

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Meccanica, Aerospaziale,
dell'Autoveicolo e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Tesi di Laurea Magistrale

Analisi tempi e metodi con proposte di miglioramento su linea assemblaggio motori



Relatore/i

Prof. Ing. Maurizio Schenone

Candidato

Ernesto Mormile

Anno Accademico 2020/2021

SOMMARIO

INTRODUZIONE	4
1 ANALISI TEMPI E METODI.....	5
1.1 Origine, gli studi di Taylor e Gilbreth.....	5
1.2 Studio dei metodi	7
1.2.1 <i>Gli obiettivi</i>	8
1.2.2 <i>Selezione del lavoro da studiare</i>	9
1.2.3 <i>Rilevazione dello stato AS IS</i>	10
1.2.4 <i>La definizione dello stato futuro TO BE</i>	12
1.2.5 <i>Applicazione e conservazione</i>	13
1.3 Lo studio dei tempi.....	16
1.3.1 <i>Scomposizione delle operazioni, rendimento e fattore di riposo</i>	18
1.3.2 <i>I sistemi a tempi predeterminati</i>	21
2 CAAR E IL SOGGETTO DELLA CONSULENZA	25
2.1 FPT industrial.....	25
2.2 Lo stabilimento di Garchizy.....	26
2.3 I Prodotti.....	30
3 APPLICAZIONE DELL'ANALISI E MIGLIORAMENTI PROPOSTI SU LINEA "LIGHT"	33
3.1 Mappatura dello stato <i>as is</i>	37
3.2 Risultati dell'analisi e proposte di miglioramento	40
3.2.1 <i>Linea short block</i>	40
3.2.2 <i>Linea testata</i>	58
3.2.3 <i>Linea dressing</i>	61
3.2.4 <i>Layout e indice di flusso</i>	72
4 CONCLUSIONI	77
Ringraziamenti	79
Bibliografia.....	80

INTRODUZIONE

La tesi espone l'esperienza svolta da tirocinante presso CAAR s.p.a. Durante il periodo in azienda ho collaborato alle attività di consulenza svolte per il cliente FPT Industrial che hanno come oggetto lo stabilimento di Garchizy in Francia.

L'attività di consulenza si propone di eseguire una rilevazione oggettiva, attraverso l'analisi dei tempi e dei metodi di ogni singola operazione dell'impianto, consentendo il controllo e la valutazione dello stato attuale della produzione e di offrire soluzioni al fine di incrementare la produttività e ridurre le inefficienze. Tali soluzioni includono migliorie tecnologiche, modifiche alla logistica, parziali o totali re-layout delle linee e delle stazioni.

L'oggetto della consulenza include diverse aree dello stabilimento e diverse tipologie di prodotto. Allo scopo di poter partecipare a tutte le fasi del progetto e di poterle presentare in questo elaborato si è deciso di focalizzare l'attenzione sulla linea di assemblaggio dedicata ai motori di piccola cilindrata assimilabili alla categoria *light*.

Bisogna inoltre precisare che alcune delle attività che hanno previsto la presenza di risorse in stabilimento per la rilevazione dei dati sono state rallentate ed alterate dall'attuale situazione sanitaria.

1 ANALISI TEMPI E METODI

La tecnica dei tempi e metodi fa parte della più vasta categoria degli studi sulla produttività. L'espressione "tempi e metodi" riporta alle attività di ricerca del miglior metodo, che nel rispetto delle condizioni di ergonomia e sicurezza, è funzionale all'esecuzione di uno specifico lavoro, e alla rilevazione del tempo. Essa viene applicata all'interno dell'azienda per rilevare ciascuna operazione e il tempo impiegato per portarla a termine con lo scopo di individuare il miglior metodo, a fronte dei sistemi e strumenti disponibili o previsti, di calcolare le risorse necessarie, equilibrare i carichi di lavoro e programmare in maniera adeguata la produzione.

1.1 Origine, gli studi di Taylor e Gilbreth

Le basi della moderna ricerca dei metodi risalgono a Frederick W. Taylor, padre dell'organizzazione scientifica del lavoro, e ai coniugi Frank e Lillian Gilbreth, pionieri nel campo dello studio dei movimenti.

Il contesto socio-economico in cui essi si formarono e svilupparono le proprie idee è quello della seconda rivoluzione industriale, che vede una rapida diffusione delle innovazioni tecnologiche, la nascita di nuovi settori produttivi e la crescita delle attività industriali e commerciali.

Taylor fu caporeparto presso l'acciaieria Midvale Steel Company e membro dell'Associazione Americana degli Ingegneri Meccanici (ASME) ed è proprio durante gli incontri organizzati da questa associazione che presenta diversi scritti riguardanti quella da lui chiamata organizzazione scientifica del lavoro. Taylor era fermamente convinto che la produzione fosse il fondamento del benessere materiale, pertanto riteneva antieconomico l'insufficiente rendimento del suo reparto e si propose di fare tutto il possibile per incrementarne la produttività.

Taylor giunse alla formulazione di un semplice principio che forma tuttora un solido caposaldo dell'industria moderna: "La maggior produzione si consegue quando si affida ad ogni operario un compito ben definito, da eseguire in un tempo ed in un modo ben definiti".

Per applicare concretamente l'organizzazione scientifica del lavoro fu necessario definirne gli elementi operativi, sintetizzabili in

- Definizione dei compiti
- Studio dei tempi
- Ricerca del miglior metodo
- Standardizzazione

Definire il compito è l'aspetto preminente del lavoro di Taylor, ruolo da lui affidato alla direzione aziendale, consiste nell'assegnazione di un compito ben definito fornendone una descrizione e nella determinazione del modo d'esecuzione attraverso un foglio di istruzioni per l'operario in modo da portare ad una specializzazione del lavoro.

Per quanto riguarda il tempo, dapprima fu da egli determinato mediante rilievi effettuati su lavorazioni precedenti ed in seguito misurato attraverso un cronometro. L'introduzione della nozione del tempo è il suo apporto originale, in modo da poter raggiungere una valutazione oggettiva del rendimento del lavoro operaio.

Il concetto di miglior metodo è strettamente legato allo studio dei tempi. Consiste principalmente nell'eliminazione dei movimenti inutili e lenti, seguendo il principio che esiste un solo modo ottimale ed economico per compiere qualsiasi operazione.

Infine si ricerca la standardizzazione assoluta, per rendere intercambiabili uomini e macchine. Essa rappresenta la massima espressione della divisione del lavoro. Unitamente all'evoluzione tecnologica all'evoluzione dei mercati e del consumo, il metodo scientifico dell'organizzazione del lavoro apre la strada alla produzione di massa e al concetto moderno di azienda industriale.

L'applicazione di questo metodo comportò un notevole incremento della produzione, facendo in modo che tale metodologia si diffondesse facilmente. Tuttavia fu tralasciato l'aspetto riguardante il fattore metodo, nonostante Taylor avesse sottolineato la sua importanza in tutti i suoi scritti.

Pochi anni dopo che Taylor iniziò a sviluppare l'organizzazione scientifica del lavoro un impresario edile Frank Gilbreth abbandonò il suo campo di attività per dedicarsi allo studio del lavoro insieme alla moglie Lillian, esperta psicologa la quale si dedicò allo studio dei comportamenti degli impiegati. I Gilbreth fecero accurate ricerche ed esperimenti fino ad elaborare uno studio sui micromovimenti basato su 17 movimenti fondamentali i quali composti possono descrivere con sufficiente precisione le operazioni

svolte da un operaio. Tali movimenti fondamentali o therblings, come nominati da Gilbreth utilizzando un anagramma del suo nome sono le basi sulle quali gli ingegneri H.B. Maynard, J.L. Schwab e G.J. Stegemerten del Methods Engineering Council hanno potuto sviluppare l'odierno MTM (Measurement Time Method) e più genericamente rappresentano l'origine dei sistemi a tempi predeterminati (PMTS).

Sia Taylor che Gilbreth ebbero molti seguaci nei campi in cui essi furono pionieri; alcuni di essi sostennero di vedere differenze fondamentali nei procedimenti elaborati dai due studiosi a tal punto da portare ad un vero e proprio antagonismo nei primi decenni del '900. Col passare del tempo il meglio dei due procedimenti venne fuso in uno solo, applicabile universalmente, largamente ora noti come "tecnica dei metodi".

1.2 Studio dei metodi

Esaminiamo adesso la procedura base dello studio dei metodi, trattando minuziosamente le fasi in cui si articola. Le fasi sono le seguenti: scelta del lavoro, rilevazione dei dati, esame critico, sviluppo e riesame del metodo futuro, applicazione e conservazione. Esse sono espresse nello schema¹ riportati in figura 1.

¹ Estrapolato dal *Manuale di studio del lavoro, dei metodi e dei tempi*, International Labour Office, Franco Angeli Editore, Milano, 1970

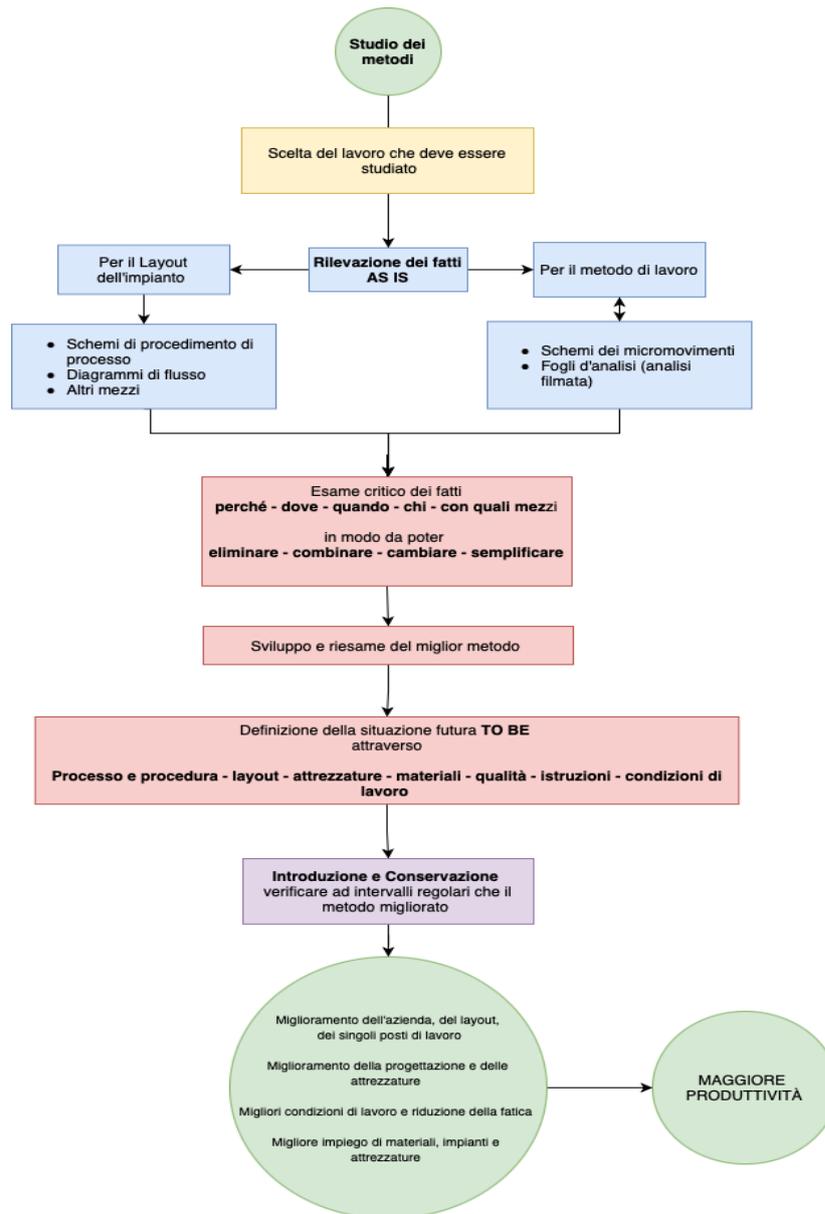


Figura 1 Studio dei metodi

1.2.1 Gli obiettivi

L'analisi tempi e metodi consiste dunque in una meticolosa registrazione ed esame critico dei processi e dei sistemi esistenti per compiere un certo lavoro. Le esigenze da parte di un'azienda che portano ad applicare questo tipo di analisi possono essere molteplici come ad esempio una recente variazione di metodo, la presenza di colli di bottiglia all'interno di una linea di produzione o il verificarsi di fermi macchina prolungati e imprevisti.

Un'azienda che non applica il monitoraggio del proprio lavoro è spesso portata ad accettare la presenza di tempi improduttivi e di sprechi poiché annoverati all'interno dei

processi produttivi. Attraverso un'analisi approfondita è quindi possibile distinguere i tempi produttivi da quelli improduttivi, comprendere le cause di quest'ultimi ed elaborare idee e soluzioni per ridurli.

Si possono riassumere gli obiettivi dell'analisi tempi e metodi nel seguente elenco².

- Miglioramento del processo e delle procedure di lavoro
- Miglioramento del layout dello stabilimento, dei reparti e dei posti di lavoro e il perfezionamento degli impianti e delle attrezzature
- Economia dello sforzo umano e una riduzione della fatica non necessaria
- Miglioramento dell'uso dei materiali, delle macchine e della manodopera
- Sviluppo di un miglior ambiente fisico di lavoro

Nel raggiungimento di tali obiettivi l'analisi tempi e metodi deve avere come principale oggetto di studio i tempi improduttivi indipendenti dagli operatori, che risultano superiori rispetto a quelli da essi dipendenti. È fondamentale anche dal punto di vista dell'etica del lavoro il mantenimento di un atteggiamento positivo nei confronti degli operai, poiché oggetto di analisi e valutazione è il processo e non coloro che lo eseguono; essi devono invece essere interpellati nel processo di analisi e risoluzione dei problemi.

1.2.2 Selezione del lavoro da studiare

Identificati gli obiettivi, il passo successivo consiste nell'individuazione dell'oggetto dello studio, dunque del lavoro da sottoporre ad analisi; esso deve consentire il raggiungimento di buoni risultati evitando un eccessivo dispendio di risorse. Bisogna quindi fare una serie di considerazioni preliminari di tipo economico, tecnico ed umano. L'aspetto economico è uno dei cardini sui quali ruota la scelta del lavoro su cui svolgere l'analisi. È evidente come possa rappresentare uno spreco di risorse decidere di dedicarsi ad un lavoro con un minimo impatto economico o che sia destinato a concludersi nel breve periodo. Bisogna quindi focalizzarsi su attività che presentano colli di bottiglia e che quindi rallentano o impediscono le operazioni successive, attività che assorbono un gran

² Estrapolato dal *Manuale di studio del lavoro, dei metodi e dei tempi*, International Labour Office, Franco Angeli Editore, Milano, 1970.

numero di risorse sia dal punto di vista della manodopera che delle attrezzature e attività caratterizzate da cospicuo lavoro manuale di tipo ripetitivo.

Il secondo aspetto da considerare è quello che riguarda le questioni tecniche. Bisogna assicurarsi che esistano le conoscenze tecniche necessarie per effettuare lo studio e applicare modifiche al metodo. In tal caso occorre sempre confrontarsi con specialisti del settore di riferimento.

Infine l'ultimo fattore che influenza la scelta dell'oggetto di studio è quello delle reazioni umane. Il comportamento degli operai di fronte al mutamento del metodo di lavoro è di difficile previsione, tuttavia informare e rendere partecipe il personale coinvolto intervistandolo e includendo nello studio tutte quelle operazioni che risultano più logoranti e faticose può facilitare la comprensione di come lo studio del lavoro possa giovare a tutte le parti coinvolte.

Concludendo, possiamo affermare che nonostante le considerazioni fatte sui criteri di scelta, all'interno di uno stabilimento generico è possibile trovare una vastissima gamma di lavori sottoponibili all'analisi tempi e metodi. Ogni lavoro effettuato dovrà essere analizzato utilizzando tecniche specifiche che variano da caso a caso.

1.2.3 Rilevazione dello stato AS IS

La rilevazione dello stato iniziale, indicato con la dicitura *AS IS*, è la fase in cui si effettua una registrazione di tutti gli elementi che riguardano il metodo adottato. Questi dati possono essere ricavati con differenti gradi di precisione e costituiscono la base per l'analisi critica e per lo sviluppo dei metodi alternativi e migliorati.

Per la rilevazione si può procedere mediante osservazione diretta o l'uso di riprese in alta definizione, unitamente alle informazioni inerenti al layout dell'impianto, la posizione dei macchinari, dei servizi. La registrazione dei dati rilevati viene quindi effettuata nella forma più adeguata e conveniente per essere analizzata successivamente. Tali forme, complementari tra di loro, mettono in luce aspetti diversi.

Le tecniche di seguito riportate³ rappresentano un modo sistematico e preciso di svolgere l'analisi del metodo di lavoro, ma non costituiscono una via esclusiva. Tra i metodi più frequentemente utilizzati vi sono:

³ Definizioni A.S.M.E

- Schemi di procedimento – una rappresentazione schematica dei fatti che si presentano nella procedura o nel metodo di lavoro con annessa tempistica e classificazione per mezzo di simboli a seconda della loro natura.
- Schemi di flusso – una rappresentazione schematica del flusso di un prodotto attraverso la fabbrica o il reparto registrando tutti i fatti e i tempi in rassegna mediante l'uso di appropriati simboli. Questa procedura risulta più complessa, e viene quindi applicata solamente e separatamente ai componenti principali.
- Diagramma di flusso o Spaghetti chart – una rappresentazione grafica dell'area lavorativa, recante una chiara indicazione delle relazioni esistenti fra le macchine, i posti di lavoro, i percorsi seguiti dai materiali e dagli uomini.
- Fogli d'analisi – in essi è riportata la sequenza delle operazioni costituenti il lavoro, con le relative informazioni (es. utensile impegnato, codice identificativo del componente) e la misura cronometrica.
- Schemi dei micromovimenti – una rappresentazione schematica e molto dettagliata utilizzando la simbologia therbling o una sua elaborazione, per un'indagine molto approfondita del lavoro manuale.

A prescindere dalla maggiore attenzione che, in funzione dello scopo dello studio, potrà essere dedicata ai vari strumenti per elaborare e presentare i dati raccolti dalla rilevazione, è importante classificare le attività svolte in funzione del valore delle attività, come si riporta di seguito riportata.

- Attività a valore aggiunto (VA), tutte quelle che contribuiscono ad associare valore al prodotto per il cliente e sulle quali l'impresa deve focalizzarsi e concentrare le proprie risorse al fine di ottenere un vantaggio competitivo.
- Attività senza valore aggiunto (SVA o NVA), ma necessarie, consistono nell'impiego di risorse per un'operazione che in sé non crea direttamente valore per il consumatore, ma che nelle condizioni operative del momento risulta necessaria per attuarne altre che invece sono produttrici di valore.
- Attività senza valore aggiunto (NVA) e non necessarie, ovvero quelle per cui il cliente non è disposto a riconoscere un compenso.

Sul primo punto dovrà concentrarsi il nuovo metodo, sul secondo e sul terzo invece dovranno agire gli sforzi per la riduzione e l'eliminazione degli sprechi.

Tale suddivisione, in funzione del valore apportato, è il punto di partenza dell'approccio della *lean manufacturing*. Essa risulta a mio avviso necessaria poiché lo scenario in cui operano le aziende attualmente richiede un aggiornamento del tradizionale ruolo dell'analisi tempi e metodi in ottica di ottimizzazione complessiva dei processi orientata alla creazione del valore per il cliente. In tal modo è possibile intervenire per evitare sprechi, migliorare i metodi e i tempi, linearizzare i flussi ed essere più competitivi, utilizzando gli strumenti base dell'attività tempi e metodi con la prospettiva del pensiero *lean* orientata all'eliminazione del superfluo.

