

OTTIMIZZAZIONE DEL PROCESSO DI CARICO/SCARICO MACCHINE PER LA LAVORAZIONE DI LAMIERE

Prof. Ing. Lanzetta Michele¹, PhD. Ing. Francesco Lupi¹, Dott. Ing. Simone Stagnari¹, Dott. Ing. Alessio Pacini¹

¹Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale, Università di Pisa, Pisa 56122, Italia

1. INTRODUZIONE

L'azienda EB Metal S.r.l., attiva nella lavorazione di **lamiere metalliche**, ha intrapreso un percorso di trasformazione digitale volto a incrementare efficienza, qualità e sicurezza nei processi produttivi. Il progetto, cofinanziato dal Programma Regionale **FESR 2021-2027**, ha visto la collaborazione tra EB Metal e l'Università di Pisa (DICI) per sviluppare un sistema integrato basato su **B5.2 - Cloud Computing**, **B5.3 - Big Data Analytics** e **B5.10 - Intelligenza Artificiale**. L'obiettivo era il **revamping 4.0** della punzonatrice (Fig. 1), trasformandola in una macchina intelligente in grado di raccogliere, archiviare e analizzare dati di processo in modo automatico e oggettivo.

2. MATERIALI E METODI

B5.10: i) **Telecamera lineare** con illuminazione controllata e **encoder** rotativo, sincronizzato al nastro della punzonatrice. **PC industriale** per elaborazione locale e gestione di **moduli AI**. ii) Algoritmi per il confronto automatico tra disegno CAD 2D e immagine reale del pezzo, rilevando difetti geometrici e superficiali (Fig 2,3).

B5.3: i) Estrazione automatica dei **dati produttivi** dai file PDF macchina mediante script dedicati. ii) Normalizzazione e **integrazione** in dataset tabellari per analisi incrociate di parametri, materiali e tempi di lavorazione. iii) Realizzata una **dashboard** interattiva per monitorare **KPI** in tempo reale (Fig. 4).

B5.2: i) Infrastruttura basata su **Drive** con sincronizzazione automatica e backup istantanei. ii) Middleware per upload selettivo e compresso dei dati rilevanti, garantendo **sicurezza e tracciabilità**.

