

UN INDICE OEE PER LA STAMPA DELLE BANCONOTE IN ITALIA**

MICHELE MANNA*

Riassunto

Il lavoro indaga alcuni aspetti applicativi dell'indice di Overall Equipment Effectiveness (OEE) per la stampa delle banconote. Mediante l'analisi della serie storica mensile, dal 2014 al 2020, dell'indice di OEE della stamperia della Banca d'Italia, il lavoro indaga, inoltre, l'impatto sull'OEE di alcune misure di riorganizzazione produttiva e dei più recenti eventi pandemici. Il lavoro presenta, altresì, una ricostruzione di alcune scelte applicative con cui il ricercatore si confronta nell'elaborazione di misure dell'OEE.

Parole chiave: Indice OEE, stampa di banconote, Banca d'Italia, riorganizzazione, pandemia.

Articolo ricevuto: 24.5.2021 Accettato: 22.10.2021

Abstract

In this work we present some applied aspects of the Overall Equipment Effectiveness (OEE) index – the share of manufacturing time that is truly productive – for the Bank of Italy's banknote production plant. The availability of a monthly series of the index from 2014 to 2020 allows the examination, through quantitative techniques, of the impact on the OEE of "firm events" which may arise in other industrial sites as well: a reorganization of working shifts, negotiation with trade unions, management of the challenges brought about more recently by the COVID-19. The paper also offers insights on applied issues a researcher is confronted with when elaborating OEE measures.

Keywords: OEE index, banknote printing, Bank of Italy, reorganization, pandemic.

First submission: 24.5.2021 Accepted: 22.10.2021

1. Introduzione

L'indice *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ha acquisito un'ampia popolarità nelle concrete modalità gestionali di strutture industriali, tanto da gua-

* Vicecapo del Servizio Banconote, Banca d'Italia. E-mail: michele.manna@bancaditalia.it.

** L'autore desidera ringraziare Andrea Corradini, Franco Maria D'Andrea, Riccardo Imbimbo, Raniero Levantesi, Ludovica Malafronte, Gabriele Carmine Messina, Francesco Nicolò, Eloisa Perazzolo, Roberto Rinaldi, Roberta Verrelli, due anonimi referee nonché i partecipanti a un seminario interno alla Banca d'Italia per i suggerimenti ricevuti. Il lavoro riflette esclusivamente le opinioni dell'autore, senza impegnare la responsabilità della Banca d'Italia.

dagnarsi l'appellativo di *gold standard* del settore manifatturiero. Esso riassume in una singola misura di agevole lettura il rapporto tra il volume di produzione conforme agli standard, realizzato in un dato intervallo di tempo, e quanto si era pianificato di produrre. La capacità di sintesi di questo indice è dovuta anche all'essere la combinazione di misure più elementari di disponibilità (quanto tempo la macchina ha operato), prestazione (quanto la macchina ha prodotto rispetto al potenziale) e qualità (quota di prodotti buoni sul totale).

Rispetto alla ormai ampia letteratura in materia – l'OEE venne introdotto da Nakajima (1988) come metrica del concetto di Total Productive Maintenance (1998), da allora numerosi sono stati i lavori di presentazione dell'indice (cfr. sezione 3) – il lavoro intende offrire due contributi principali.

In primo luogo, questo lavoro presenta il caso di misure di OEE applicate alla stampa delle banconote, attività industriale su cui non esistono nella letteratura relativa all'OEE contributi significativi. Da questo punto di vista, il paper presenta la serie mensile, dal gennaio 2014 al dicembre 2020, dell'OEE per la stampa delle banconote in Banca d'Italia e ne analizza gli andamenti mediante tecniche econometriche, al fine di indagare le variabili che offrono un contributo significativo nella spiegazione del suo andamento. Inoltre, con un approccio *business case*, il paper indaga gli impatti sull'OEE della stampa delle banconote di due eventi particolarmente significativi per la stamperia: la negoziazione sindacale che precedette la stipula degli accordi nel 2017 e la gestione del rischio sanitario associato al Covid-19 nel corso del 2020. Da questo punto di vista, l'ambizione è analizzare con strumenti quantitativi l'andamento dell'OEE rispetto a temi – riorganizzazione dei turni di lavoro, negoziazione, gestione delle crisi (in questo caso di natura sanitaria) – di valenza generale nell'industria manifatturiera. Dunque, temi che possono aver risonanza ben più ampia di quanto potrebbe riferirsi al solo prodotto "banconota", che evidentemente ha una sua forte peculiarità (nella nota 10 si introduce il lettore ad alcuni aspetti di *governance* della produzione delle banconote euro).

In secondo luogo, il paper offre al lettore, ricercatore o *practitioner*, un percorso metodologico per elaborare misure di OEE. Attraverso la presentazione e discussione in dettaglio delle scelte attuate nella elaborazione dei dati mensili provenienti dall'attività di stampa delle banconote della Banca d'Italia, il lavoro offre un percorso applicativo che può essere esteso anche ad altre attività. Questi aspetti applicativi non sono di poco conto. Basti considerare che, a fronte della relativa semplicità delle formule di calcolo delle tre misure elementari sopra richiamate e quindi dell'indice nel suo complesso, la migliore letteratura in materia conclude che «*there is no such thing as "an OEE number"*» (cfr. *infra*). Espressioni come questa testimoniano in modo eloquente la possibilità di pervenire a misure molto differenti del livello di OEE per il medesimo impianto e dunque l'ampio margine per svolgere i calcoli in modi differenti.

Nell'illustrare le soluzioni adottate non si ha la pretesa di suggerire ciò che è "giusto" per ogni contesto, non ultimo perché le soluzioni sono dipendenti anche dai dati di cui il ricercatore potrà disporre di volta in volta¹. Si può però delineare un approccio complessivo al problema, tenendo in ogni caso presente che nello spirito dell'OEE ciò che rileva non è conseguire un livello alto in un dato momento ma il miglioramento regolare nel tempo.

Il resto del lavoro è organizzato nel modo seguente. La sezione 2 introduce alcuni concetti generali relativi all'OEE, la sezione 3 si sofferma sugli aspetti applicativi di calcolo dell'indice nell'attività di stampa delle banconote, la sezione 4 presenta il caso di studio, i dati utilizzati nel lavoro e alcune statistiche descrittive, la sezione 5 illustra i risultati di alcune stime econometriche e, infine, la sezione 6 conclude.

2. Cosa è l'OEE: potenza e limiti della misura

Nella formula più conosciuta l'OEE si calcola come il prodotto di tre componenti²:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilità} \times \text{Prestazione} \times \text{Qualità} \quad [1]$$

L'indice OEE assume valori in una scala da 0 a 100% dove il massimo si raggiunge se: *i*) il grado di attività dell'impianto è esattamente pari a quello pianificato, senza soste non previste; *ii*) la produzione è pari al potenziale delle macchine; *iii*) tutti i pezzi prodotti sono conformi agli standard di qualità.

Il valore massimo del 100% è, con tutta evidenza, un riferimento solo teorico: non esiste impianto che sia sempre attivo nel tempo pianificato, che non sia mai soggetto a rallentamenti e che non produca mai pezzi difettosi. Si pone quindi il problema di quale sia il valore massimo concretamente verificabile in impianti ottimamente organizzati, cd. *world class*. Un riferimento convenzionale è quota 85% proposta da Nakajima (1988)³. Sebbene spesso proposta, è bene considerare anche questa misura con cautela. Essa venne elaborata in base all'esperienza acquisita dall'autore in Giappone, in un periodo ben preciso (gli anni settanta del secolo scorso) e in un settore specifico (*automotive*). Quindi la letteratura esorta a non considerare in modo rigido un singolo valore ma piuttosto a impegnarsi a migliorare in modo continuo nel tempo le misure ottenute.

L'importanza dell'OEE può difficilmente essere sovrastimata tanto che non appaiono eccessive definizioni quali «*the gold standard for measuring manufacturing productivity*»⁴. Il concetto che l'indice intende misurare – rapporto tra ciò che si è fatto e ciò che si era pianificato di fare – è di immediata compren-

sione nei suoi termini generali, facilitando il dialogo tra *management* e strutture tecniche: con l'OEE il primo può disporre appunto di un indicatore di agevole lettura sul funzionamento complessivo dell'impianto e che può guidarne la gestione; allo stesso tempo, l'indice impone una "disciplina" alle strutture tecniche nel senso che supera in una visione olistica le complessità e le conoscenze di dettaglio proprie del processo di produzione.

Dunque, altro aspetto apprezzabile dell'indice è la sua capacità di tradurre in un singolo numero il funzionamento, spesso complesso, di un impianto industriale, facilitando confronti nello "spazio" e nel "tempo".

