

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITA' DI BOLOGNA

FACOLTA' DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

TESI DI LAUREA

in

Sistemi di Produzione Avanzati M

**RIORGANIZZAZIONE DI UNA LINEA DI ASSEMBLAGGIO MEDIANTE
IMPLEMENTAZIONE DI PRINCIPI LEAN MANUFACTURING E INDUSTRY 4.0: IL
CASO NUOVO PIGONE S.R.L**

CANDIDATO:

Dafne Dini

RELATORE:

Prof. Cristina Mora

CORRELATORE:

Ing. Giulio Leonardo Cuscianna

Anno Accademico 2019/2020

INDICE:

ABSTRACT	5
INTRODUZIONE	6
CAPITOLO 1. IL NUOVO PIGNONE S.R.L DI MASSA	8
1.1 <i>La linea dei Seal Gas Panel</i>	11
CAPITOLO 2. LEAN MANUFACTURING	17
2.1 <i>Nascita e Sviluppo</i>	18
2.2 <i>I principi del Lean Manufacturing</i>	20
CAPITOLO 3. STRUMENTI LEAN ALL'INTERNO DELLA LINEA DEI SGP	23
3.1 <i>La U-shaped e il One Piece Flow</i>	25
3.2 <i>Takt Time</i>	26
3.3 <i>Shadow-board e 5S</i>	27
3.4 <i>Visual management</i>	29
3.5 <i>Sistema di riordino a kanban</i>	30
CAPITOLO 4. SCENARIO AS-IS	32
4.1 <i>Procedura move order</i>	33
4.2 <i>Identificazione delle criticità</i>	34
CAPITOLO 5. LA PROPOSTA MIGLIORATIVA	38
5.1 <i>Fase 1: Studio del materiale</i>	39
5.2 <i>Fase 2: Move order</i>	44
5.3 <i>Fase 3: Allestimento carrelli</i>	46
CAPITOLO 6. SCENARIO TO-BE	50
6.1 <i>Specifiche nuovo carrello</i>	51
6.2 <i>Standardizzazione procedura move order</i>	55
6.3 <i>Analisi costi-benefici</i>	57
CAPITOLO 7. INDUSTRIA DIGITALE	66
7.1 <i>Lo scenario europeo e italiano</i>	67
7.2 <i>Investimenti digital: benefici e implicazioni</i>	73
CONCLUSIONI	82
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	84

Dedicata alla mia famiglia

ABSTRACT

Nel mondo attuale concetti come *Lean Manufacturing* e industria digitale sono diventati il baluardo di tutte quelle aziende che affrontano l'incertezza del *business* e cercano di stare al passo con il progresso tecnologico.

La tesi si è incentrata sull'analisi di una realtà manifatturiera toscana di eccellenza, il Nuovo Pignone s.r.l., secondo le due prospettive di cui sopra.

A livello di *lean*, l'obiettivo è quello di apprendere in che modo la teoria si tramuti in realtà fisica e tangibile e mostrare il significato dell'applicazione della metodologia all'interno del contesto manifatturiero italiano.

Dal punto di vista dell'*industry 4.0*, lo studio analizza il livello di avanzamento digitale delle industrie nel Bel Paese e prosegue con l'analisi di dettaglio degli investimenti tecnologici condotti da Nuovo Pignone s.r.l. nella linea dei *seal gas panel*. Lo scopo è quello di comprendere che cosa significhi investire in tecnologie digitali e quali siano i benefici in termini di produzione e costi.

In sintesi, lo studio qui proposto si pone come un'esempio virtuoso di applicazione del *Lean Manufacturing* e industria digitale, in modo da fornire un valido aiuto per tutte le aziende desiderose di implementare tali principi.

INTRODUZIONE

Il Nuovo Pignone s.r.l è un'azienda dell'*Oil&Gas* specializzata nella produzione di turbine a gas, compressori e pompe. In Italia le sedi principali si trovano a Firenze e Massa, con distaccamenti ad Avenza, Bari, Vibo Valentia e Talamona.

Il lavoro di tesi è stato svolto a Massa, all'interno della nuova linea dei *seal gas panel*, inaugurata nel 2017.

Lo studio illustra le *best practices* dell'azienda a livello di implementazione della filosofia *Lean Manufacturing* e digitalizzazione degli impianti produttivi, riportando esempi reali estrapolati dall'esperienza sul campo.