1.2.4 La definizione dello stato futuro TO BE

Una volta raccolte tutte le informazioni necessarie riguardanti il metodo si hanno le basi per poter giungere alla definizione del nuovo metodo da adottare. È necessario procedere ad un'analisi critica, seguendo una vera e propria sequenza d'indagine. L'obiettivo da raggiungere è quello di avere il maggior numero di operazioni a valore aggiunto, riducendo invece quelle a non valore aggiunto. Quest'ultime sono quindi le prime ad essere sottoposte alla precisa sequenza d'indagine la quale deve interrogarsi su:

- 1 Scopo – Che cosa viene fatto e perché? Cosa si dovrebbe fare?
- 2 Luogo – Dove viene fatto? È meglio farlo altrove?
- 3 Sequenza – Quando viene fatto? Quando potrebbe e dovrebbe essere fatto?
- 4 Operatore – Chi svolge l'operazione? Chi potrebbe farlo meglio?
- 5 Mezzo – Perché viene fatto in questo modo? Si può fare meglio?

Tali domande vanno poste per ciascuna operazione in modo da poter eventualmente eliminare i particolari non necessari al lavoro, combinare le attività, riordinare la sequenza delle operazioni e semplificare in modo da incrementare l'efficienza.

Una volta poste queste domande, molte delle quali contengono implicitamente la risposta si può procedere a sviluppare il metodo migliorato registrandolo mediante gli strumenti in precedenza considerati, in modo che lo si possa controllare e paragonarlo al metodo originale. Si produrranno soluzioni contestualmente per

- Layout → Andrà adeguato alle nuove caratteristiche di produzione (quantità e varietà) e al nuovo metodo di lavoro definito, tenendo conto degli spostamenti dell'operatore. Si riorganizzerà la dislocazione delle macchine/attrezzature di

produzione e delle aree di giacenza dei materiali, qualora si fosse riscontrata la necessità nell'analisi;

- Metodi di lavoro → Verrà individuato un metodo che non preveda gli sprechi e le attività NVA rilevate nel metodo iniziale. Nel far questo bisognerà tenere in considerazione i principi di economia dei movimenti, i quali consentono una corretta organizzazione fisica del lavoro manuale e l'attuazione di condizioni ergonomiche durante l'impiego del corpo sul posto di lavoro, oltre ad assistere nella progettazione di utensili e attrezzature. Infine si dovrà ottimizzare il flusso dei materiali, quindi, in fase di progetto del prodotto sarà necessario semplificarli (standardizzazione, aggregazione di fornitori), mentre in fase di pianificazione delle procedure di produzione sarà necessario stabilire i criteri di asservimento dei materiali alla linea di lavoro.

Inoltre nella definizione del futuro metodo di lavoro uno degli strumenti applicativi migliori è sicuramente il Visual Management. Si tratta della possibilità di gestire i processi tramite semplici strumenti visivi, generando un ambiente ricco di informazioni immediate e visivamente stimolanti. L'utilizzo di strumenti quali cartelli, segnaletica orizzontale, cartellini, sistemi a luci colorate o ANDON e *visual SOP* stimolano l'operatore e comunicano immediatamente informazioni importanti.

1.2.5 Applicazione e conservazione

Una volta sviluppato il nuovo metodo risulta evidente che l'apprendimento di tal metodo richiederà da parte degli operatori un certo lasso di tempo. Esso dipenderà dalla natura del lavoro e sarà massimo per processi complessi i quali sono stati eseguiti nella precedente maniera per un lungo periodo. In questo contesto trovano un differente scopo le riprese effettuate per la registrazione dei tempi, che possono fornire un supporto per il riaddestramento dell'operatore; il quale osservando le proprie azioni sarà in grado di apprendere più facilmente il nuovo metodo.

L'introduzione del nuovo metodo come tutti i processi di apprendimento può essere descritto mediante l'omonima curva, nella quale si nota inizialmente una fase in cui è richiesto poco tempo per incrementare la performance, alla quale però segue una seconda fase in cui l'incremento di performance tende a diminuire con l'avanzare dei cicli

effettuati, richiedendo infine molta pratica prima di raggiungere una velocità alta e uniforme durante l'operazione.

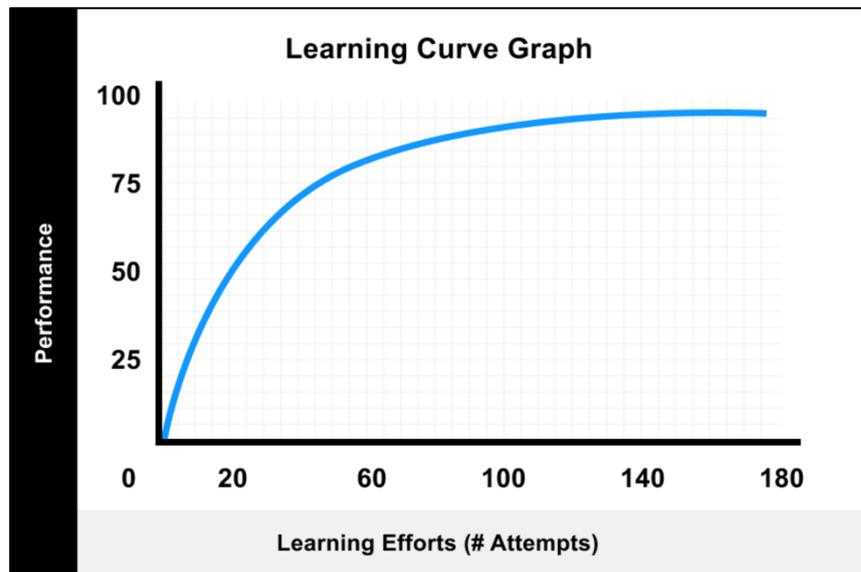


Figura 2 Curva di apprendimento

Nel metodo base dell'analisi dei metodi la fase finale consiste nel mantenimento del nuovo metodo, evitando di ricadere negli sprechi e negli errori già riscontrati in passato. Tuttavia il mantenimento non deve essere visto come una cristallizzazione del metodo attuale, infatti qualora si rilevi la possibilità di apportare un miglioramento ulteriore al metodo; esso deve essere incorporato procedendo alla composizione delle nuove specifiche (nuova sequenza, nuova visual SOP, nuova attrezzatura, ecc.) e alla determinazione dei nuovi tempi standards.

È in tale contesto che l'analisi tempi e metodi può ancora attingere dai principi della *lean manufacturing* e nello specifico al concetto di miglioramento continuo o Kaizen. Lo studio dei tempi e dei metodi infatti consiste infatti in una ricerca delle problematiche dello stato attuale seguita da un'analisi critica che conduce all'elaborazione e all'attuazioni di soluzioni. Esso può quindi essere facilmente adattato all'interno di un ciclo P.D.C.A. o ciclo di Deming in ottica *continuous improvement*.

Tale ciclo sviluppato da W.E.Deming durante gli anni '60 per il miglioramento della qualità a lungo termine, prevede le seguenti 4 fasi, che possiamo accostare al metodo base dello studio del metodo.

- 1 Plan: Sviluppare un piano concreto attraverso la definizione dei problemi e degli obiettivi e che chiarisca i compiti, le responsabilità e definisca le azioni correttive. Perfettamente in linea con le fasi di definizione degli obiettivi e della scelta del lavoro da analizzare.
- 2 Do: Agire, mettere in atto ciò che è stato identificato al passo precedente. Ovvero sviluppare idee, prove, simulazioni, raccogliere i dati per la creazione di grafici e analisi da destinare alle fasi di "Check" e "Act". Analogamente alla rilevazione dei metodi e dei tempi.
- 3 Check: verificare, vengono valutati i dati ed i risultati raccolti dalla fase do. I dati vengono confrontati con i risultati attesi per vedere eventuali somiglianze, differenze se portano benefici efficaci o se comportano inconvenienti o effetti collaterali. Dunque ciò avviene durante la fase di sviluppo e riesame del miglior metodo.
- 4 Act: chiamata anche "Adjust", questa fase dell'atto è quella in cui un processo viene migliorato. I dati rilevati delle fasi "do" e "check" aiutano a identificare i problemi con il processo come ad esempio una non conformità, opportunità di miglioramento, inefficienze e altro che si traduce in risultati evidentemente non ottimali, per poi ricominciare il ciclo da capo e ottenere ulteriori miglioramenti. Precisamente ciò che avviene durante la fase di applicazione e nel mantenimento del metodo migliorato.

Si richiama adesso la riflessione sul mantenimento del miglior metodo che non va inteso come uno stato congelato che si è appena raggiunto, bensì come uno dei molteplici passi intermedi nel percorso del miglioramento continuo e che rappresenta uno standard di partenza per il successivo.

L'applicazione iterativa del ciclo PDCA rende possibile la condizione di miglioramento continuo come schematizzato nella figura 3.

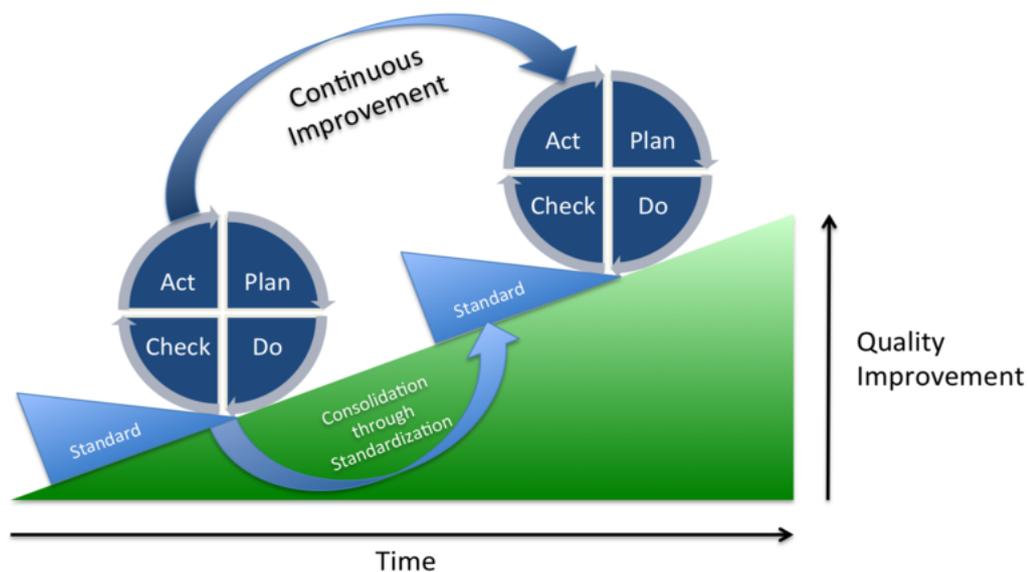


Figura 3 PDCA Process , Johannes Vietze

1.3 Lo studio dei tempi

Abbiamo elencato le principali metodologie di misurazione del lavoro e nello specifico del metodo del lavoro. Lo studio dei tempi è una tecnica per determinare il più accuratamente possibile, mediante un numero limitato di osservazioni, il tempo necessario per eseguire una determinata attività secondo un definito standard di rendimento⁴. Essa può essere considerata una tecnica complementare e necessaria a quelle considerate fin ora.

I sistemi utilizzati per la determinazione dei tempi sono le stime, il rilievo cronometrico, il rilievo mediante riprese in alta definizione e i sistemi a tempi predeterminati (MTM); i tempi rilevati in questo modo consentono di definire dei valori di riferimento per lo svolgimento delle attività detti standard. Essi possono essere di operazione, standard elementari e microstandard. Gli standards d'operazione sono determinati generalmente con il cronometro e associati al processo produttivo di un determinato prodotto.

Gli standards elementari consistono in una parte costituente distinta di una specifica attività o compito e vengono determinati con cronometro o mediante riprese in alta definizione. Entrambi questi standards non hanno valore assoluto ma sono validi

⁴ Definizioni A.S.M.E

all'interno di ciascuna azienda perché sono strettamente dipendenti dal contesto e dal metodo di lavoro. Infine i microstandards sono il risultato di una raffinata scomposizione dell'operazione in movimenti elementari, garantiscono elevata precisione e vengono rilevati con riprese in alta definizione.

Attraverso questi sistemi di applicazione è possibile stimare o calcolare quale sarà il tempo impiegato per produrre un prodotto finito o semilavorato dell'azienda in esame.

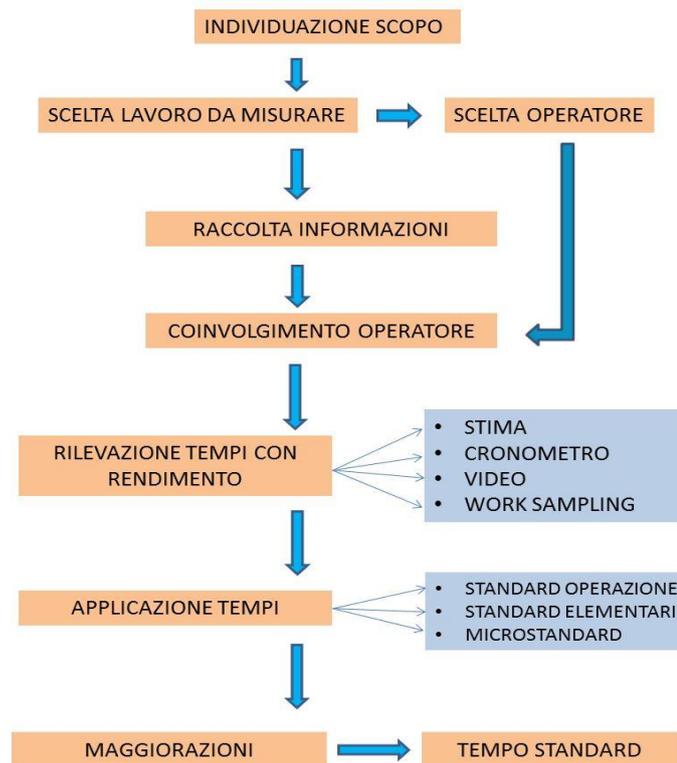


Figura 4 Grafico fasi rilevazione dei tempi

La fase preliminare del processo di rilevazione dei tempi consiste nella scelta dell'operatore da analizzare e del momento del turno durante il quale effettuare la misurazione. Nella maggior parte dei casi si sceglie un operatore sufficientemente esperto che sia in grado di svolgere la propria mansione con una discreta velocità ed efficacia; l'analista è comunque sempre in grado di livellare i tempi di operatori con capacità diverse usando una scala rendimenti che verrà trattata nei paragrafi successivi.

Le finestre di tempo ottimali per eseguire l'analisi, sono quelle che escludono gli estremi del turno, poiché ad inizio turno o alla fine, è più probabile che si verificano anomalie (le

quali comunque potrebbero essere elemento su cui soffermarsi, svolgendo uno studio molto approfondito, per arrivare all'eliminazione di inefficienze).

Inoltre, prima di eseguire un rilievo è opportuno che l'analista sia fornito di quante più informazioni possibili riguardo il processo di lavorazione, dunque sul metodo, sull'oggetto che verrà prodotto o assemblato, sui materiali usati, gli utensili necessari ed il layout dell'area considerando la disposizione dei macchinari e dei servizi, in particolar modo se grandi e ingombranti. In molti casi chi esegue il rilievo non possiede un'elevata proprietà di linguaggio riguardo processi, componenti o utensili, è quindi necessario coinvolgere l'operatore per meglio comprendere le fasi e le esecuzioni di esse al fine di condurre un'analisi in maniera corretta e precisa.

1.3.1 Scomposizione delle operazioni, rendimento e fattore di riposo

L'analisi del rilievo cronometrico si divide in 3 parti:

- suddivisione dell'attività in elementi ben definiti e facilmente valutabili, dette operazioni elementari;
- definizione del rendimento;
- definizione delle maggiorazioni in base a fattori di riposo.

Quando si suddivide il lavoro svolto in operazioni elementari è importante rispettare alcuni criteri in modo da facilitare la comprensione del lavoro svolto, soprattutto per coloro i quali non hanno partecipato alla rilevazione, ma dovranno usufruire dei dati ricavati. Si deve fare in modo che le operazioni siano facilmente identificabili ovvero che esse siano definibili e rilevabili.

La definibilità di una suddivisione indica l'importanza che vi siano inizio e fine ben definiti. (es. "prendere avvitatore e appoggiarlo", "imbastire le viti sull'elemento"), in modo da rendere inequivocabili i confini di un'operazione, fondamentali soprattutto durante il cronometrando. Altro aspetto importante è che gli elementi inquadrati in questo intervallo ben definito dovrebbero essere un gruppo omogeneo e completo per lo scopo dell'operazione.

La rilevabilità fornisce le durate minime consigliate per suddividere le operazioni. In genere non si scende mai al di sotto dei 3-4 centesimi di minuto⁵ e si cerca di evitare elementi troppo lunghi che possono contenere troppe attività poco omogenee, le quali creerebbero poi dei problemi nella valutazione del rendimento.

Inoltre, come in tutti i processi di misura, è necessario che i dati rilevati siano affidabili. L'affidabilità dei tempi rilevati dipende da quanto a lungo "si è fatto esperienza" sulla specifica attività, o in altri termini dal numero di osservazioni effettuate. Dunque bisogna ripetere la misurazione più volte, in funzione della durata del ciclo di lavoro che si sta analizzando. Tale considerazione, che riporta a valutazioni di inferenza statistica, riguarda in particolare il rilievo cronometrico e il rilievo mediante riprese, tecniche che per via della loro risoluzione risultano più congeniali a tali valutazioni. Nello specifico le tecniche statistiche consentono la definizione del numero di osservazioni necessarie.

Tempo di ciclo	Numero di rilevazioni da eseguire
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
4,00 – 5,00	15
5,00 – 10,00	10
10,00 – 20,00	8
20,00 – 40,00	5
40,00 – oltre	3

Tabella 1 Numero di rilevazioni in funzione della durata del ciclo⁶

In ogni caso valutazioni di tipo statistico sono comunque utili anche per gli altri sistemi di determinazione. Ad esempio nel caso dell'applicazione di tempi predeterminati, sarebbe opportuno condurre un numero di osservazioni tali da poter con buona confidenza essere sicuri di aver correttamente scomposto l'attività negli elementi che le sono propri.

⁵ Ralph M. Barnes, *Motion and Times Study*, Wiley, 1980.

⁶ G.B. Carson, H B Maynard, *industrial engineering, handbook*, McGraw Hill, NewYork, 1956.

Variazioni sui tempi rilevati si presentano, al di là delle oscillazioni statistiche dovute alla campionatura, anche tra operatori differenti, in quanto il tempo registrato è legato all'esperienza e alla rapidità propria di chi sta svolgendo il lavoro. Dal momento che il principale scopo della misurazione del lavoro consiste nel determinare i tempi standard che possono essere utilizzati per scopi diversi (programmazione, preventivi, introdurre migliorie al metodo); per questo motivo esiste la necessità di introdurre una valutazione sul rendimento degli operai. L'analista nell'assegnare il rendimento dovrà effettuare un raffronto mentale fra la prestazione dell'operatore che egli osserva e la sua idea di prestazione standard relativa ad un determinato metodo. Questo passaggio è cruciale in quanto comporta la necessità di dare un giudizio soggettivo del livello di rendimento tenuto dall'operatore.

Viene fornito all'analista un riferimento per la misurazione del rendimento, si sono stabiliti due punti, quello di rendimento base e quello di rendimento massimo, che però non rappresenta un limite assoluto in quanto è sempre possibile dare un giudizio al di fuori di tali valori se l'analista lo ritiene opportuno.

