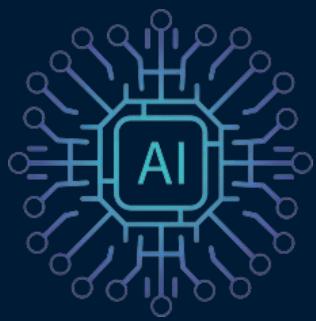




Integrazione dell'AI nei Sistemi di Gestione della Manutenzione e riflessi sulla Sostenibilità



L'integrazione dell'intelligenza artificiale (AI) nei sistemi di gestione della manutenzione sta trasformando il modo in cui le aziende gestiscono e ottimizzano i loro processi di manutenzione.

Questi sviluppi stanno portando a una maggiore efficienza operativa, riduzione dei costi e miglioramenti significativi nella gestione più sostenibile delle risorse.

Vediamo come si articolano questi sviluppi, esplorandone gli aspetti più rilevanti e le implicazioni sotto il profilo della sostenibilità.



Fabrizio Berto

La gestione degli asset

Una delle decisioni più importanti che un'azienda asset-intensiva deve prendere è come gestire e prendersi cura dei propri asset (apparecchiature, macchinari, impianti, edifici e stabilimenti).

Per il settore della produzione, in cui macchine ed impianti sono direttamente correlati alla fornitura del prodotto finale, lo scopo deve essere adottare soluzioni che assicurino e migliorino l'affidabilità e la disponibilità degli asset fisici essenziali al funzionamento dell'azienda nel suo complesso, identificando e implementando le strategie, le tecnologie e le soluzioni più efficaci.

- *Asset Performance Management (APM)*
- *Intelligent Maintenance Management Platform (IMMP)*

I CMMS sono applicazioni software progettate per aiutare le organizzazioni a gestire in modo efficiente le operazioni di manutenzione. Si concentrano sull'organizzazione e la pianificazione delle attività di manutenzione, sul monitoraggio degli ordini di lavoro, sulla gestione delle risorse e sul monitoraggio delle cronologie di manutenzione delle apparecchiature. Le principali funzionalità dei software CMMS includono la pianificazione della manutenzione preventiva, la gestione dell'inventario, il monitoraggio degli ordini di lavoro e la generazione di report di manutenzione.

I sistemi di gestione degli asset aziendali EAM, che sono stati introdotti successivamente, non solo includono le funzionalità di gestione della manutenzione, ma offrono anche una gamma più ampia di funzioni per monitorare, gestire e analizzare le prestazioni e i costi dei beni durante tutto il loro ciclo di vita, dall'acquisizione alla dismissione.

Le soluzioni di gestione degli asset

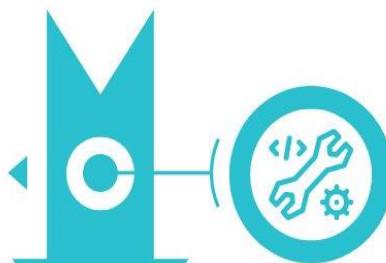
Le soluzioni per gestire, monitorare, mantenere e massimizzare il valore di asset ed infrastrutture critiche, si possono sostanzialmente riassumere in:

- *Computerized Maintenance Management Systems (CMMS)*
- *Enterprise Asset Management (EAM)*

I sistemi di gestione delle prestazioni degli asset APM rappresentano un approccio per passare dalla semplice gestione degli asset (asset management)

alla gestione e ottimizzazione delle loro prestazioni (asset performance management). L'APM viene utilizzato da sempre sia nei CMMS per monitorare le

Il sistema di gestione della manutenzione computerizzata (CMMS) mantiene operativi gli asset.



Il monitoraggio delle prestazioni delle applicazioni (APM) utilizza l'analisi predittiva per aiutarti a comprendere il tuo equipaggiamento e il suo stato.



La gestione degli asset aziendali (EAM) copre l'intero ciclo di vita dell'asset, dall'acquisizione alla dismissione.



La piattaforma intelligente di gestione della manutenzione (IMMMP) sfrutta l'intelligenza artificiale (AI) per trasformare i dati raccolti dall'utilizzo degli asset in informazioni utili.

macchine in produzione che nei sistemi di Enterprise Asset Management.

