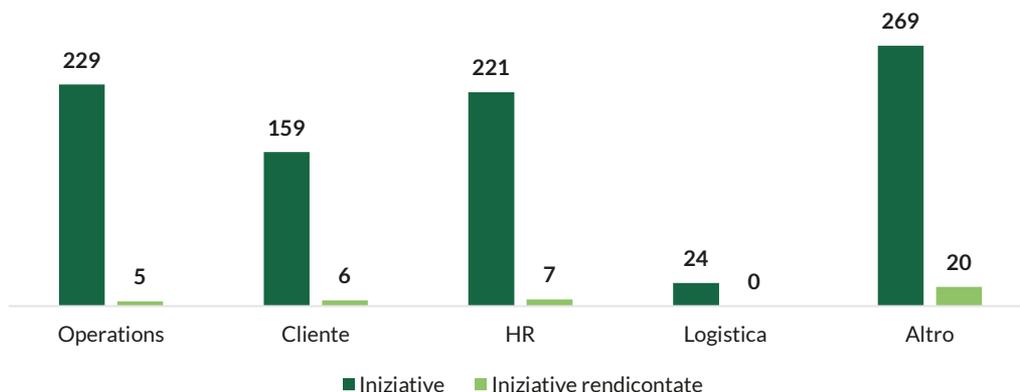
L'analisi delle iniziative intraprese dalle aziende evidenzia una marcata **diversificazione delle soluzioni tecnologiche** adottate, con una prevalenza nelle aree Operations e Risorse Umane, seguite da una vasta gamma di progetti trasversali e orientati all'innovazione.

Tuttavia, nonostante il numero sempre maggiore di iniziative, la rendicontazione non cresce in modo proporzionale: **solo il 4% delle attività viene monitorato** in termini di emissioni di CO₂eq risparmiate.

Distribuzione delle iniziative digitali
2024 (ext) e 2023 (int)



Rendicontazione delle iniziative digitali al 2023





Imprese Partner

CAP.

06





Alperia è il più grande provider di servizi energetici dell'Alto Adige e una delle maggiori aziende italiane nel settore della Green Energy. Siamo sostenibili per natura: da oltre 120 anni produciamo energia rinnovabile con la forza dell'acqua.

Siamo un'azienda orientata al futuro che offre servizi energetici sostenibili al 100%: le nostre attività spaziano dalla produzione di energia rinnovabile, alla gestione della rete elettrica e di sistemi di teleriscaldamento, dalla fornitura di luce e gas green, fino a soluzioni per la mobilità elettrica e l'efficienza energetica.

La transizione energetica è per noi un tema urgente e non più rinviabile. Viviamo un momento storico determinante per il futuro, anni fondamentali per ripensare il nostro approvvigionamento energetico e rivedere le nostre abitudini di consumo.

Per questo sviluppiamo soluzioni tecnologiche innovative, orientando i nostri sforzi per un presente più smart e green e sia-

mo al fianco di tutti coloro che insieme a noi vogliono intraprendere questa strada, come partner per la transizione energetica.

Dal 2020 siamo la prima azienda di servizi pubblici Carbon Neutral d'Italia (per compensazione delle emissioni operative). Ora vogliamo raggiungere il NET ZERO entro il 2040, riducendo e compensando le emissioni di gas serra e promuovendo la produzione di energia a basse emissioni.

A dimostrazione del nostro impegno per la sostenibilità, il Financial Times ci ha designato come una delle aziende leader nella protezione del clima a livello europeo; di fatto Alperia risulta 55a a livello europeo nella lista "European Climate Leaders 2023", riconoscendone i progressi nella riduzione delle emissioni di gas serra e il concreto impegno nella protezione dell'ambiente.



Arcoservizi nasce nel 1987 dalla fusione di storiche aziende operanti in Lombardia e Piemonte nei settori dei servizi per il riscaldamento e della commercializzazione di prodotti combustibili, ed i primi passi della Società sono nell'ambito del trading all'ingrosso di prodotti petroliferi. I primi anni '90 segnano per Arcoservizi l'inizio di un rafforzamento aziendale grazie all'ingresso di Tamoil Italia, che porta nella società l'esperienza e la solidità di un grande gruppo internazionale. Nel 2002 a Tamoil Italia si affianca CCPL, Gruppo industriale Multibusiness. Contestualmente, l'attività di Arcoservizi si amplia grazie all'incorporazione del segmento Gestione calore della società Milano Petroli. Nel 2017 la proprietà di Arcoservizi passa alla società C.M.B. Società Cooperativa, una delle maggiori imprese di costruzioni italiane, che detiene un ruolo primario nella realizzazione di ospedali pubblici, anche con l'apporto di capitale privato (Project Financing), e nella gestione pluriennale dei servizi di Facility Management.