Sono state sviluppate diverse scale di efficienza:

- scala Bedaux con efficienza base pari a 60 ed efficienza massima pratica pari a 80;
- scala Pirelli con efficienza base pari a 75 ed efficienza massima pratica pari a 100;
- scala centesimale con efficienza base pari a 100 ed efficienza massima pratica pari a 133.

La scala più frequentemente utilizzata è quella centesimale in quanto risulta di elevata facilità la normalizzazione del tempo attraverso il fattore 100. L'utilizzo dei rendimenti è fondamentale nella procedura di livellamento dei tempi rilevati, la normalizzazione avviene applicando la seguente equazione:

$$T_N = \frac{T_R * R_R}{R}$$

con

- T_N = tempo normalizzato
- T_R = tempo rilevato
- R_R = rendimento rilevato

- R= rendimento di riferimento della scala considerata

I tempi normalizzati consentono quindi il confronto del lavoro di diversi operatori, anche con capacità diverse e ottenere dei tempi omogenei tra loro.

Infine dopo aver definito il tempo rappresentativo del lavoro dell'operatore bisogna prevedere una maggiorazione in termini di tempo in modo da tener conto di:

- fattore fisiologico
- fattore di fatica

Il fattore fisiologico tiene in considerazione delle necessità fisiologiche degli operai (pausa toilette, recupero psicologico, ecc.). Esso deve essere obbligatoriamente concesso e considerato e non dipende né dall'azienda né dall'analista. Il valore dipende dal sesso dell'operatore 4% per gli uomini e il 6% per le donne, tuttavia si può adottare un valore comune per entrambi del 5%.

Il fattore di fatica è invece una maggiorazione arbitraria. Esso tiene conto della posizione dell'operatore, dell'uso degli arti superiori e inferiore e della resistenza che si oppone al movimento dello stesso. Per valutarlo vengono utilizzate delle apposite tabelle fornite dall'azienda o da chi è incaricato dell'analisi.

1.3.2 I sistemi a tempi predeterminati

I sistemi a tempi predeterminati consentono di determinare i tempi di esecuzione senza ricorrere all'uso di strumenti di misura. Consistono nello scomporre l'attività nei suoi elementi costitutivi e nel ricavare i tempi di ciascun elemento desumendoli da elenchi, abachi, curve o calcolandoli per mezzo di formule. A questo punto si applicano dei fattori correttivi e si determina il tempo standard come somma dei tempi associati agli elementi costitutivi dell'operazione.

Tra di essi vi è l'M.T.M. (Methods-Time Measurement), metodo oggettivo che scompone e analizza tutte le operazioni manuali, in movimenti base necessari all'esecuzione ed assegna ad ogni movimento un tempo standard predeterminato, che dipende dalla natura del movimento e dalle condizioni nelle quali esso viene compiuto.

Attraverso l'utilizzo di questi metodi è possibile ricavare i tempi standard direttamente a tavolino, senza valutare soggettivamente la velocità di esecuzione, senza analizzare

attrezzature o movimentazioni e senza l'uso del cronometro. Il cronometro rimane sempre uno strumento fondamentale in quanto solo le operazioni manuali possono essere misurate con un sistema predeterminato, i tempi macchina o altre operazioni che coinvolgono la tecnologia necessitano sempre di una rilevazione diretta. L'applicazione dell'M.T.M. viene comunque preceduta da una visualizzazione del ciclo produttivo per poi andare a effettuare un lavoro di sintesi.

Tale sistema è molto utile per raggiungere vari scopi all'interno di un'azienda, come la determinazione dei tempi standards, la valutazione preventiva dei tempi necessari allo svolgimento del ciclo di lavoro, l'addestramento del personale esecutivo per l'apprendimento dei metodi.

Come unità di misura nell'M.T.M. si utilizza il TMU (Time Measurement Unit) considerando questa relazione di base: $1 \text{ TMU} = 0,036 \text{ secondi}$.

Le operazioni, semplici o complesse, vengono costruite componendo gli elementi base che compiono lavoro ai quali è associata una durata in TMU a seconda della complessità, della lunghezza del movimento e del carico resistente. Le principali operazioni sono:

- raggiungere (muovere la mano, o le dita verso una destinazione definita)
- muovere (trasportare un oggetto verso una destinazione)
- ruotare (girare la mano)
- applicare pressione (applicazione di una forza muscolare su un oggetto, per controllarlo)
- girare manovella
- afferrare (prendere con la mano un oggetto per eseguire l'operazione successiva)
- rilasciare (abbandonare un oggetto o utensile dalla mano)
- posizionare (allineare, orientare o accoppiare oggetti di non grandi dimensioni)
- disaccoppiare (far cessare il contatto tra due oggetti)
- muovere gli occhi (spostare la direzione dell'asse di visione)
- fissare lo sguardo
- movimenti del corpo (movimenti del piede, della gamba, piegamenti ecc.)

RAGGIUNGERE - R - (Reach)								
distanza in cm	R-A	R-B	R-C R-D	R-E	mR-A R-Am	mR-B R-Bm	m (B)	descrizione dei casi
≤ 2 (f)	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	0,4	A raggiungere un oggetto posto sempre nella stessa posizione, un oggetto nell'altra mano o sul quale è appoggiata l'altra mano
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	1,0	
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	1,4	
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	1,8	
10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	2,0	
12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8	2,6	B raggiungere un oggetto isolato in posizione leggermente variabile da ciclo a ciclo.
14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4	2,8	
16	7,1	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	2,9	
18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	2,9	
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	2,9	
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	2,8	C raggiungere un oggetto mescolato ad altri in modo che vi sia ricerca e selezione
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	2,9	
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	2,9	
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	2,8	
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	2,9	
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	2,8	D raggiungere un oggetto molto piccolo o da prendere con precisione o precauzione
40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8	2,8	
45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2	2,8	
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	2,7	
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	2,7	
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	2,7	E spostare la mano verso una posizione indefinita per equilibrare il corpo o per iniziare il movimento successivo o per toglierla di mezzo.
65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9	2,7	
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	2,7	
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	2,7	
80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	2,7	
ogni 5 cm in più	0,8	1,4	1,4	1,2	0,8	1,5		

MUOVERE - M - (Move)									
distanza in cm.	M-A	M-B	M-C	mM-B M-Bm	m (B)	con sforzo			descrizione dei casi
						kg	coeff. statica	coeff. dinam.	
≤ 2 (f)	2,0	2,0	2,0	1,7	0,3	0	0	1	A muovere un oggetto verso l'altra mano o contro un arresto.
4	3,1	4,0	4,5	2,8	1,2	1,25			
6	4,1	5,0	5,8	3,1	1,9	> 1,25			
8	5,1	5,9	6,9	3,7	2,2	> 1,25	1,8	1,04	
10	6,0	6,8	7,9	4,3	2,5	> 2,5			
12	6,9	7,7	8,8	4,9	2,8	> 2,5			B muovere un oggetto verso una posizione approssimativa o indefinita.
14	7,7	8,5	9,8	5,4	3,1	> 5	3,3	1,09	
16	8,3	9,2	10,5	6,0	3,2	> 5			
18	9,0	9,8	11,1	6,5	3,3	> 7,5	5,2	1,15	
20	9,6	10,5	11,7	7,1	3,4	> 7,5			
22	10,2	11,2	12,4	7,6	3,6	> 7,5			C muovere un oggetto verso una posizione precisa o con precauzione
24	10,8	11,8	13,0	8,2	3,6	> 10	7,2	1,21	
26	11,5	12,3	13,7	8,7	3,8	> 10			
28	12,1	12,8	14,4	9,3	3,5	> 12,5	9,0	1,27	
30	12,7	13,3	15,1	9,8	3,5	> 12,5			
35	14,3	14,5	16,8	11,2	3,3	> 12,5			
40	15,8	15,6	18,5	12,6	3,0	> 15	10,8	1,34	
45	17,4	16,8	20,1	14,0	2,8	> 15			
50	19,0	18,0	21,8	15,4	2,6	> 17,5	12,8	1,40	
55	20,5	19,2	23,5	16,8	2,4	> 17,5			
60	22,1	20,4	25,2	18,2	2,2	> 20	14,7	1,46	
65	23,6	21,6	26,9	19,5	2,1	> 20			
70	25,2	22,8	28,6	20,9	1,9	> 22,5			
75	26,7	24,0	30,3	22,3	1,7	> 22,5	16,7	1,52	
80	28,3	25,2	32,0	23,7	1,5	> 22,5			
ogni 5 cm in più	1,6	1,2	1,7	1,5					

Figura 5 Tabella MTM, Movimenti: "raggiungere" e "muovere" - M. Levi

Per concludere possiamo dire che i vantaggi dei sistemi a tempi predeterminati sono:

- i tempi standard possono essere programmati prima dell'avvio della produzione, mentre non è possibile nel caso della misura diretta dei tempi;
- sono ridotte le possibilità di errore nella registrazione dei tempi e delle prestazioni
- nuovi metodi di lavoro possono essere comparati senza che siano implementati.

Mentre le difficoltà a cui si va incontro nel calcolo dei tempi standard sono:

- il frazionamento in micro-operazioni dell'attività diventa inaccettabile se questa non è ripetitiva;
- i parametri scelti per la determinazione dei tempi potrebbero non adattarsi a qualsiasi situazione lavorativa; sono infatti innumerevoli i fattori che influenzano i tempi di esecuzione e non tutti sono presi in considerazione nelle tabelle).

2 CAAR E IL SOGGETTO DELLA CONSULENZA

L'azienda C.A.A.R è una società di servizi volta a fornire una vasta gamma di attività di ingegneria sul mercato internazionale. Il mercato di riferimento sono i servizi di ingegneria per il settore industriale con particolare attenzione all'industria automobilistica e all'industria manifatturiera. Tali servizi consistono in molteplici attività; dalla progettazione del prodotto all'industrializzazione, dalla progettazione di veicoli e di strumenti di produzione fino all'avviamento di impianti completi di assemblaggio.

L'azienda, a partire dalla sua fondazione nel 2009 ad oggi, ha collaborato con numerose realtà industriali in Italia e all'estero consolidando il suo status di elevata affidabilità nell'abito della consulenza ingegneristica e annoverando tra i suoi clienti numerose aziende di prestigio. Durante il periodo da tirocinante ho affiancato il mio tutor aziendale partecipando alle attività di consulenza richiesta da FPT industrial.

2.1 FPT industrial

FPT industrial è una società del gruppo CNH industrial dedicata alla progettazione, produzione e vendita di motopropulsori, powertrains e sistemi di post trattamento per applicazioni veicolari e industriali (on-road e off-road), marine e power generation.

Essa è stata fondata nel 2011 unendo tutte le attività sopracitate di IVECO, CASE IH e NEW HOLLAND, ereditando così la loro competenza e capacità.

L'azienda ha la sua sede principale a Torino ed impiega circa 8.100 dipendenti in tutto il mondo, localizzati in 10 stabilimenti e 7 centri di ricerca e sviluppo. Inoltre l'esistenza di una rete di distribuzione di 93 concessionari e oltre 900 punti di assistenza assicura la presenza di FPT Industrial in oltre 100 paesi. ⁷

⁷ Descrizione azienda FPT Industrial, fptindustrial.com.

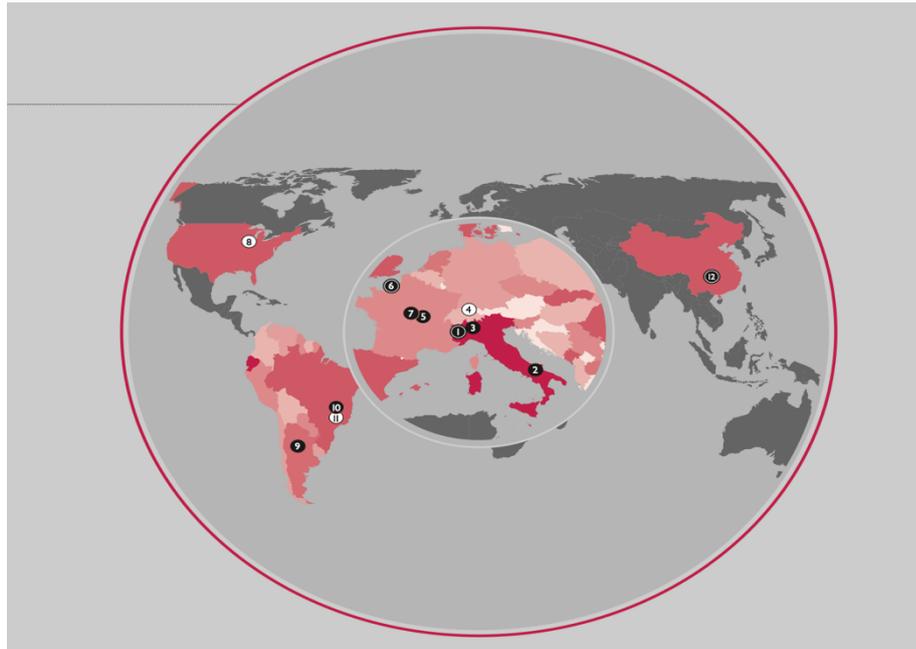


Figura 6 Presenza di FPT nel mondo.

2.2 Lo stabilimento di Garchizy

Situato lungo la linea Parigi-Clermont Ferrand lo stabilimento di FPT di Garchizy vanta una storia centenaria che inizia a partire dal 1907, data alla quale si può far risalire il primo utilizzo industriale dei locali e dell'area ad opera di *Guilliet et Fils*.



Figura 7 Lo stabilimento di Garchizy oggi.

Durante il '900 la proprietà dello stabilimento passa di azienda in azienda, tra cui Avions Farman, azienda di costruzioni aeronautiche operativa a Garchizy fino al 1949 ed ACMA, una piccola azienda automobilistica fondata da Piaggio che tuttavia cessa le attività nel 1962.

Successivamente lo stabilimento viene acquistato da un'altra casa automobilistica francese, la UNIC la quale in poco tempo verrà assorbita da SIMCA, per confluire infine nel 1970 all'interno del gruppo FIAT.

L'attuale destinazione dello stabilimento consiste nella revisione meccanica dei motori e delle trasmissioni del gruppo FIAT. Al suo interno vengono svolte tutte quelle attività essenziali al processo di *remanufacturing*. Tale processo consente infatti di rivitalizzare i prodotti usati, prolungarne il ciclo di vita e riportarli ad un uso produttivo.

La rigenerazione è nota come la forma definitiva di riduzione, riutilizzo e riciclaggio: attraverso il *remanufacturing*, si riducono i rifiuti in discarica, si riutilizzano componenti recuperabili e si ricicla il materiale usurato.

I prodotti idonei per questo processo sono dunque quelli che hanno terminato il loro ciclo di vita; una volta raggiunto lo stabilimento di Garchizy essi iniziano un nuovo percorso che può essere sintetizzato nei seguenti punti

- Smontaggio e ispezione dettagliata del prodotto
- Pulizia accurata di ogni componente e test rispetto alle ultime specifiche.
- Sostituzione di tutte le parti soggette a usura con nuovi componenti (cuscinetti, tenute, guarnizioni e altro).
- Ripristino o sostituzione di tutti gli altri componenti.
- Assemblaggio e test finale di tutte le parti ricostruite per garantire prestazioni come nuove.

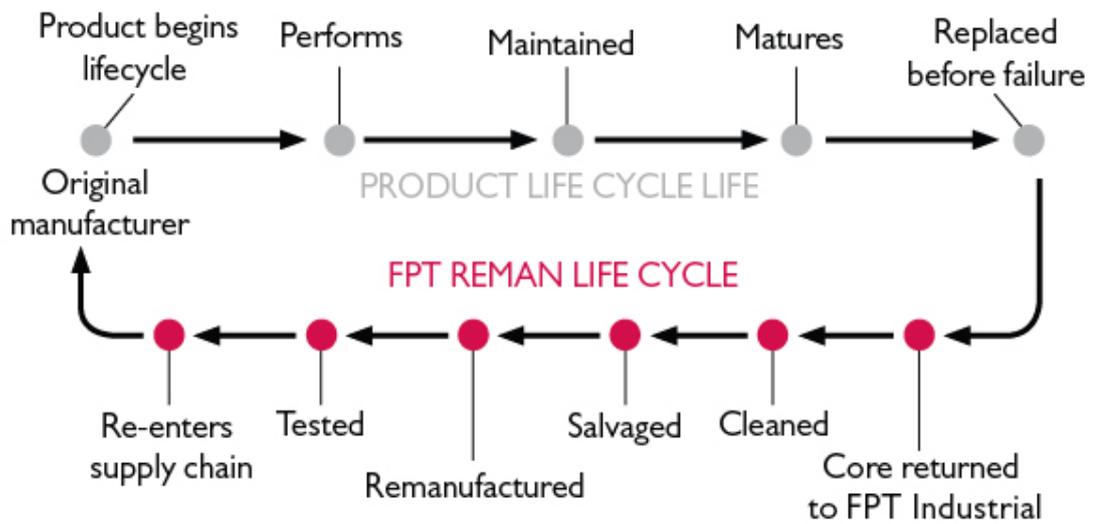


Figura 8 Ciclo di remanufacturing di FPT.

Lo stabilimento si estende su area di 46.000 m², di cui 29.000 al coperto. Possiamo distinguere 3 macro aree, indicate nell'immagine aerea di seguito riportata; ognuna delle quali ricopre la seguente funzione

1. Magazzino principale
2. Officina remanufacturing
3. Magazzino dei nuovi componenti

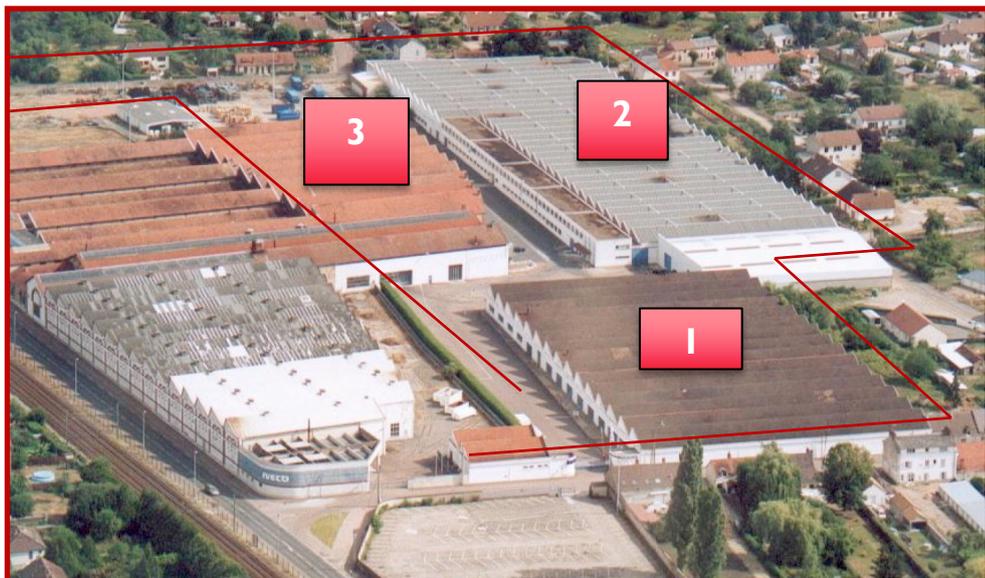


Figura 9 Vista aerea stabilimento di Garchizy

Le attività produttive avvengono nell'area 2 ovvero l'officina remanufacturing, identificata all'interno dell'azienda dal codice B4. Il processo inizia nell'area esterna antistante il capannone dove motori vengono accumulati, ancora all'interno delle casse di legno, in attesa di essere trasportati nella zona di pre smontaggio dove avviene l'estrazione dalla cassa e la rimozione dei supporti.