Il cuore della tesi è incentrato sull'attività di miglioramento del flusso produttivo relativo alla linea dei *seal gas panel*, in ottica *Lean Manufacturing*. L'obiettivo è quello di ottimizzare la preparazione del materiale di commessa e la sua disponibilità durante l'assemblaggio del pannello.

La struttura dell'elaborato è così organizzata: il Capitolo uno fornisce un'inquadramento generale sullo stabilimento di Massa e sulla linea dei *seal gas panel*, descrivendo le attività di montaggio del pannello. I Capitoli due e tre s'incentrano sulla nascita della filosofia *Lean Manufacturing*, sui principi caratterizzanti la metodologia e sugli strumenti da utilizzare. In particolare quest'ultimi sono illustrati nella forma in cui vengono utilizzati nella linea dei *seal gas panel*, in modo da fornire un valido esempio di come la filosofia *Lean Manufacturing* trovi riscontro nella realtà.

Il quarto Capitolo pone le radici per le successive azioni di miglioramento apportate alla linea, illustrando la situazione *as-is* ed evidenziando le criticità presenti nell'area *kitting* e nella preparazione del materiale di commessa. Al Capitolo cinque viene illustrata la proposta migliorativa, ossia un carrello mobile capace di seguire la commessa lungo le postazioni di lavoro e contenente il materiale necessario a completare le lavorazioni. Il successivo Capitolo completa questa parte, dettagliando sia i requisiti tecnici del nuovo carrello sia la parte

procedurale alle spalle dell'azione migliorativa. Infine viene condotta un'analisi costi-benefici per valutare la bontà dell'investimento.

Lo studio termina con il Capitolo sette, nel quale viene fatto un excursus sul livello di digitalizzazione delle imprese in Europa e in Italia, in modo da contestualizzare lo scenario in cui opera Nuovo Pignone s.r.l. In seguito si analizzano gli investimenti *digital* condotti all'interno della linea dei *seal gas panel*, cercando di comprenderne la portata a livello organizzativo e di competenze. Termina la trattazione una riflessione sul ruolo che la filosofia *lean* gioca all'interno dell'industria 4.0.

CAPITOLO 1. IL NUOVO PIGNONE S.R.L DI MASSA

Il Nuovo Pignone s.r.l è il centro d'ecceellenza per quanto riguarda la realizzazione di treni macchine come i turbo-compressori, turbo-generatori e moto-compressori. Il primo è costituito da un compressore centrifugo messo in moto da una turbina, il secondo da una turbina e un generatore mentre l'ultimo da un compressore centrifugo ed un motore elettrico. Il *core element* dello stabilimento di Massa è il compressore centrifugo, schematicamente riportato in Figura 1.1.1.

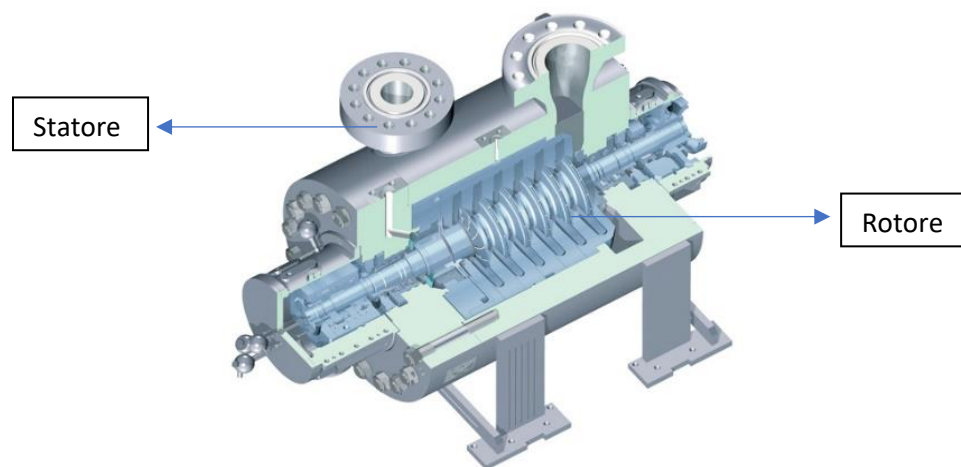


Figura 1.1 Compressore centrifugo

Questo sfrutta l'energia meccanica fornita da un *driver* (come una turbina o un motore elettrico) per aumentare la pressione del fluido in ingresso. Il compressore centrifugo è composto da una parte rotorica e una statorica. Quest'ultima è l'insieme di casse, diaframmi, flange e cuscinetti.

