

Strumenti e metodi digitali per innovare la gestione del cantiere ed il monitoraggio della salute e della sicurezza del lavoratore. Studio di fattibilità.

INTRODUZIONE

La **digitalizzazione dei processi per un'impresa di costruzioni** ha come principale obiettivo **raccogliere dati dal cantiere** (*"portare il cantiere in azienda"*) al fine di generare un flusso informativo virtuoso nel ciclo produttivo ed attraverso il processo esecutivo mirato al supporto di tre principali macro aree di interesse:

1. Raccolta, monitoraggio e gestione di indicatori di salute e sicurezza sul lavoro;
2. Ottimizzazione nella gestione dei costi industriali (associabili a tre macro categorie: manodopera, mezzi, materiali) e l'efficientamento sostenibile del processo produttivo;
3. Il controllo delle esecuzioni in cantiere (es.: comprendere l'avanzamento dei lavori nel ciclo della commessa in funzione di prestabiliti vincoli qualitativi, temporali ed economici).

La digitalizzazione dei processi a supporto della **salute e della sicurezza sul lavoro**, da effettuarsi sempre nell'ambito delle attività previste obbligatoriamente dal D.Lgs 81/08 e s.m.i. offre potenziali notevoli vantaggi ad esempio per la valutazione del rischio, la sorveglianza sanitaria, l'informazione, formazione e addestramento, la promozione della salute.

Ad esempio, i dispositivi cosiddetti indossabili (*wearable*), quali ad esempio "smartwatch", "smart clothing", "smart glass", "smart DPI" e altri ancora offrono varie opportunità, tra cui, ad esempio, la possibilità di monitorare alcuni parametri fisiologici nei lavoratori, nonché la loro posizione nell'area di cantiere, l'uso di dispositivi di protezione individuale, il monitoraggio dei giudizi di idoneità, di eventuali parametri e valori limite di igiene occupazionale, la verifica in tempo reale del rispetto di norme, regolamenti e procedure, da parte di tutti coloro che sono titolari di responsabilità in tema di salute e sicurezza sul lavoro (datore di lavoro, dirigenti, preposti, lavoratori, ecc.), offrire feedback circa la valutazione dei rischi e la sorveglianza sanitaria.

Dotare i lavoratori, aree o macchinari del cantiere di dispositivi che permettano in tempo reale la connessione tra loro e alcune funzioni di responsabilità nell'impresa permetterebbe di (1) ricevere informazioni che possano facilitare le operazioni in cantiere (2) raccogliere, monitorare e gestire informazioni relative a parametri di salute e sicurezza dei lavoratori e dell'ambiente di lavoro, individuali ed ambientali (3) anticipare, prevenire e monitorare in tempi rapidi e reali, attraverso l'interazione tra il servizio di prevenzione e protezione ed il personale sanitario di riferimento (ad es. Medico Competente, infermiere del lavoro), pericoli e rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Insieme alla gestione della salute e della sicurezza sul lavoro, la digitalizzazione dei processi a supporto dell'**ottimizzazione nella gestione dei costi industriali e dell'efficientamento del processo produttivo** rappresentano il framework di riferimento per l'efficace gestione della fase costruttiva, soprattutto in termini di migliorata **sostenibilità** del settore.

A tal fine, si ritiene necessario investire nel concetto di **tempestività dell'informazione** in quanto essenziale per la valutazione dell'andamento della commessa a supporto di processi decisionali informati, oltre che per connettere ed allineare il cantiere con l'ufficio garantendo uniformità dell'informazione ed efficienza nella gestione di processi collaborativi tra persone con diversi ruoli e responsabilità.

In questo contesto si innesta la digitalizzazione dei processi dell'impresa di costruzioni e l'idea di **Cantiere Connesso**, dove il servizio è dato dalla combinazione di Hardware, Software, e Data Management al fine di gestire i dati raccolti dall'ambiente connesso in tempo reale e poterli rielaborare per ottenere informazioni in merito ai tre principali elementi del cantiere e della sua gestione in termini sia economici che produttivi: manodopera, ovvero i lavoratori dell'impresa e delle eventuali imprese in subappalto, mezzi e macchinari, materiali.