Successivamente inizia la fase di smontaggio lungo due diverse linee, a seconda della classificazione in motori light o heavy. Al termine di questa operazione i componenti vengono suddivisi; il sistema di iniezione e il gruppo di sovralimentazione vengono testati ed inviati al magazzino dei componenti già lavorati; il resto dei componenti, più numeroso, viene inviato alla zona di lavaggio dove viene trattato, all'interno di un apposito macchinario, con un getto di aria pressurizzata e Meltron[®] ⁸ ed infine immerso nelle vasche ad ultrasuoni.

Successivamente i componenti principali vengono inviati all'area expertise, ovvero l'area dedicata all'ispezione e alla riparazione. Si eseguono test sull'albero a gomiti e sulle bielle e viene eseguita la svasatura delle sedi valvola e la rettifica della canna cilindro.

Infine i componenti lavati e lavorati, gli elementi dell'iniettore e del turbogruppo e nuovi componenti ritirati dal magazzino confluiscono sulle due linee di montaggio dove i motori vengono assemblati.

Infine i motori completi, secondo diversi gradi di allestimento, vengono inviati al banco prova ed una volta superato il test possono essere verniciati ed imballati, pronti per essere spediti al cliente.

⁸ composto salino a base di bicarbonato di sodio sintetico

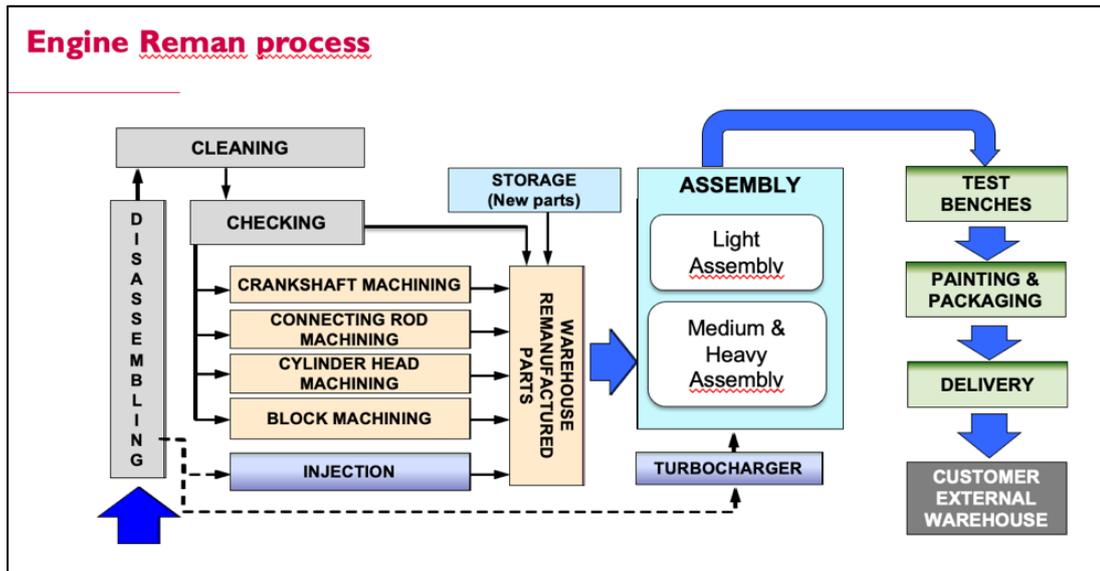


Figura 10 Schema delle operazioni.

2.3 I Prodotti

Le operazioni di remanufacturing svolte presso lo stabilimento di Garchizy coprono un'ampia gamma di prodotti tra cui: motori, cambi di velocità, turbogruppi per sovralimentazione e sistemi di iniezione common rail.

Tra questi prodotti l'area di competenza affidata a CAAR durante la consulenza è quella dedicata ai motori a combustione interna e ai turbogruppi. Questo elaborato restringe ulteriormente il campo focalizzando l'attenzione sui motori di tipo light, ovvero motori di piccola cilindrata per veicoli commerciali leggeri (LCVs).

In questa categoria rientrano i motori F1A e F1C basati sul ciclo diesel. Nonostante i modelli siano differenti essi appartengono alla stessa famiglia di motopropulsori e presentano quindi numerose analogie nel processo di assemblaggio, tali da consentire cicli di lavoro indistinti fino ad un dato punto di allestimento.

F1A è un motore compatto 4 cilindri con un volume di 2300 cm³ e 16 valvole capace di erogare una potenza massima di 71-107 kW a seconda del tipo di allestimento.



Figura 11 Motore F1A

F1C è invece un motore più potente per soddisfare le richieste più esigenti nel mercato dei veicoli commerciali leggeri. Anche in questo caso si tratta di un motore 4 cilindri e 16 valvole ma con un volume complessivo di 3000 cm³ e una potenza massima erogata di 81-150 kW a seconda del tipo di allestimento.



Figura 12 Motore F1C

Entrambi i modelli possono essere personalizzati a seconda delle richieste del cliente, prevedendo sistemi di turbo compressi bi stadio, turbina a geometria variabile e sistemi a geometria fissa con valvola waste-gate. A seconda dell'allestimento i motori possono essere classificati EURO 4/5/5+.

3 APPLICAZIONE DELL'ANALISI E MIGLIORAMENTI PROPOSTI SU LINEA "LIGHT"

Con la prospettiva di ridefinizione e aggiornamento delle molteplici aree dello stabilimento allo scopo di incrementare la produttività e l'efficienza, è stata individuata dalla direzione aziendale come una delle aree che necessita maggiormente interventi migliorativi, la linea di assemblaggio motori light.

In tale area le principali problematiche possono essere ricondotte a:

- Presenza di colli di bottiglia che rallentano il flusso dei prodotti
- Sbilanciamento della mole di lavoro tra le postazioni
- Disordine sui piani di lavoro e cattivo allestimento dei carrelli kit con conseguente difficoltà nel reperimento dei materiali che costringe gli operatori ad effettuare camminamenti non necessari
- Presenza di operazioni che andrebbero riassegnate ad altri reparti, quali preparazione di sub assemblati e sconfezionamento.

La direzione aziendale ha indicato come valore obiettivo della consulenza il raggiungimento dei 20 motori/turno.

Notiamo della planimetria dello stabilimento che la linea di montaggio light si trova all'interno del capannone B4. Essa costituisce il passaggio fondamentale per la trasformazione dei componenti nel prodotto finito.

Macro Layout

Material flow

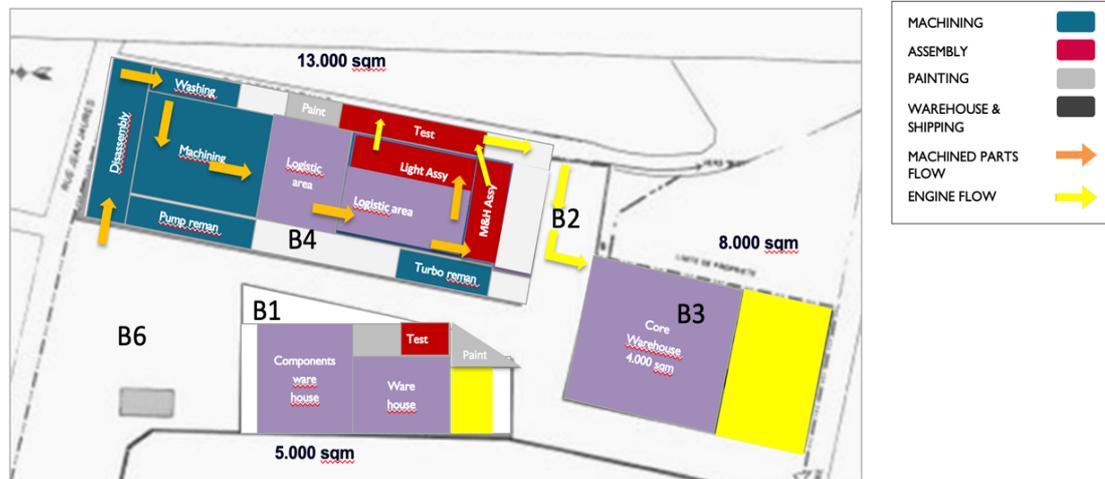


Figura 13 Flusso dei materiali

La linea è alimentata con componenti provenienti dall'area logistica, in parte rigenerati dallo stabilimento stesso ed in parte nuovi. Vengono utilizzati carrelli specifici per gli elementi principali (basamento, testata) e carrelli kit componibili per rifornire ciascuna stazione della linea di ciò che necessita per il completamento del proprio ciclo di lavoro. I motori una volta assemblati vengono condotti nell'area test

La linea light è suddivisa nel seguente modo:

- 1 Un primo tratto detto short block che provvede all'assemblaggio, a partire dal basamento, delle componenti principali del blocco tra cui albero a gomiti, bielle, testata, coppa dell'olio.
- 2 Il secondo tratto è invece detto dressing, in tale tratto si provvede al montaggio e alla fasatura del sistema di trasmissione, al montaggio del sistema di alimentazione del carburante, del sistema di refrigerazione e di molteplici accessori a seconda dello stato di allestimento richiesto dal cliente.
- 3 Un ulteriore tratto che è posto in parallelo alla linea short block che si occupa della preparazione della testata, allestendo il sistema delle valvole e dei bilancieri e della sovratesta, con l'inserimento degli alberi a camme.

Mentre il primo tratto e quello dedicato alla preparazione della testata lavorano indistintamente entrambi i modelli in produzione (F1A/F1C), i quali hanno una struttura

di base analoga, il secondo tratto presenta delle variazioni nella procedura e nei tempi ciclo tra un modello e l'altro. Dunque quando si parlerà della linea dressing si preciserà la tipologia di motore a cui si fa riferimento.

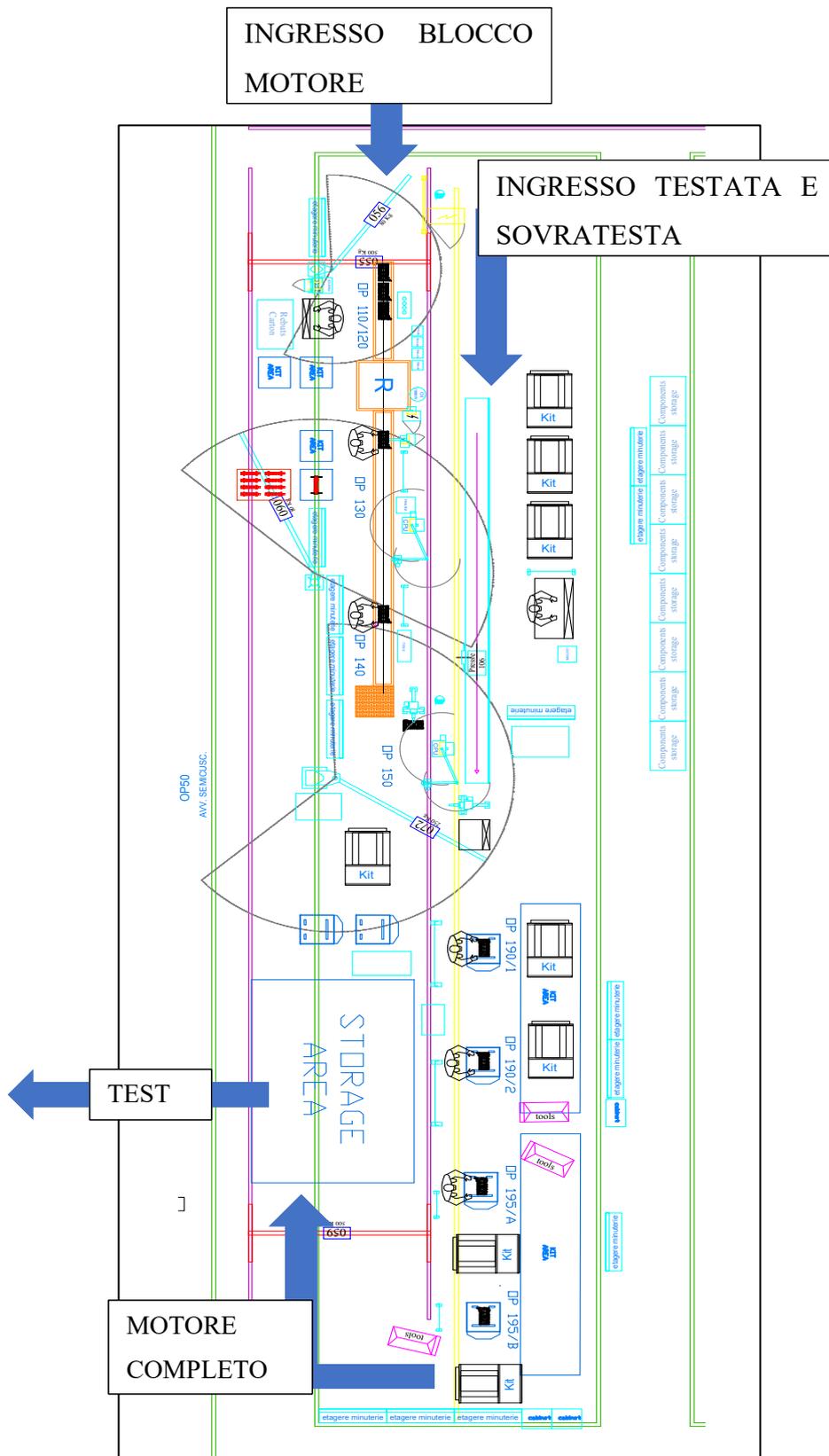


Figura 14 Layout linea montaggio light as-is.

Possiamo riassumere le caratteristiche della linea

- **Spazio operativo**
 - Area tot disponibile c.a 300m²
- **Fabbisogno di servo mezzi**
 - Energia elettrica
 - Aria compressa
- **Macchinari**
 - Trasportatore a rulli a comando manuale di lunghezza 15m su tratto short block
 - Trasportatore a rulli a comando manuale di lunghezza 5m su tratto preparazione testata
 - Ribaltatore
 - Marcatore a micro percussione
 - Paranchi
 - Dispositivo pneumatico per rotazione del blocco motore
 - Pressa per inserimento valvole
 - Dispositivo per il test di tenuta
 - Dispositivo per il ritegno del sottobasamento
 - Carrelli a spinta con regolazione dell'altezza
- **Utensili**
 - Avvitatori ad aria compressa
 - Avvitatori elettrici a colonna mono mandrino
 - Sets di Chiavi

Inoltre la linea lavora su due turni giornalieri da 410 minuti con una produzione media a turno di 10 motori turno.

3.1 Mappatura dello stato *as is*

Passiamo adesso ad una descrizione del processo di raccolta delle informazioni necessarie alla definizione dello stato attuale della linea e degli strumenti utilizzati per registrare le informazioni raccolte. Per svolgere questo compito delle risorse si sono recate presso lo

stabilimento di garghizy ed hanno effettuato delle riprese in alta definizione delle operazioni svolte nelle aree oggetto di studio, è stato inoltre fornito dall'azienda materiale di supporto come file CAD 2D del layout dello stabilimento e 3D dei modelli in produzione. Va precisato come le rilevazioni, per seguire in maniera rigorosa il metodo, debbano essere ripetute più volte in funzione della durata del ciclo (tabella 1). Tuttavia a causa della mole di lavoro e delle difficoltà causate dalla situazione sanitaria da covid-19 è stato possibile effettuare una sola rilevazione.

Successivamente in azienda, mediante la visione di tali riprese e con il supporto del materiale inviatoci, è stata elaborata la sequenza delle operazioni ed è stato estrapolato il tempo necessario per portarle a termine. Tali informazioni sono riportate su fogli di calcolo appositamente strutturati. Nella figura sottostante è riportato un esempio.

FEUILLE D'ANALYSE DU TRAVAIL										FEUILLE DE CHRONOMETRAGE																
Dénomination ELEMENT					MONTAGGIO LINEA LIGHT OP.120					Matiere					Référence											
Description OPERATION					Moteur "F1A" 277030- Tappatura motore , preparazione pistoni e bielle , ribaltamento motore					Type					N°mach											
MOYENS DE TRAVAIL					N°OP 120					Nbre pièces/cycle					Nbre feuilles											
ANALYSE DES VALEURS RELEVÉES										ANALYSE DES VALEURS RELEVÉES																
N°	Éléments de l'opération (MONTAGGIO operatore 1)				Frequ.	TOE en TO	T.EF.	Note	VA	NVA	NVA	N°	T1	V1	T2	V2	T3	V3	T4	V4	T5	V5	T6	Temp. Prélev.	Temp. Rélevé	Temp. Effectif
1	Prelevare i 4 pistoni e posizionarli nei specifici blocchi di tagli					TOE	0,216	2BL	1,09	0,235		1	0,217	133										0,217	133	0,216
2	Rimuovere i perni dalla protezione cartacea e depositarli nella cassetta a bocca di lupo posizionata sul banco lavoro.					TOE	0,200	2BL	1,09	0,218		2	0,201	133										0,201	133	0,200
3	Raccarsi al contenitore a bocca di lupo dello scaffale picking e prelevare le relative rondelle aperte d'arresto "900018620"					TOE	0,600	5AL	1,1	0,660	x	3	0,601	133										0,601	133	0,599
4	Posizionare utilizzando un cacciavite					TOE	0,233	2BL	1,09	0,254		4	0,234	133										0,234	133	0,233
5	Imboccare i perni e inserire le bielle nella morsa utilizzando l'avvitatore ad aria con la bussola "D11"					TOE	1,100	2BL	1,09	1,199		5	1,101	133										1,101	133	1,098
6	Collocare le viti con i relativi giunti nella cassetta specifica in tagli e depositarli sul carrello.					TOE	0,333	5AL	1,1	0,366		6	0,334	133										0,334	133	0,333
7	Riporre l'avvitatore e la bussola					TOE	0,100	5AL	1,1	0,110		7	0,101	133										0,101	133	0,101
8	Spostare le bielle dalla morsa ai pistoni					TOE	0,183	5AL	1,1	0,201	x	8	0,184	133										0,184	133	0,184
9	Prelevare il cacciavite a taglio e inserire le rondelle aperte d'arresto nei pistoni. Depositare il cacciavite					TOE	0,420	2BL	1,09	0,460		9	0,431	133										0,431	133	0,430
10	girare i pistoni con bielle e posizionare correttamente gli anelli raccaso e fasce elastiche.					TOE	0,600	2BL	1,09	0,654		10	0,601	133										0,601	133	0,599
11	Prelevare la pistola lubrificante e spruzzarlo nell'assemblaggio dei blocchi cilindri. Depositare la pistola					TOE	0,300	2BL	1,09	0,382		11	0,301	133										0,301	133	0,300
12	Prelevare l'apposito attrezzo per comprimere le fasce elastiche ed utilizzarlo per il prelievo dei pistoni					TOE	0,300	5AL	1,1	0,330		12	0,301	133										0,301	133	0,300
13	Oggettivare l'attrezzo sul blocco cilindri e con l'utilizzo di un tubo in tagli , battere i pistoni per effettuare l'allungamento. A fine operazione depositare l'attrezzo ed il tubo.					TOE	0,633	2BL	1,09	0,690		13	0,634	133										0,634	133	0,632
14	Completare la documentazione di accompagnamento motore e inserire i dati nel computer.					TOE	0,550	2AL	1,07	0,589		14	0,551	133										0,551	133	0,550
15	inserire tutta la documentazione in una busta plastificata e depositarla sul carrello contenente i giunti delle bielle.					TOE	0,181	5AL	1,1	0,199		15	0,182	133										0,182	133	0,182
16	Portare il motore e prelevare e depositare uno straccio ed il coperchio protettivo sulla parte superiore della testata					TOE	0,150	5AL	1,1	0,165		16	0,151	133										0,151	133	0,151

Figura 15 Estratto foglio analisi.