Ad oggi sono presenti sul mercato tre tipologie a marchio BH, Baker Hughes:

- compressori orizzontali, utilizzati principalmente per basse e medie pressioni in impianti di raffinaria, impianti di refrigerazione per GNL (gas naturale liquefatto) e compressione dell'aria;

- compressori verticali, utilizzati principalmente per applicazioni ad alta pressione, come la sintesi di ammoniaca, urea e metanolo, compressione di gas naturale e iniezione di gas;
- compressori *pipeline*, utilizzati per rapporti di compressione medio-bassi e/o per manutenzione di gasdotti.

Tecniche di produzione moderne e rigorose procedure di qualità e sicurezza hanno permesso all'azienda di creare compressori affidabili e altamente prestanti. Entrando nel dettaglio delle attività svolte all'interno dello stabilimento di Massa, si procede a descrivere le aree, chiamate celle, in cui le macchine sopra menzionate sono realizzate.

Il viaggio in questo mondo ha inizio nell'area *Fabrication/Welding*, destinata alla realizzazione dell'involucro del compressore centrifugo, ossia la cassa esterna che assolve varie funzioni: permette di contenere la pressione del gas, funge da supporto per il rotore e da interfaccia delle tubazioni ed è una barriera resistente alla corrosione. Gli involucri sono fabbricati mediante la saldatura di pezzi forgiati e di lamiera, opportunamente sagomati in modo che *matchino* tra di loro. Si prosegue con l'area *Machining*, in cui vengono lavorati i componenti statorici dei compressori centrifughi, ossia casse, diaframmi e flange. Le macchine qui presenti, torni verticali e alesatrici, sono a controllo numerico e permettono di realizzare tutte le lavorazioni necessarie.

Nella successiva cella, l'*Assembly*, si assemblano tutti i componenti in modo da ultimare il compressore e ottenere il prodotto finito. Il *Packaging*, è la parte in cui avviene l'assemblaggio finale di tutti gli elementi sullo *skid*, ossia il basamento e dove il cliente presenza all'attività di ispezione finale. La linea dei *seal gas panel*, SGP, si trova all'interno di questa cella.

L'ultima area su cui soffermarsi è quella del *Test*. Questa occupa una superficie di circa 90 000 metri quadri dello stabilimento di Nuovo Pignone a Massa ed è dotata di 16 banchi prova. Ne esisitono due tipologie, lo *Standard Test* e lo *String Test*.

Il primo consiste nel testare i compressori centrifughi, in uscita dall'area di *Assembly*, nelle loro parti meccaniche e viene condotto di default. Il secondo invece, su richiesta del cliente, ha l'obiettivo di simulare il cantiere di questi per verificare che la macchina, completa, funzioni

in modo ottimale. Nella pratica lo *String Test* consiste nell'installazione di un *driver*, ad esempio una turbina o un motore elettrico e di un *driven*, il compressore. Sono montati e testati tutti i principali sistemi ausiliari, come il pannello di tenuta gas e quello di controllo, il sistema di ventilazione e quello di scarico. Velocità, carico e pressione sono portate ai massimi livelli, così da simularne l'effettivo utilizzo futuro.

Dopo aver illustrato lo stabilimento ad un livello macro, si discute più in dettaglio la linea dei pannelli di tenuta gas.

1.1 La linea dei Seal Gas Panel

Il pannello di tenuta gas, abbreviato SGP, è un componente del compressore centrifugo particolarmente delicato. Questo ha il compito di monitorare la pressione e/o la temperatura del gas mediante appositi differenziali e regolarne il flusso in ingresso al compressore tramite le valvole di controllo. Un esempio è rappresentato in Figura 1.1.1.