I confronti nello "spazio" sono quelli che si possono realizzare con analoghe misure di altre imprese manifatturiere ovvero con le soglie cui si è ora accennato. Questi confronti intendono verificare se il sito industriale di cui misuriamo l'OEE è gestito in modo efficace o meno. Peraltra, la letteratura sull'argomento sottolinea come rispondere a questa domanda non sia agevole: non c'è consenso sul massimo valore concretamente raggiungibile, né può parlarsi di una misura "oggettiva"/"vera" dell'indice per un impianto industriale in un dato momento. Ciò perché, in estrema sintesi, il risultato dei calcoli sull'OEE è influenzato dai dati elementari a disposizione, dalla frequenza di aggiornamento e dalla granularità dei piani di produzione, dall'organizzazione generale della produzione (quante linee di produzione? quante fasi?). Certamente, questo spazio per confronti è particolarmente rilevante nel contesto della presente ricerca: come osservato sopra, al meglio delle indagini condotte da chi scrive, non si ha notizia di documenti pubblicamente disponibili con misure di OEE nella produzione delle banconote⁵.

Più agevole e robusto è il confronto nel "tempo", purché si abbia l'accortezza di mantenere invariata la metodologia con cui si sono derivate le misure riferite a tempi diversi in modo da renderle confrontabili tra loro. Anche per queste ragioni non appare casuale l'enfasi posta dalla letteratura sull'importanza di orientare la gestione dell'impianto verso un incremento regolare nel tempo dell'OEE, nello spirito del concetto giapponese del *Kaizen*⁶, piuttosto che conseguire un generico livello ritenuto alto. Di qui l'approccio adottato in questo lavoro di proporre una serie storica su un periodo sufficientemente lungo, sette anni di osservazioni mensili, piuttosto che una singola misura.

Un utilizzo corretto dell'OEE nell'industria manifatturiera non può prescindere da una comprensione dei limiti propri di quest'indice, non attribuendogli valenze e finalità ad esso estranee.

In primo luogo, come reso esplicito già dall'acronimo, l'OEE costituisce una misura di efficacia, non di efficienza. L'indice esprime ciò che si è fatto rispetto a ciò che si sarebbe potuto fare (o ancor meglio rispetto a ciò che si era pianificato di fare); non misura quante risorse si sono impiegate e con quali costi per raggiungere il risultato desiderato⁷.

Secondo, la semplicità dell'equazione [1] potrebbe suggerire una sorta di oggettività nella procedura di calcolo e unicità dei risultati. Un'immagine di questo tipo è fuorviante ed eloquente è l'affermazione seguente, proposta in uno dei siti più noti in materia, «there is no such thing as "an OEE number" that could be referenced to, simply because it could be defined in a thousand different ways»⁸.

Riconoscere questa ambiguità non rende l'OEE privo di significato. Certamente, nel ricostruire una serie storica, è prudente mantenere costanti nel tempo le scelte metodologiche adottate, divenendo altrimenti poco significativi i confronti nel "tempo". Per quanto riguarda invece i confronti nello "spazio" – l'OEE di impianti differenti – si può solo procedere con prudenza nel giudicare i diversi numeri.

Questione forse più sottile riguarda la circostanza che in un impianto nel quale la produzione è organizzata in più fasi collocate in sequenza, l'efficacia complessiva dipende anche da colli di bottiglia che sono sempre possibili, secondo il principio dell'espressione inglese *The speed of the fleet is determined by the slowest vessel*. Non sorprende che si registri un progressivo degrado del tempo di ciclo effettivo rispetto a quello teorico, via via che ci si sposta dalla fase 1 alla fase N, se le macchine hanno produttività differenziate e si fatica a mantenere allineati i buffer intrafase. Per ovviare a questi aspetti di misurazione, Braglia, Frosolini e Zammori (2009) propongono, ad esempio, un indice di *Overall equipment effectiveness of a manufacturing line* (OEEML). Pur senza una terminologia del tutto assestata, può essere utile far riferimento a queste alternative, proposte con differenti gradi di sofisticazione, con l'espressione di "System OEE", riservando invece l'espressione "Equipment OEE" all'indice nella sua versione base (Cesarotti, Giuiusa, Intronà, 2013). Queste ultime restano le misure più diffuse tra i *practitioner*, ragionevolmente perché evitano di introdurre un ulteriore elemento di complessità, agevolando così anche la confrontabilità dei risultati, e saranno l'oggetto anche del presente lavoro.

3. L'applicazione dell'OEE alla stampa delle banconote

Numerosi sono i contributi disponibili nella letteratura sulle formule di calcolo dell'OEE nonché su confronti con altri indici di efficacia o più generalmente di *performance* di impianti industriali. Una lista certamente non esaustiva può ricomprendere Braglia, Frosolini e Zammori (2009); Cesarotti, Giuiusa, Intronà (2013); De Ron, Rooda (2006); Kabak, Keleş, Özveri (2016); Mathur *et al.* (2011); Muchiri, Pintelon (2008).

Appare quindi superfluo ripetere in questo lavoro queste formule ovvero ricostruire una tassonomia di concetti quali *loading time* e *operating time*. Piuttosto, in questa sezione si porrà l'attenzione sugli aspetti applicativi della costruzione

di un indice OEE per la stampa delle banconote: si tratta di un tema poco affrontato in letteratura e che tuttavia, per quanto finora esposto, appare rilevante data la varietà di risultati numerici ottenibili per un medesimo impianto.

Richiamando la formula dell'OEE, introdotta nel paragrafo precedente, qui ci si sofferma sulle sue componenti, individuando le scelte operative da mettere in campo in fase di costruzione dell'indice.

La misura di disponibilità (*availability*) è il rapporto tra il tempo nel quale la macchina è attiva – cioè ha prodotto almeno una unità di output (al limite anche con difetto) – rispetto al tempo nel quale ne era stata pianificata l'attivazione, il *planned production time*.

Emerge in questo contesto un primo concreto esempio dell'ampiezza di scelte che devono affrontarsi nel calcolare una misura di OEE, se solo si pensi che il "tempo", con riferimento al quale si verifica lo svolgimento della produzione, potrebbe essere una settimana, una giornata, un'ora ecc. Né la scelta di una o l'altra unità è neutrale sulla misura dell'OEE. In effetti, a parità di altre condizioni, minore è la durata di questo "tempo", minore potrebbe anche il risultato della misura di disponibilità e dunque dell'indice nel suo complesso⁹. Deve anche tenersi in considerazione il fatto che l'OEE è un indice composito, combinazione di più indici elementari. Dunque, nel selezionare l'unità di tempo presa come riferimento è importante che si disponga di dati di qualità elevata in modo sufficientemente omogenea rispetto a tutte le dimensioni coinvolte. Ciò tanto più se si intende compilare un'intera serie storica, come si è fatto per questo lavoro, e non solo realizzare la fotografia dell'OEE in un singolo momento. La combinazione di queste riflessioni spinge a svolgere l'analisi prendendo come riferimento l'unità di tempo più breve tra quelle che possono offrire dati adeguati per l'intero periodo di interesse.

Ancora rispetto al "tempo", un ulteriore punto di riflessione riguarda l'antiprodotto col quale si è elaborata la previsione di produzione, il piano. Si considerino due esempi volutamente estremi. In un caso, il piano è aggiornato giornalmente. È plausibile attendersi che, salvo imprevisti dell'ultimo momento, se nel giorno d si è pianificata l'attivazione della macchina m nel giorno $d+1$, questo effettivamente avverrà. Non appare priva di fondamento la conclusione che utilizzare piani di produzione aggiornati ad alta frequenza si traduce in misure di disponibilità molte alte. Nel secondo esempio, il piano è aggiornato con una frequenza molto bassa, tipo ogni due anni. Va rimarcato in primo luogo che in contesti di questo genere il piano potrebbe rinunciare a fornire indicazioni esplicite su cosa produrre e con quali macchine in modo distinto per singola giornata (tantomeno per intervalli infragiornalieri). Si assuma tuttavia che il piano sia organizzato a livello di singola macchina e su dati giornalieri. Quindi, il piano aggiornato nel giorno d conterrà informazioni, per dire, sul giorno $d+400$. Si comprende bene

che questa potrà essere al meglio un'indicazione di massima e una miriade di fattori potrebbero intervenire tra le due date alterando quanto ci si era proposti di fare. La conclusione qui è l'opposta di quella precedente: disponendo di un piano di produzione aggiornato a frequenza bassa o bassissima, il grado di rispondenza delle scelte effettivamente adottate nel singolo giorno o singola ora alle indicazioni poste nel piano si riduce, diminuendo così la misura calcolata di disponibilità.

In conclusione, appare plausibile ritenere che la frequenza di aggiornamento del piano di produzione determini effetti non neutrali sui risultati dell'OEE, di cui si dovrà tener conto in sede di valutazione dei risultati.

La misura di prestazione (*performance*) è il rapporto tra produzione effettiva e produzione potenziale. In uno stabilimento ben organizzato i dati sulla produzione effettiva dovrebbero essere generalmente disponibili con frequenza almeno giornaliera e sostanzialmente in tempo reale o al più poco dopo il termine di ogni turno di lavorazione. In linea di principio, facilmente determinabile è anche la produzione potenziale, poiché è il risultato delle specifiche tecniche delle macchine. Ciò vale tuttavia nel caso di un parco macchine sufficientemente nuovo ovvero se gli investimenti in manutenzione sono stati di entità tali da mantenere sostanzialmente integra nel tempo la produttività delle macchine stesse. Per contro, se le macchine presentano un apprezzabile grado di invecchiamento, il potenziale di produzione andrà ricalcolato in modo realistico.