Nel foglio è restituita la sequenza delle operazioni brevemente descritte utilizzando una terminologia che richiama i movimenti elementari (prendere, riporre, inserire, rimuovere). A ciascuna di esse viene attribuito un rilievo cronometrico in centesimi di secondo ricavato dalla ripresa, un rendimento basato sulla scala centesimale (133 nel foglio preso in esempio poiché l'operario che ha svolto il lavoro è abile e dotato d'esperienza) e un coefficiente di riposo identificato da una sigla alfanumerica (2AL, 5BM, 2BL) e da un valore, scelto consultando l'apposita tabella fornita dall'azienda.

TABEAU RECAPITULATIF DES FACTEURS DE REPOS (coefficients)
A ALLOUER SUR LES TEMPS DE (T.O.E. ET T.O.I.) EN FONCTION DE LA POSITION DE BASE, DE L' ATTITUDE DU TRONC, DES MEMBRES ET DE LA RESISTANCE OPPOSEE AU MOYEN MECANIQUE OU AU CORPS.

POSITION DE BASE	ATTITUDE DU TRONC ET DES MEMBRES	RESISTANCE OPPOSEE AU MOYEN MECANIQUE OU AU POIDS			
		L 0 à 2 kg (léger)	M 2 à 10 kg (Moyen)	P 10 à 20 kg (Lourd)	PP > 20 kg (Très Lourd)
1 ASSIS(E) 	a Tronc et membres en attitude normale avec tronc presque immobile.	1,05	1,06 à 1,07	-	-
	b Tronc ou membres en attitude fatigante avec tronc presque immobile.	1,07	1,08 à 1,10	-	-
2 DEBOUT 	a Tronc et membres en attitude normale avec tronc presque immobile.	1,07	1,08 à 1,09	1,10 à 1,12	1,13 à 1,17
	b Tronc et membres en attitude normale avec tronc en mouvement.	1,09	1,10 à 1,12	1,13 à 1,15	1,16 à 1,20
	c Tronc ou membres en attitude fatigante avec tronc presque immobile.	1,11	1,12 à 1,14	1,15 à 1,18	1,19 à 1,23
	d Tronc ou membres en attitude fatigante avec tronc en mouvement.	1,13	1,14 à 1,16	1,17 à 1,20	1,21 à 1,25
3 A GENOUX 	a Tronc et membres en attitude normale avec tronc presque immobile.	1,08	1,09 à 1,10	1,11 à 1,13	-
	b Tronc ou membres en attitude fatigante avec tronc presque immobile.	1,12	1,13 à 1,15	1,16 à 1,19	-
4 COUCHE(E) 	a Tronc et membres en attitude normale avec tronc presque immobile.	1,10	1,11 à 1,13	-	-
	b Tronc ou membres en attitude fatigante avec tronc presque immobile.	1,14	1,15 à 1,18	-	-
5 EN MARCHÉ 	a A plat avec ou sans charge.	1,10	1,11 à 1,14	1,15 à 1,19	1,20 à 1,24
	b En montée ou en descente avec ou sans charge.	1,13	1,14 à 1,17	1,18 à 1,22	1,23 à 1,27
	c Tirer ou pousser un chariot à plat.	1,11	1,12 à 1,15	1,16 à 1,20	1,21 à 1,25

PS : Les facteurs de repos du présent tableau comprennent les majorations de nécessité physiologique (4%).

Figura 16 Tabella coefficienti di riposo

Il codice alfanumerico permette di identificare la posizione del corpo, atteggiamento del tronco e delle braccia e infine la resistenza opposta al movimento. I valori dei coefficienti sono già incrementati della maggiorazione fisiologica del 4%

A partire da questi input il foglio di calcolo permette di ottenere automaticamente nella colonna TOE il tempo normalizzato o tempo effettivo, utilizzando la formula introdotta nel capitolo precedente. Tale valore che è a tutti gli effetti diventato uno standard sarà l'unico da prendere in considerazione.

Infine ciascuna operazione è stata classificata in base alla tipologia e secondo l'apporto di valore aggiunto, in modo da poter immediatamente identificare i processi che dovrebbero essere sottoposti a revisione.

3.2 Risultati dell'analisi e proposte di miglioramento

Passiamo adesso alla presentazione dei dati raccolti e del lavoro svolto sulle proposte di miglioramento e bilanciamento. Al fine di rendere fruibile il lavoro verrà fatto uso di apposite tabelle riassuntive, ciascuna rappresentativa di una postazione.

Nelle tabelle viene riportato il tempo ciclo e la quota di tempo attribuita a ciascuna delle tipologie di operazione. Inoltre viene confrontata la situazione rilevata con quella proposta, elencando e motivando le scelte effettuate per migliorare il ciclo e proponendo nella forma analoga alle precedenti delle tabelle TO BE che mostrano i risultati ottenuti, dopo aver riorganizzato il metodo, rimosso operazioni e stimato nuovi processi utilizzando l'MTM.

Verranno passate in rassegna le diverse postazioni e le relative proposte di miglioramento al metodo, alla strumentazione seguendo l'ordine di avanzamento del prodotto lungo la linea. Infine verrà fornito un riscontro grafico e verrà presentato il layout to be.

3.2.1 Linea short block

In questo tratto sono presenti 5 postazioni gestite da 4 operatori in quanto le prime due stazioni sono gestite dal medesimo operatore. Tale tratto è costituito da un sistema di trasporto su rulli folli di 12 metri di lunghezza e non vi sono differenze nei cicli di lavoro sulla base dei due modelli in produzione.

Prima di passare alle considerazioni fatte per ciascuna postazione ci soffermiamo a considerare delle inefficienze comuni riscontrate in tutte le OP del tratto short block:

- Un metodo errato e diffuso che consiste nell'utilizzo di diversi utensili per l'avvicinamento e la chiusura delle viti; esso viene quindi sostituito con avvicinamento e chiusura mediante avvitatore elettrico con controllo di coppia per ogni serraggio con coppia minore o uguale a 50 Nm.

- Difficoltà nella movimentazione dei blocchi motore sull'attuale sistema a rulli folli; si propone l'adozione di un sistema motorizzato con movimentazione automatica del blocco motore, su pallet, e ritorno dei pallet vuoti.

Tratto rulli motorizzati

Esso dovrà avere una lunghezza di 12 metri e una larghezza dei rulli pari a 400 mm. La velocità del trasportatore sarà di 8 m/min con possibilità di regolazione. L'altezza da terra, del piano di scorrimento rulli, sarà di 800 mm; tale altezza sarà comunque definita con FPT in funzione della ergonomia delle persone operanti sulla linea. Inoltre è previsto gocciolatoio anti stillicidio, lungo il trasportatore, realizzato in acciaio zincato. Infine si prevedono:

- 10 Pallet di contenimento del Basamento motore
- 1 Arresto pneumatico del pallet per ogni OP per un totale di 5 Arresti
- 1 Index del pallet per ogni OP per un totale di 5 Index

OP110/120

La postazione OP 110/120 è costituita da un tratto di rulli folli immediatamente adiacente alla zona di carico dei blocchi motore. Parallelamente al trasportatore a rulli sono presenti una workstation, un banco di lavoro per bielle e pistoni e un'area per il carrello kit; l'operatore lavora sul blocco e sul banco di lavoro. È inoltre disponibile a qualche metro dell'area di carico una scaffalatura con degli appositi contenitori contenenti la bulloneria. Terminato il lavoro l'operatore spinge il blocco motore all'interno del ribaltatore ed il carrello kit all'OP130.



*Figura 17 OP110/120 dettaglio
banco di lavoro*



*Figura 18 OP 110/120 dettaglio
trasportatore a rulli folli*

Le operazioni svolte consistono in:

- Rimozione vecchio codice di serie
- Marcatura nuovo codice di serie
- Preparazione Bielle e Pistoni
- Montaggio Bielle e Pistoni su Basamento

I dati raccolti con l'analisi sono presentati in tabella.

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	11,86	100,0
Lavorazioni	5,54	46,7
Spostamenti/movimentazioni	3,05	25,7
Controlli	2,98	25,1
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti	0,30	2,5
Attività VA	5,54	46,7
Attività NVA	6,33	53,3

Tabella 2 Tempi OP110/120 as is.

Gli interventi pensati per questa stazione mirano non tanto alla riduzione del tempo ciclo il quale rientra tranquillamente nel valore obiettivo dei 20 motori/turno, bensì al miglioramento della qualità del lavoro e della produttività. L'operatore infatti impiega parte del suo tempo per allontanarsi dalla postazione e raggiungere gli scaffali con la bulloneria necessaria. Sono state inoltre riscontrate criticità nella fase di oliatura della camera di combustione con la presenza di olio al di fuori della zona interessa, nei lavori manuali al banco con la necessità di un nuovo banco di lavoro per evitare che certe operazioni vengano rallentate dalla ricerca di componenti e strumenti e nelle procedure di cambio pallet all'ingresso del ribaltatore, che potrebbero invece essere automatizzate. Si propongono quindi;

- Nuovo dispositivo di oliatura (senza nebulizzazione olio)
- Nuovo banco di lavoro più ampio e con annesso supporto degli attrezzi per stringere i segmenti
- Ricollocamento delle scaffalature con bulloneria in prossimità del banco di lavoro
- Nuovo ribaltatore

Vediamo adesso nel dettaglio il ribaltatore.

Ribaltatore

Si introduce un nuovo ribaltatore del basamento motore: da piano attacco testa cilindri in alto, a piano attacco testa cilindri in basso; Il dispositivo di ribaltamento avrà sempre al suo interno 1 pallet di manovra, allo scopo di evitare, come accade attualmente, ad ogni ciclo di ribaltamento, il deposito manuale del pallet, sul basamento, prima della introduzione nel ribaltatore, e la successiva estrazione manuale del pallet, dal basamento, dopo l'uscita dal ribaltatore. Il ribaltatore è del tipo a tonneau. La rotazione 0°-180°, avviene tramite catena comandata da motoriduttore; il bloccaggio del basamento motore avviene tramite cilindro elettropneumatico.

I risultati stimati, che consistono in una riduzione del tempo ciclo ma soprattutto una minor incidenza delle operazioni di trasporto/spostamento (-5,2%), con un conseguente aumento della percentuale di operazioni a valore aggiunto (+9,7%), sono di seguito presentati.

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	9,83	100,0
Lavorazioni	5,54	56,4
Spostamenti	2,02	20,5
Controlli	1,98	20,1
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti	0,30	3,0
Attività VA	5,54	56,4
Attività NVA	5,30	43,6

Tabella 3 Tempi OP110/120 to be

OP130

La postazione OP 130 è costituita da un tratto di rulli folli immediatamente successivi al ribaltatore. Sui rulli è possibile identificare due posizioni differenti di lavoro nella prima è presente un dispositivo per il sollevamento del sottobasamento mentre nella seconda vi è un avvitatore elettrico a colonna monomandrino. Parallelamente alla linea, alle spalle dell'operatore, sono presenti una scaffalatura con contenitori per la bulloneria, un supporto per la preparazione dell'albero motore, una rastrelliera contenente gli alberi motore in attesa di asservimento alla linea e l'area di sosta del carrello kit.

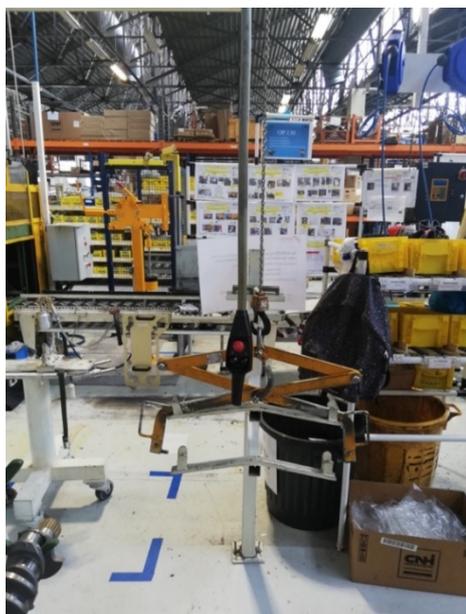


Figura 19 Dettaglio attrezzo OP130 di sollevamento alberi



Figura 20 Dettaglio avvitatore a colonna monomandrino OP130

Le operazioni svolte consistono in:

- Montaggio Spruzzatori olio
- Montaggio Semicuscinetti
- Montaggio Albero Motore
- Chiusura a coppia viti Sottobasamento
- Chiusura a coppia viti cappelli di biella

I dati raccolti con l'analisi sono presentati in tabella.

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	28,00	100,0
Lavorazioni	14,47	51,7
Spostamenti/movimentazioni	7,69	27,5
Controlli	5,17	18,5
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti	0,65	2,3
Attività VA	14,47	51,7
Attività NVA	13,51	48,3

Tabella 4 Tempi OP130 as is.

L'OP130 presenta una durata del ciclo di lavoro eccessiva è rappresenta quindi il primo collo di bottiglia. Si è lavorato per eliminare le operazioni superflue, velocizzare e spostare verso OP meno cariche quelle necessarie. Tra le inefficienze riscontrate in questa stazione vi la fase di manipolazione del sottobasamento che deve essere rimosso e sollevato per consentire l'inserimento dell'albero motore. Lo strumento utilizzato in questa operazione è infatti di tipo manuale e risulta lento e macchinoso da utilizzare. Inoltre durante la fase di chiusura del sottobasamento l'uso di un avvitatore a colonna monomandrino rallentano ulteriormente le operazioni.

Si introducono:

- Nuovo sistema di manipolazione pneumatico per sottobasamento
- Nuovo dispositivo di oliatura
- Avvitatore elettrico a batteria con controllo di coppia

Non potendo ridurre ulteriormente la durata delle operazioni dell'OP130 si è provveduto al bilanciamento della stazione entro i 20 minuti/ciclo riallocando le seguenti operazioni attribuendole all'OP140.

- Chiusura con controllo di coppia delle viti del Sottobasamento
- Chiusura con controllo di coppia delle viti dei cappelli di biella

Infine, l'introduzione del ribaltatore proposta nell'OP precedente giova anche al ciclo di lavoro di questa stazione in quanto si elimina la necessità di rimuovere e far ricircolare il pallet del blocco in uscita dal ribaltatore.

Ciò che si ottiene è una postazione con un tempo ciclo notevolmente ridotto (-49,5%) e che rientra nei tempi richiesti dalla direzione. Inoltre notiamo una incidenza maggiore delle operazioni a valore aggiunto (+5%) con un miglioramento della qualità del processo di oliatura della canna e sforzi ridotti da parte dell'operatore nel movimentare il sottobasamento ed il blocco motore.

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	14,14	100,0
Lavorazioni	8,03	56,8
Spostamenti/movimentazioni	3,85	27,2
Controlli	1,34	9,5
Attese	0,59	4,2
Accantonamenti	0,33	2,3
Attività VA	8,03	56,8
Attività NVA	6,11	43,2

Tabella 5 Tempi OP130 to be.

OP140

Tale OP è costituita dal tratto terminale del trasportatore a rulli. La postazione non dispone di piani di lavoro, ma viene utilizzato un piano ribaltabile collocato sopra i rulli, mentre gli utensili necessari vengono appesi ad un pannello sospeso sopra il trasportatore a rulli. Alle spalle dell'operatore è presente lo scaffale con i contenitori per la bulloneria. Inoltre allo stato attuale la postazione non dispone di un proprio carrello kit.



Figura 21 Dettaglio piano di lavoro OP140



Figura 22 Dettaglio piano porta utensili OP 140

Le operazioni svolte consistono in:

- Montaggio Filtro su Basamento per Coppa Olio
- Montaggio Guarnizione e Coppa Olio

I dati raccolti dalla rilevazione dei tempi sono presentati in tabella.

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	7,47	100,0
Lavorazioni	4,68	62,6
Spostamenti/movimentazioni	0,95	12,8
Controlli	1,84	24,6
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti	0,00	0,0
Attività VA	4,88	65,3
Attività NVA	2,59	34,7

Tabella 6 Tempi OP140 as is

La situazione di questa OP risulta particolare, come possiamo notare nello stato as is la mole di lavoro e dunque il tempo ciclo sono molto ridotti. Si è quindi pensato di attribuire a questa OP le operazioni finali dell'OP130 in modo da bilanciare la linea. Tali operazioni

necessitano di un dispositivo di avvitatura capace di erogare una coppia elevata; si è quindi pensato di sostituire l'avvitatore a colonna utilizzato nell'OP 130 e posto tra le due postazioni con un sistema di avvitatura elettrico bi mandrino dotato di un braccio di reazione, con interasse regolabile.

Inoltre viene suggerita l'introduzione di elementi pre assemblati per snellire le operazioni da svolgere in linea.

Infine si riorganizza la postazione introducendo un piano di lavoro ampio e separato dal piano a rulli, infatti l'operatore è costretto a collocare alcuni componenti direttamente sui rulli, correndo il rischio che si incastrino o che si blocchino e un'area per il carrello kit la cui mancanza presso la stazione costringe l'operatore a recuperare componenti come la coppa dell'olio ed il sostegno del filtro dal carrello kit che si trova presso l'OP 200 compiendo un cammino di 36 m tra il percorso di andata e quello di ritorno.

Le operazioni che sono state aggiunte all'OP 140 sono:

- Chiusura con controllo di coppia delle viti del Sottobasamento
- Chiusura con controllo di coppia delle viti dei cappelli di biella

Si introducono:

- Nuovo avvitatore bi mandrino con braccio di reazione
- Nuovo piano di lavoro e carrello kit dedicato
- Avvitatore elettrico a batteria con controllo di coppia

Vediamo nel dettaglio le principali migliorie introdotte.

Avvitatore bi-mandrino e braccio di reazione

Viene introdotto un sistema di avvitatura bi-mandrino, elettrico, dotato di braccio di reazione per velocizzare le operazioni di chiusura del sottobasamento e dei cappelli di biella. Esso verrà collocato al posto del sistema attuale monomandrino e farà parte delle attrezzature fornite all'OP 140. Esso consentirà:

- erogherà una coppia massima di 400 Nm
- la rotazione dell'avvitatore intorno all'asse verticale z;
- sarà dotato di freno che si aziona automaticamente nel momento in cui l'avvitatore viene attivato;

- realizzerà una reazione all'avvitatura, quando l'avvitatore viene utilizzato con bussola in direzione verticale, per eventuale utilizzo di un solo mandrino.

Dunque lo sforzo compiuto dall'operatore per la movimentazione del braccio (sia in apertura che in chiusura) sarà in accordo con le normative ergonomiche. Riportiamo un esempio del sistema di reazione.