Nel mercato attuale, dove l'architettura web, le applicazioni mobile e i sensori IoT sono diventati comuni, i confini tra le diverse soluzioni non sono più nettamente definiti come lo erano 20 anni fa. Anche se ci sono ancora differenze a livello di approccio e di funzionalità, tutte stanno convergendo verso una soluzione unica, rappresentata dalle piattaforme di gestione intelligente della manutenzione IMMP. Le precedenti tecnologie software di gestione aiutano a costruire una solida piattaforma di infrastruttura IT. L'IMMP va oltre, integrando il machine learning e la capacità di vari asset di comunicare tra loro. La grande rivoluzione sta nell'applicazione dell'Intelligenza Artificiale (AI) in questo processo: tutti i dati ottenuti attraverso l'IoT vengono gestiti ed elaborati dalla piattaforma, trovando opportunità di ottimizzazione molto preziose per le aziende.

Questa gestione della manutenzione si traduce in previsioni intelligenti e in un

notevole risparmio di tempo e costi, che può variare da caso a caso, a seconda della struttura e del contesto, ma che, in tutti i casi, si è rivelata più vantaggiosa di quelle esistenti fino ad oggi.

Le strategie di gestione degli asset

Tra le diverse strategie manutentive di gestione degli asset, rappresentate in Figura 2 secondo un criterio di complessità crescente, ce ne sono alcune per le quali l'adozione dell'AI risulta particolarmente efficace.

Esse sono:

- *Condition Based Monitoring (CBM)*
- *Predictive Maintenance (PdM)*
- *Prescriptive maintenance (RxM)*
- *Reliability centered maintenance (RCM)*

Vediamo le caratteristiche e le principali differenze tra queste diverse strategie di gestione della manutenzione degli asset aziendali.



Figura 2 - Strategie manutentive di gestione degli Asset

Manutenzione in base alle condizioni (CBM)

La manutenzione degli asset in base alle condizioni o *condition based monitoring (CBM)* è una strategia che monitora la condizione funzionale in tempo reale di un asset per decidere quale manutenzione deve essere eseguita e prevede che la

manutenzione sia eseguita solo quando alcuni indicatori mostrano segni di diminuzione delle prestazioni o di un guasto imminente.

L'obiettivo della CBM è identificare guasti imminenti dell'apparecchiatura in modo che la manutenzione possa essere programmata quando necessario e non prima, ottimizzando il

tempo dedicato alle attività di manutenzione.

Manutenzione predittiva (PdM)

La manutenzione predittiva degli asset (PdM) è uno dei tipi più avanzati di manutenzione proattiva attualmente disponibili. Le soluzioni di APM di successo permettono ai diversi asset e sistemi di connettersi, lavorare insieme, condividere, analizzare ed elaborare i dati al fine di eseguire analisi e permettere una manutenzione predittiva degli asset in base all'analisi di questi parametri.

Manutenzione prescrittiva (RxM)

Alcune piattaforme di APM permettono anche una manutenzione degli asset prescrittiva, che punta innanzitutto a prevenire le condizioni che portano a errori e guasti nella macchina.

Sfruttando l'apprendimento automatico, l'intelligenza artificiale, il riconoscimento di modelli e la diagnostica, la manutenzione prescrittiva comporta non solo il rilevamento del deterioramento degli asset ben prima che si verifichi un

guasto, ma anche l'identificazione del motivo per cui si verificherà tale guasto e la prescrizione di una soluzione per ovviare al problema.

Manutenzione incentrata sull'affidabilità (RCM)

Il risultato di un programma di manutenzione degli asset incentrata sull'affidabilità (*reliability centered maintenance*, RCM) è l'attuazione di una specifica strategia di manutenzione per ciascuno degli asset in una struttura o azienda. L'RCM è un processo altamente personalizzato con un approccio univoco per ogni asset, adattato al suo utilizzo, ai componenti chiave e alle minacce univoche all'usabilità.

L'obiettivo finale è massimizzare la disponibilità dei dispositivi riducendo al contempo la necessità di sostituire gli asset, riducendo i costi.