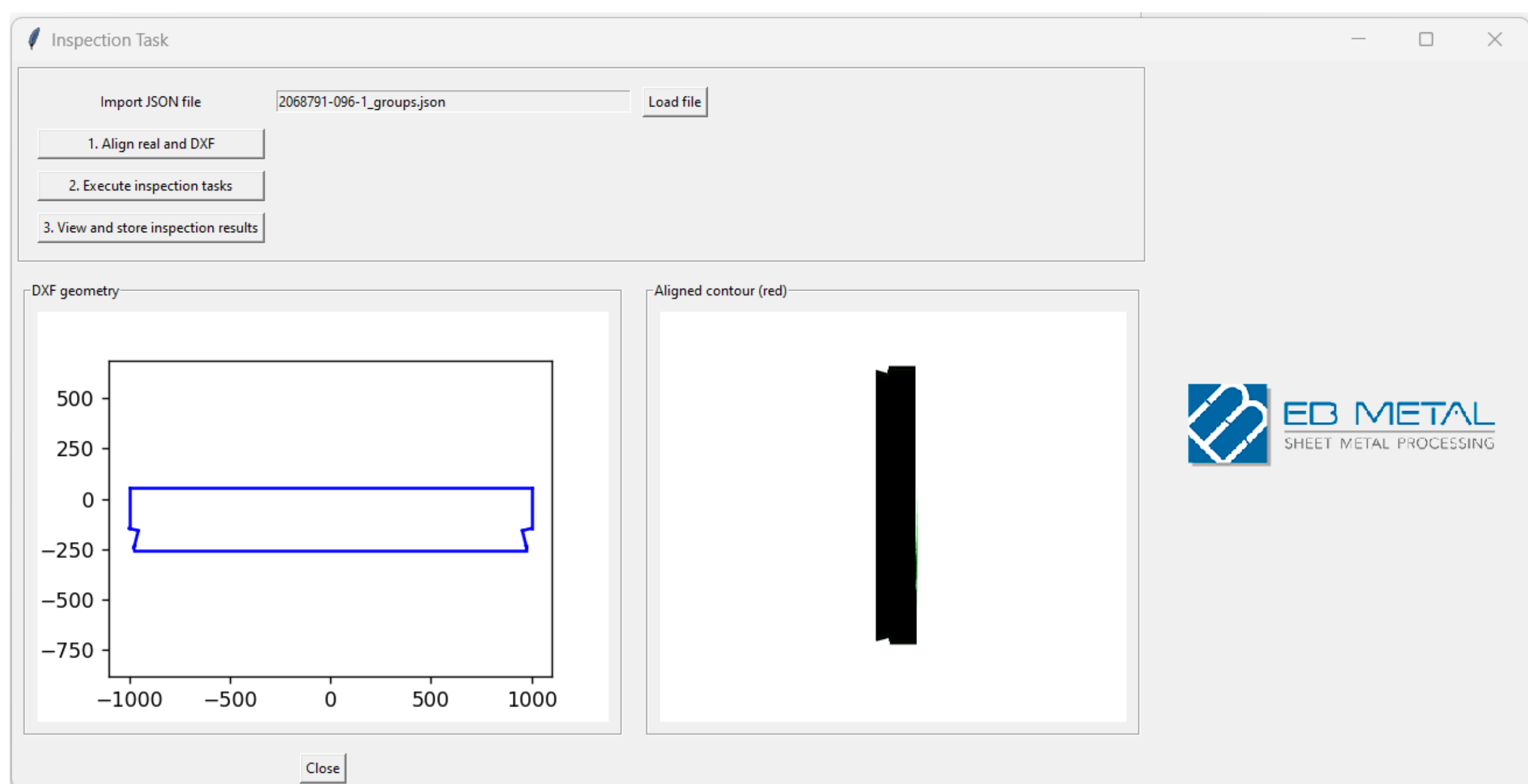


Figura 2: Graphic User Interface (GUI) registrazione e controllo geometrie dopo la registrazione di un caso esemplificativo.

4. DISCUSSIONE

L'integrazione Cloud-Big Data-AI(visione) ha permesso di trasformare la punzonatrice in un **sistema cyber-fisico** con capacità di apprendimento e controllo automatico. I dati sono oggi **acquisiti, analizzati e storicizzati** in modo strutturato, eliminando la soggettività del controllo e abilitando un approccio **data-driven**. Il sistema incrementa la **sicurezza**, liberando gli operatori da attività ripetitive e potenzialmente pericolose, e migliora la **pianificazione** grazie alla standardizzazione dei tempi di ciclo. L'architettura modulare consente l'estensione ad altre macchine (taglio laser), favorendo la **scalabilità del modello digitale** all'intero stabilimento.