Altro elemento da considerare è il tempo effettivo di attivazione di ogni macchina nella singola giornata. È di tutta evidenza che più lungo è questo tempo, ad esempio con ricorso a lavorazione straordinarie, maggiore è la produzione potenziale e, auspicabilmente, anche quella effettiva. Tutte queste variazioni di volume andrebbero adeguatamente considerate: nello spirito dell'OEE, un prolungamento dell'orario di lavoro non è di per sé un'indicazione di maggiore efficacia dell'azione gestionale (altro discorso è il fatto che la maggior produzione può consentire di ripartire su una base più ampia i costi fissi).

La misura di qualità (*quality*) è il rapporto tra il numero di pezzi prodotti conformi agli standard e il numero totale di pezzi prodotti. Apparentemente si tratta di una misura immediata, rilevata direttamente e non soggetta a procedure di stima o inferenza. Tuttavia, va tenuto presente che la conformità agli standard è il risultato di un processo di validazione che pressoché sempre ammette dei margini di tolleranza. La piena confrontabilità nel tempo della dimensione 'qualità' si ha dunque quando i margini sono rimasti inalterati nel tempo. Per inverso, sfruttando maggiormente questi margini si ottiene il risultato collaterale di incrementare la misura *headline* dell'OEE a parità di altre condizioni, se questo fosse considerato un obiettivo in sé, ma evidentemente non la reale efficacia dell'azione di gestione.

4. Il calcolo dell'OEE nella produzione delle banconote¹⁰. Il caso della Banca d'Italia

Per la stamperia della Banca d'Italia sono disponibili le serie storiche di dati di produzione su base giornaliera e per singola macchina. Questi dati possono essere aggregati prima per fase di stampa – le fasi principali nella stampa di banconote sono quattro: offset, serigrafia, calcografia e numerazione – e quindi per la stamperia nel suo complesso¹¹.

L'organizzazione dell'attività nella stamperia fa perno sulla redazione annuale di un piano di produzione, che specifica su base mensile e a livello di singola macchina il numero di giorni di attività e il totale della produzione (e dunque la resa media giornaliera prevista). Il piano non indica se in un determinato giorno la macchina debba essere attiva o meno e, nel primo caso, quale sia la produzione attesa per quella specifica giornata. Nel corso dell'anno sono possibili aggiornamenti del piano in presenza di rilevanti mutamenti di scenario.

Prendendo in prestito il gergo dei mercati finanziari, il piano si colloca in un'ottica "strategica", di più stretta competenza del *management*, intendendosi lasciare la gestione "tattica" – quindi il funzionamento di dettaglio delle singole macchine nelle singole giornate – all'Unità di base direttamente coinvolta nella produzione stessa. In modo speculare, la verifica del raggiungimento degli obiettivi di produzione si realizza generalmente non su base giornaliera ma su periodi più lunghi: un primo controllo si esercita su base mensile mentre gli obiettivi concordati con le organizzazioni sindacali in relazione al premio di produzione sono definiti su base annuale.

Dato questo *framework*, si è proceduto nell'elaborazione dell'indice nel modo seguente.

Per la componente di disponibilità, si è dapprima calcolato un rapporto per ogni mese tra il numero di giorni di attività della singola macchina e il numero totale di giorni di apertura dello stabilimento nel mese stesso¹². Si è quindi calcolato un rapporto complessivo del mese per la stamperia come media semplice – secondo l'approccio "Equipment OEE" discusso sopra – dei rapporti riferiti alle macchine attive nel mese per almeno il 25% delle giornate¹³.

Per la componente di prestazione, un dato di partenza è l'assunzione, nell'assetto corrente, di un potenziale standard di 210 pacchi¹⁴, risultato di una produzione oraria a velocità ordinaria di 30 pacchi per un tempo effettivo di produzione di 7 ore¹⁵. D'altronde, l'eterogeneità nell'anzianità di servizio delle macchine rende non del tutto corretto applicare in modo indiscriminato una semplice misura da libro; per altro verso, come già accennato sopra, occorre depurare i dati effettivi di produzione dall'occasionale ricorso a prolungamenti dell'orario di

attività con ore di straordinario nel calcolo dell'OEE. Sono stati adottati, quindi, due accorgimenti per determinare un potenziale standard che si avvicini alla reale situazione delle macchine. Si è dapprima derivata una serie di dati giornalieri di produzione per macchina, nella quale ai numeri superiori a 210 si è sostituito questo valore soglia, ipotizzando che produzioni più elevate riflettano orari più lunghi e non maggiore produttività oraria. Per quanto riguarda la possibile perdita di produttività della macchina derivante dalla sua anzianità di servizio, il potenziale è stato identificato col valore del 95° percentile delle osservazioni aggiustate per possibili prolungamenti orari invece che col valore "di targa" di 210 pacchi; i calcoli del percentile sono stati condotti in modo separato per il periodo prima del 5 marzo 2018 (data di avvio del nuovo assetto) e da questa data in poi¹⁶.

Per la componente di qualità si è tenuto conto dei soli scarti cd. diretti, rilevati direttamente nelle fasi di stampa, in particolare al termine della fase di calcografia¹⁷.

4.1. Problemi di calcolo dell'indice nei periodi di lockdown e split teams

La scelta di includere nel periodo di rilevazione dei dati anche il 2020, anno in larga parte condizionato dell'emergenza sanitaria connessa al Covid-19, che naturalmente ha investito anche la stamperia dell'Istituto, ha sollevato specifici problemi metodologici nel calcolo dell'indice OEE.

In effetti, uno shock di questa portata può essere gestito in diversi modi. Una prima possibilità è semplicemente non considerare i mesi nei quali l'impatto della pandemia è stato più forte. Di fatto, ciò avrebbe comportato di bloccare la serie storica a febbraio 2020. Oppure si può derivare una serie *adjusted*: in buona sostanza, si ricalcola la serie dal marzo 2020 – mese del primo *lockdown* nel Lazio – in avanti utilizzando come denominatore ciò che si sarebbe potuto produrre nelle nuove, mutate condizioni e non più prendendo come riferimento il precedente piano industriale¹⁸. Procedendo in questo modo si neutralizzano gli effetti sulla pandemia sull'indice. Una terza soluzione, quella adottata nel presente lavoro, consiste nell'elaborare i dati con metodologia invariata e senza alcun aggiustamento. Non sorprenderà quindi che in particolare la misura dell'OEE ottenuta per aprile 2020 sia particolarmente bassa (peraltro non un minimo storico all'interno del campione che inizia nel 2014). Questa soluzione è apparsa preferibile per ragioni di semplicità e linearità. Dunque, più coerente con l'approccio Kaizen, nel senso già richiamato sopra. Inoltre, essa offre la possibilità di utilizzare la pandemia come un rilevante *business case* per testare la resilienza della struttura a uno shock di maggiori dimensioni¹⁹.

4.2. *Dati e statistiche descrittive*

Questo lavoro si basa sui dati di produzione delle banconote da gennaio 2014 a dicembre 2020. In questi anni sono state attivate in totale 15 macchine per le quattro principali fasi di stampa considerate nell'analisi: quattro a testa nelle fasi di offset, serigrafia e calcografia, tre nella fase di numerazione²⁰. Si dispone così di una base dati di 12.424 osservazioni riferite a volumi giornalieri di produzione per singola macchina, distribuiti su 84 mesi. La produzione è misurata in pacchi (cfr. nota 14). L'inizio del campione, gennaio 2014, è stato scelto in modo da ottenere un periodo sufficientemente ampio precedente all'avvio del riassetto organizzativo, deciso nel dicembre 2017 e attuato a decorrere dal 5 marzo 2018. Fino a questa data, lo stabilimento operava su un turno doppio con orario standard sviluppato su cinque giorni la settimana; successivamente, si è passati a un turno unico con orario prolungato su quattro giorni.

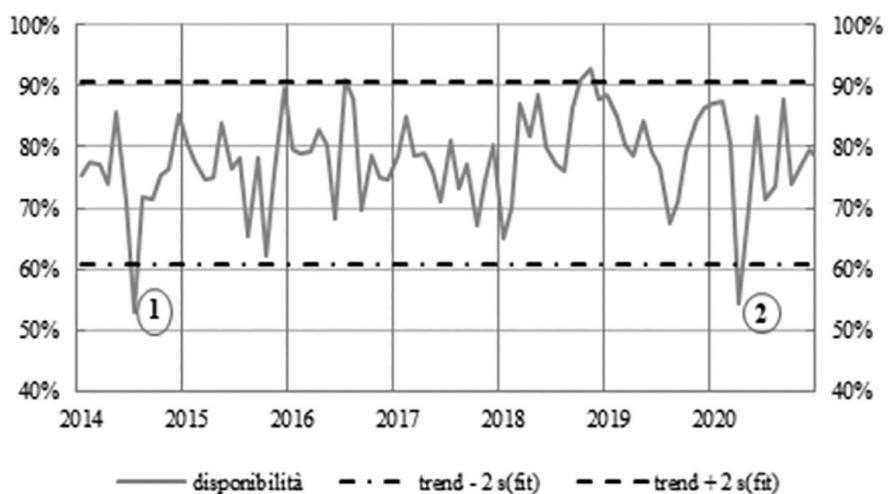
Di seguito, si presentano dapprima le misure elementari per le componenti di disponibilità, prestazione e qualità e quindi la misura complessiva dell'indice OEE.