Si differenzia dalle altre procedure di manutenzione in quanto tratta ogni asset in modo diverso a seconda delle esigenze specifiche, dell'importanza per il processo complessivo e del modo in cui

Piattaforme tecnologiche	CMMS Computerized Maintenance Management Systems	EAM Enterprise Asset Management	APM Asset performance Management
Descrizione	Sistemi per la programmazione, gestione e reportistica delle attività di manutenzione. Automazione per le squadre di manutenzione e/o di assistenza sul campo. Gestione dei flussi di lavoro, delle risorse e degli itinerari, fornitura di linee guida operative e di riparazione, e creazione di un registro per la reportistica e le verifiche.	Sistemi che utilizzano i dati durante l'intero ciclo di vita degli asset: progettazione, costruzione, operazioni, manutenzione e sostituzione. Gestione delle utilities e di aspetti come: sicurezza, impatti ambientali, le scorte e la formazione dei lavoratori. Integrazione con ERP	Sistemi per il monitoraggio e l'analisi delle prestazioni degli asset per aumentare la disponibilità e ridurre i rischi. Correla i dati storici ed in tempo reale per prevedere e ottimizzare i risultati. Consente potenti analisi con Internet of Things (IoT), Intelligenza Artificiale (AI), Machine Learning, Simulazione e Digital Twin. Monitora le prestazioni degli asset in tempo reale e collega il piano di produzione al bilancio utilizzando i dati sullo stato e sull'output degli asset. Consente di prevedere e prevenire i guasti, di valutare gli asset, gli investimenti e la strategia. Si Integra con altri sistemi aziendali, di automazione, di controllo, di produzione
Campo di applicazione	Qualsiasi impresa con asset da mantenere	Imprese Asset-intensive, ad esempio energia, servizi pubblici, produzione e trasporti.	Imprese incentrate sugli asset in cui le prestazioni degli asset hanno un impatto diretto sulla produzione aziendale, ad esempio energia, servizi di pubblica utilità, produzione e trasporti.
Focus	Gestione della manutenzione	Infrastruttura operativa	Supporto alle decisioni
Funzionalità	Pianificazione della manutenzione Gestione degli ordini di lavoro Pianificazione delle risorse di manutenzione Gestione dell'assistenza sul campo	Manutenzione preventiva Sicurezza e conformità degli Asset Gestione delle informazioni sugli Asset Formazione dei lavoratori	Manutenzione basata sulle condizioni Manutenzione predittiva Manutenzione prescrittiva Manutenzione incentrata sull'affidabilità Analisi del ciclo di vita degli asset
Misurazioni	Costo correlato agli Asset Attività correlate agli Asset	Valore dell'Asset Stabilità degli Asset	Redditività delle attività (ROA) Crescita del business Miglioramento continuo

Tabella 1 - Piattaforme tecnologiche per la gestione delle strategie manutentive degli asset

deve essere monitorato e mantenuto

quanto indicato nello schema della Tabella 1.

Tuttavia, ciascuno dei sistemi di gestione della manutenzione precedenti all'integrazione con l'AI presenta alcune limitazioni.

Sistemi pre-AI: approcci tradizionali e limiti

Prima dell'avvento delle soluzioni IMMP, ad ogni diversa strategia di gestione degli asset di Figura 2 corrispondeva una piattaforma tecnologica maggiormente idonea a supportarla, secondo

Manutenzione reattiva

Le soluzioni pre-AI supportavano principalmente le pratiche di manutenzione reattiva, in cui le attività di manutenzione venivano

attivate da guasti alle apparecchiature.

Questo approccio comportava tempi di inattività non pianificati, un aumento dei costi e una mancanza di controllo sui programmi di manutenzione.

Processi manuali

Le operazioni di manutenzione erano spesso gestite manualmente, utilizzando sistemi cartacei o rudimentali strumenti digitali. Questo tipo di gestione manuale comportava inefficienze, imprecisioni dei dati e mancanza di visibilità in tempo reale sulle attività di manutenzione, ostacolando il monitoraggio e l'analisi efficaci.

Limitate capacità di manutenzione predittiva

Le soluzioni pre-AI non disponevano di funzionalità predittive avanzate.

Senza l'analisi basata sull'intelligenza artificiale, le aziende faticavano a rilevare in anticipo potenziali guasti alle apparecchiature o esigenze di manutenzione.

Questa limitazione impediva loro di adottare strategie di

manutenzione proattive, con conseguenti prestazioni non ottimali degli asset e costi di manutenzione maggiori.