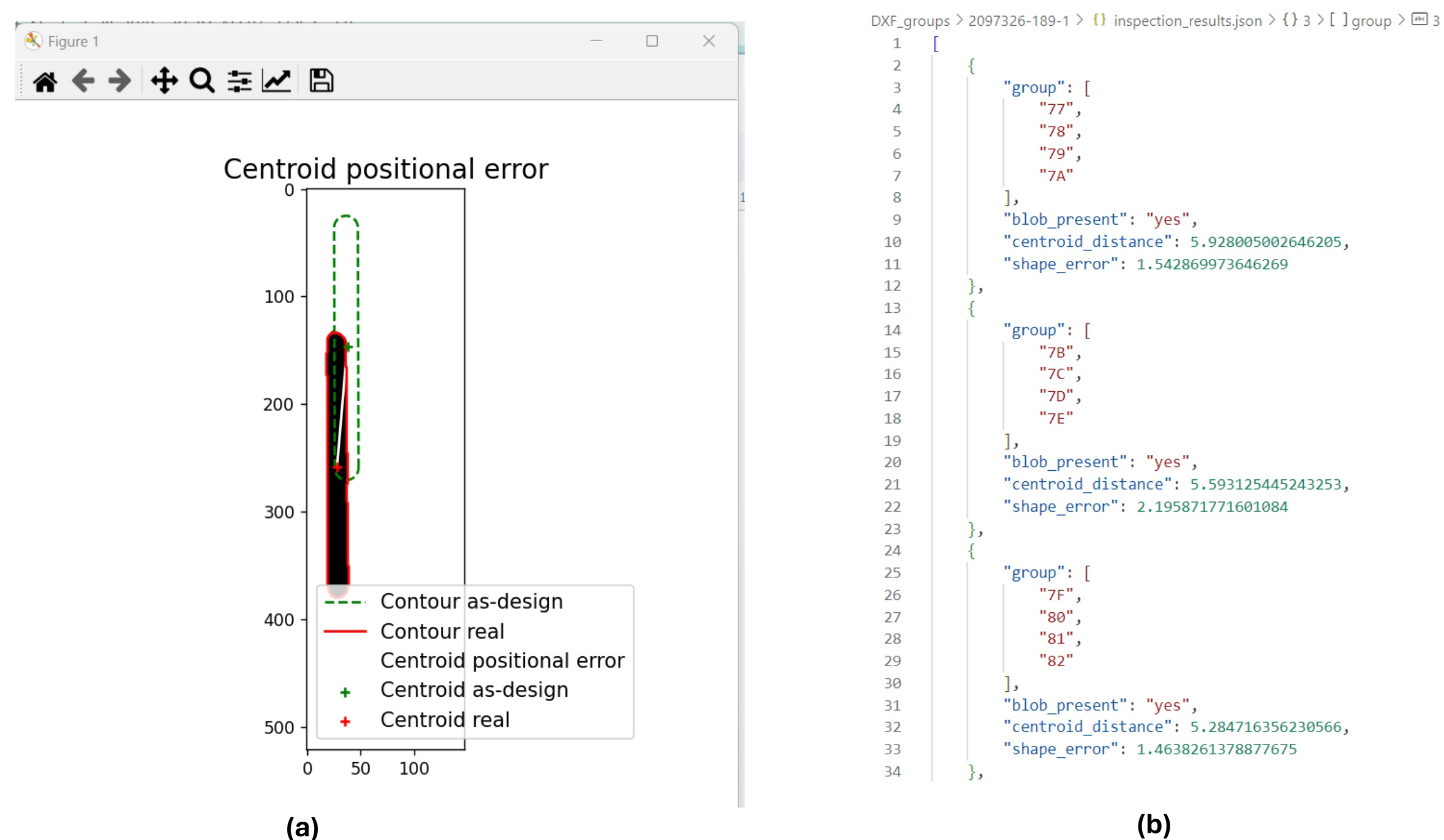


Figure 5: GUI registrazione e controllo geometrie (a). Estratto di report generato in formato JSON contenente, per ogni feature "group" le entità DXF, la presenza o meno del corrispettivo blob nell'immagine reale, la distanza tra i centroidi e l'errore di forma calcolato come RMS error (b).

