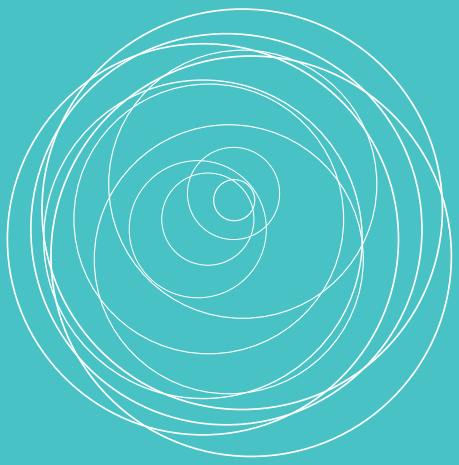
FONDAZIONE LHS
LEADERSHIP IN HEALTH & SAFETY
OSSERVATORIO

POSITION PAPER

TECNOLOGIA

Tecnologie e persone: verso la creazione di ambienti di lavoro sicuri e sostenibili



GIUGNO 2026 | **04**

A cura di

Guido Micheli, Gaia Vitrano, Antonino La Monica,
Mark Mercado – School of Management, Politecnico di Milano
e Angelo Spingardi, Vicepresidente di Fondazione LHS e HSEQ Director di Saipem

FONDAZIONE LHS
LEADERSHIP IN HEALTH & SAFETY
OSSERVATORIO

L'Osservatorio su Leadership e Cultura della Sicurezza è un progetto di Fondazione LHS avviato con la finalità di stimolare un dibattito sui temi di salute e sicurezza, in particolare sul piano culturale e presso i media, contribuendo a diffondere conoscenza, consapevolezza e attenzione su queste tematiche e incoraggiando il senso di responsabilità personale e collettivo.

È composto da esperti di cultura della sicurezza a livello industriale e accademico e da professionisti del mondo della comunicazione:

- Carlo Galimberti, professore di Psicologia Sociale della Comunicazione, Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano
- Claudio Micalizio, giornalista e direttore di Radio Roma
- Guido Micheli, professore di Progettazione e Gestione degli Impianti Industriali, Politecnico di Milano
- Paolo Parma, Amministratore Delegato Made HSE (Gruppo Marcegaglia)
- Stefano Guarnieri, ex CFO di Lilly Italia e Europa dell'Est e fondatore dell'Associazione Lorenzo Guarnieri
- Simona Tosi, vicepresidente Associazione Sonia Tosi
- Luca Pagliari, giornalista e storyteller

Per maggiori info: https://www.fondlhs.org/osservatorio/

ABSTRACT

Le tecnologie digitali stanno trasformando profondamente il mondo del lavoro e il modo di gestire salute e sicurezza. Robotica collaborativa, intelligenza artificiale, dispositivi indossabili, sensoristica IoT e realtà immersiva offrono nuove opportunità per prevenire i rischi, migliorare la formazione e rendere più efficaci le barriere di sicurezza, ma presentano anche nuove sfide.

Il paper evidenzia quindi come l'innovazione tecnologica non possa essere guidata soltanto da esigenze di produttività, ma debba adottare un approccio human-centric, in cui le tecnologie vengano progettate e integrate a partire dai bisogni delle persone e dai rischi più critici.

Particolare attenzione viene dedicata ai temi della cultura della sicurezza, della gestione etica dei dati, del design partecipativo e del ruolo delle competenze, con l'obiettivo di costruire ambienti di lavoro più sicuri, sostenibili e resilienti, nei quali innovazione tecnologica, benessere delle persone e performance organizzativa possano evolvere in modo equilibrato e integrato.

SOMMARIO

1. Introduzione 4

2. Problema aperto: integrazione tra tecnologie e attività lavorative 5

3. Desiderata: superare una visione 'tecno-centrica' 7

4. Proposte e soluzioni: verso la sostenibilità nel rapporto persone-tecnologia 9

5. Conclusioni e implicazioni 11

1. INTRODUZIONE

Le **tecnologie**, a partire da robot industriali sulle linee di produzione fino all'intelligenza artificiale applicata ai processi decisionali, stanno ormai da anni trasformando il mondo del lavoro, e la loro integrazione nella **salute e sicurezza** sul lavoro rappresenta un vero e proprio cambio di paradigma, che non fornisce solo strumenti di supporto innovativi, ma un nuovo modo di affrontare la prevenzione, la gestione del rischio e la protezione dei lavoratori. Le tecnologie nate nell'ambito di **Industria 4.0** si stanno diffondendo in modo sempre più capillare e continueranno a farlo, ridefinendo non solo i modelli produttivi, ma anche le dinamiche organizzative, le competenze richieste e le condizioni di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro.