Gestione delle scorte

I sistemi tradizionali di gestione della manutenzione avevano difficoltà a prevedere con precisione il fabbisogno di parti di ricambio, con conseguenti problemi come interruzioni delle scorte o scorte eccessive.

Ciò ha influito sull'efficienza della manutenzione e ha aumentato i costi a causa di riparazioni ritardate o costi di gestione dell'inventario eccessivi.

Limitazioni di reporting e analisi

In precedenza, la generazione di report completi e l'estrazione di informazioni utili dai dati di manutenzione richiedevano un lavoro manuale e processi dispendiosi in termini di tempo. Ciò ostacolava un processo decisionale efficace, la valutazione delle prestazioni e limitava le opportunità di miglioramento continuo.

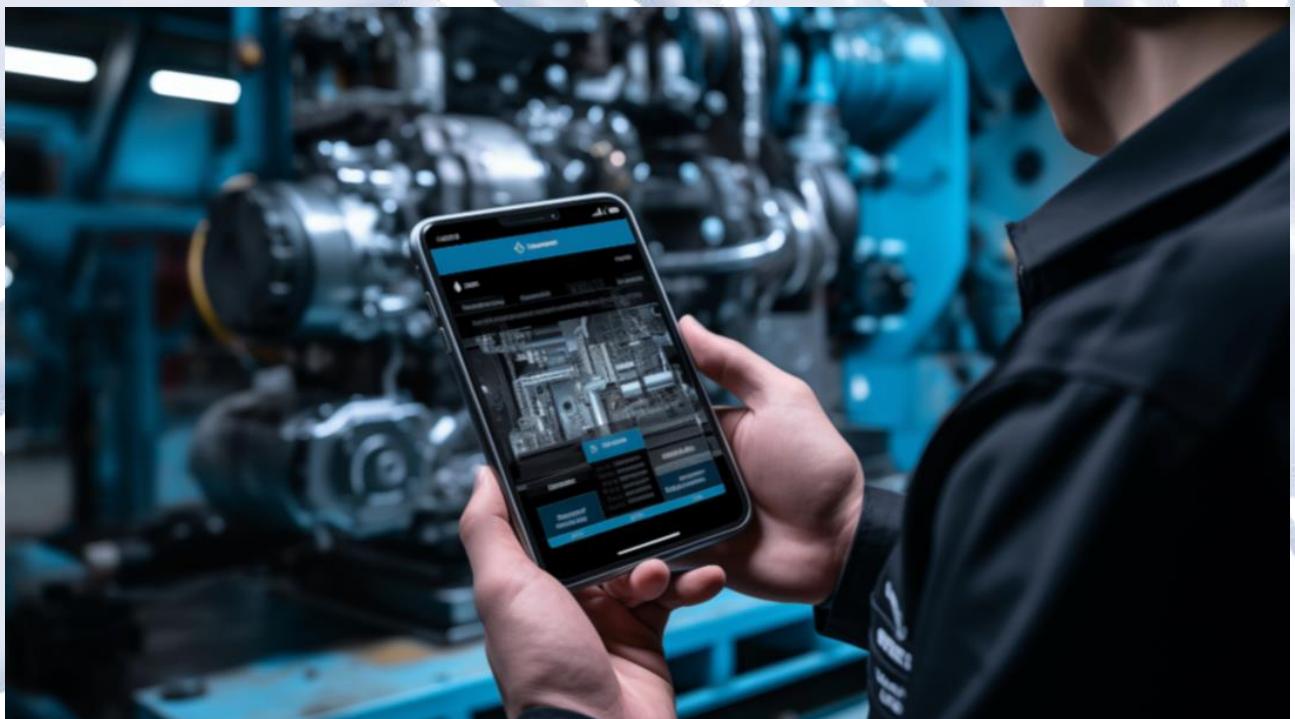
Vantaggi dell'integrazione

L'integrazione dell'intelligenza artificiale è essenziale per consentire la manutenzione predittiva, l'automazione, la gestione ottimizzata dell'inventario e l'analisi avanzata. Le soluzioni basate sull'intelligenza artificiale consentono alle aziende di adottare strategie proattive, ottimizzare le prestazioni degli asset, ridurre i costi e raggiungere l'eccellenza operativa. Vediamo quindi meglio come si articolano gli sviluppi legati a queste soluzioni, esplorandone i punti

chiave e le loro implicazioni sotto il profilo della sostenibilità.