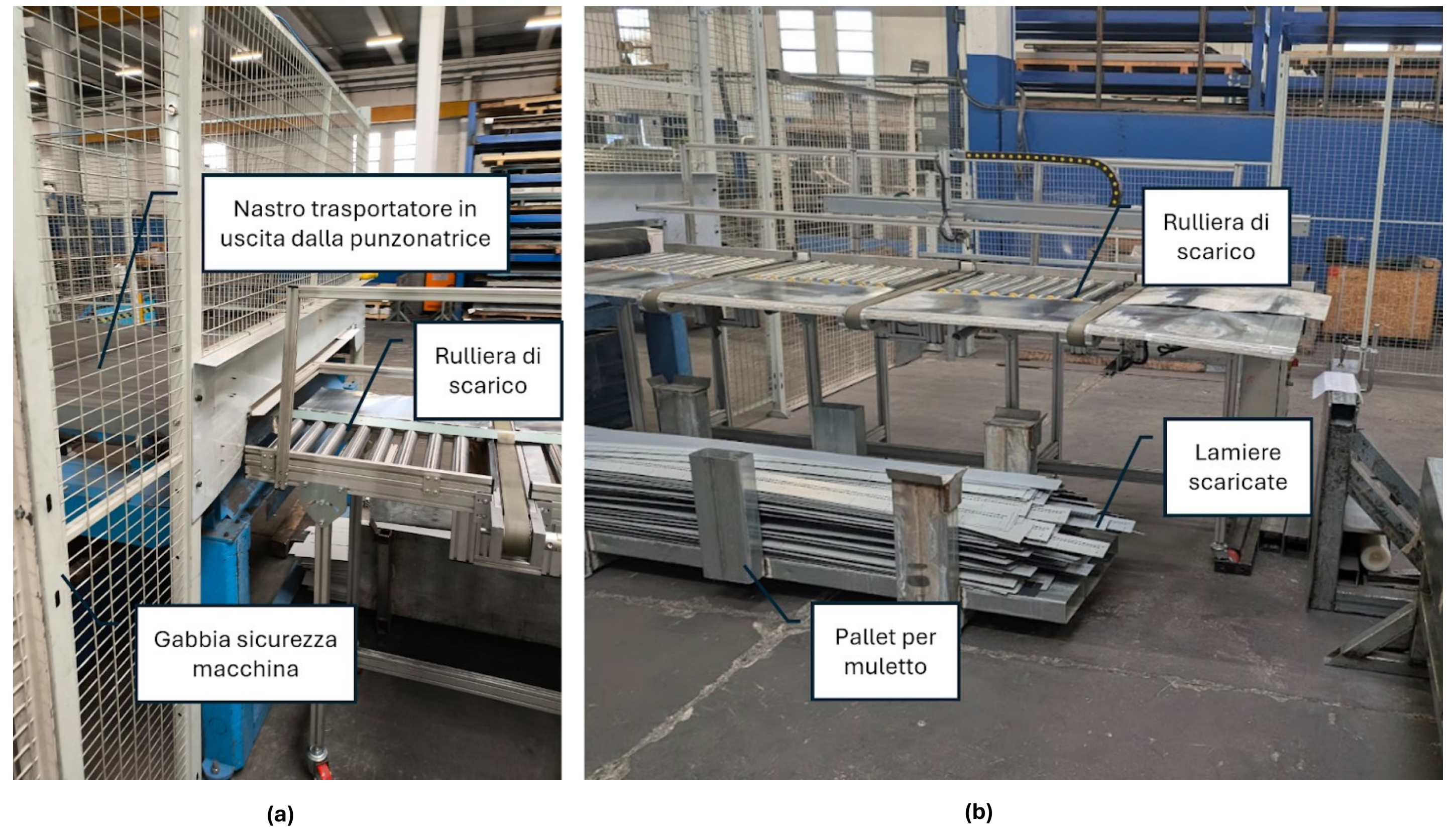


Figura 1 (a)-(b) Punzonatrice in analisi per il corrente progetto presso stabilimento EB Metal.

3. RISULTATI

- B5.10** : Automazione 100 % del controllo qualità in setup e produzione (Fig. 2,3,5);
- B5.3**: Analisi automatica di report PDF e riduzione del tempo di analisi a pochi secondi (Fig 4);
- B5.2**: Volume dati archiviabili 15 GB/mese, backup automatici istantanei, tempo di accesso nell'ordine dei millisecondi.