La sensorizzazione di questi elementi permette di creare un network in cantiere attraverso l'uso di sensori di posizione, dispositivi di identificazione, dispositivi di comunicazione e dispositivi di visualizzazione in grado di recepire dei dati e raccogliarli in un sistema di connessione privato al fine di supportare la **struttura di project management e di gestione della commessa** con dati sempre aggiornati ed affidabili.

La digitalizzazione dei processi a supporto delle **certificazioni della qualità e dei controlli in esecuzione**, ad oggi *paper-based* e strutturata in una molteplicità di documenti cartacei la cui coerenza reciproca e di difficile controllo, dovrebbe permettere di **ottimizzare l'efficacia del processo di controllo**.

Questo potrebbe avvenire, ad esempio, tramite l'efficientamento della raccolta di dati sul campo attraverso ispezioni visive supportate da dispositivi mobili (tablet, smartphone, smart watch) e dalla raccolta centralizzata (es.: *cloud-based*) di informazioni che possano poi essere facilmente reperibili in azienda al fine di supportare il controllo dell'avanzamento delle lavorazioni nel rispetto dei vincoli temporali, economici e qualitativi previsti.

Inoltre, adottando logiche di *lean construction*, attraverso l'uso di dispositivi mobili e di uso comune nel contesto privato, l'operatore può essere efficacemente incluso nello stesso ciclo virtuoso di ottimizzazione del processo produttivo avendo la possibilità di esprimere progetti di miglioramento. L'uso di dispositivi mobili per i controlli in esecuzione dota il lavoratore di uno strumento, una *checklist*, predisposto in ufficio, standardizzato ed attraverso il quale poter partecipare attivamente all'avanzamento del cantiere ed al suo monitoraggio senza vivere la raccolta dati come un momento di mera burocrazia e formalizzazione.

La possibilità di raccogliere valori booleani in merito alla conformità delle lavorazioni rispetto a predisposti criteri di qualità compilare campi testo ed aggiungere documenti ed immagini scattate *on site* arricchisce il *cloud* di commessa in modo interattivo ed aggiorna la documentazione di progetto con informazioni originate direttamente in cantiere e sulle quali operare **attività di analisi e business intelligence** al fine di produrre *lesson learned* ed ottimizzazioni per fasi successiva della stessa commessa o per future commesse.

OBIETTIVI

In questo contesto, il progetto vuole focalizzarsi sulla digitalizzazione, tramite dispositivi indossabili, del processo di monitoraggio della salute e della sicurezza del lavoratore e dell'ambiente di lavoro in cantiere. A tal fine, il progetto prevede due principali output:

1. Studio di fattibilità per l'implementazione di un dispositivo indossabile sensorizzato, che rilevi alcuni parametri individuali ed ambientali raccolti durante le attività del lavoratore e che si interconnetta con le principali figure responsabili della salute e sicurezza del lavoratore previste dalla normativa vigente (D. Lgs. 81/08)
2. Sviluppo di un set di indicatori che permetta di monitorare i dati rilevati dai sensori sia in termini di (a) salute e sicurezza del lavoratore che di (b) gestione del cantiere e (c) implementazione della fase costruttiva

STATO DELL'ARTE

Il settore delle costruzioni è - per molteplici ragioni - da molti anni ai primi posti per infortuni e malattie professionali denunciati ed indennizzati, sia mortali che con inabilità temporanee o permanenti. Le attività lavorative del cantiere edile, in generale, possono comportare vari rischi lavorativi di tipo fisico, chimico, ergonomico, biologico, da organizzazione del lavoro, infortunistico ed è altresì noto che il fenomeno degli infortuni e delle malattie lavoro-correlate nell'edilizia è sottostimato e sottovalutato. Da tempo, la Medicina del Lavoro nazionale ed internazionale dedica attenzione a questo tema, anche se è noto il fenomeno della scarsa qualità ed accesso limitato a servizi di sorveglianza sanitaria efficaci.

Pertanto, è necessario incoraggiare e sostenere le imprese edili, non solo nell'applicazione delle normative vigenti in tema di salute e sicurezza sul lavoro, ma anche nella ricerca di nuove strategie per migliorare e promuovere la salute e la sicurezza all'interno dei cantieri e per effettuare interventi di prevenzione il possibile primaria.