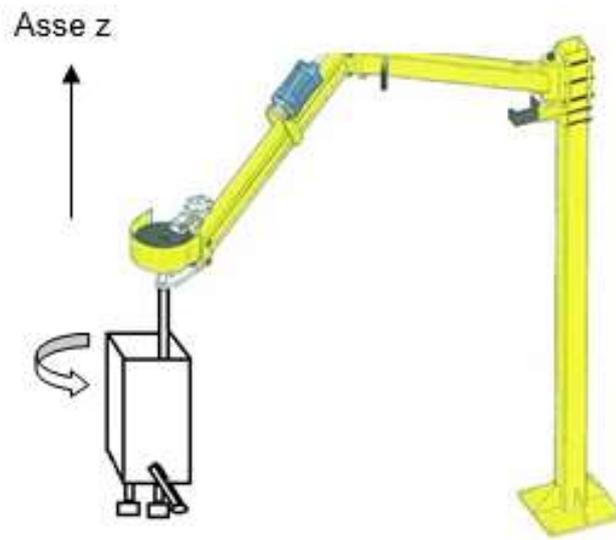
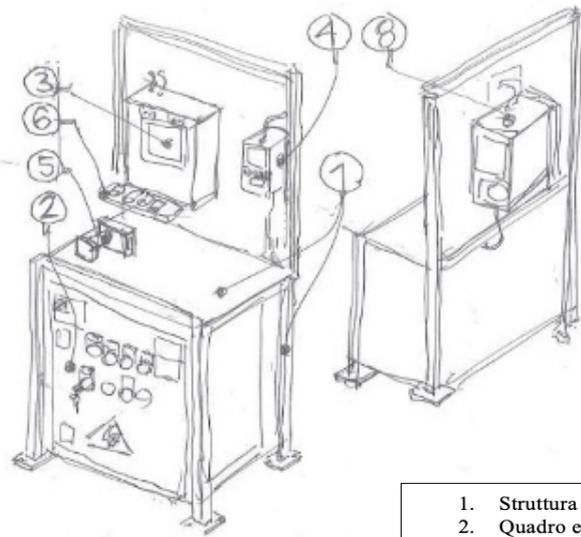


Figura 23 Schema braccio di reazione.

Nuovo piano di lavoro e carrello kit

Per la gestione più semplice e rapida dei componenti, delle attrezzature è stato pensato un nuovo banco di lavoro, proposto anche in altre aree dello stabilimento, in cui collocare pc, stampante, porta bussole e con un ripiano sufficientemente grande (800x1000mm come indicato dalla direzione aziendale) ed un nuovo carrello kit componibile per alloggiare i componenti necessari alle operazioni dell'OP 140.



CNH - GARCHIZY
 SP4397 - SP4398
 MONTAGGIO MOTORI
 LIGHT / HEAVY
 "IOTEM"

- | | |
|--------------------------------------|---------------|
| 1. Struttura banco | 8. Centralina |
| 2. Quadro elettrico di alimentazione | |
| 3. Pc | |
| 4. Stampante | |
| 5. Lettore Bar code | |
| 6. Porta utensili/bussole | |

20/10/2020

Figura 24 immagine banco di lavoro



Figura 25 Modello di carrello kit componibile.

Infine viene suggerito lo spostamento delle operazioni di preparazione del sottogruppo coppa dell'olio all'area kit. Il vantaggio che si ottiene è una riduzione del tempo ciclo - 0,966 cent/min ma anche nella miglior organizzazione del carrello kit.

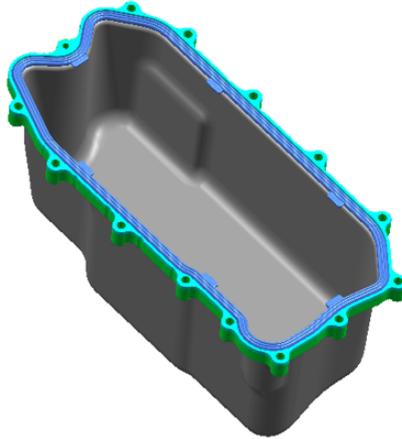


Figura 26 Sottogruppo coppa dell'olio/guarnizione/cornice

Ciò che si ottiene è una postazione con un tempo ciclo confrontabile con le altre della linea (+ 102%) e che rientra nei tempi richiesti dalla direzione. Raggiungendo un ottimo valore delle operazioni a valore aggiunto (+6,7%) con sforzi ridotti da parte dell'operatore nella gestione dei componenti, nella movimentazione del blocco motore ed una riduzione dei camminamenti.

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	15,11	100,0
Lavorazioni	10,48	69,3
Spostamenti/movimentazioni	0,4	2,7
Controlli	3,44	22,8
Attese	0,79	5,2
Accantonamenti	0,00	0,0
Attività VA	9,73	69,3
Attività NVA	5,38	30,7

Tabella 7 Tempi OPI40 to be

OP150

Essa è l'ultima OP appartenente al primo tratto ed è situata al termine dei due trasportatori a rulli posti in parallelo, rispettivamente della linea short block e della linea di preparazione delle testate. Le operazioni vengono svolte utilizzando un attrezzo per ribaltamento motore che consente una rotazione completa del blocco.

Al termine del ciclo di lavoro l'operatore trasferisce il blocco sul carrello specifico della linea dressing e lo trasporta all'OP successiva. L'allestimento della stazione prevede un piano a sfere, due attrezzi di ribaltamento motore, un banco porta attrezzi ed alle spalle dell'operatore, parallelamente all'ultimo tratto del trasportatore short block, sono disposte le scaffalature contenenti la bulloneria (in comune con OP140) e le guarnizioni. Inoltre è disponibile un paranco per il sollevamento della testata e del blocco.



Figura 27 Dettaglio piano a sfere e ribaltatore motore OP150



Figura 28 Dettaglio banco porta attrezzi OP150

Le operazioni svolte consistono in:

- Montaggio guarnizione SPI
- Montaggio Testa Cilindri
- Montaggio sovratesta

- Chiusura a coppia 10 viti fissaggio testa cilindri
- Misurazione Pistoni al P.M.S.
- Montaggio Staffe supporto motore

I dati raccolti dalla rilevazione dei tempi sono presentati in tabella.

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	29,92	100,0
Lavorazioni	15,49	51,8
Spostamenti/movimentazioni	9,65	32,3
Controlli	3,85	12,9
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti	0,91	3,0
Attività VA	15,49	51,8
Attività NVA	14,41	48,2

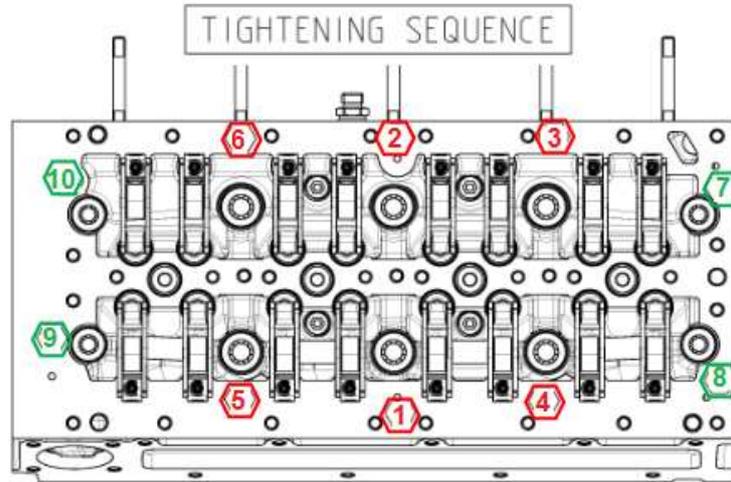
Tabella 8 Tempi OP150 as is

Si nota un'elevata presenza di spostamenti/movimentazioni dovuta alla necessità di muovere il motore da una posizione alla successiva all'interno dell'OP, nello specifico da piano a sfere a ribaltatore e poi a carrello dressing, il tutto tramite paranco elettrico.

La situazione rilevata in questa stazione consiste in un tempo ciclo che supera il valore di riferimento desiderato dalla direzione, ma anche evidenti errori nel metodo di lavoro. Ad esempio la postazione è dotata di due ribaltatori; il primo, disposto a fianco del piano a sfere, è di tipo elettrico e consente regolazioni sull'altezza del blocco rispetto al pavimento e rotazione intorno al proprio asse verticale, nonostante ciò esso resta inutilizzato a vantaggio del secondo ribaltatore che è invece a comando pneumatico ed è situato a fianco del trasportatore della linea testate.

Inoltre, analogamente all'OP 140, si utilizza un sistema monomandrino per la chiusura delle viti della testata, si è quindi deciso di velocizzare e semplificare la procedura di chiusura a coppia delle viti della testa cilindri introducendo un secondo avvitatore bi-mandrino, del tutto analogo a quello introdotto in precedenza in sostituzione dell'attuale sistema mono mandrino. L'avvitatura della testa cilindro, secondo la sequenza prevista e di seguito riportata si presta perfettamente all'adozione di un sistema bi mandrino ad

interasse regolabile. Viene anche pensata una maschera di adattamento per velocizzare ulteriormente la lavorazione.



Viti interne con testa TORX E18
Viti esterne con testa TORX E14

Figura 29 Sequenza di chiusura testa cilindri F1

Si introducono quindi:

- Nuovo avvitatore bi mandrino con braccio di reazione
- Ottimizzazione del sistema di ribaltamento, con introduzione di una nuova procedura
- Maschere di adattamento
- Avvitatore elettrico a batteria con controllo di coppia

Vediamo più nel dettaglio le modifiche proposte:

Ottimizzazione del sistema di ribaltamento

Si è pensato di proporre l'eliminazione del metodo basato sul sistema pneumatico, poco preciso e rigido, con lo scopo di sfruttare il nuovo dispositivo già presente sulla linea e di mantenere il vecchio dispositivo solo come forma di backup nel caso di malfunzionamenti. Infatti si può agganciare il blocco al ribaltatore senza dover ricorrere

al paranco, bensì sfruttando il piano a sfere e i gradi di libertà del ribaltatore, per allineare la spina e l'interfaccia tecnologica montata in precedenza sul basamento.

Inoltre poiché tale dispositivo è in grado di regolare l'altezza rispetto al piano del pavimento, collocando appropriatamente il carrello dressing è possibile depositare il blocco senza dover ricorrere all'utilizzo del paranco.

Di seguito si porta un estratto del foglio d'analisi del ciclo di lavoro di OP150 in cui si è introdotta la nuova procedura; i tempi delle nuove fasi vengono stimati attraverso MTM e conoscendo le caratteristiche tecniche del ribaltatore (es. vel. di rotazione, vel. di sollevamento.).

FEUILLE D'ANALYSE DU TRAVAIL									
Equipe	MONTAGGIO MOTORI LIGHT			Nom		Date			
Dénomination ELEMENT	MONTAGGIO LINEA LIGHT OP.150			Matière		Référence			
Description OPERATION	Motore "F1A" 277030- Montaggio T. Cilindri e Staffe supporto motore			Type		Saturée	N°mach		
MOYENS DE TRAVAIL				N°OP	150	Nbre pièce/cycle			
				Analyse des Temps		Facteur de Repos			
N°	Éléments de l'opération (MONTAGGIO operatore 4)			Fréqu.	TOE ou TOI	T.Eff.	Note	Valeur	TOE
1	Posizionarsi a lato dispositivo(3)				TOE	0,050	5AL	1,1	0,055
2	Premere pulsante per rotazione 0° - 90° del dispositivo Posizionatore (5)				TOE	0,083	2AL	1,07	0,089
3	Portarsi su piano a sfere e posizionare manualmente il vassoio portamotore ruotandolo di 90° (5)				TOE	0,083	5AL	1,1	0,091
4	Premere pulsante per sollevamento dispositivo Posizionatore in accordo con tipologia di motore.(5)				TOE	0,083	2AL	1,07	0,089
5	INSERIRE IL MOTORE SU POSIZIONATORE, CENTRARE FORO STAFFA TECNOLOGICA MOTORE SU ALBERO DEL POSIZIONATORE e SPINGERE IN BATTUTA (6)				TOE	0,100	2BM	1,15	0,115
6	Ad accoppiamento avvenuto inserire spina di messa in sicurezza unione motore /posizionatore(4)				TOE	0,066	2BL	1,09	0,072
7	Premere pulsante per sollevamento motore dal piano a sfere.(5)				TOE	0,083	2AL	1,07	0,089
8	Premere pulsante per rotazione 90° - 0° del dispositivo Posizionatore (5)				TOE	0,083	2AL	1,07	0,089
9	Prelevare vassoio dal piano a sfere e depositare lato linea(6)				TOE	0,100	5AL	1,1	0,110
10	Premere pulsante su dispositivo per Ribaltamento di 180° del motore (da coppa olio in alto a coppa olio in basso) (5)				TOE	0,083	2AL	1,07	0,089
11	Portarsi a banco(3)				TOE	0,050	5AL	1,1	0,055

Figura 17 Estratto nuovo metodo OP150.

La maschera di adattamento

Per evitare cambio bussola durante la sequenza di chiusura della testata per le viti esterne, si introducono 2 piastre di adattamento, da posizionare sulla testa (F1C ed F1A).

La maschera avrà le seguenti caratteristiche:

- Bussole di adattamento imperdibili per le viti esterne, con attacco femmina da E14 e attacco maschio da E18.
- Aggancio rapido alla testa cilindri
- Sistema di ancoraggio all'avvitatore per aiuto nella ricerca della posizione esatta

Qui di seguito uno schema indicativo delle piastre di adattamento.

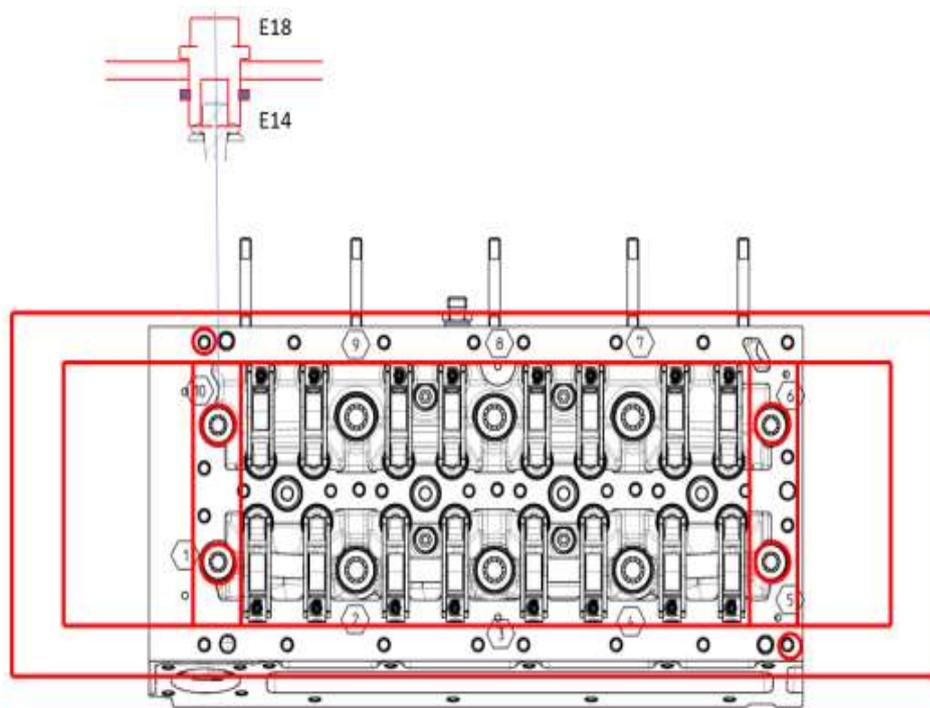


Figura 30 Schema maschera di adattamento.

Infine non potendo ridurre ulteriormente la durata delle operazioni dell'OP150 si è provveduto al bilanciamento della stazione entro i 20 minuti/ciclo riallocando le seguenti operazioni attribuendole all'OP190, ovvero la prima della linea dressing.

Montaggio e chiusura sovratesta

Applicando le modifiche proposte possiamo avere una postazione con un tempo ciclo ridotto (-29.9%) con un leggero incremento della percentuale delle operazioni a VA (+1.8%)

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	20,97	100,0
Lavorazioni	11,23	53,6
Spostamenti/movimentazioni	4,54	21,6
Controlli	3,45	16,5
Attese	0,91	4,3
Accantonamenti	0,85	4,1
Attività VA	11,23	53,6
Attività NVA	9,75	46,5

Tabella 9 Tempi OP150 to be.

Il bilanciamento finale della linea short block è riassunto nella seguente immagine.

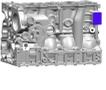
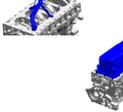
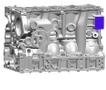
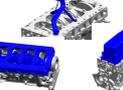
AS IS					
1° TRATTO					
OP 110 Operatore 1	OP 120	RIBALTATORE MOTORE AUTOMATICA	OP 130 Operatore 2	OP 140 Operatore 3	OP 150 Operatore 4
Tempo attuale	Tempo attuale:	Tempo attuale:	Tempo attuale:	Tempo attuale:	Tempo attuale:
11,86		0,17	28,00	7,47	29,92
					
TO BE					
1° TRATTO					
OP 110 + 120 Operatore 1	RIBALTATORE MOTORE AUTOMATICA	OP 130 Operatore 2	OP 140 Operatore 3	OP 150 Operatore 4	
TOE - Tempo to be	TOE - Tempo to be	TOE - Tempo to be	TOE - Tempo to be	TOE - Tempo to be	
9,83	0,48	14,14	15,11	20,97	
					
OPERAZIONI	OPERAZIONI	OPERAZIONI	OPERAZIONI	OPERAZIONI	
<ul style="list-style-type: none"> • Rimozione vecchio codice di serie • Marcatura nuovo codice di serie • Preparazione Bielle e Pistoni • Montaggio Bielle e Pistoni su Basamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Ribaltamento Basamento motore e Portavassoio 	<ul style="list-style-type: none"> • Montaggio Spruzzatori olio • Montaggio Semicuscinetti • Montaggio Albero Motore • Montaggio Sottobasamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Avvicinamento viti Sottobasamento a bassa coppia • Chiusura a coppia viti Sottobasamento • Chiusura a coppia con chiave dinamometrica viti esterne Sottobasamento • Chiusura a coppia viti Cappelli di Biella • Montaggio Filtro su Basamento per Coppa Olio • Montaggio Guarnizione e Coppa Olio 	<ul style="list-style-type: none"> • Montaggio SPI • Montaggio Testa Cilindri • Chiusura a coppia 10 viti fissaggio T. Cil. • Misurazione Pistoni al P.M.S. • Montaggio Staffe supporto motore 	
Bilanciamento	Bilanciamento	Bilanciamento	Bilanciamento	Bilanciamento	
/	/	RIMOSSO (Adesso in OP140): Chiusura con controllo di coppia delle viti del Sottobasamento e delle Bielle	AGGIUNTO (Proviene da OP130): Chiusura con controllo di coppia delle viti del Sottobasamento e delle Bielle	RIMOSSO (Adesso in OP190_1): Montaggio Sovratesta	

Figura 31 Estratto foglio di calcolo riassuntivo, linea short block.

3.2.2 Linea testata

La linea di preparazione della testata è costituita da una sola postazione, l'OP 200 gestita da un singolo operatore. Tale linea è costituita da un trasportatore a rulli folli di 5 m di lunghezza, suddiviso in due tratti intervallati da un banco pressa manuale, ed il suo scopo è quello di agevolare le operazioni di assemblaggio della testata e del sovratesta in modo che tali sottounità sia fornite alla linea principale già pronte per essere montate al blocco.

OP200

L'operatore fa avanzare manualmente le testate sul trasportatore a rulli a partire dalla zona di carico, dove usualmente rimangono in attesa diverse testate, fino alla pressa posizionata direttamente sul trasportatore. Eseguito il lavoro la spinge nel tratto finale dove resta in attesa di essere prelevata dall'operatore dell'OP 150. Parallelamente al trasportatore a rulli vi è un'area di sosta dei carrelli kit ed il banco di lavoro dove sono collocati gli utensili, il dispositivo di oliatura ed un supporto girevole per la lavorazione della sovratesta. Infine, dietro l'area kit, sono presenti due scaffalature contenenti la bulloneria.



Figura 32 Dettaglio piano di lavoro e superficie porta attrezzi OP200



Figura 33 Dettaglio pressa per testata OP200

Le operazioni svolte sono:

- Preparazione testata con inserimento di valvole, molle e semiconi
- Preparazione sovratesta ed inserimento alberi a camme

I dati raccolti dalla rilevazione dei tempi sono presentati in tabella.