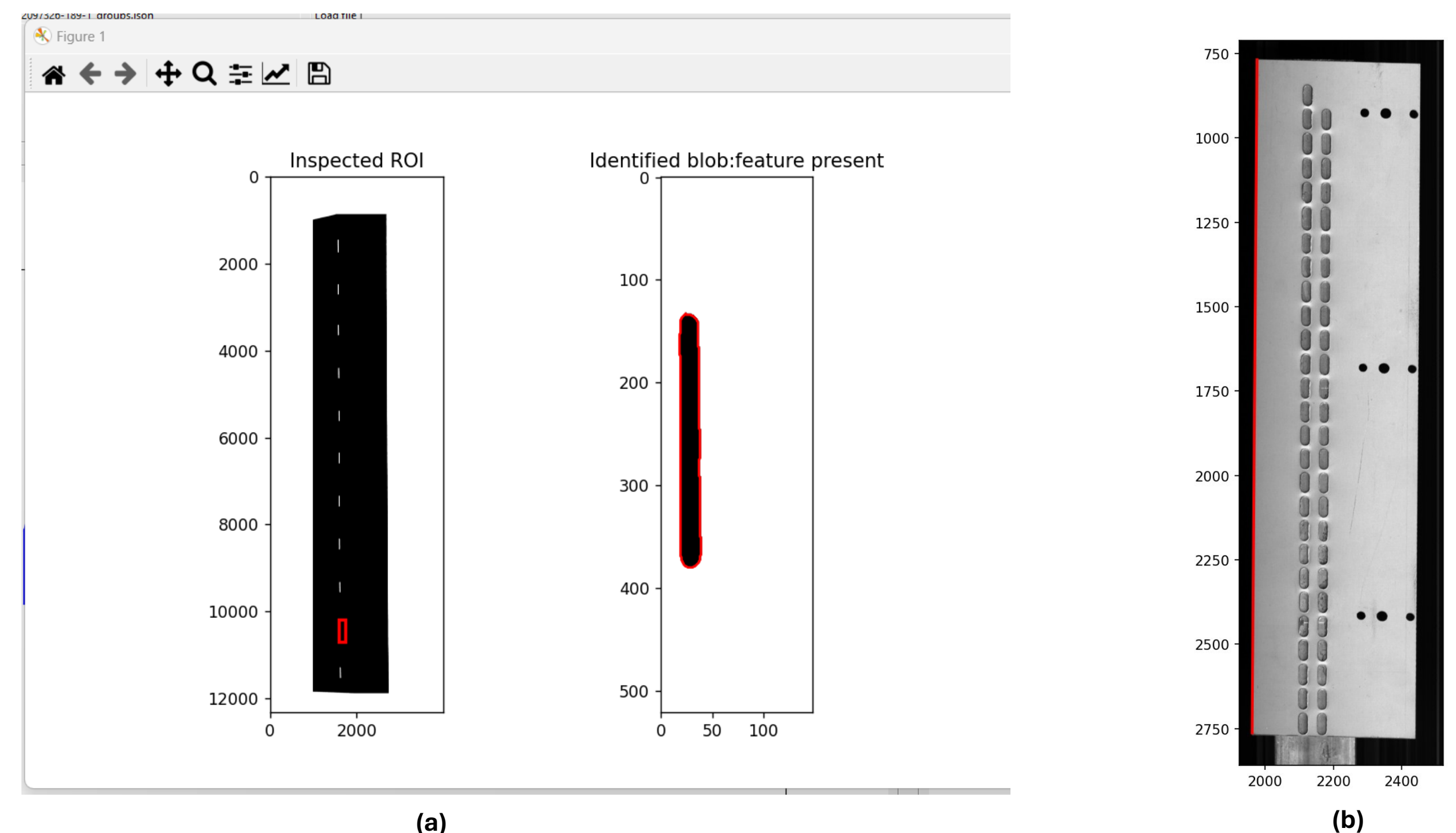


Figura 3: Graphic User Interface (GUI) registrazione e controllo geometrie in fase di ispezione di una feature "cava" e localizzazione e analisi del blob relativo.

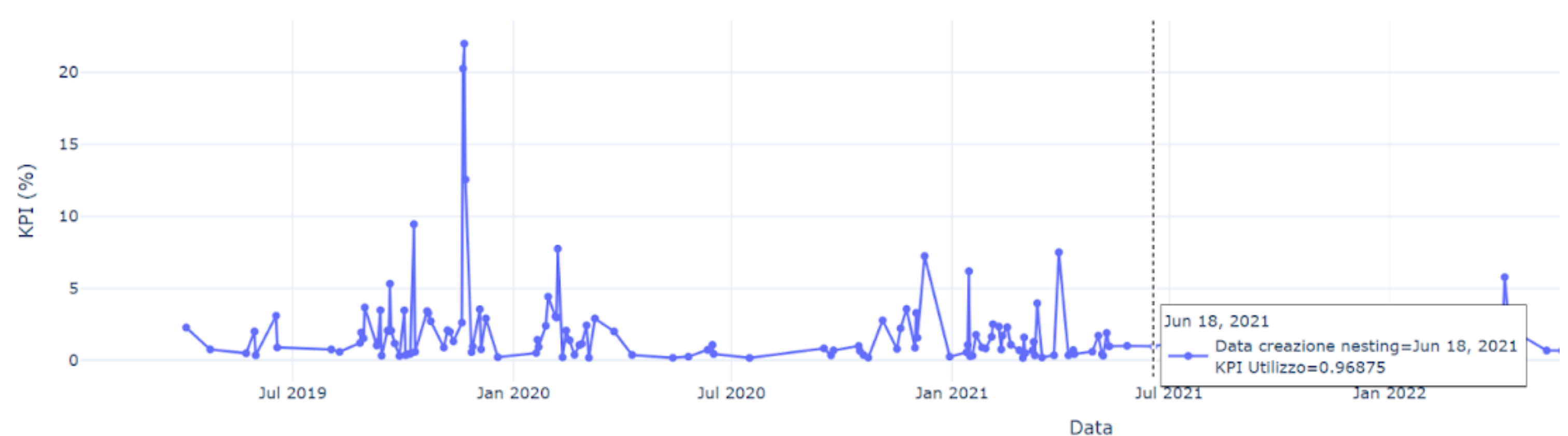


Figura 4: Grafico temporale interattivo dell'andamento di utilizzo KPI punzonatrice.

5. CONCLUSIONE

L'infrastruttura realizzata ha permesso di ottenere una sinergia operativa tra **livello fisico** e **livello digitale**, con l'AI a bordo macchina per l'elaborazione locale dei **dati di visione**, il middleware per il trasferimento sicuro in **Cloud** e l'ambiente **Big Data** per l'analisi storica e predittiva. Dal punto di vista tecnico, l'approccio integrato ha reso possibile la riduzione dei colli di bottiglia informativi e ha abilitato la generazione di dataset strutturati in tempo reale, rendendo il processo di **controllo qualità completamente automatizzato**. I risultati raggiunti rappresentano la base per la futura estensione del sistema a tutte le fasi della produzione, consolidando un modello di **fabbrica intelligente e sostenibile**. I risultati ottenuti rappresentano non solo un avanzamento tecnologico per EB Metal, ma anche un caso **pilota di riferimento** per la digitalizzazione sostenibile delle PMI manifatturiere.