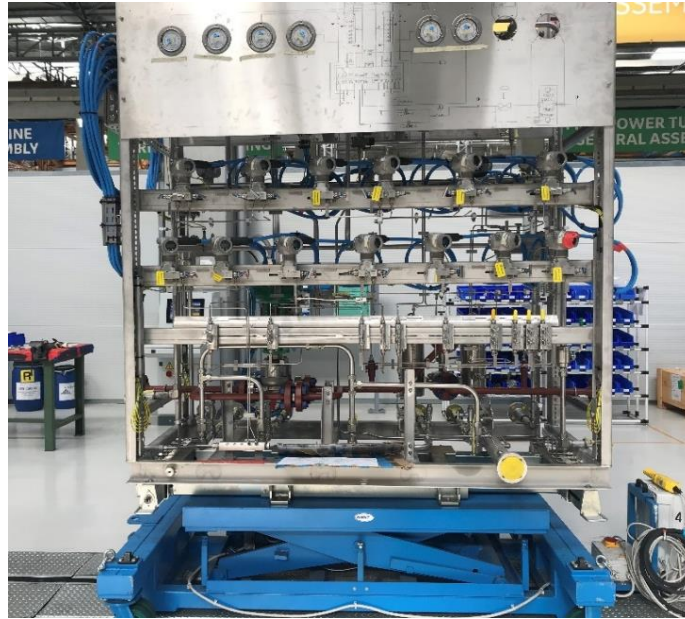


Figura 1.1.1 Seal Gas Panel

Prima del 2017 la realizzazione di questi era affidata a diversi attori: l'*engineering* aveva luogo a Firenze, il *manufacturing* a Bari e soltanto il montaggio di questo sullo *skid* avveniva nella sede di Massa. Questo tipo di frammentazione nella realizzazione del prodotto comportava alti costi di gestione della *supply chain* e possibili ritardi dovuti allo spostamento su strada del *seal gas panel* da Bari a Massa. Tutto ciò si rifletteva nella qualità del servizio offerto al cliente, in quanto ritardare la consegna del pannello tenuta gas significava ritardare il suo assemblaggio sullo *skid* e quindi la consegna finale. Si è assistito ad un cambio di rotta nel 2017, quando i vertici hanno deciso di ottimizzare il processo, dedicando ai SGP un'apposita linea di assemblaggio nello stabilimento di Massa.

I pannelli tenuta gas fanno parte dell'area *packaging* in quanto si tratta di montare sulla carpenteria, ossia lo scheletro del pannello, componenti acquistati da fornitori esterni. Soltanto il *tubing*, vale a dire i tubi di piccolo diametro, sono piegati su misura direttamente in campata. La peculiarità di questa linea è il fatto di muoversi dal *raw material* al *finished good*, ossia a partire dalle materie prime (valvole, filtri, piping) si ottiene il prodotto finito, mediante lavorazioni effettuate "in casa".

La campata è stata pensata secondo una configurazione *U-shape*, con sette postazioni da seguire in senso antiorario. La Figura 1.1.2 mostra una panoramica dell'area adibita alla produzione dei *seal gas panel* così da avere più chiaro in mente ciò di cui si parla.



Figura 1.1.2 Linea SGP

Volendo fare un breve giro immaginario all'interno della linea, la prima postazione che il visitatore incontra è la *bending machine*. Si tratta di un robot piega-tubi, tramite cui un tubo iniziale di sei metri viene piegato e tagliato in diversi *tubing*¹ da montare sul pannello. In Figura 1.1.3 è mostrata la macchina piegatrice: si tratta di un *robot* di nuova generazione dotato dei più sofisticati sistemi di sicurezza. Un *laser* di rilevamento posto all'ingresso dell'area di lavoro e un tappeto sensibile al peso nei pressi del mandrino della macchina, assicurano lo stop

¹ *Tubing* si riferisce ai tubi di piccolo diametro. Si utilizza la dicitura *piping* per quelli di grande diametro

immediato della *bending* e un recinto protettivo (lato corridoio) fornisce un'ulteriore sicurezza per tutti coloro che entrano in linea.



Figura 1.1.3 Bending machine

I tubi piegati vengono posti all'interno di un carrello (Figura 1.1.4), pronti per seguire la postazione successiva, situata ad un paio di metri dalla *bending machine*.



Figura 1.1.4 Tubing piegato

Giunti in posizione, l'operatore li preleva dal carrello e ne fa le opportune lavorazioni di sbavatura e *tapping*. La prima consiste nel limare la superficie irregolare del tubo nel punto in cui la macchina lo ha tagliato. La seconda invece ha l'obiettivo di evitare che polvere o altri agenti contaminanti possano entrare nel *tubing*, applicandovi un tappo in plastica che al

montaggio verrà rimosso. terminate le operazioni i tubi vengono appesi su di una rastrelliera mobile numerata, in cui il numero della posizione coincide con quello dell'etichetta del tubo. Proseguendo con il percorso, si arriva alla terza postazione di lavoro: la *calibration room*. Si tratta di una sala chiusa, con un determinato livello di temperatura e umidità, in cui i manometri e differenziali da montare sul pannello vengono opportunamente calibrati. La strumentazione infatti deve possedere specifici range di pressione, definiti dai cicli di lavoro. Terminata la procedura, gli strumenti sono posti sopra un carrello mobile e spostati fuori dalla *calibration room*. Questi sono utilizzati nella successiva postazione di pre-assemblaggio: posizionata la carpenteria del pannello, gli operatori iniziano a montarvi gli strumenti calibrati e i *manifold*.