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	23,22	100,0
Lavorazioni	12,98	55,9
Spostamenti/movimentazioni	6,32	27,2
Controlli	3,91	16,8
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti	0,00	0,0
Attività VA	12,98	55,9
Attività NVA	10,23	44,1

Tabella 10 Tempi OP200 as is

L'OP 200 presenta un tempo ciclo superiore a quello richiesto per la produzione di 20 motori a turno. Durante l'analisi tempi e metodi è stata rilevata in particolare la presenza di 2 operazioni, che nonostante siano annoverate tra le lavorazioni potrebbero essere eseguite più rapidamente in modo da aumentare la produttività della stazione.

La prima operazione consiste nel collocamento dei semiconi sullo stelo della valvola, essa per essere eseguita correttamente necessita della compressione della molla che avviene mediante una pressa manuale. La criticità consiste nella necessità di eseguire questa operazione 16 volte per ciascuna testata.

La seconda operazione invece è effettuata sulla sovratesta, nella quale l'inserimento manuale degli alberi a camme e la relativa lubrificazione rallentano l'operatore e causano il gocciolamento dell'olio lubrificante, costringendo l'operatore ad effettuare un'ulteriore pulizia della sovratesta dopo l'inserimento.

Inoltre si rileva come la poca disponibilità di spazio sul banco di lavoro e il conseguente disordine sul piano che ospita gli attrezzi e il dispositivo di ancoraggio della sovratesta costringono l'operatore a ricercare componenti per un tempo superiore a quello necessario. Infine con una riorganizzazione della scaffalatura contenente la bulloneria si

ottiene una riduzione del camminamento dell'operatore il quale potrà trovare il materiale necessario nei contenitori già presenti in OP200.

Vengono quindi introdotti

- Nuovo dispositivo pneumatico di compressione Molle Valvola (4 compressioni simultanee)
- Nuovo attrezzo per oliatura e inserimento Alberi Distribuzione
- Nuova tavola girevole per Sovratesta
- Miglioramento del carrello/piano di lavoro con un generale ampliamento della superficie disponibile e riorganizzazione dello scaffale per bulloneria con il materiale necessario.

Attrezzo Oliatura e inserimento alberi

Si prevede un supporto dove alloggiare entrambi gli alberi a camme dotato di vasca di raccolta per effettuare l'oliatura. Si prevede che tale supporto sia regolabile in modo da adattarsi ai modelli F1A/C e che sia allineato, reso solidale mediante appositi ganci, con la tavola porta sovratasta in modo da consentire un rapido inserimento degli alberi all'interno di quest'ultima. La tavola porta sovratasta potrà poi essere sganciata dal supporto alberi per facilitare il montaggio di tappi e guarnizioni.

Applicando le modifiche proposte otterremo un tempo ciclo conforme alle richieste della direzione (-18,81%) con un incremento relativo del tempo dedicato alle operazioni a VA (+5,4%) e una riduzione dei controlli necessari e degli spostamenti dell'operatore.

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	18,85	100,0
Lavorazioni	11,56	61,3
Spostamenti/movimentazioni	4,28	22,7
Controlli	3,01	16,0
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti	0,00	0,0
Attività VA	11,56	61,3
Attività NVA	7,29	38,7

Tabella 11 Tempi OP200 to be

3.2.3 Linea dressing

In questo tratto sono presenti 4 postazioni gestite da 3 operatori, poichè a causa della natura variabile dei cicli di lavoro della linea dressing per le differenze nello stato di allestimento finale richiesto dai clienti, l'operatore incaricato dell'OP190/2 svolge anche il ciclo di lavoro dell'OP 195/B. Ciò comporta, nel caso di un motore con allestimento completo, un tempo ciclo totale dell'operatore di oltre 40 minuti.

Per quanto riguarda il sistema di trasporto la linea dressing è costituita da un sistema di carrelli manuali dotati di tavola elevatrice, a pantografo, di tipo elettroidraulico; alimentati a 24V che consente la regolazione dell'altezza del motore dal piano del pavimento. Al completamento del ciclo di lavoro dell'ultima OP i motori vengono depositati in un'area d'attesa posta a fianco della linea in attesa di raggiungere l'area test sita sempre all'interno del capannone B4.

Tutte le stazioni della linea sono poste in serie e allestite nella medesima maniera. Il carrello con il motore viene posto al centro dell'area mentre i carrelli kit sono disposti lungo linea nell'apposito spazio; dietro di essi sono presenti gli scaffali con la bulloneria e l'armadio contenente gli iniettori. Sono inoltre disponibili dei carrelli di piccole dimensioni per gli utensili e dei pannelli con le SOP.

Le operazioni attribuite a ciascuna OP sono le seguenti:

- OP190/1 – montaggio distribuzione
- OP190/2 – finitura distribuzione e montaggio carter
- OP195/A – montaggio iniettori, rail e tubazioni circuito di alimentazione.
- OP195/B – montaggio collettore di scarico, turbogruppo e tubazioni dell'olio.

Si riporta di seguito un dettaglio del layout.

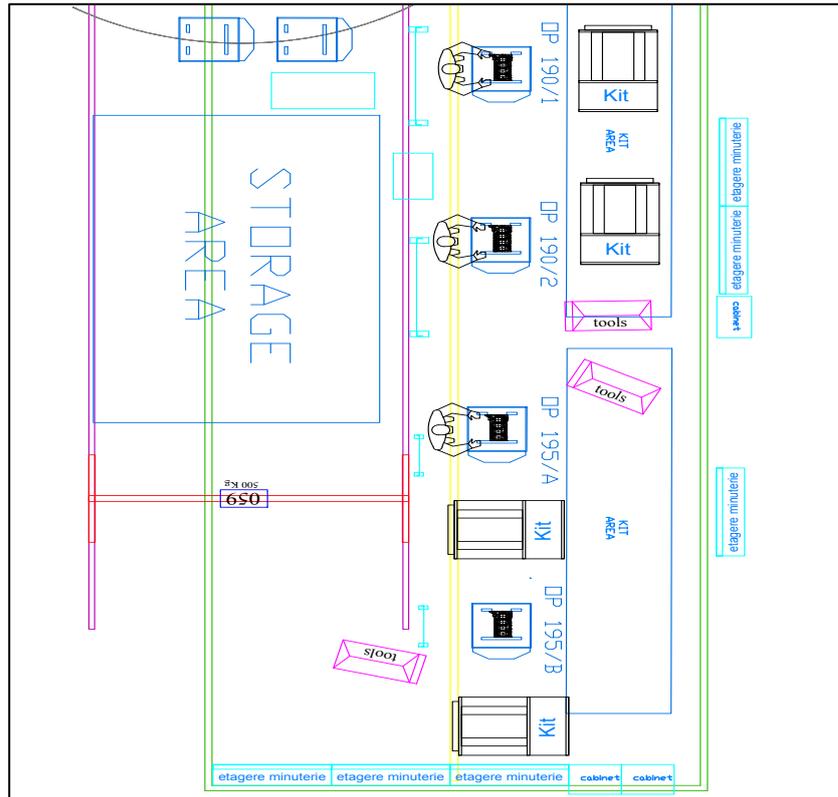


Figura 34 Dettaglio layout linea dressing as is.

La rilevazione dei tempi sulle 3 postazioni ha portato i seguenti risultati. Si sono eseguite rilevazioni per entrambi modelli, poiché in questa fase le differenze diventano tali da incidere sulla lunghezza delle lavorazioni.

PER IL MODELLO F1A

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	20,48	100,0
Lavorazioni	12,05	58,8
Spostamenti/movimentazioni	5,44	26,6
Controlli	2,48	12,1
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti	0,51	2,5
Attività VA	12,05	58,8
Attività NVA	8,43	41,2

Tabella 12 Tempi OP190/1 F1A as is

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	44,25	100,0
Lavorazioni	24,92	56,3
Spostamenti/movimentazioni	12,19	27,5
Controlli	4,49	10,1
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	2,65	6,0
Attività VA	24,92	56,3
Attività NVA	19,33	43,7

Tabella 13 Tempi OP190/2 + 195/B F1A as is

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	29,08	100,0
Lavorazioni	18,67	64,2
Spostamenti/movimentazioni	4,55	15,6
Controlli	1,85	6,4
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	4,00	13,8
Attività VA	18,67	64,2
Attività NVA	10,40	35,8

Tabella 14 Tempi OP195/A F1A as is

PER IL MODELLO F1C

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	28,14	100,0
Lavorazioni	15,89	56,4
Spostamenti/movimentazioni	7,48	26,5
Controlli	1,92	6,8
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	2,91	10,3
Attività VA	21,89	56,4
Attività NVA	10,40	43,6

Tabella 15 Tempi OP190/1 F1C as is

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	46,51	100,0
Lavorazioni	26,29	56,4
Spostamenti/movimentazioni	11,57	26,5
Controlli	3,51	6,8
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	5,15	10,3
Attività VA	26,29	56,4
Attività NVA	20,23	43,6

Tabella 16 Tempi OP190/2 + 195/B F1C as is

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	27,90	100,0
Lavorazioni	16,14	57,8
Spostamenti/movimentazioni	6,43	23,1
Controlli	2,71	9,7
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	2,62	9,4
Attività VA	16,14	57,8
Attività NVA	11,76	42,2

Tabella 17 Tempi OP195/A F1C as is

Possiamo notare dalla rilevazione che la linea dressing è caratterizzata da operatori altamente specializzati il cui lavoro e metodo consente di avere già in partenza buone percentuali di operazioni a valore aggiunto, per il grado di precisione con cui è stata condotta l'analisi. Ci si è quindi concentrati principalmente sulla riduzione del tempo ciclo, cercando di intervenire in primo luogo sulle attività a NVA, riducendole e cercando di velocizzare quelle a VA.

Notiamo anche che in questa parte finale della linea di montaggio l'analisi tempi e metodi ha non ha evidenziato particolari migliorie tecnologiche da introdurre poiché le attività di montaggio necessitano di attrezzature semplici, principalmente avvitatori con controllo di coppia e chiavi dinamometriche. Tuttavia anche in questo secondo tratto viene riscontrato un metodo errato e diffuso che consiste nell'utilizzo misto di avvitatori pneumatici, elettrici e chiavi a cricchetto per l'avvicinamento e la chiusura delle viti; viene quindi sostituito con avvicinamento e chiusura mediante avvitatore elettrico con controllo di coppia per ogni serraggio con coppia minore o uguale a 50 Nm. Le chiusure che richiedono una coppia superiore continueranno ed essere eseguite mediante le apposite chiavi.

Un secondo fattore che penalizza il tratto dressing è sicuramente l'errato allestimento dei carrelli kit per via della presenza di numerosi elementi confezionati, come iniettori ed elementi del rail, ma anche guarnizioni e bulloneria i quali devono essere spaccettati dell'operatore prima di essere utilizzati. Questo comporta sia la spesa di tempo per eseguire queste operazioni ma anche un generale disordine del carrello kit, nel quale rimangono imballaggi e scatole, prolungando anche i tempi di ricerca dei componenti.

Si è quindi suggerito alla direzione aziendale di suddividere maggiormente i componenti in base alla dimensione, di ampliare la superficie di tali carrelli in modo da facilitare l'identificazione a vista dei componenti e di attribuire all'area kitting, per quanto possibile, lo confezionamento e lo smaltimento dei materiali di risulta. La descrizione dettagliata della riorganizzazione dell'area kitting non è ancora completa e disponibile al momento della stesura di questo elaborato. Tuttavia si precisa che nelle tabelle che sintetizzano la suddivisione delle operazioni prevista nella condizione to be, viene contemplato il riconoscimento immediato del componente sul carrello e vengono messi a disposizione di ciascuna OP dei contenitori per lo smaltimento lungo linea dei materiali di risulta.



Figura 33 Dettaglio carrello kit OP190.

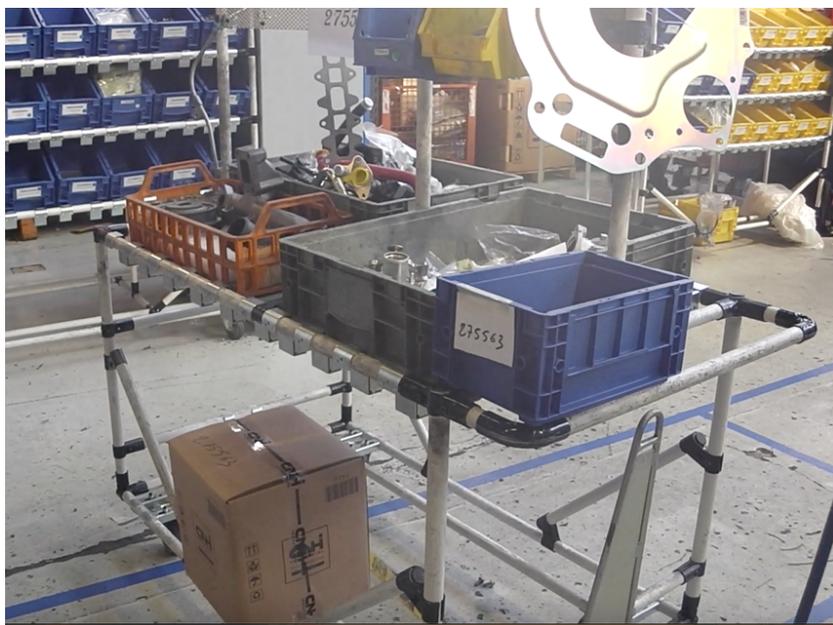


Figura 34 Dettaglio carrello kit OP190/2

Inoltre l'assenza di un ampio banco di lavoro sul quale depositare i componenti e gli attrezzi costringe gli operatori ad utilizzare lo stesso carrello kit, agendo quindi al di sopra di altri componenti, o utilizzando la superficie libera del carrello dressing che regge il motore come superficie per eseguire operazioni o per depositare utensili.



Figura 35 OP190/2 errato utilizzo del carrello kit per il montaggio del sottogruppo valvola EGR.



Figura 36 OP 190/2 Errato utilizzo del carrello kit per eseguire uno sconfezionamento

Si propone quindi di correggere questo metodo poco ortodosso fornendo le postazioni di un nuovo banco di lavoro con una superficie di 800x1000mm analogo a quello proposto in OP140 (fig.17). Infine è stata suggerita la preparazione di alcuni sottogruppi necessari alla linea dressing direttamente in fase di allestimento kit, tale proposta è ancora al vaglio della direzione aziendale, i potenziali effetti derivanti dell'implementazione non sono tenuti in considerazione.

Nella tabella riepilogativa sono riportati i sottogruppi interessati e le relative OP di riferimento.

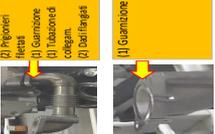
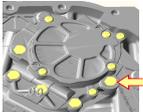
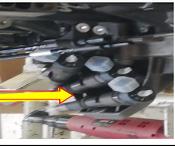
LINEA MONTAGGIO LIGHT - MOTORI "FJA - FIC"								
TABELLA SUB-ASSEMBLY PROPOSTI DA CAAR								
FJA : OP. 140 FIC.OP.140	FJA: OP.190 FIC.OP.190	FJA: OP.195/B FIC.OP.190/2	FJA: OP.195/B FIC.OP.190/2	FJA: OP.195/B FIC.OP.190/2	FJA: OP.195/B FIC.OP.190/2	FJA: OP.195/A FIC.OP.195/A		
SUB-ASSEMBLY FJA-FIC: SUB-ASSY PREPARAZIONE COPPA OLIO 	SUB-ASSEMBLY FIC: SUB-ASSY N.L. CONTENITORE PREFORMATO CON KIT DISTRIBUZIONE  <ul style="list-style-type: none"> (1) Non danna a (2) Non danna a (3) Non danna a 	FJA: SUB-ASSY COLLETTORE DI SCARICO  <ul style="list-style-type: none"> (1) Pignoni (2) Pistoni (3) Guarnizione (4) Tubazione d (5) Collegam (6) Dett/Ingas (7) Guarnizione 	FIC: SUB-ASSY G.P.O.D.  <ul style="list-style-type: none"> (1) G.P.O.D. (2) Guarnizione G.P.O.D (3) Gruppo comando G.P.O.D. 	FJA: SUB-ASSY EGRA VALVE  <ul style="list-style-type: none"> (1) Preparazione banco d (2) ???? 	FJA: SUB-ASSY TURBINA  <ul style="list-style-type: none"> (1) Preparazione a banco d (2) Turbina 	Preparazione Sgr. coperchio superiore distribuzione -  <ul style="list-style-type: none"> (1) Coperchio Superiore (2) Distribuzione (3) Tappo olio (4) Sensore 	Sgr. Corpo Termostato FIC  <ul style="list-style-type: none"> (1) Termostato (2) Sensore 	SUB-ASSY INETTORI (4) SGR. INETTORI con PARAPOLVERE (6) s'corfezionate preparati come SGR) 

Figura 37 Sottogruppi da riassegnare all'area kitting

Per quanto riguarda il bilanciamento della linea, alla luce dell'analisi svolta vengono proposte le seguenti modifiche; verrà indicato il modello a cui ci si riferisce la modifica al ciclo di lavoro.

Attribuzione operazioni a OP190/1 (F1A/F1C)

Vengono introdotte all'inizio del ciclo di lavoro le operazioni di montaggio e chiusura della sovratesta rimosse dall'OP150.

Introduzione operatore OP195B (F1A/F1C)

Al fine di evitare tempi ciclo di oltre 40 minuti la prima operazione fatta è stata bilanciamento della linea dressing con l'introduzione di un operatore presso l'OP195/B.

Le operazioni di competenza dell'OP195/B:

- Preparazione Turbina
- Montaggio Turbina ed Elementi del Circuito olio
- Montaggio EGR
- Montaggio tubazioni EGR

Spostamento operazioni su 190/2 (F1C)

Come si può notare il ciclo di lavoro per F1C attribuito all'OP190/2 una volta introdotto un operatore aggiuntivo che si occupi delle operazioni indicate nel punto precedente, risulta abbastanza breve da potersi far carico di alcune operazioni originariamente eseguite nella stazione precedente ed in quella successiva, per ottenere un corretto bilanciamento della linea intorno al valore obiettivo di 20min.

Vengono quindi attribuite a OP190/2 le seguenti operazioni da OP 190/1:

- Montaggio pompa olio
- Montaggio pompa acqua

E da OP195/A invece:

- Montaggio Accumulatore Idraulico,
- Montaggio Collettore di aspirazione
- Montaggio Candeelette.

I risultati stimati per le postazioni della linea dressing sono i seguenti.

PER IL MODELLO F1A

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	19,92	100,0
Lavorazioni	12,60	63,3
Spostamenti/movimentazioni	4,74	23,8
Controlli	2,48	12,4
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	0,10	0,5
Attività VA	12,60	63,3
Attività NVA	7,32	36,7

Tabella 18 Tempi OP190/1 F1A to be.