Manutenzione Predittiva: Prevedere per Prevenire

L'intelligenza artificiale consente di prevedere i guasti prima che si verifichino. Utilizzando algoritmi di machine learning, i sistemi analizzano dati in tempo reale raccolti da sensori e dispositivi IoT per identificare segnali di usura o malfunzionamenti imminenti. Questo approccio proattivo permette di pianificare interventi di manutenzione mirati, riducendo significativamente i tempi di inattività e i costi di riparazione. Non si tratta solo di



efficienza, ma anche di sostenibilità: riducendo i guasti improvvisi, si minimizzano gli sprechi di materiali e le emissioni derivanti da interruzioni non pianificate.

Ottimizzazione delle Risorse: Massimizzare l'Efficienza

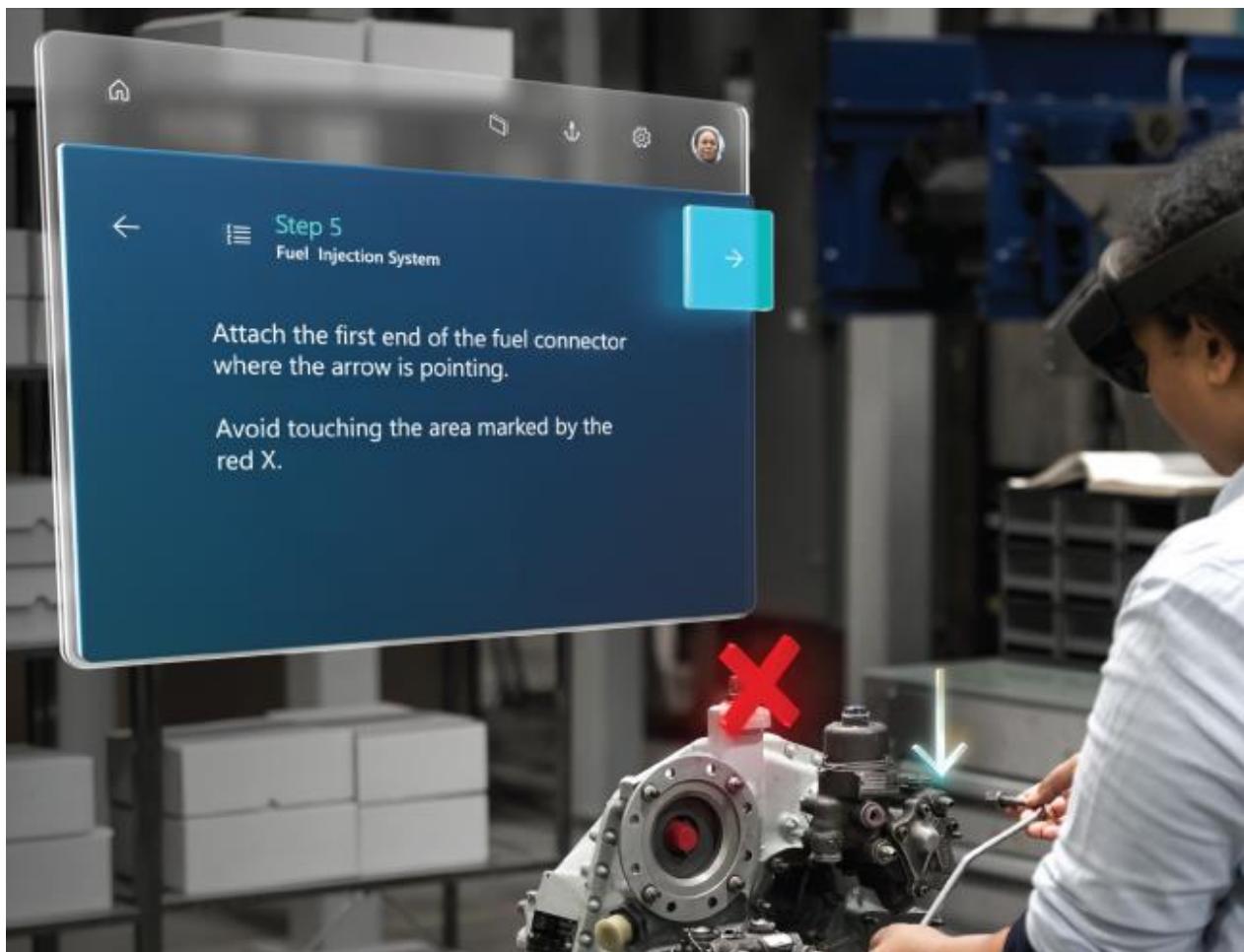
L'AI ottimizza l'allocazione delle risorse nei processi di manutenzione. I sistemi avanzati possono analizzare le attività passate e presenti per suggerire l'uso più efficiente di manodopera, materiali e attrezzature. Questo non solo migliora la produttività, ma contribuisce anche a una gestione più sostenibile delle risorse,