Quando queste operazioni sono completate, il pannello è pronto per essere posizionato sulla *moving line*. Si tratta di una linea di assemblaggio mobile, che si muove con una velocità fino a 40 cm/h e sulla quale si susseguono tre aree di lavoro. La Figura 1.1.5 illustra una parte di *moving line*.



Figura 1.1.5 Moving line

Lo scheletro del pannello, completo di *manifold* e strumenti, viene posizionato su di un pantografo che ne permette lo spostamento verticale. Il pantografo viene quindi abbracciato da un ballatoio recintato, sul quale lavorano gli operatori. Questi hanno la possibilità di alzare o abbassare il pannello a loro piacimento, evitando di piegare il rachide o lavorare con le braccia sopra la testa. In questa sede avviene l'assemblaggio completo del *seal gas panel*: dai *main item*, ossia filtri e valvole di grande dimensione, al *tubing* precedentemente piegato fino alla parte elettrica, costituita dalle *junction box*.

La rastrelliera mobile sopra citata viene posta davanti alla *moving line*, in modo che l'operatore possa prelevarne il *tubing* sbavato e tappato senza scendere dal ballatoio, come mostrato in Figura 1.1.6.



Figura 1.1.6 Rastrelliera mobile

La peculiarità di questa struttura è proprio la possibilità di alzarla e abbassarla in modo da lavorare a varie altezze, in ergonomia.

L'ultima operazione a cui il SGP è sottoposto è la prova pneumatica. Questa ha lo scopo di valutare che non vi siano effettive perdite di gas ed è condotta all'interno di un bunker sigillato che sopporta pressioni fino a 1000 bar. L'operatore monitora il procedere del test dall'esterno, grazie ad apposite telecamere che riescono a riprendere tutto quanto il SGP. Qui si effettua una prova di variazione di pressione: l'operatore inietta azoto ad una pressione pari a 8 bar

per valutare la presenza di eventuali raccordi poco serrati. Nel caso in cui questa venga superata, si procede alla prova vera e propria eseguita al 110% della pressione definita in fase di design. L'operatore chiude il condotto a bassa pressione quando esegue il test sull'alta e viceversa ed esegue il test da remoto, fuori dal bunker, per ragioni di sicurezza. Nel momento in cui dovessero esservi perdite, la pressione inizierebbe a vacillare e il test verrebbe interrotto. In questo caso lo step successivo è il *bubble test*, ossia si determina il punto in cui si ha la perdita spruzzando una soluzione saponosa sulle valvole e raccordi. Nel punto in cui si formano delle bollicine si ha la perdita.

Se il test è superato, vengono stampati i certificati e consegnati al cliente che tipicamente presenza alla prova. Pertanto, prima della data concordata con questi, vengono eseguite prove preventive per aver la certezza che il pannello sia stato eseguito ad opera d'arte.

CAPITOLO 2. LEAN MANUFACTURING

Fin dalla decisione di creare una linea dedicata ai pannelli di tenuta gas, il filo conduttore doveva essere la metodologia *Lean Manufacturing*. Essere *lean* significa anche essere a misura d'uomo, ossia far sì che la linea faciliti il compito degli operatori evitando sprechi e inutili spostamenti di merci e persone. Alla luce di quanto detto, la linea dei SGP è stata progettata con la collaborazione di coloro che sul campo avrebbero passato il maggior tempo. Partendo da un foglio bianco, ingegneri e operai si sono messi a tavolino definendo ciascuna postazione della linea. Le indicazioni degli operatori su come avrebbero voluto le postazioni si sono innestate ai principi del *Lean Manufacturing*, ben chiari nella mente dei progettisti. Dalla sinergia di questi fattori è nata non solo la prima linea mobile di montaggio negli stabilimenti BH in Italia [1], ma anche un grande senso di appartenenza degli operatori verso il reparto dei *seal gas panel*.