Sottoindice di disponibilità. Sull'intero campione il grado di disponibilità si attesta in media al 78,0%, senza mostrare andamenti persistenti, né in aumento né in diminuzione. La serie si caratterizza piuttosto per un'elevata volatilità: la deviazione standard è calcolata in 7,6 punti percentuali (pp), che si concentra nel breve periodo, con ridotta persistenza²¹.

Nella fig. 1 si riporta oltre alla serie oggetto di esame un "corridoio" ottenuto stimando il *fit* lineare della serie e aggiungendovi ovvero sottraendovi due volte la misura dell'errore di stima del *fit* stesso²². In due momenti questo sottoindice si colloca al di fuori del corridoio: (1) nel luglio 2014 e poi (2) nell'aprile 2020, eventi da ricollegarsi rispettivamente a una accentuata stagionalità estiva e alla fase più intensa della pandemia quando lo stabilimento operò, temporaneamente, anche su *split team*.

Pur collocandosi ben all'interno del corridoio, si apprezza inoltre la forte flessione del sottoindice nel periodo estivo del 2019, che si commenterà più oltre presentando le stime econometriche.

Fig. 1 – Sottoindice di disponibilità

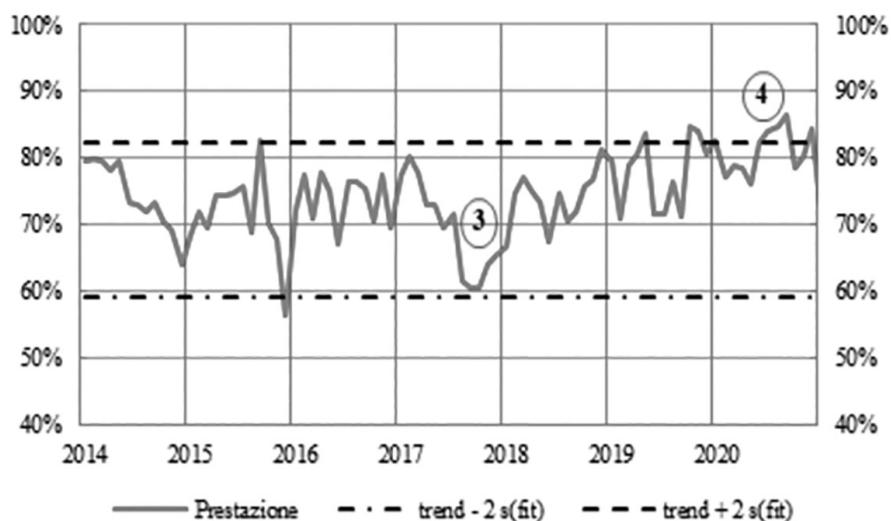


Nota: dati mensili, medie di dati giornalieri su macchine attive per almeno il 25% delle giornate nel mese. Le linee tratteggiate nere corrispondono al fit del modello $\text{Disponibilità} = a + bx\text{Trend}$, +/- due volte l'errore standard della stima.

Sottoindice di prestazione. La media di questo sottoindice per l'intero campione, pari al 74,6%, può considerarsi il risultato di due andamenti ben distinti. Dal gennaio 2014 al febbraio 2018 la media si è attestata sul 72,2%, con una variabilità di 5,8 pp (misurata in termini di deviazione standard). Diversamente, dal marzo 2018 fino al dicembre 2020 (termine del campione) la media si è collocata sul più elevato livello del 78,0% mentre diminuisce, sia pur moderatamente, la variabilità, fino a 5,0 pp. Dalla fig. 2 non emergono, diversamente da quanto commentato sopra per il sottoindice di disponibilità, valori nettamente al di fuori del corridoio tracciato dalla linea di trend +/- due volte l'errore standard della relativa regressione. Si evidenziano, tuttavia, due *pattern*. Col punto (3) si evidenzia la flessione registrata nel secondo semestre 2017 – durante la fase più intesa del confronto con le organizzazioni sindacali che poi ebbe ad esito la riorganizzazione dei turni di lavoro –, flessione che invece non era emersa nella precedente misura di disponibilità. Dunque, in quel semestre, sicuramente complesso, le macchine erano regolarmente attive ma la produzione fletteva. Quasi all'opposto, durante il 2020, punto (4), la prestazione si è collocata intorno al limite superiore del corridoio, non evidenziandosi così la forte riduzione – seppure confinata temporalmente – commentata presentando la misura di disponibilità.

Dunque, la pandemia ha inciso sul numero di addetti presenti nello stabilimento e pertanto su quello delle macchine attivabili. Per contro, in una fase giustamente percepita come critica per il paese, non è scesa la produttività, ma è emerso il forte impegno e la motivazione del personale.

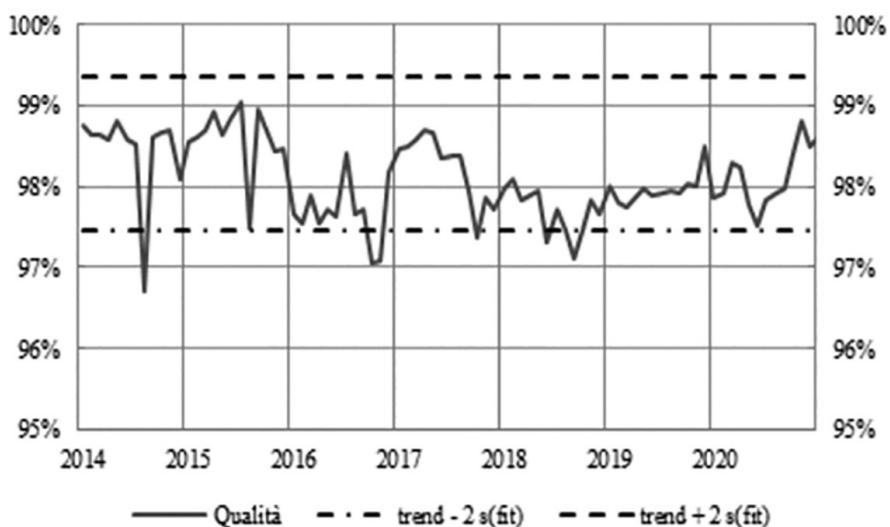
Fig. 2 – Sottoindice di prestazione



Nota: dati mensili, medie di dati giornalieri, su macchine attive per almeno il 25% delle giornate nel mese. Le linee tratteggiate nere corrispondono al fit del modello $Prestazione = a + bxTrend, \pm$ due volte l'errore standard della stima.

Misura di qualità. La serie oscilla in un intervallo contenuto tale che i limiti inferiori e superiori del corridoio si collocano rispettivamente al 97,5% e 99,5%, per una deviazione standard di soli 0,5 pp. Nel confronto tra i diversi periodi all'interno del campione non emerge, per questa serie, un progresso nei livelli medi per gli anni più recenti, dovendosi qui anche tenere conto della maggiore complessità tecnica e di "macchinabilità" della seconda serie delle banconote euro rispetto alla prima serie²³.

Fig. 3 – Sottoindice di qualità



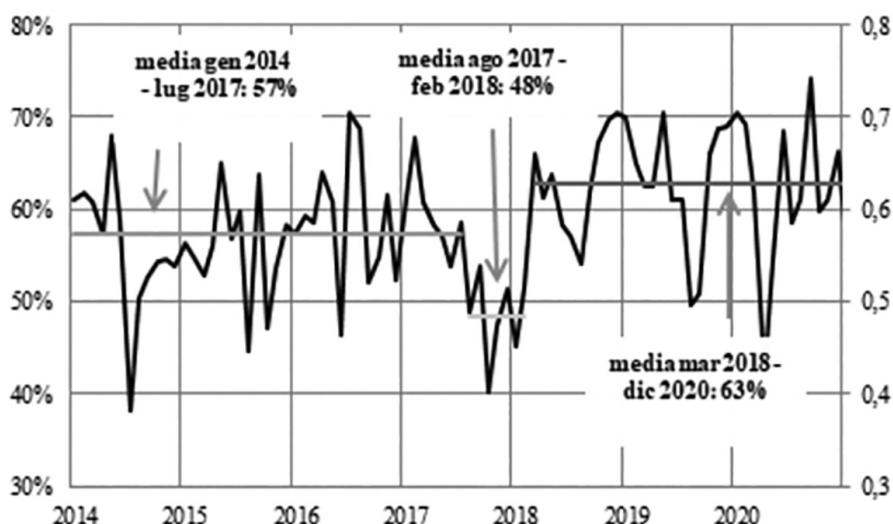
Nota: dati mensili, medie di dati giornalieri, su macchine attive per almeno il 25% delle giornate nel mese. Le linee tratteggiate corrispondono al fit del modello $\text{Qualità} = a + bx\text{Trend}$, +/- due volte l'errore standard della stima.