Arcoservizi oggi è una società dinamica che ha saputo anticipare gli sviluppi di un mercato energetico in continua evoluzione, diventando dal 2012 una moderna Energy Service Company (E.S.Co), per poter garantire ai suoi clienti soluzioni sempre all'avanguardia nel campo della climatizzazione degli edifici e della gestione e manutenzione degli impianti tecnologici complessi.

Arcoservizi è uno dei principali competitor nel mercato dei servizi energetici, con una forte attitudine all'innovazione tecnologica, alla riqualificazione dei servizi, al risparmio energetico e rispetto ambientale. Affidabilità, competenza e

innovazione, risorse umane, orientamento al cliente e qualità certificata sono i valori che guidano la nostra attività:

AFFIDABILITÀ

La sicurezza di poter contare su di un partner sempre presente, in grado di capire le esigenze e proporre soluzioni mirate e personalizzate.

COMPETENZA E INNOVAZIONE

Lo staff tecnico si avvale dei più moderni sistemi di progettazione, installazione e conduzione degli impianti, con particolare attenzione ai sistemi di integrazione tra le diverse tecnologie.

RISORSE UMANE

La persona è il perno fondamentale della nostra azione imprenditoriale, dotata di competenze professionali avanzate e di formazione continua per garantire professionalità e un costante miglioramento dei servizi.

ORIENTAMENTO AL CLIENTE

La progettazione di soluzioni "chiavi in mano", altamente personalizzata per ciascun cliente, è il punto di eccellenza Arcoservizi.

QUALITÀ CERTIFICATA

La qualità dei nostri servizi è attestata dai marchi di certificazione Uni En Iso 9001 Sistema di Gestione Qualità; Uni En Iso 14001 Sistema di Gestione Ambientale; Uni En Iso 11352 Erogazione di Servizi Energetici, oltre che dalla certificazione SOA per gli appalti pubblici.



Fondata nel 1962 come Dedem Automatica Srl, oggi il Gruppo Dedem S.p.A. è leader nella realizzazione, gestione e manutenzione di reti di sistemi automatici per la produzione di foto per documenti d'identità, nell'intrattenimento come principale player italiano nella creazione di spazi leisure per bambini nei centri commerciali con "kiddie rides" di propria produzione, nelle attività ICT, nella commercializzazione e nel service di stampa 3D.

Il Gruppo gestisce, supportato da sistemi proprietari di comando, controllo e comunicazione, 9.000 unità automatiche in Italia e Spagna, incluse 3.700 Cabine Fototesera in Italia e 2.200 in Spagna, dotate di sistemi avanzati per la validazione ICAO e la certificazione in blockchain, garantendo fotografie conformi.

Le società del Gruppo DEDEM hanno sede principale ad Ariccia (Roma) e Madrid, con sedi operative a Milano, Correggio, Valenza, Reggio Emilia e Torino oltre ad avere 30 magazzini su tutto il territorio italiano, isole comprese. La struttura di assistenza

DEDEM conta più di 105 tecnici distribuiti su tutto il territorio italiano con 25 ispettori regionali e un responsabile nazionale area tecnica. DEDEM è certificata ISO 9001, ISO 27001 ed ha in corso i processi per ottenere le certificazioni ISO 50001 e ISO 14001.

Nell'ICT e nel Business Process Outsourcing, Dedem ha raggiunto un alto livello di specializzazione, opera con accordi e certificazioni su marchio e fornitore globale, offrendo supporto per personal computer, stampanti, server e ATM, garantisce assistenza tecnica on-site h24 per 365 giorni e servizi di monitoraggio online gestiti da team esperti che assicurano la conformità agli standard ISO.

Dedem sviluppa software C4, sistemi di AI, soluzioni di stampa avanzate, integrazioni multiplatforma e applicazioni digitali. Offre anche servizi di cablaggio, reti wireless, rilevazione dati e presenze. Grazie al Data Center Tier-3, fornisce soluzioni di Infrastruttura e Storage as a Service e Disaster Recovery.