Innovazioni tecnologiche come l'internet of Things (IoT), i sistemi cyber-fisici, la realtà virtuale e aumentata (AR/VR), la robotica avanzata e collaborativa (cobot) e l'intelligenza artificiale (IA), offrono **opportunità senza precedenti** per migliorare performance e risultati in termini di salute e sicurezza sul lavoro, consentendo, ad esempio, di utilizzare sistemi di realtà immersiva per personalizzare e rendere più efficaci i processi formativi, o di integrare dispositivi intelligenti per un'efficace supervisione delle condizioni di lavoro. Tuttavia, a queste possibilità si accompagnano **nuove sfide e rischi** di varia natura, legati alla tutela della privacy, all'adattamento delle competenze o all'utilizzo intensivo delle stesse tecnologie. In questo scenario, è fondamentale garantire che la tecnologia resti al servizio delle persone e che si adatti alle esigenze dei lavoratori, piuttosto che viceversa.

In linea con un paradigma HSE orientato a misurare la sicurezza nella prevenzione degli eventi con conseguenze potenzialmente gravi, questo documento inquadra le tecnologie come strumenti per rendere più visibili, verificabili e affidabili le **"barriere di sicurezza"** nel lavoro reale, mantenendo le **persone al centro**, e suggerisce un approccio alla selezione e progettazione tecnologica sulla base delle **minacce più critiche**, con l'obiettivo di eliminare o ridurre i pericoli alla fonte.

2. PROBLEMA APERTO: INTEGRAZIONE TRA TECNOLOGIE E ATTIVITÀ LAVORATIVE

Ad oggi le tecnologie adottate sono orientate principalmente al miglioramento delle **performance produttive**, mentre la valutazione degli effetti sulla salute e sicurezza sul lavoro avviene solo in un secondo momento, rendendo tali implementazioni solo parzialmente efficaci nel **migliorare le condizioni lavorative**, pur possedendo un potenziale molto più ampio che rimane in gran parte non sfruttato. Risulta quindi fondamentale, per una efficace implementazione, interrogarsi non solo su quale tecnologia adottare in termini assoluti, ma proporre un approccio strategico alla sicurezza attraverso il **"design out the risk"** in cui le tecnologie vengono selezionate o progettate a partire da una valutazione preliminare delle minacce più critiche, così da eliminare o ridurre alla fonte i rischi prima che si manifestino.

In questo modello, l'innovazione non è introdotta perché "nuova", ma perché mirata ai **top safety threats**, grazie a strumenti come robotica, sensoristica IoT, AI predittiva, realtà aumentata o esoscheletri, capaci di rimuovere l'esposizione umana, automatizzare controlli intelligenti o supportare i flussi decisionali. L'intero processo diventa così proattivo, e **human centric**, trasformando la tecnologia in un abilitatore di prevenzione strutturale e non in una semplice mitigazione reattiva, e contribuendo a costruire ambienti di lavoro più sicuri, resilienti e sostenibili nel lungo periodo.

L'interazione tra persone e tecnologie è ormai quotidiana,

specialmente nei contesti produttivi, come **robot collaborativi** ed **esoscheletri** che consentono di **alleggerire il carico fisico, aumentare la precisione e la produttività, e ridurre l'esposizione a compiti rischiosi** o ripetitivi. Ma la convivenza uomo–macchina introduce anche nuovi equilibri di fiducia, attenzione e responsabilità. Lavorare a fianco di robot autonomi – e potenzialmente imprevedibili – può aumentare il carico cognitivo e generare **stress**, così come utilizzare dispositivi che amplificano la forza fisica può generare **distrazione** o **eccessiva fiducia** nello strumento.