L'indice OEE. La serie risultante dell'indice OEE è mostrata nella fig. 4. Anche una semplice ispezione visuale del grafico consente di identificare tre fasi ben distinte: (i) dal gennaio 2014 (prima osservazione) al luglio 2017; (ii) dall'agosto 2017 al febbraio 2018; (iii) dal marzo 2018 al dicembre 2020. In questi tre periodi, l'OEE si è attestato rispettivamente su medie del 57%, 48% e 63%, differenze sicuramente ampie²⁴. Nel contempo, aumenta fortemente l'autocorrelazione della serie a tutto beneficio della sua prevedibilità, almeno di breve termine: il coefficiente di correlazione tra la serie e la sua ritardata di primo ordine è misurato pari a 0,04 nel periodo (i) e pari a 0,36 nel periodo (iii)²⁵.

All'interno del periodo (iii) è evidente la flessione registrata nella primavera 2020, già commentata a proposito del sottoindice di disponibilità, e il forte calo nei mesi di agosto e settembre 2019 quando si registrarono valori prossimi al 50%. Si ebbe dunque una stagionalità estiva più marcata di quanto si era anticipato nella pianificazione della produzione. Si era in effetti in una fase appena successiva al forte turnover nel personale realizzato tra la fine del 2018 e l'inizio 2019, con (parziale) sostituzione di personale di età più elevata e maggiore esperienza con personale di nuova assunzione specie nei ranghi della carriera

operativa. In un momento quale quello delle ferie estive, con indici di presenza fisiologicamente più bassi della media annuale, tutto ciò si tradusse nella difficoltà di attivare il numero di macchine inizialmente preventivato. Ciò è confermato dalla scomposizione negli indici elementari, in cui il calo è evidente nella sola misura di disponibilità e non in quelle di prestazione e qualità. In positivo, il fenomeno non si è ripetuto nella successiva estate 2020. Dunque le lezioni apprese nel corso dell'anno precedente erano state incorporate nella pianificazione, che beneficiò anche di una crescita di esperienza nel frattempo maturata dal personale di più recente assunzione.

Fig. 4 – L'indice OEE della stamperia

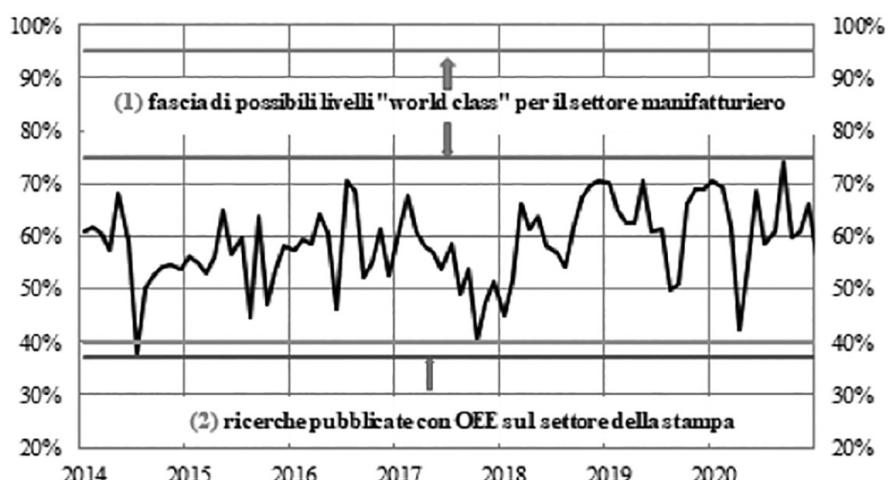


Nota: il valore mensile dell'indice è il risultato dell'aggregazione di dati giornalieri dell'attività delle macchine di stampa, dei volumi prodotti nell'orario ordinario e della percentuale di prodotti conformi agli standard.

Per le ragioni delineate nell'introduzione, val la pena di esaminare l'andamento dell'OEE nel tempo piuttosto che concentrare l'attenzione solo sulla circostanza che il livello dell'indice di un sito industriale fotografato in un dato momento sia "alto" o "basso". Appare, tuttavia, non privo di qualche significato che i valori ottenuti per la stamperia siano ben superiori alle misure di OEE proposte in due lavori sulla stampa industriale: Kabak, Keleş e Özveri (2016) ri-

portano misure comprese tra 35 e 45%, Zahoor, Shehzad, Mufti, Zahoor e Saeed (2017) valori tra 34 e 40%²⁶. Allo stesso tempo, l'OEE della stamperia della Banca si colloca in linea con quello dell'industria manifatturiera nel suo complesso, alla quale Rodrigues, Schetty e Shetty (2014) attribuiscono valori medi dal 63% al 71%²⁷. Infine, si rileva che nel periodo più recente si sono registrati più volte valori dell'indice della stamperia nell'ordine del 70%, prossimi ormai almeno al livello inferiore del corridoio 75-95% dei valori che definiscono la *world class* nel mondo manifatturiero.

Fig. 5 – Indice OEE della stamperia e possibili valori di confronto



Nota: il valore mensile dell'indice è il risultato dell'aggregazione di dati giornalieri dell'attività delle macchine di stampa, dei volumi prodotti nell'orario ordinario e della percentuale di prodotti conformi agli standard.

Tornando all'identificazione delle tre fasi temporali della fig. 4, deve rimarcarsi che non si tratta di una scomposizione puramente euristica, cioè non è una mera fotografia dei numeri. Piuttosto, essa regista fedelmente il passaggio dal precedente assetto produttivo (due turni giornalieri su cinque giorni la settimana) al corrente assetto (un turno prolungato su quattro giorni) con un periodo di cesura, la fase intermedia (ii), che coincide con la parte più intensa del confronto tra l'amministrazione della Banca e le organizzazioni sindacali che ebbe ad esito appunto l'accordo di riassetto²⁸.

Un'evidenza di questo tipo solleva due questioni: in che misura può considerarsi fisiologica una flessione della resa produttiva (misurata dall'OEE) a seguito di una trattativa sindacale? Quali fattori possono aver contribuito all'innalzamento dell'indice nel passaggio dall'assetto precedente all'assetto corrente, le fasi (i) e (iii) sopra indicate?

Riguardo alla prima delle due questioni, può notarsi preliminarmente che la negoziazione tra direzione di un'azienda e rappresentanti delle organizzazioni sindacali costituisce parte di un sistema di relazioni di lavoro altamente regolarizzato in molti paesi ad economia avanzata. Ciò riconosciuto, resta una fase dagli esiti non sempre pienamente prevedibili e che alimenta una forte pressione, anche psicologica, su tutti i soggetti coinvolti nella negoziazione.

Può aggiungersi, volendo ricercare ulteriori evidenze, che i dati sugli indici di presenza e sul numero di assemblee sindacali non registrano anomalie o salti quando si confronti il dato del 2017 con quello degli anni precedenti o successivi. Dunque, la questione non si può presentare nei termini di minore attività delle macchine – d'altronde, come già commentato, l'indice di disponibilità non presenta andamenti fuori norma nel periodo delle contrattazioni – quanto appunto una possibile riduzione dell'*effort* in una fase di profonda incertezza.

Il confronto con le organizzazioni sindacali, avvenuto nella stamperia della Banca d'Italia nel 2017, non si sottrae a questo quadro generale. Si potrebbe osservare che nel periodo non si registrarono scioperi, ma questo dato non deve portare alla conclusione meccanica di una negoziazione priva di complessità. Diversi fattori possono condurre a uno sciopero e le cause esaminate dalla letteratura includono il clima culturale, il grado di fiducia reciproca, la qualità della leadership dell'azienda e delle organizzazioni sindacali. Resta per accettato che il principale fattore che conduce a uno sciopero è l'esistenza di attese divergenti tra le due parti sui risultati che lo sciopero stesso può apportare (Katz, Kochan, Colvin, 2015). Seguendo l'impostazione ormai classica di Hicks (1932), lo sciopero è infatti la manifestazione di una profonda *miscalculation* delle parti sui possibili costi e benefici che un'azione del genere può determinare. Dunque, dall'assenza di scioperi durante il confronto del 2017 appare plausibile solo concludere che il set informativo al tempo disponibile alle due controparti non fosse eccessivamente eterogeneo; per contro, non sarebbero ben formulati giudizi sulla facilità del confronto solo per l'assenza di questa legittima forma di lotta.

Al di là del manifestarsi o meno dell'evento dello sciopero, è ben documentato l'impatto negativo di negoziazioni complesse sulla produzione, anche in situazioni più generali. Mas (2008) attesta la minor qualità delle macchine costruite negli impianti Caterpillar nella fase di confronto sindacale degli anni Novanta, che si tradusse in minor prezzi di queste macchine. Krueger e Mas (2004) documentano l'incremento dei prodotti con difetti in impianti di pneumatici

Bridgestone/Firestone in un contesto simile. Kleiner, Leonard e Pilarski (2002) conducono un'analogia ricerca nel contesto dell'industria di produzione di aeronautici. Un risultato specifico di quest'ultimo lavoro, rilevante anche rispetto a quanto illustrato nella fig. 4 e già descritto sopra, è il rapido recupero dei livelli di produttività, in un periodo da 1 a 3 mesi, dopo il superamento della fase acuta del confronto²⁹.