riducendo sprechi e consumi superflui. In un'era in cui l'attenzione all'uso responsabile delle risorse è cruciale, questa capacità rappresenta un valore aggiunto notevole.

Analisi Avanzata dei Dati: Comprendere per Migliorare

L'intelligenza artificiale nei sistemi di gestione della manutenzione offre strumenti di analisi avanzata, capaci di identificare tendenze e modelli che sfuggirebbero all'analisi manuale. Queste intuizioni permettono di apportare miglioramenti continui ai processi di manutenzione, aumentando la longevità degli asset e riducendo i costi operativi.





La capacità di prendere decisioni basate su dati concreti non solo migliora l'efficienza ma promuove anche pratiche di gestione sostenibile, evitando interventi inutili e ottimizzando l'uso delle risorse.

Interfacce Utente Intelligenti: Semplicità e Accessibilità

I recenti sviluppi includono interfacce utente più intuitive e interattive. Assistenti virtuali e chatbot basati su AI possono guidare gli operatori attraverso i processi di manutenzione,

rispondendo a domande e fornendo suggerimenti.

La Realtà Aumentata entra qui in campo per sostituire i manuali cartacei con istruzioni digitali che possono essere sovrapposte al campo visivo dell'operatore o trasmesse in una cuffia. Inoltre consente di dare indicazioni precise per accompagnare operatori non specializzati ad apprendere ed eseguire operazioni di monitoraggio e manutenzione in maniera sicura e minimizzando gli errori.

Integrazione con Altri Sistemi: Sinergia e Collaborazione

L'AI è sempre più integrata con altri sistemi aziendali come **ERP** (*Enterprise Resource Planning*) e **MES** (*Manufacturing Execution Systems*). Questa integrazione facilita il flusso di informazioni tra i vari dipartimenti, migliorando la coordinazione e la visibilità sulle operazioni complessive. Una maggiore sinergia tra i sistemi aziendali consente di misurare l'impatto della gestione delle prestazioni degli asset attraverso il monitoraggio di alcuni KPI chiave, tra cui:

- Disponibilità e affidabilità delle risorse;
- Tempo medio tra i guasti (MTBF);
- Tempo medio di riparazione (MTTR);
- Efficacia complessiva delle apparecchiature (OEE);
- Costi di manutenzione per asset.

Monitorando queste metriche delle prestazioni, è possibile identificare le tendenze, individuare le anomalie e prendere decisioni basate sui dati per ottimizzare le risorse.



Impatto sulla Sostenibilità

Come si è già avuto modo di sottolineare in precedenza, l'integrazione dell'AI nei sistemi di gestione della manutenzione non solo migliora l'efficienza operativa, ma ha anche un impatto positivo sulla sostenibilità. La capacità di prevedere e prevenire guasti riduce i rifiuti e i consumi energetici associati alle interruzioni. L'ottimizzazione delle risorse e l'automazione dei processi riducono sprechi e migliorano l'uso delle risorse esistenti. Inoltre, l'analisi avanzata dei dati permette una gestione

più responsabile e informata delle risorse, promuovendo pratiche di manutenzione sostenibili.

In conclusione, l'integrazione dell'intelligenza artificiale nei sistemi di gestione della manutenzione computerizzata rappresenta una svolta significativa nel modo in cui le aziende gestiscono e ottimizzano i loro processi di manutenzione. Non solo queste tecnologie migliorano l'efficienza e riducono i costi, ma contribuiscono anche a una gestione più sostenibile e responsabile delle risorse, apre la strada a un futuro industriale più verde e intelligente.