Parallelamente, la diffusione di **dispositivi indossabili (*'wearable'*)**, come caschi intelligenti, bracciali o tute dotate di sensori, consentono di rilevare **parametri fisiologici e ambientali** come postura, frequenza cardiaca, temperatura, qualità dell'aria o livello di rumore, che permettono

di osservare più nel dettaglio e di continuo le condizioni dei lavoratori e gli ambienti di lavoro, permettendo di **intervenire tempestivamente** in caso di affaticamento o condizioni critiche.

Inoltre, l'acquisizione di **informazioni multi-fonte** provenienti da sensori, log operativi, sistemi di computer vision, dati di processo e dispositivi indossabili, permette di ottenere una **visione ampia e integrata del contesto** così da abilitare un processo decisionale data-driven che non può prescindere da una raccolta di informazioni coerenti e attendibili. I dati così consolidati vengono quindi sottoposti a analisi e interpretazione, trasformando l'informazione grezza in insight utili attraverso l'identificazione di trend, correlazioni, cause profonde e previsioni.

Su questa base si costruisce la decisione basata sull'evidenza, in cui le scelte progettuali, operative o strategiche vengono guidate da elementi misurabili e oggettivi. Tuttavia, il **confine tra supervisione e controllo** è sottile e la raccolta continua di dati fisiologici e comportamentali può generare timori legati alla **privacy** e alla **fiducia**, specialmente quando i lavoratori non hanno chiaro come e quali informazioni vengono raccolte e utilizzate.

L'apprendimento sta cambiando,

grazie alle tecnologie di **realtà estesa**, come realtà virtuale, aumentata e mista, che rendono possibile vivere **esperienze formative immersive, interattive e realistiche** senza dover essere fisicamente nell'ambiente di lavoro. È così possibile addestrare i lavoratori anche in scenari complessi o in situazioni ad alto rischio senza una diretta esposizione ai pericoli reali, superando i limiti dei metodi formativi tradizionali basati sull'acquisizione passiva di concetti e nozioni[1]. Nonostante i benefici, l'adozione di tecnologie di realtà estesa può generare in vari casi ***cybersickness***[2], cioè esporre l'operatore a condizioni di affaticamento visivo, disorientamento e carico cognitivo.

Ulteriori criticità riguardano l'**accessibilità** e le **differenze individuali**: alcuni lavoratori necessitano di tempi di adattamento più lunghi, mentre altri, affetti da condizioni specifiche come vertigini o epilessia, possono risultare esclusi da questo tipo di formazione, e dunque l'utilizzo di queste tecnologie non può essere sempre applicato e richiede un'attenzione

1 Vedi Positioning Paper 01 – Da formazione a educazione: proposte e strategie per raggiungere efficacia ed efficienza in ambito salute e sicurezza sul lavoro, Fondazione Leadership in Health and Safety. https://fondlhs.org/osservatorio/

2 Il termine cybersickness si riferisce a una sensazione di nausea causata da fattori come il movimento della telecamera, rotazione, velocità e accelerazione. Colpisce tra il 20 e l'80% degli utilizzatori di VR, e fattori come età, sesso ed esperienza pregressa con visori influenzano la suscettibilità dell'utente – Revolutionizing health and safety: the role of AI and digitalization at work: global report (, Ill.; [1st ed.]). (2025). ILO. https://doi.org/10.54394/KNZE0733

progettuale calibrata alle reali esigenze di apprendimento.

L'intelligenza artificiale è la tecnologia più emergente,

e trova numerose applicazioni: strumenti come chatbot e assistenti virtuali basati su IA favoriscono il **training on the job** e la **formazione continua**, offrendo raccomandazioni personalizzate sullo svolgimento delle attività e sui comportamenti più sicuri da adottare. Al contempo, l'IA generativa consente di **analizzare grandi quantità di dati** testuali per identificare pattern ricorrenti e fattori causali comuni. L'intelligenza artificiale sta rapidamente diventando una protagonista anche nel campo della salute e sicurezza sul lavoro, e l'arrivo dell'**agentic AI** ne amplifica ulteriormente il potenziale. Non si limita più ad analizzare dati o generare report: è in grado di agire, prendere decisioni operative entro confini definiti, apprendere dal contesto e coordinarsi con altre tecnologie come sensori IoT, sistemi di visione e robot collaborativi. Questa nuova generazione di AI diventa così una sorta di **"esperta digitale" di sicurezza**, capace di riconoscere pattern di rischio, anticipare condizioni critiche, suggerire comportamenti sicuri e attivare automaticamente misure di prevenzione.