Dunque, la flessione dell'indice OEE rilevata nella stampa della Banca nella seconda metà del 2017 si colloca in un contesto ben sperimentato e non può giudicarsi di per sé un'anomalia. Questo giudizio resta tuttavia su un piano qualitativo. Purtroppo, al meglio delle ricerche bibliografiche effettuate, non si dispone di lavori che propongono stime nell'andamento dell'OEE in contesti di ristrutturazione aziendale. Mancando elementi di confronto è dunque difficile valutare se la dimensione della flessione dell'indice, quasi dieci punti percentuali, sia grande, nella media o ancora minore di quanto in genere avvenga in altri contesti industriali.

Si possono tuttavia formulare due osservazioni. Primo, un indice quale l'OEE, che sintetizza in una sola misura l'andamento complessivo delle attività rispetto ai piani approntati piuttosto che una singola dimensione (produzione ovvero qualità ovvero tasso di presenza dei lavoratori o ancora grado di funzionamento delle macchine), appare particolarmente idoneo a misurare l'impatto di una negoziazione sindacale, considerato che le risposte dei lavoratori a una fase di stress sul loro futuro potrebbero assumere forme potenzialmente molto diverse (minore impegno, applicazione stretta delle procedure in modo strumentale per ridurre la produzione, maggiore assenteismo³⁰, ecc.).

Secondo, il rapido recupero dell'indice, una volta firmato l'accordo nel dicembre 2017, è in linea con i risultati di Kleiner, Leonard e Pilarski (2002) citati sopra.

5. I risultati delle stime econometriche

Di seguito si presentano i risultati di alcune stime econometriche di modelli nei quali l'indice OEE è la variabile dipendente. Le stime coprono il periodo gennaio 2014 – dicembre 2020 per un totale di 84 osservazioni. I risultati sono nella tab. 1.

Le variabili esplicative utilizzate in queste stime possono classificarsi in cinque gruppi: (i) variabili relative al funzionamento delle macchine ("cont.macchine", "fermi 1-2 gg" e "fermi 3-7 gg"); (ii) variabili relative alla disponibilità di personale ("neoaddetti, totale" e "neoaddetti, operai"); (iii) variabili sulla riorganizzazione decisa nel 2017 ("trattativa 2017" e "nuovo assetto"); (iv) dummy sulla stagionalità estiva ("ago 2014-2017" e "ago 2018-2020") e (v) dummy sul periodo della pandemia nel 2020 ("apr-mag 2020" e "giu-dic 2020").

Si descrivono ora le singole variabili e il loro contributo a spiegare l'OEE nel tempo, sulla base dei risultati delle stime ottenute. Nei diversi modelli, un contributo sempre altamente significativo alla spiegazione dell'andamento dell'indice è offerto dalla variabile "cont. macchine", una serie compilata come differenza tra la misura di disponibilità già descritta sopra con l'analogia misura ottenuta, a esito di un esercizio controllattuale, assumendo una continuità ottimale (priva di fermi) nell'utilizzo delle macchine³¹. Questa misura racconta dei margini di progresso nell'indice che si potrebbero registrare contenendo i fermi delle macchine, per guasti o manutenzione ordinaria. Inoltre, essa pone in evidenza che in un sito industriale, il cui processo è organizzato su più macchine in parallelo per fase produttiva, a parità di altre condizioni, la possibilità di attivare alternativamente le diverse macchine si traduce in una misura dell'OEE più bassa rispetto a un sito che dispone di una macchina per fase. Emerge così una volta di più anche l'importanza sul non soffermarsi troppo sul valore *headline* dell'indice, magari facendo confronti tra contesti differenti e solo parzialmente paragonabili, mentre ben maggiore robustezza e significatività possono aver confronti condotti nel "tempo".

La variabile dummy "trattativa 2017" risulta statisticamente significativa con una stima del relativo coefficiente che oscilla tra -0,08 e -0,10, a seconda delle specificazioni del modello. Dunque, a parità di altre condizioni, l'indice OEE della stamperia subì una flessione di quasi 10 punti percentuali nella seconda metà del 2017.

Si verifica poi l'effetto della riorganizzazione con la variabile dummy "nuovo assetto", che assume valore 1 dal marzo 2018 in poi e 0 nelle date precedenti; un ruolo analogo intendono svolgere le variabili "neoaddetti, totale" e "neoaddetti, operai" che misurano i nuovi ingressi nella stamperia sempre a partire dalla stessa data, distinti per totale e solo operai. I risultati delle tre specificazioni sono presentate nei modelli (1), (2) e (3): la variabile che di volta in volta misura la riorganizzazione risulta sempre statisticamente significativa, oltre la soglia dell'1%, con poche differenze tra le specificazioni. Dunque, le tre variabili usate a rotazione misurano in modo pressoché equivalente la riorganizzazione. Né se ne può utilizzare più di una per volta per problemi di elevata correlazione tra queste variabili e dunque di sovrapposizione del segnale. Al di fuori del linguaggio dell'econometria, se ne trae che è difficile isolare lo specifico contributo associato all'ampio turnover del personale all'interno del più generale impatto prodotto dalla riorganizzazione.

Seguono due variabili che misurano la frequenza di fermi delle macchine attive nel mese, per diverse durate: "fermi 1-2 gg" e "fermi 3-7 gg". Solo la seconda delle due variabili risulta stabilmente significativa nei diversi modelli; d'altronde, un fermo di 1 o 2 giorni non è segnale, in genere, di un guasto ma più tipicamente

te di un'attività di manutenzione ordinaria, quale può essere la sostituzione di componenti della macchina soggetti a rapida usura. Per contro, fermi di durata più prolungata sono effettivamente evidenza di guasti. La stima del coefficiente della variabile "fermi 3-7 gg" prossima a -0,10 dice che già dimezzando la frequenza di questi guasti l'OEE potrebbe salire di 5 punti percentuali.

Tab. 1 – Stime: variabile dipendente = OEE

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Costante	0,64**	0,63**	0,62**	0,62**	0,59**
Cont. macchine	0,39**	0,39**	0,34**	0,35**	0,35**
Trattativa 2017	-0,09**	-0,08**	-0,08**	-0,09**	-0,10**
Nuovo assetto			0,05**		
Neoaddetti, totale	0,0006**			0,0006**	0,0007**
Neoaddetti, operai		0,0007**			
Fermi 1-2 gg	-0,02	-0,02	-0,01		-0,02
Fermi 3-7 gg	-0,10*	-0,10**	-0,10**	-0,09*	-0,05
Ago 2014-2017					
Ago 2018-2020					
Apr – mag 2020	-0,15**	-0,15**	-0,13**	-0,16**	-0,19**
Giu – dic 2020					0,03
No. osservazioni	84	84	84	84	84
R ²	0,47	0,47	0,48	0,48	0,42
S.e. regressione	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Nota: dati mensili; campione = gennaio 2014 – dicembre 2020. Stime OLS.. "/" stime significative alla soglia del 5% / 1%. Legenda variabili. Cont. macchine: differenza tra misure dell'indice di disponibilità calcolato sui dati direttamente disponibili e sui dati di un esercizio controfattuale in cui si concentra l'utilizzo delle macchine. Neoassunti: numero di nuovi addetti della stamperia (per effetto di assunzioni o trasferimenti) dall'agosto 2018, totale e di cui operai. Fermi 1-2 (3-7) gg: media mensile di fermi di 1-2 (3-7) gg per macchina attiva nel mese. Nuovo assetto: variabile dummy che assume valore 1 dal marzo 2018 e 0 in precedenza. Le residue variabili – ago 2014-2017, ago 2018-2020, apr-mag 2020, giu-set 2020 – sono anch'esse dummy che assumono valore 1 con significato evidente.

Mentre la correlazione tra le variabili "continuità macchine" e "fermi 1-2 gg" è solo debolmente negativa, -0,11, più elevata in valore assoluto è la correlazione tra "continuità macchine" e "fermi 3-7 gg", -0,33. Ciò conferma che sono i fermi di durata almeno intermedia, quando si verificano, a incidere sulla continuità nel tempo di utilizzo di singole macchine (dove l'alternativa è ruotare tra le diverse macchine disponibili per ogni fase). Sul piano più strettamente econometrico, vi potrebbe essere un problema di multicollinearità, sia pur in forma debole, sul complesso dei vettori delle variabili esplicative. Pertanto nella specificazione (5) si proverà ad eliminare del tutto la variabile "fermi 3-7 gg", senza peraltro

determinare apprezzabili differenze nelle stime dei singoli coefficienti rispetto, ad esempio, alla specificazione (1). Dunque, sul piano più generale di interpretazione dei risultati, ciò suggerisce che sia limitato l'effetto di sovrapposizione nel segnale fornito dalle variabili ora in esame.

I diversi modelli si completano con variabili dummy che misurano la stagionalità estiva e l'effetto della pandemia nel 2020. La variabile associata al mese d'agosto negli anni dal 2014 al 2017 ("ago 2014-2017") non è statisticamente significativa. Né lo è quella per lo stesso mese negli anni dal 2018 in poi ("ago 2018-2020"), cioè post riassetto, pur con un valore del parametro stimato pari a circa il doppio in valore assoluto (-0,02 e -0,05 rispettivamente). Va qui tenuto presente che uno dei pilastri della riorganizzazione fu una sensibile riduzione del numero complessivo del personale operaio della stamperia. Evidentemente, in anni precedenti, la maggior disponibilità di questo personale consentiva di gestire con maggiore fluidità le assenze per ferie estive; di ciò una prima evidenza si era trovata commentando l'andamento del sottoindice di disponibilità nel 2019. Nel complesso, tuttavia, la gestione delle ferie del personale, pianificate a rotazione sull'intero periodo estivo piuttosto che concentrate in un periodo ridotto, ha prevenuto cali statisticamente significativi dell'indice.