Edison è società leader dell'energia, con 140 anni di storia e primati che ne fanno il più antico operatore del settore in Europa. L'azienda, che avviò l'attività a Milano nel dicembre 1883, ha inaugurato l'inizio di una nuova era attraverso il processo di elettrificazione del Paese, contribuendo in modo tangibile al progresso sociale, culturale, economico ed industriale italiano. Oggi Edison impiega oltre 5.500 persone, operando in Italia ed Europa nella produzione rinnovabile e low carbon, nell'approvvigionamento e vendita di gas naturale, nella mobilità sostenibile, e attraverso Edison Energia ed Edison Next nei servizi energetici, ambientali e a valore aggiunto per clienti, aziende, territori e Pubblica Amministrazione. Il Gruppo è impegnato in prima linea nella sfida della transizione energetica, in coerenza con i Sustainable Development Goals dell'Onu e le politiche europee di decarbonizzazione. Edison ha un parco di produzione di energia elettrica altamente flessibile ed efficiente, composto da 200 centrali tra impianti idroelettrici, eolici, solari e termoelettrici a ciclo combinato a gas ad alta efficienza per una

potenza complessiva di circa 7 GW; e soddisfa l'approvvigionamento di GNL e gas naturale al Paese, grazie a un portafoglio ampio e altamente diversificato pari a 12,6 miliardi di metri cubi all'anno. Nel 2021 Edison ha istituito la Fondazione EOS, Edison Orizzonte Sociale, la fondazione d'impresa con cui la società consolida il proprio impegno sociale contribuendo con le proprie persone e competenze agli obiettivi dell'Agenda 2030.

Edison NEXT sviluppa, realizza e gestisce impianti di produzione di biometano, sia gassoso che liquido, a partire da materiale organico di risulta come la frazione organica dei rifiuti solidi urbani e gli scarti della filiera agricola o alimentare. Aiutiamo i nostri clienti ed i territori a gestire in modo intelligente il problema dei rifiuti.



Icopower è una società operante sul mercato italiano dal 2014, che produce sistemi per l'efficientamento elettrico di clienti commerciali ed industriali.

Attraverso diverse linee di prodotti specificamente dedicate al risparmio energetico, Icopower permette di intervenire in aziende in tutti i settori produttivi:

- Industriale (Fonderie, Cartiere, Metalmeccaniche, Alimentare)
- Commerciale (GDO, Supermercati, Grandi Magazzini, Punti Vendita)
- Terziario (Alberghi, Ospedali, Cliniche, RSA)

Con oltre 2.000 installazioni all'attivo in diversi paesi, Icopower è in grado di gestire tutte le possibili variabili tecniche presso il cliente finale. Icopower propone diverse tipologie di prodotti:

- Ottimizzatori di Voltaggio
- Rifasatori
- Efficientamento dei sistemi di Aria Compressa

- Macchinari per la risoluzione dei problemi di power quality (microinterruzioni, armoniche etc)
- Sistemi di monitoraggio

La nostra Mission, quindi, è quella di fornire, attraverso servizi, soluzioni e sistemi innovativi, la possibilità di ridurre i propri sprechi in ambito energetico, anche valorizzando ciò che oggi è scarto, usufruendo di soluzioni tecnico - economiche innovative e vantaggiose. Nel compiere la nostra Mission, analizziamo la situazione caratteristica di ogni singola realtà, attraverso accurate fasi di audit, per poter così costruire una proposta studiata ad hoc per ognuno.

Icopower è presente sul territorio italiano, operando direttamente ed attraverso partner tecnico/commerciali esclusivi, ed in altre aree del mondo, dove propone i propri servizi con modelli di business adatti alla realtà locale. Inoltre Icopower è presente in diversi paesi in Europa, Africa, Asia, e Sud America.

Il sistema Icopower, seppur adattato in alcuni dettagli alla realtà locale, è applicabile ovunque ci sia un consumo di corrente elettrica.



MAIRE è un gruppo di ingegneria che sviluppa e implementa tecnologie innovative per la transizione energetica.

Il Gruppo offre Soluzioni Tecnologiche Sostenibili e Soluzioni Integrate di Ingegneria e Costruzione per fertilizzanti, idrogeno, cattura della CO2, carburanti, prodotti chimici e polimeri (componenti per la produzione di plastiche).