Nonostante l'elevato potenziale di queste tecnologie, i loro effetti concreti sulla salute e sicurezza dei lavoratori sono stati finora poco approfonditi,

con una disponibilità di evidenze ancora limitata e frammentata tra settori produttivi, industrie e categorie tecnologiche[3]. Ogni combinazione di tecnologia, processo e persona genera dinamiche specifiche, difficilmente comparabili, mentre la **rapida evoluzione** delle tecnologie e la **variabilità individuale** – età, forza fisica, capacità cognitive – complicano ulteriormente una comprensione sistematica dell'interazione tra persone e tecnologia. Inoltre, i **benefici** possono essere **difficili da misurare**: il monitoraggio, nell'ambito della salute e sicurezza sul lavoro, si concentra perlopiù su rischi e incidenti, e l'assenza di eventi avversi non è direttamente osservata, rendendo difficile quantificare potenziali impatti positivi[4].

3 Lloyd's Register Foundation, "The impact of emerging technology on safety at work (Briefing)," Lloyd's Register Foundation, 2025. https://doi.org/10.60743/bwrp-2d71.
4 *"It's sometimes difficult to quantify and measure good health and safety performance, good health and safety is the absence of things going wrong and that sometimes are quite intangible, aren't they?"* – frase

3. DESIDERATA: SUPERARE UNA VISIONE 'TECNO-CENTRICA'

Affinché le tecnologie possano realmente contribuire al miglioramento della salute e sicurezza sul lavoro, è necessario superare una visione puramente strumentale e orientarsi verso un **approccio centrato sulla persona**. Questo principio, cardine dell'Industria 5.0, riconosce che le tecnologie devono adattarsi alle necessità, alle diversità e alle caratteristiche dei lavoratori, e non viceversa. La domanda non è più *"che cosa possiamo fare con le tecnologie"*, ma *"che cosa le tecnologie possono fare per le noi"* [5].

Mettere la persona al centro significa progettare tecnologie e ambienti di lavoro che migliorino l'interazione uomo–macchina, favorendo un equilibrio tra sicurezza, autonomia e benessere, e ciò richiede una considerazione dei fattori umani sin dalle fasi di progettazione.

La tecnologia, da sola, non può creare luoghi di lavoro sicuri,

né tantomeno rimpiazzare di sana pianta procedure consolidate, ed è per questo che un aspetto fondamentale risiede nel **binomio cultura della tecnologia e cultura della sicurezza**. Investire in programmi di formazione e iniziative culturali non solo facilita l'adozione di tecnologie, ma ne massimizza i benefici e permette, a chi le utilizza, di farlo in maniera informata e consapevole, anche in merito alle limitazioni e ai pericoli che può introdurre, evitando l'eccessiva fiducia nella tecnologia in sé.

Chi usa gli esoscheletri, per esempio, dovrebbe essere consapevole che, nonostante il potenziale incremento di produttività, il loro obiettivo principale è il miglioramento della salute e sicurezza dei lavoratori; un impiego orientato esclusivamente all'efficienza rischia infatti di generare stress psicofisico e, in alcuni casi, di favorire il verificarsi di eventi infortunistici. In sintesi, il diffondersi della cultura della tecnologia, ormai imprescindibile per restare al passo con il cambiamento, deve procedere parallelamente all'incremento della cultura della sicurezza.

tratta da interviste con esperti di salute e sicurezza sul Lavoro svolte da Lloyd's Register Foundation.
5 Industry 5.0: Towards a sustainablem human-centric and resilient European industry, https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry_en.

4. PROPOSTE E SOLUZIONI: VERSO LA SOSTENIBILITÀ NEL RAPPORTO PERSONE-TECNOLOGIA

Mentre ne discutiamo, le tecnologie continuano a evolvere e a ridefinire il lavoro più rapidamente di quanto riusciamo a regolarne o comprenderne gli effetti. Per questo, supportare la loro introduzione nei luoghi di lavoro richiede una visione strategica che agisca su più piani contemporaneamente.