Riguardo alla pandemia, si conferma la forte riduzione dell'indice nei mesi di aprile e maggio 2020 ("apr-mag 2020") quando la stamperia operò con aliquote limitate di personale, attive su rotazione secondo il criterio degli *split teams*. Per contro, dopo la firma di accordi con organizzazioni sindacali della fine di maggio e la possibilità di uno svolgimento quasi ordinaria della produzione – secondo uno stringente protocollo sanitario – l'indice OEE non registra più sensibili flessioni e la stima del coefficiente della dummy associata ai mesi da giugno 2020 in poi risulta non statisticamente diverso da zero.

6. Conclusioni

Nel lavoro si è presentata una serie dell'indice di Overall Equipment Effectiveness (OEE) per la stamperia delle banconote in Banca d'Italia. I dati presentati sono osservazioni mensili dal gennaio 2014 al dicembre 2020.

Disporre di una misura di OEE rappresenta un segno di gestione moderna di un impianto industriale; ciò a maggior ragione quando si può verificare, sulla base di una serie storica sufficientemente lunga, l'andamento nel tempo di questa misura. Altro elemento importante è la relativa semplicità con la quale l'indice può essere aggiornato via via che nuove osservazioni si renderanno disponibili, divenendo così oltre a strumento di analisi a posteriori anche elemento a sostegno delle decisioni nel continuo.

Con il riassetto della stamperia attuato nel marzo 2018, l'OEE è cresciuto di sei punti percentuali rispetto alla fase precedente, con medie per i periodi pre e post assetto rispettivamente del 57% e 63%. Nel periodo più recente, l'andamento dell'indice ha registrato valori prossimi e in alcuni mesi anche superiori al 70%, avvicinandosi così alla fascia cd. di *world class* che la letteratura colloca dal 75% al 95%.

Il riassetto della stamperia ha avuto riflessi positivi sull'OEE, anche grazie al positivo apporto fornito dall'ingresso di nuovi addetti – tecnici, amministrativi e personale tecnico operativo – nel contesto di un ampio turnover del personale che ha ridotto l'età media della compagnia. Un riflesso indiretto di questa operazione, che ha comportato anche una riduzione netta del totale degli addetti della stamperia oltre che importanti flussi lordi in entrata e uscita, è stata la maggiore difficoltà di presidiare in modo completo l'attività di produzione nel momento di maggior concentrazione delle ferie estive. I risultati mostrano tuttavia che già in un arco di tempo abbastanza breve si è riusciti a ottimizzare la gestione delle stesse ferie, tale da non avere nuovamente impatti ad esempio nell'anno appena concluso.

Infine, nel lavoro si è scelto di presentare i dati per il 2020, quando maggiore è stato l'impatto dell'emergenza sanitaria connessa al Covid-19, senza introdurre modifiche nella metodologia di elaborazione: in effetti, da metà marzo 2020 a fine maggio la stamperia dovette prima fermare del tutto la produzione (in connessione con il *lockdown*) e poi operare su ritmi ridotti ruotando il personale su *split teams*. Non deve quindi sorprendere la forte flessione registrata dall'indice nei mesi di aprile e maggio 2020, in particolare nella componente di disponibilità dato che chiaramente un numero di macchine inferiore all'ordinario fu operativo in quel periodo. Sia la semplice ispezione dell'andamento della serie (fig. 4), sia le stime econometriche confermano che da giugno 2020 l'indice si è collocato nuovamente su livelli quantomeno paragonabili a quelli ordinari, se non superiori, attestando una forte resilienza pur in un contesto di particolare difficoltà.

Note

¹ Muchiri e Pintelon (2008) osservano che «The validity and usefulness of OEE measure are highly dependent on the data collection and accuracy».

² Si segue qui il sito <https://www.organizzazioneaziendale.net/oee-significato-definizione-calcolo/2671>. Confronta anche OEE Industry Standard, Version 2.0 August 2003.

³ Nell'approccio di Nakajima, quota 85% si raggiunge come prodotto di quote del 90% di disponibilità, 95% di prestazione e 99% di qualità.

⁴ Cfr. <https://www.oee.com/>.

⁵ Questa assenza di riferimenti diretti alle banconote è mitigata (molto) parzialmente dall'esistenza di misure di OEE per la stampa di giornali (ad esempio Kabak, Keleş e Özveri, 2016), settore

che pur evidentemente diverso da quello delle banconote è già più assimilabile rispetto a confronti con OEE più sovente oggetto di indagine quale quelli per il settore dell'*automotive*.

⁶ *Kaizen* – composizione dei termini *Kai* (cambiamento) e *Zen* (buono, migliore) – significa cambiare in meglio, miglioramento continuo. Si intende quindi la ricerca del rinnovamento graduale, da ricercarsi ogni giorno, nel coinvolgimento e col consenso delle diverse parti coinvolte nell'attività dello stabilimento.

⁷ Si può intuire dunque che l'OEE è poco rilevante per l'acquirente del prodotto – che valuterà più direttamente elementi quali il costo, la qualità, i tempi di consegna, l'assistenza ecc. – mentre può aver un valore indiretto per l'investitore nel capitale di una società.

⁸ Cfr. <http://oeecoach.com/how-high-should-oee-be/>. Lo stesso sito aggiunge «It is just a matter of changing some of the definitions; lower the maximum speed, exclude some waiting-times like breaks and maintenance, stretch the specifications of good product etc.». Va aggiunto che i dati elementari utilizzati nella ricostruzione dell'OEE sono pressoché sempre proprietari e l'analista esterno difficilmente può condurre una misura autonoma.

⁹ Si consideri una macchina che opera su un turno di 8 ore per il quale era stata pianificata l'attività sia nel giorno d sia in d+1. A posteriori si rileva che nel primo dei due giorni la macchina ha effettivamente funzionato (prodotto) in 4 ore ed è rimasta ferma nelle altre 4, mentre nel secondo giorno la macchina è stata sempre ferma. Se il calcolo della misura di disponibilità è condotto su base giornaliera, il risultato sarà 50% (la macchina ha lavorato nel primo dei due giorni) mentre se viene condotto su base oraria il risultato sarà 25% (4 ore su un totale di 16 di attività pianificata).

¹⁰ La produzione delle banconote in euro è il risultato di un processo che inizia con la determinazione del numero necessario ogni anno per sostituire le banconote non più idonee alla circolazione nonché a soddisfare incrementi della domanda, sia attesi (compresi i picchi stagionali) sia inattesi (<https://www.ecb.europa.eu/euro/intro/production/html/index.it.html>). Definito questo numero, a livello complessivo e per singola denominazione – attualmente si producono le banconote da 5, 10, 20, 50, 100 e 200 euro della serie Europa –, la BCE provvede ad assegnare a ogni Banca Centrale Nazionale (BCN) dell'Eurosistema un volume di nuove banconote da produrre e rendere disponibile, in proporzione alla quota detenuta nel capitale sottoscritto della BCE per l'esercizio finanziario di riferimento. Nel suo complesso, il sistema di produzione e appalto di banconote in euro (SPAE) è composto da due pilastri: un gruppo di BCN produce le proprie banconote in euro utilizzando una stamperia interna mentre un secondo gruppo di BCN affidano in appalto la produzione; cfr. Indirizzo (UE) 2015/280 della Banca Centrale Europea del 13 novembre 2014 (BCE/2014/44), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:3201400044&from=IT#d1e334-29-1>. Sia le stamperie interne alle BCN sia i produttori privati devono essere accreditati dalla BCE alla stampa delle banconote in euro, dovendo rispettare elevati standard in materia di qualità, sicurezza anticrimine, ambiente, salute e sicurezza sul lavoro. La Banca d'Italia appartiene al primo gruppo di BCN e si avvale di un complesso industriale posto all'interno del comune di Roma. Nel proprio sito internet la Banca spiega che «La scelta di produrre banconote mediante un impianto industriale proprio – adottata dalla Banca d'Italia fin dal 1894 – privilegia la natura pubblica dell'attività stessa e garantisce all'utenza il soddisfacimento dei valori fondamentali di sicurezza, tracciabilità e qualità», <https://www.bancaditalia.it/servizi-cittadino/musei-collezioni/museo-banconota/impianti-attrezzature/index.html>.

¹¹ L'esercizio si riferisce alla fase di stampa delle banconote mentre non include la successiva macrofase di taglio, selezione e confezionamento, che presenta caratteristiche diverse.

¹² In tutte le elaborazioni sono state considerate le attività svolte dal lunedì al venerdì nel periodo precedente il 5 marzo 2018 e dal lunedì al giovedì successivamente a questa data, dunque le sole giornate di attività ordinaria.

¹³ Gradi di attività della singola macchina /singolo mese per valori inferiori a questa soglia, quindi in pratica per meno di una settimana appunto al mese, sono stati ritenuti poco rappresentativi. D'altronde, l'approccio di una misura *unweighted* proprio dell'Equipment OEE richiede cautela nel gestire dati potenzialmente erratici poiché derivati da poche osservazioni elementari.