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	20,34	100,0
Lavorazioni	12,73	62,6
Spostamenti/movimentazioni	4,88	24,0
Controlli	1,89	9,3
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	0,84	4,1
Attività VA	12,73	62,6
Attività NVA	7,61	37,4

Tabella 19 Tempi OP190/2 F1A to be

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	21,80	100,0
Lavorazioni	14,28	65,5
Spostamenti/movimentazioni	3,64	16,7
Controlli	1,85	8,5
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	2,04	9,4
Attività VA	14,28	65,5
Attività NVA	7,53	34,5

Tabella 20 Tempi OP195/A F1A to be

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	20,53	100,0
Lavorazioni	12,56	61,2
Spostamenti/movimentazioni	4,53	22,1
Controlli	2,45	11,9
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	0,98	4,8
Attività VA	12,56	61,2
Attività NVA	7,96	38,8

Tabella 21 Tempi OP195/B F1A to be

PER IL MODELLO F1C

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	18,17	100,0
Lavorazioni	10,55	58,1
Spostamenti/movimentazioni	4,18	23,0
Controlli	1,90	10,5
Attese		0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	1,54	8,5
Attività VA	10,55	58,1
Attività NVA	7,62	38,8

Tabella 22 Tempi OP190/1 F1C to be

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	20,34	100,0
Lavorazioni	12,40	61,0
Spostamenti/movimentazioni	4,43	21,8
Controlli	1,71	8,4
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	1,80	8,8
Attività VA	12,40	61,0
Attività NVA	7,94	39,0

Tabella 23 Tempi OP190/2 F1C to be

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	20,59	100,0
Lavorazioni	13,18	64,0
Spostamenti/movimentazioni	4,55	22,1
Controlli	2,71	13,2
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	0,15	0,7
Attività VA	13,18	64,0
Attività NVA	7,41	36,0

Tabella 24 Tempi OP195/A FIC to be

	Tempo (Cent/min)	%
Ciclo di lavoro	21,54	100,0
Lavorazioni	12,46	57,8
Spostamenti/movimentazioni	4,75	22,1
Controlli	2,71	12,6
Attese	0,00	0,0
Accantonamenti/sconfezionamento componenti	1,62	7,5
Attività VA	12,46	57,8
Attività NVA	9,08	42,2

Tabella 25 Tempi OP195/B FIC to be

3.2.4 Layout e indice di flusso.

Si riporta dunque il layout posposto della linea montaggio motori light.

Come indice di bontà del lavoro eseguito presso CAAR, si riportano inoltre quattro grafici che confrontano l'incidenza di ciascuna delle operazioni, in base alla classificazione operata precedentemente, sul tempo ciclo totale per la condizione as is e quella prevista to be.

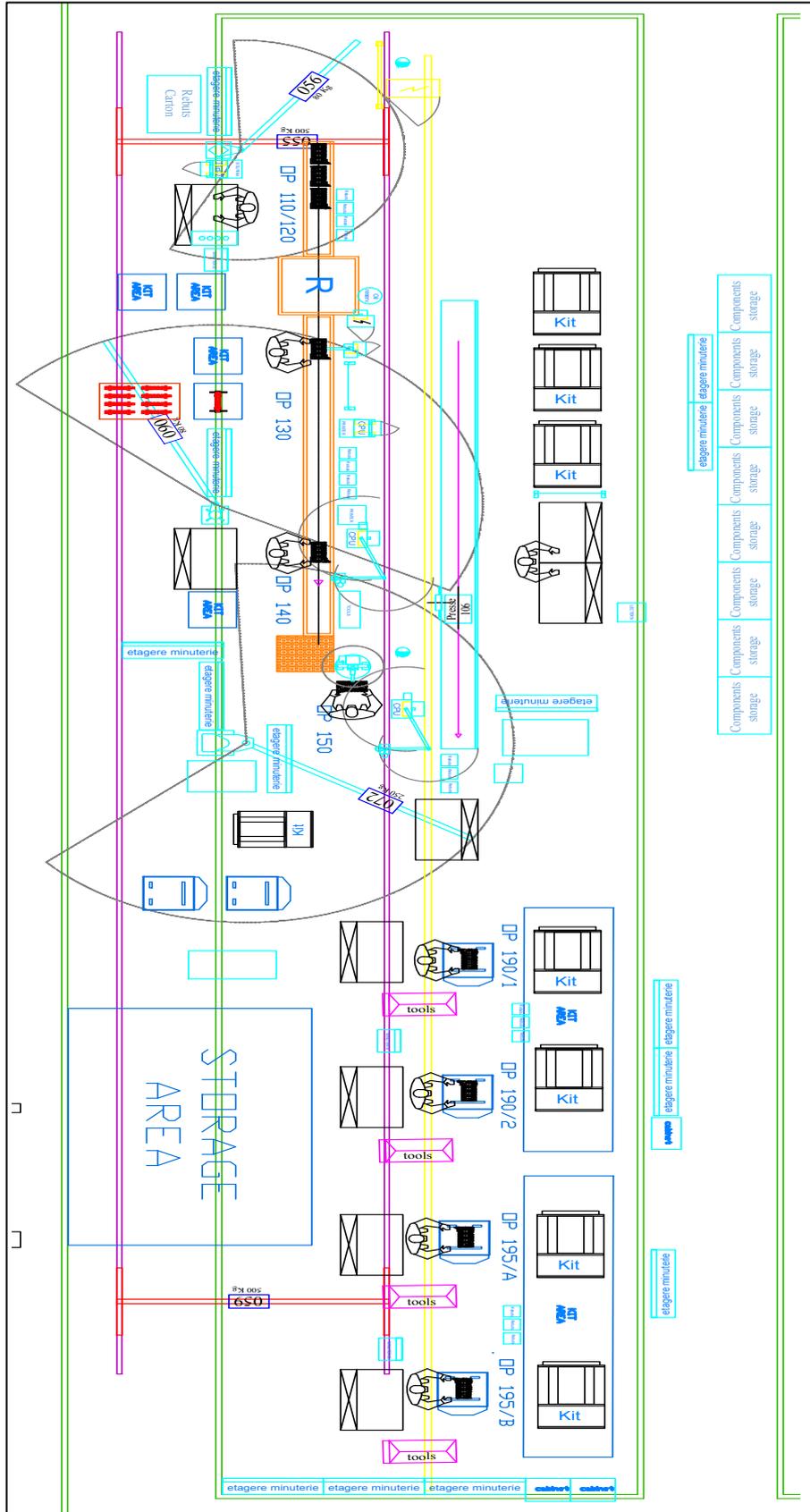


Figura 38 Layout linea light to be.

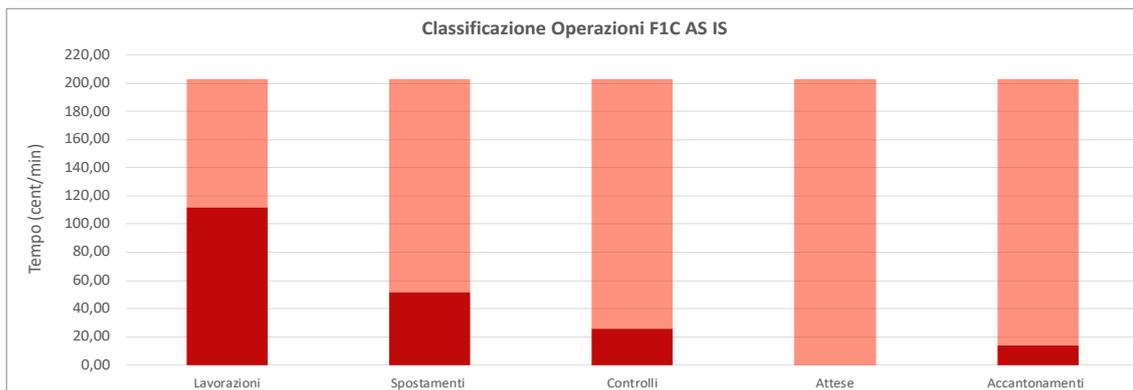


Figura 39 Grafico riassuntivo del ciclo di lavoro F1C as-is

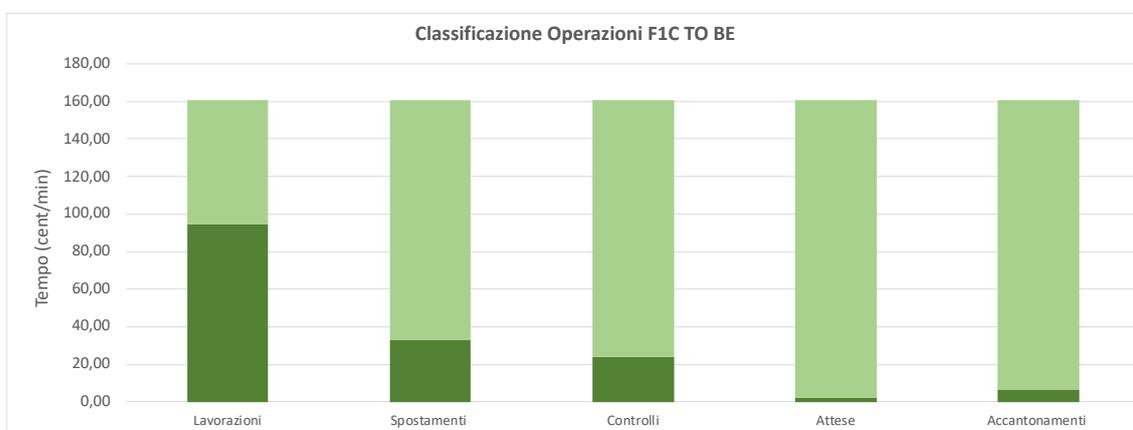


Figura 40 Grafico riassuntivo del ciclo di lavoro F1C to-be

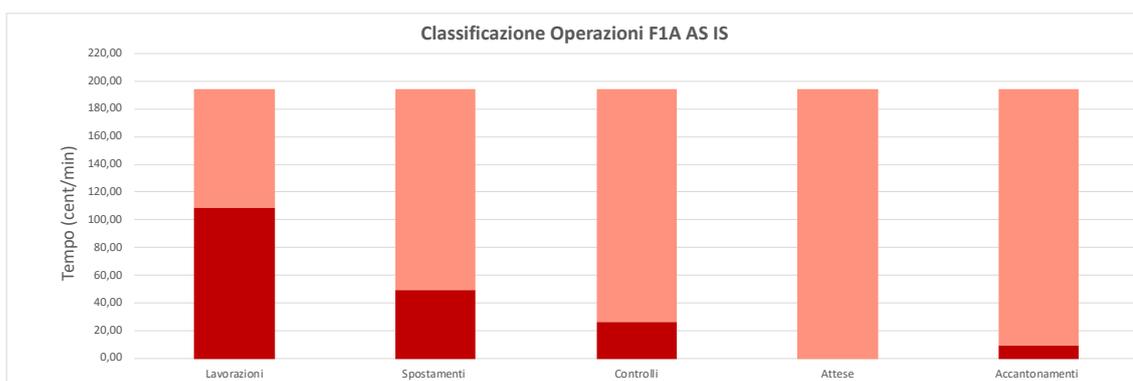


Figura 41 Grafico riassuntivo del ciclo di lavoro F1C as-is

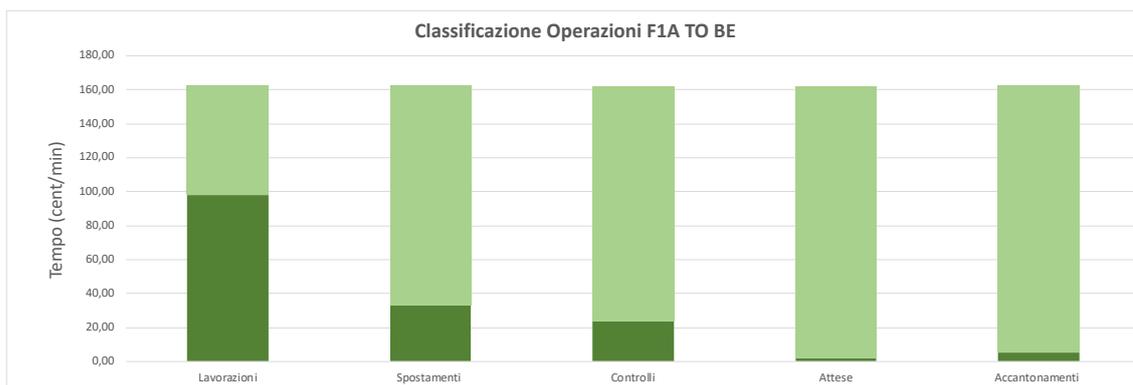


Figura 42 Grafico riassuntivo del ciclo di lavoro FIC as-is

Nei grafici ciascuna colonna rappresenta l'intero ciclo di lavorazione; il colore più intenso indica, a seconda della denominazione riportata sull'asse x, la quota di ciascuna categoria di operazioni sul totale. Il tempo riportato sull'asse delle y è espresso in cent/min.

Inoltre si vuole confrontare lo stato as is con quello previsto to be utilizzando un parametro di performance. Si decide di proporre un confronto tra l'indice di flusso registrato e quello previsto dopo l'applicazione delle proposte.

L'indice di flusso del processo è dato dal rapporto tra il tempo delle attività a valore per completare un prodotto ed il Lead Time di produzione, ovvero il tempo che impiega l'input a diventare l'output del processo. Esso rappresenta un indicatore di efficienza del processo, un indice tendente al 100% indica un lead time di produzione eccellente.

$$IF = \frac{\sum VA}{(\sum VA + \sum NVA)}$$

Si riportano i valori dell'indice di flusso per entrambi i modelli, nella condizione attuale e in quella prevista:

Indice di flusso AS IS (F1A)	56,6 %
Indice di flusso AS IS (F1C)	55,0 %
Indice di flusso TO BE (F1A)	60,5 %
Indice di flusso TO BE (F1C)	59,0 %

Tabella 25 confronto indici di flusso

Infine si presenta la riduzione della durata del ciclo di lavoro, per ciascun modello.

I risultati vengono di seguito riportati.

	Tempo ciclo AS IS (cent/min)	Tempo ciclo TO BE (cent/min)	$\Delta\%$
F1A	194,28	162,49	-16,4
F1C	203,02	160,54	-20,9

Tabella 26 confronto tempo ciclo

4 CONCLUSIONI

Il lavoro svolto in azienda ha riguardato l'analisi di una linea di assemblaggio mirata all'introduzione di nuove soluzioni per ottenere miglioramenti in termini di tempi di produzione e di condizioni di lavoro.

L'analisi tempi e metodi ha messo in evidenza la necessità di intervenire sul metodo di lavoro adottato nella linea di montaggio, nel quale sono state individuate parecchie criticità che comportano un aumento del tempo ciclo. Tali criticità corrispondono ad attività che non comportano alcun valore aggiunto al prodotto e che possono essere quindi eliminate. Queste problematiche derivano principalmente da vincoli di layout, attrezzature non idonee e poco funzionali o da uno sbilanciamento del ciclo di lavoro. Inoltre sono stati rilevati parecchio disordine e poca pulizia, fattori che influiscono sui tempi di produzione, ma anche sulla qualità del prodotto e sulla sicurezza degli operatori. Terminata la mappatura della situazione iniziale sono state individuate delle soluzioni migliorative, le quali sono state poi implementate attraverso un nuovo metodo di lavoro, che contempla nuove attrezzature e, dove necessario, un nuovo layout. Tali soluzioni sono stati definite in modo da evitare attività a non valore aggiunto, ottimizzare gli spazi e migliorare il flusso degli operatori e del materiale. Per quanto riguarda invece le attrezzature, per alcune è stata proposta la sostituzione, per altre la rimozione e inoltre sono state introdotte nuove attrezzature delle quali sono forniti dei design qualitativi.

Concludendo, l'attività svolta non è che una piccola parte del lavoro ancora necessario in azienda per ottimizzare tutto il processo produttivo e nel momento in cui è terminato il mio periodo di tirocinio il processo di ottimizzazione di altre aree dello stabilimento era ancora in corso mentre le proposte sviluppate erano al vaglio della direzione aziendale. Anche se vi è ancora molto da realizzare, si può affermare che questo lavoro abbia prodotto un know-how da sfruttare per gli studi delle altre aree dello stabilimento. Inoltre ora è già definito il percorso procedurale da applicare e la risoluzione di ulteriori problemi analoghi, sarà quindi più rapida.

Possono essere molteplici le strade percorribili per dare seguito e continuità al progetto e per questo motivo nonostante l'ottimo lavoro svolto e che l'entità dei risultati raggiunti sia conforme agli accordi stipulati tra CAAR e FPT, riguardanti i servizi richiesti e l'entità della consulenza, una diversa metodologia nel portare avanti il progetto da ambo le parti

avrebbe potuto portare al conseguimento di risultati migliori. Personalmente ritengo fosse necessaria un'analisi più minuziosa in modo da individuare ulteriori criticità o sprechi e un'applicazione più rigorosa dei principi kaizen e della lean manufacturing, durante la fase di proposizione di nuove soluzioni e dello sviluppo della situazione futura.

Dal punto di vista invece della direzione aziendale, la richiesta di FPT prevedeva uno sforzo economico contenuto per finanziare eventuali migliorie rendendo difficile l'implementazione di alcune soluzioni come la digitalizzazione della documentazione; dal tracciamento dei componenti ai registri delle lavorazioni effettuate, o l'automatizzazione dei processi, ulteriori soluzioni che avrebbero incrementato notevolmente la produttività.

Oltre l'aspetto dello sforzo economico, che rimane fortemente determinante specialmente al giorno d'oggi, la resistenza al cambiamento deriva anche dal timore di abbandonare un metodo consolidato che assicura un noto e fisso rendimento, per muoversi verso una direzione nuova con prospettive di crescita. È dunque arduo coinvolgere e convincere le parti del sistema azienda che lo sviluppo tecnologico e l'innovazione aziendale non sono un mezzo per rendere maggiormente complicato il loro modo di lavorare ma, al contrario, uno mezzo per facilitare e rendere più efficace il loro operato a parità di tempo, sforzi e con migliori condizioni.

Alla luce di quanto appena affermato rimane evidente l'impegno di CAAR SPA e FPT INDUSTRIAL nel proseguire lungo la direzione del cambiamento, dell'innovazione, e del costante incremento di efficienza.

Per quanto riguarda il livello personale è stato un progetto molto fruttuoso perché mi ha consentito di approfondire le tematiche legate all'analisi del metodo di lavoro, alla lean manufacturing e più in generale i concetti chiave dell'ingegneria della produzione, riuscendo contestualmente a maturare una prima esperienza nel mondo del lavoro e le soft skills necessarie in un contesto professionale e di teamwork.

Ringraziamenti

A conclusione di questo lavoro, vorrei ringraziare tutti coloro i quali hanno contribuito con il loro sostegno al raggiungimento di questo importante traguardo. In particolare, vorrei ringraziare il Professore Maurizio Schenone per l'opportunità, il supporto, i suggerimenti dati e la disponibilità dimostrata durante l'esperienza da tirocinante. Ringrazio Alessio Ponzio, WCM & logistic manager presso CAAR, tutor aziendale e promotore di questo lavoro che si è dimostrata una persona fondamentale e di ispirazione per la mia crescita personale. Ed infine ringrazio Ezio Ballario, consulente presso CAAR, per i validi consigli ed il forte sostegno durante la mia attività da tirocinante.

Bibliografia

- F. W. Taylor, *L'organizzazione scientifica del lavoro*, Etas Libri, Milano, 1967
- H. B. Maynard, G. J. Stegemerten, J. L. Schwab, *M.T.M lo studio dei metodi e dei tempi di lavorazione*, Etas Kompass, Milano, 1969
- I.L.O, *Manuale di studio del lavoro, dei metodi e dei tempi*, Franco Angeli Editore, Milano, 1970
- C. Barlotti, *Industrial Engineering & Lean Manufacturing: La rivoluzione dell'organizzazione aziendale*, Società Editrice Esculapio, 2013.
- G. Graziadei, *Lean manufacturing: come analizzare il flusso di valore ed eliminare gli sprechi*, Hoepli, 2005.
- Ralph M. Barnes, *Motion and Times Study*, Wiley, 1980.
- G.B. Carson, H B Maynard, *Industrial engineering, handbook*, McGraw Hill, NewYork, 1956
- M. Levi, F. Giacomazzi, *Manuale di gestione della Produzione, cap. 25*, ISEDI, Torino.
- <https://www.flexlogik.it>
- <https://www.fptindustrial.com>
- <https://collaboration.fiatindustrial.com>
- <https://www.asme.org>
- <http://www.caar-to.it>