Integrazione tecnologica coerente e mirata: serve innanzitutto promuovere approcci integrati, evitando di introdurre strumenti isolati e frammentati. La combinazione di più tecnologie permette di affrontare in modo sinergico le diverse dimensioni della salute e sicurezza, dalla prevenzione dei rischi fisici al monitoraggio del benessere psico-fisico.
A questo si aggiunge la necessità di **ricercare e sviluppare nuove tecnologie partendo dai rischi più critici** e non dalla disponibilità degli strumenti. Questo approccio orienta la ricerca e sviluppo verso soluzioni realmente mirate, capaci di eliminare o ridurre i pericoli alla fonte e non semplicemente di mitigarli a valle. In questo modo, l'integrazione tecnologica diventa non solo più efficace, ma anche più sostenibile.

Centralità delle persone: quando nuove tecnologie vengono introdotte, i lavoratori devono restare al centro di ogni processo di innovazione; bisogna, cioè, adottare una visione centrata sull'uomo.

Design partecipativo: il coinvolgimento diretto dei lavoratori deve avvenire sin dalle prime fasi di progettazione, nel test e nell'ottimizzazione delle soluzioni introdotte. Adottare pratiche di design partecipativo aumenta infatti l'efficacia e la sostenibilità delle soluzioni tecnologiche, ed evita che esse vengano percepite come sostitutive o limitanti dell'autonomia lavorativa, come può accadere, ad esempio, negli ambienti di collaborazione uomo–robot.

Gestione etica e trasparente dei dati: è necessario esporre con chiarezza quali dati vengono raccolti, con quali finalità, chi li utilizza e quali garanzie di tutela sono previste. Senza questa chiarezza informativa, anche le tecnologie più avanzate o promettenti rischiano di compromettere i benefici attesi in termini di salute, sicurezza e benessere sul lavoro.

Ruolo delle parti sociali: Un coinvolgimento delle single sindacali che renda trasparente la finalità e la funzionalità delle tecnologie aiuta ad accettare la loro introduzione in ambito lavorativo.

Tutti questi elementi rispondono all'esigenza di concepire le **tecnologie** come **strumenti a supporto del lavoratore** e non di monitoraggio delle sue prestazioni lavorative. L'obiettivo finale, infatti, è che le tecnologie contribuiscano a **rafforzare le nostre "safeguards"**, intese come tutte quelle barriere di sicurezza – fisiche e comportamentali- che ci consentono di "fallire" in modo sicuro, evitando cioè che un eventuale errore dia come esito una conseguenza grave."

5. CONCLUSIONI E IMPLICAZIONI

In questo scenario, è chiaro che il grado di introduzione di tecnologie nei luoghi di lavoro continuerà a crescere, così come le tecnologie continueranno ad evolversi. Tuttavia, la reale efficacia di questa trasformazione non dipende solo dal livello di innovazione in senso stretto, ma soprattutto da **come questi strumenti vengono integrati nei contesti organizzativi** e vissuti dalle persone che li utilizzano. Gli aspetti umani – come le caratteristiche fisiche e cognitive, la fiducia e l'accettazione – sono infatti determinanti quanto le prestazioni delle tecnologie stesse, ma spesso il **benessere dei lavoratori** viene posto in secondo piano rispetto alle **esigenze di produttività** o di ritorno sull'investimento. L'obiettivo non dovrebbe essere il progresso di una a scapito dell'altra, ma un avanzamento equilibrato di entrambe.

Le innovazioni tecnologiche, infatti, possono migliorare l'efficienza e i risultati, ma al tempo stesso impongono ai lavoratori di adattarsi a strumenti e processi in continua evoluzione, generando nuovi rischi per la salute e per la sicurezza. Promuovere un **equilibrio tra innovazione, produttività e benessere** diventa quindi una condizione essenziale per uno sviluppo realmente sostenibile delle condizioni di lavoro, specialmente in ambienti ad alta intensità tecnologica. La tecnologia continuerà a evolvere, ma il suo impatto sulla salute e sicurezza dipenderà da come sapremo integrarla nel lavoro reale. Mettere le persone al centro non è un vincolo, ma la condizione per rendere queste innovazioni davvero efficaci, accettate e sostenibili.

Fondazione LHS
Via Luigi Russolo, 5
20138 Milano
info@fondlhs.org

www.fondlhs.org