Le principali criticità a riguardo consistono nella complessità, sia del processo di misurazione dell'esposizione ai fattori di rischio cui è esposto ogni singolo lavoratore, sia del processo di valutazione del rischio mansione- specifico. Ciò è da attribuirsi primariamente alle diverse tipologie di lavoro e di tecniche costruttive, alla presenza di numerose piccole e piccolissime imprese, con

organizzazione del lavoro complessa (ad es. appartenenza delle maestranze a imprese diverse, utilizzo promiscuo degli strumenti, degli impianti e delle opere provvisorie, presenza di lavoratori autonomi, lavoro irregolare, elevata mobilità, bassa professionalità della manodopera); inoltre, l'esposizione ai vari fattori di rischio è generalmente incostante per intensità, durata e frequenza, anche in relazione alla variabilità delle condizioni organizzative ed ambientali.

SALUTE DEI LAVORATORI

Gli approcci tradizionali per raccogliere, misurare, monitorare, archiviare e gestire i vari indicatori di salute e sicurezza per il lavoratore e per l'ambiente di lavoro, anche e soprattutto nel settore delle costruzioni edili, comportano in larga misura attività manuali, tipo carta e penna, con ridotta frequenza rispetto alle reali necessità anche previste dalle normative, spesso basati su interpretazioni soggettive o estrapolazioni di dati, con molto limitato uso di strumenti informatici. Assai spesso inoltre si interviene a posteriori, quando l'infortunio o la malattia lavoro-correlate sono già avvenuti, di fatto facendo fallire il sistema della prevenzione. Un sistema di questo genere è facilmente generatore di errori, di valutazioni del rischio carenti, di sorveglianza sanitaria inappropriata, di informazione, formazione e addestramento non adeguati, di mancanza di follow up, di analisi solo descrittive e a posteriori, e comunque di livelli di prevenzione primaria, secondaria e terziaria non rispondenti alle norme ed alle linee guida tecnico-scientifiche, con ricadute in termini di responsabilità dei vari attori della prevenzione, così come identificati dal D.Lgs 81/08.

Per cercare di intervenire su tali problematiche e limitazioni al fine unico di promuovere la salute e sicurezza dei lavoratori e dell'ambiente di lavoro nei cantieri, si potrebbero oggi utilizzare tecnologie innovative orientate alla raccolta ed al monitoraggio in tempo reale di alcuni parametri fisiologici dei lavoratori tramite i dispositivi cosiddetti indossabili. Infatti, l'indossabilità del dispositivo e il monitoraggio automatico da loro consentito in tempo reale potrebbe permettere di superare alcune delle criticità sopra riportate.

I dispositivi indossabili ad oggi disponibili sono basati su differenti sistemi (radio-frequenze, campi magnetici, radar, bande ultra-larghe, ultrasuoni, sonar, Bluetooth, Global Positioning System, laser, video e fotogrammi, elettrocardiogramma ed elettromiografia) e sensori corporei (risposta galvanica della pelle, accelerometri, giroscopi e magnetometri) per la generazione dei dati. Tra i parametri fisiologici monitorabili vi sono il ritmo cardiaco, la frequenza cardiaca, la frequenza respiratoria, la

pressione arteriosa, l'ossigeno e il glucosio nel sangue, la temperatura corporea, il livello di stress, la qualità del sonno, il livello di attività, le calorie bruciate, le scale salite/scese, la velocità e la postura del corpo e altri ancora. I parametri quali-quantitativi dell'aria, la pressione barometrica, le perdite di gas, l'umidità, la temperatura, l'illuminazione, altri fattori di rischio fisico sono solo alcuni dei parametri ambientali monitorabili. Mentre il rilevamento di prossimità e la geolocalizzazione, tramite dispositivi di protezione individuale o altri dispositivi controllabili da remoto, sono due esempi di implementazione della sicurezza dell'ambiente di lavoro. La protezione dei dati sensibili viene garantita da sistemi assai adeguati quali la crittografia e, comunque, raccolta, archivio, utilizzo e gestione di tutti i dati sanitari - in particolare quelli raccolti nell'ambito della sorveglianza sanitaria conseguente alla valutazione di rischi ex D.Lgs 81/08 - sono soggetti a rigorose norme di controllo della riservatezza e della privacy con specifici livelli di responsabilità e di sanzioni.