Con sede principale a Milano, MAIRE è guidata dal Presidente Fabrizio Di Amato e dall'Amministratore Delegato Alessandro Bernini. Il Gruppo crea valore in 45 paesi e conta 6.500 dipendenti, supportati da oltre 20.000 persone coinvolte nei suoi progetti nel mondo. MAIRE S.p.A. (ticker: "MAIRE") è quotata alla Borsa di Milano dal 2007.

MAIRE vanta 130 famiglie di brevetti registrati in diversi Paesi e oltre 1.850 brevetti individuali. Grazie all'ampio know-how tecnologico, realizza soluzioni per la decarbonizzazione dando nuova vita ai rifiuti e sviluppando nuovi processi da materie prime non fossili.

MAIRE fornisce soluzioni per impianti complessi e un'ampia gamma di servizi - dalle prime fasi di project development alla completa esecuzione delle attività di Ingegneria, Procurement e Costruzione - sfruttando le sinergie di business all'interno delle società del Gruppo attraverso la sua rete di centri di ingegneria internazionali, tra cui Milano, Roma, Sittard (Paesi Bassi), Houston (USA), Mumbai (India) e Braunschweig (Germania).

Nel 2022, il Gruppo MAIRE ha realizzato ricavi per 3.463,7 milioni di euro, con un EBITDA di 209,3 milioni di euro, un Utile netto di 90,4 milioni di euro e un portafoglio ordini di 8,6 miliardi di euro.

Manni Energy è la società di Manni Group dedicata alla transizione energetica.

Da oltre 13 anni, Manni Energy progetta, realizza e gestisce impianti di energia rinnovabile e accompagna le aziende durante il processo di gestione dell'energia e dell'efficientamento dei consumi. L'azienda offre un servizio completo che va dall'analisi iniziale alla progettazione e realizzazione degli interventi necessari, fino al monitoraggio delle prestazioni ottenute.

Gli investimenti nel capitale umano e nei progetti di ricerca e sviluppo hanno permesso a Manni Energy di posizionarsi come punto di riferimento nel mercato italiano, sia nel settore del fotovoltaico sia come partner strategico per le aziende che desiderano intraprendere un percorso verso l'efficienza energetica e la sostenibilità. Manni Energy offre consulenza e supporto continuativo, affiancando i clienti in ogni fase del progetto: dall'analisi dei consumi energetici alla progettazione di soluzioni personalizzate, fino alla gestio-

ne operativa degli impianti, con un approccio orientato ai risultati e alla soddisfazione del cliente.

Utilizzando soluzioni avanzate di digital metering & control, Manni Energy offre servizi di monitoraggio di impianti fotovoltaici tramite la piattaforma MEvision e dell'efficientamento energetico e dell'automatizzazione degli edifici tramite le soluzioni IoT Maetrics. Manni Energy garantisce un controllo ottimale e continuo delle performance energetiche.

Innovazione e qualità sono al centro della missione di Manni Energy. Grazie a una costante attività di ricerca e sviluppo, Manni Energy propone soluzioni tecnologiche all'avanguardia che anticipano le tendenze del mercato e rispondono alle sfide energetiche del futuro.



Snam è il primo operatore europeo nel trasporto del gas naturale con una rete, in Italia e all'estero, di circa 38.000 km. L'azienda opera anche nello stoccaggio, di cui detiene oltre il 17% della capacità a livello europeo, e nella rigassificazione, con una capacità annua di 13,5 miliardi di metri cubi di gas che saliranno a 18,5 miliardi di metri cubi nel 2025 per effetto dell'entrata in esercizio del rigassificatore di Ravenna. È tra le principali società quotate italiane per capitalizzazione di mercato.

Con i suoi 80 anni di esperienza nella realizzazione e gestione di infrastrutture, Snam garantisce la sicurezza degli approvvigionamenti e promuove la transizione energetica con investimenti nei gas verdi (biometano e idrogeno), nell'efficienza energetica e nella tecnologia CCS (Carbon Capture and Storage). L'azienda crea, inoltre, nuove aree verdi attraverso una società benefit focalizzata su progetti di forestazione urbana.

Copyright 2015 © Politecnico di Milano
Dipartimento di Ingegneria Gestionale Collana Quaderni AIP
Registrazione n. 433 del 29 giugno 1996 – Tribunale di Milano

ISBN 9788864931197