¹⁴ Il "pacco" è un'unità di misurazione nella fase di stampa delle banconote ed equivale a 250 fogli di carta filigranata. A sua volta ogni foglio è l'insieme di più semilavorati di banconote, in numero variabile in funzione della denominazione del biglietto, ancora fisicamente uniti per essere poi separati nella macrofase di taglio e selezione.

¹⁵ Il turno è di 9 ore nell'assetto attuale da cui devono dedursi tempi di avviamento della macchina e apprestamento dei materiali in apertura e tempi di pulizia della macchina stessa e contabilizzazione della produzione effettuata in chiusura. Ferma la produzione oraria, la produzione potenziale è stata opportunamente riparametrata per l'attività che si svolgeva prima del 5 marzo 2018, su due turni giornalieri.

¹⁶ Il doppio turno in vigore prima del riassetto esprimeva un orario complessivo giornaliero di funzionamento della macchina ben più lungo di quello attuale, traducendosi così in volumi giornalieri di produzione per macchina ben superiori.

¹⁷ Non sono stati considerati i cd. scarti indiretti di stampa – scarti realizzati nella fase di taglio e selezione per caratteristiche imputabili alla stampa piuttosto che a difetti della procedura di taglio in sé stessa – mancando una serie storica idonea sull'intero arco dei sette anni del campione prescelto.

¹⁸ A solo titolo esemplificativo, il piano era stato sviluppato nel periodo a cavallo tra il 2019 e il 2010, quando si cominciarono a diffondere notizie sulla pandemia nel mondo ma era obiettivamente difficile anticipare in pieno la possibilità di un *lockdown* nelle nostre città.

¹⁹ L'utilità di un "esperimento" del genere proviene anche dalla circostanza che la possibilità di una pandemia rientra appieno nelle casistiche di *operational risk management*.

²⁰ In ognuno degli 84 mesi del campione selezionato si è registrata attività per le quattro fasi principali, mentre nelle ulteriori due fasi di olografia e verniciatura – non considerate nell'analisi – produzione vi è stata per 27 e 14 mesi, dunque in modo saltuario solo per alcune stampe specifiche.

²¹ Un semplice modo per misura la persistenza nella volatilità è confrontare la deviazione standard misurata sulla serie originaria con la stessa statistica misurata su una media rolling della stessa serie. Nel caso dell'indice di disponibilità, si ottengono rispettivamente valori di 7,6 pp, come indicato nel testo, e 4,7 pp sulla media mobile a quattro termine. Dunque, nell'arco del quadriennio si riassorbono già i due quinti della volatilità complessiva.

²² Analoga struttura sarà seguita nelle successive figg. 2 e 3.

²³ Le banconote euro della seconda serie, Europa, sono state introdotte in un arco di tempo che va dal 2013 fino al 2019, iniziando dai tagli delle denominazioni più piccole (<https://www.ecb.europa.eu/euro/banknotes/europa/html/index.it.html>).

²⁴ Le differenze tra le medie, in particolare quelle tra il secondo e terzo sottoperiodo, risultano statisticamente significative se si ha l'accortezza di realizzare uno *smoothing* della serie originale, ad esempio con medie mobili su quattro termini, per ridurne la volatilità ad alta frequenza.

²⁵ L'autocorrelazione del primo ordine sale ulteriormente a 0,46 se dal calcolo si omettono i dati per i mesi di aprile e maggio 2020, di cui si è già discusso sopra.

²⁶ In uno studio sulla stampa offset Moreira *et al.* (2018) registrano valori dell'OEE compresi tra il 68 e il 75%, numeri che si collocano nella medesima regione di quelli ottenuti per la stamperia della Banca nel periodo più recente. Il confronto ha validità però solo parziale poiché gli autori ora citati esaminano una singola fase di stampa rispetto alle quattro in sequenza – offset, serigrafia,

calcografia e numerazione – considerate nel presente lavoro e ciò elimina gli effetti dei "colli di bottiglia" cui si è fatto riferimento prima nel testo, a tutto vantaggio del valore risultante dell'OEE.

²⁷ I risultati proposti da Kabak, Keleş e Özveri (2016) e Zahoor *et al.* (2017) rispetto a quelli di Rodrigues, Schetty e Shetty (2014) sembrano anche suggerire la circostanza che il settore della stampa tenda ad essere associato a valori di OEE inferiori a quelli medi dell'industria manifatturiera nel suo complesso.

²⁸ La trattativa ebbe inizio nell'ottobre 2016 e si concluse, con la firma dell'accordo, il 18 dicembre 2017. L'esame delle proposte che poi vennero riprese, in larga parte, nel testo finale va collocato a partire dall'estate 2017.

²⁹ Più ampi riferimenti bibliografici sull'impatto di negoziazioni sindacali sulla produttività e qualità della produzione sono nella letteratura citata dai tre lavori ora menzionati nel testo.

³⁰ Un tasso di maggior assenteismo potrebbe riflettere tanto un minor livello di motivazione quanto un genuino maggior malessere psicofisico. Il nesso tra negoziazioni sindacali e parametri fisici rilevati sul personale, ad esempio la pressione sanguigna, è documentato in MacBride, Lancee e Freeman (1981) e Bluen e Jubiler-Lurie (1990). Più in generale, si dimostra esistere una relazione diretta tra clima aziendale e risultati (Bartel *et al.*, 2003).

³¹ Si consideri il seguente esempio. I dati storici indicano che nei giorni 1 e 2 sono state attivate le macchine A e B, poi nel giorno 3 le macchine A e C, quindi nel giorno 4 la sola macchina A e infine nel giorno 5 le macchine B e C. Nell'esercizio controfattuale si calcola l'indice di disponibilità assumendo la sequenza di utilizzo delle macchine: giorni 1, 2, 3 e 5: A e B; giorno 4: A.

Riferimenti bibliografici

- Bartel A., Freeman R., Ichniowski C., Kleiner M. (2003). *Can a Work Organization Have an Attitude Problem? The Impact of Workplaces on Employee Attitudes and Economic Outcomes*. NBER Working Paper, n. 9987.
- Bluen S.D., Jubiler-Lurie V.G. (1990). Some Consequences of Labor-Management Negotiations: Laboratory and Field Studies. *Journal of Organizational Behavior*, 11(2): 105-118.
- Braglia M., Frosolini M., Zammori F. (2009). Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line (OEEML): An Integrated Approach to Assess Systems Performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(1): 8-29.
- Cesarotti V., Giuisa A., Introna V. (2013). Using Overall Equipment Effectiveness for Manufacturing System Design. In: M. Schiraldi (ed.), *Operations Management* (pp. 51-80). Rijeka (Croatia): IntechOpen.
- De Ron A.J., Rooda J.E. (2006). OEE and Equipment Effectiveness: An Evaluation. *International Journal of Production Research*, 44(23): 4987-5003.
- Hicks J.R. (1932). *The Theory of Wages*. New York: Macmillan.
- Kabak M., Keleş Ç., Özveri O. (2016). *Different OEE Approaches Analysis of Applicability in Printing Sector*. Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute.
- Katz H.C., Kochan T.A., Colvin A.J.S. (2015). *The Negotiations Process and Structures. Labor Relations in a Globalizing World*. Ithaca: ILR Press.
- Kleiner M.M., Leonard J.S., Pilarski A.M. (2002). How Industrial Relations Affect Plant Performance: The Case of Commercial Aircraft Manufacturing. *Industrial and Labor Relations Review*, 558(2): 195-218.
- Krueger A.B., Mas A. (2004). Strikes, Scabs and Tread Separations: Defective Bridgestone/ Firestone Tires. *Journal of Political Economy*, 112(2): 253-289.

- MacBride A., Lancee W., Freeman S.J.J. (1981). The Psychosocial Impact of a Labour Dispute. *Journal of Occupational Psychology*, 54: 125-133.
- Mas A. (2008). Labour Unrest and the Quality of Production: Evidence from the Construction Equipment Resale Market. *The Review of Economic Studies*, Vol. 75 No. 1, pp. 229-258.
- Mathur A., Dangayach G.S., Mittal M.L., Sharma M.K. (2011). Performance Measurement in Automated Manufacturing. *Measuring Business Excellence*, 15(1): 77-91.
- Moreira A., Silva F.J.G., Correia A.I., Pereira T., Ferreira L.P., de Almeida F. (2018). *Cost Reduction and Quality Improvements in the Printing Industry*. Proceedings of the 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing.
- Muchiri P., Pintelon L. (2008). Performance Measurement Using Overall Equipment Effectiveness (Oee): Literature Review and Practical Application Discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13): 3517-3535.
- Nakajima S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Cambridge: Productivity Press.
- Rodrigues L.L.R., Shetty P.K., Shetty R. (2014). Overall Equipment Efficiency and Productivity of a News Paper Printing Machine of a Daily News Paper Company – A Case Study. *International Journal of Engineering Practical Research*, 3(1): 19-27.
- Zahoor S., Shehzad A., Mufti N.A., Zahoor Z., Saeed U. (2017). *Overall Equipment Efficiency of Flexographic Printing Process: A Case Study*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 272.