L'acquisizione in tempo reale e se necessario in continuo di dati ed indicatori e l'invio dei dati pertinenti o al responsabile del servizio di prevenzione e protezione, o al medico competente o ad ambedue, faciliterebbe la valutazione del rischio, la sorveglianza sanitaria, la formulazione di giudizi di idoneità, l'informazione, formazione ed addestramento, la promozione della salute, la scelta di dispositivi di protezione individuale e collettiva, e, in generale, la scelta e programmazione di interventi preventivi alla sicurezza e alla salute dei lavoratori e del luogo di lavoro.

SICUREZZA DEI LAVORATORI

In un cantiere edile molto spesso gli incidenti si verificano per la presenza dell'operatore in zone in cui già operano altri macchinari o attrezzature, o in zone a rischio di caduta o interdette, o ancora per la mancanza di dispositivi di protezione sull'operatore o sui macchinari utilizzati.

Si potrebbe quindi provvedere ad una sensorizzazione dei macchinari e delle attrezzature di cantiere che possano tenere sotto controllo il macchinario stesso e fermarlo o rallentarlo in caso di pericolo. Tali sensori potrebbero essere montati a bordo di macchine da cantiere quali dozer, escavatori, terne, gru, apparati di sollevamento.

Gli stessi dovranno essere in grado di connettersi con lo stesso sistema di rilevamento dati dei sensori dei lavoratori ed essere ad essi collegati. Dovranno riuscire a rilevare la presenza o meno dei dispositivi di protezione individuali o collettivi anche a bordo di attrezzature da lavoro.

Dovranno saper individuare chi stia salendo a bordo della macchina e se sia stato abilitato al suo uso, ovvero se in possesso dei corsi di formazione validi per poter utilizzare la macchina.

In caso contrario il sensore impedirà l'avviamento della macchina stessa.

La stessa cosa potrà succedere in caso di rischio derivante dall'avvicinarsi a zone interdette o di pericolo.

Mentre, nel caso in cui una macchina durante il suo movimento si avvicini ad un operatore che non si è accorto della sua presenza, o non è stato visto dal guidatore, il sensore da polso dell'addetto comunica con il sensore a bordo macchina e se la distanza tra i due diminuisce pericolosamente il sensore a bordo macchina provvede ad una frenata di emergenza e a spegnere la macchina stessa. Questi sono ovviamente alcuni esempi di quali potrebbero essere le applicazioni possibili, ma altre possono essere pensate e realizzate nella sperimentazione.

I due sistemi di salute e sicurezza saranno integrati in un unico dispositivo che potrà svolgere insieme la duplice funzione.

L'integrazione dovrà avvenire cercando di non apportare disturbo agli operatori durante le lavorazioni ma facendo diventare il sistema un aiuto al lavoro quotidiano dotandolo anche di un sistema di avviso di emergenza per i singolo operatori.

Vari tipi di dispositivi indossabili sono stati applicati in ambito sanitario, manifatturiero, minerario e sportivo; alcuni di questi hanno mostrato importanti benefici in termini di salute e sicurezza sul lavoro. Nel settore delle costruzioni il loro utilizzo è ancora in una fase iniziale "quasi sperimentale". Una recente revisione di letteratura (Awolusi I. et al., 2018) ha inoltre messo in evidenza la possibilità di utilizzare in edilizia i dispositivi indossabili. Vi è quindi necessità di applicare tali tecnologie nel settore dell'edilizia ed è tempo che le parti interessate si impegnino convinte nello sviluppo di queste tecnologie emergenti in tema di salute e sicurezza sul lavoro.

SPERIMENTAZIONE

Quando sarà raggiunto un sufficiente grado di avanzamento dello sviluppo delle tecnologie, e alla fine del lavoro di messa a punto dei sistemi, si prevede una fase di sperimentazione sul campo con il coinvolgimento diretto di 2 imprese edili che, sotto la guida e il controllo di ESEB e delle Università, andranno ad applicare i dispositivi e le tecnologie sviluppate sui loro cantieri.

A seguito della sperimentazione si valuteranno i risultati reali ottenibili, l'affidabilità delle informazioni, il loro utilizzo, anche attraverso piattaforme commerciali di contabilità industriale, e la loro reale efficacia in un sistema di salute e sicurezza globale sul sito produttivo.

ATTIVITÀ DI DISSEMINAZIONE

Risultati preliminari e ulteriori progressi nell'attività di ricerca saranno diffusi tramite partecipazione a convegni nazionali ed internazionali oltre che tramite la pubblicazione su riviste scientifiche afferenti agli ambiti di ricerca concomitanti. I risultati della ricerca saranno discussi anche in occasioni di *networking* con potenziali stakeholder sia in ambito accademico che industriale (ad esempio tramite *workshop*, *focus group*, lezioni aperte ed attività di formazione continua), oltre che promulgati tramite attività di *e-publishing*.

METODOLOGIA

Si ipotizzano i seguenti *work package* (Figura 2):

WP1 Formulazione della domanda di ricerca: analisi del contesto di ricerca, individuazione del problema e delle esigenze da soddisfare

WP2 Analisi del contesto attuale: individuazione e rappresentazione di processi coinvolti/flussi informativi/stakeholder/procedure attualmente in uso

WP3 Ricerca e sviluppo di un set di indicatori che permetta di monitorare i dati rilevati dal dispositivo indossabile sia in termini di (a) salute e sicurezza del lavoratore e dell'ambiente di lavoro che di (b) produttività del cantiere e (c) sostenibilità della gestione della fase costruttiva

WP4 Identificazione di potenziali vincoli normativi, temporali, economici, organizzativi, informatici e tecnico-scientifici.

WP5 Sperimentazione sul campo come ulteriore fonte di raccolta dati

WP6 Proposta di massima per l'implementazione di dispositivi indossabili per il monitoraggio continuo della salute e della sicurezza del lavoratore e del cantiere

WP7 Comunicazione e condivisione con gli stakeholder

Progetto di ricerca – 12 mesi												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
WP1												
WP2												
WP3												
WP4												
WP5												
WP6												
WP7												

Figura 2. Gantt di progetto

SUPERVISIONE E COLLABORAZIONI

Prof. Angelo L.C. Ciribini, Ing. Silvia Mastrolembo Ventura

Ph.D. – Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e Matematica - Università degli Studi di Brescia

Prof. Stefano Porru, Dott. Stefano Biancini

Dipartimento di Diagnostica e Sanità Pubblica – Sezione di Medicina del lavoro – Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro - Università degli Studi di Verona

Ing. Antonio Crescini

ESEB – Ente Sistema Edilizia Brescia

Ing. Angelo Deldossi

Deldossi srl

Prof.ssa Alessandra Flammini, Prof. Stefano Rinaldi

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione – Università degli Studi di Brescia

BIBLIOGRAFIA

Khakurel, Jayden, Helinä Melkas, and Jari Porras. "Tapping into the wearable device revolution in the work environment: a systematic review." *Information Technology & People* 31.3 (2018): 791-818.

Awolusi, Ibukun, Eric Marks, and Matthew Hallowell. "Wearable technology for personalized construction safety monitoring and trending: Review of applicable devices." *Automation in construction* 85 (2018): 96-106.

Mosconi, G., et al. *Linee Guida per la valutazione del rischio e la sorveglianza sanitaria in edilizia*. Vol. 1. PIME, 2008.

Strumenti e metodi digitali per innovare la gestione del cantiere ed il monitoraggio della salute e della sicurezza del lavoratore. Studio di fattibilità.

SPESE PER LA REALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Voci di spesa	Importo
Personale impiegato nel progetto	€ 10.000,00
Costi di ricerca contrattuale per le attività di ricerca e sviluppo affidate a Università degli Studi di Brescia	€ 35.000,00
Costi di ricerca contrattuale per le attività di ricerca e sviluppo affidate a Università degli Studi di Verona	€ 35.000,00
Spese di materiali, forniture e altri prodotti per la realizzazione fisica di prototipi e prodotti analoghi direttamente imputabili al progetto.	€ 10.000,00
Spese generali derivanti direttamente dal progetto	€ 10.000,00
COSTO TOTALE DEL PROGETTO	€ 100.000,00

IL SEGRETARIO GENERALE
(Dr Massimo Ziletti)

IL PRESIDENTE
(Dr Giuseppe Ambrosi)

Firma digitale ai sensi dell'art. 24 del d.lgs. 7 marzo 2005, n. 82
"Codice dell'amministrazione digitale"