Si procede adesso a descrivere la nascita e lo sviluppo di questa innovativa metodologia, in modo che il lettore ne apprenda i principi base e gli strumenti chiave da utilizzare. L'obiettivo è quello di fornire le competenze necessarie per comprendere come il modello sia stato poi applicato alla linea dei SGP.

2.1 Nascita e Sviluppo

Negli anni '90 venne pubblicato il libro *"The machine that changed the world"* (James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos, 1991) basato su un'indagine svolta negli anni '80, sull'industria automobilistica americana, europea e giapponese. Il libro mise in risalto i grandi risultati raggiunti dai Giapponesi in questo settore, in particolare Toyota. Questa infatti, riducendo spazi, persone, capitali e magazzini si era imposta come *leader* nel panorama automobilistico mondiale. In pratica era riuscita a fare di più con meno di tutto [2]. Da tale consapevolezza nacque il termine *Lean Manufacturing*, per indicare la produzione snella tipica dell'azienda giapponese. La cosa sorprendente è che ci era riuscita senza sacrificare pilastri fondamentali come qualità e sicurezza, che anzi risultavano eccellenti. Da allora iniziò una vera e propria fuga verso il Paese del Sol Levante per apprendere gli strumenti e i segreti dietro questa nuova metodologia produttiva.

L'idea da tenere a mente nel momento in cui si parla di *lean* è quella di un sistema produttivo ridotto all'essenziale. Tutto ciò che costituisce un surplus deve essere tagliato fuori in quanto non necessario alla sopravvivenza dell'impresa. Per utilizzare un sillogismo, se qualcosa non è necessario allora è uno spreco (*muda*). Lo spreco si concretizza in una perdita di tempo, di risorse e soprattutto di denaro. Già da queste prime informazioni si comprende la portata innovativa del sistema giapponese. La produzione occidentale era da sempre una fiera sostenitrice del produrre spingendo i clienti ad acquistare. La logica di Toyota è esattamente l'opposto, ossia produrre solo ciò che il cliente richiede. Tutto ciò che il cliente non ha chiesto è un surplus, uno spreco appunto, che l'azienda paga.

Il concetto del *Lean Manufacturing* ha una portata decisamente rivoluzionaria per la mentalità occidentale, costretta a ripensare le logiche con cui l'Industria è stata costruita. Non più grandi lotti, grandi magazzini in cui stoccare grandi quantità di materie prime, ma il minimo indispensabile per produrre esattamente ciò che deve essere prodotto. Non di meno, non di più.

Dal confronto tra l'industria automobilistica Toyota e i *competitors* occidentali, sono emersi gli sprechi [3] che si ha necessità di eliminare se si vuole essere rispettosi del metodo *lean*:

- 1) Sovrapproduzione: il metodo di produzione tradizionale a lotti prevede che la quantità di pezzi da realizzare sia definita a priori rispetto all'effettiva richiesta del cliente. Questo causa una rimanenza di materiale invenduto, che si traduce in un costo per l'azienda pari al valore del prodotto stesso.
- 2) Scorte: la presenza di pezzi lungo il processo produttivo costituisce una quantità di "valore intrappolato", poichè si tratta di capitale fermo che deve essere minimizzato.
- 3) *Overprocessing*: ossia procedure di validazione, controllo, approvazione di un ordine o di una variante tecnica troppo complesse o laboriose.
- 4) Attese: la differenza tra il tempo di attraversamento del flusso produttivo di un prodotto (*lead time*) e il suo tempo di fabbricazione costituisce uno spreco da minimizzare. Spesso tale attesa è il frutto di un problema di progettazione o di mancanza di addestramento degli operatori coinvolti nel processo.
- 5) Difetti/rilavorazioni: deve essere posta attenzione ai pezzi non conformi (scarti, rilavorazioni) in quanto fonte di perdita di denaro. È necessario comprendere le cause della non conformità per evitare il ripetersi dell'evento.
- 6) Movimentazioni di materiale non necessarie: si tratta di trasferimenti del materiale da un'area all'altra all'interno del medesimo ciclo di lavorazione. Poichè sono attività NON a valore aggiunto devono essere minimizzate.
- 7) Movimentazioni manuali non necessari: operazioni/ movimenti fatti dagli operatori durante il ciclo di lavoro, non necessari o migliorabili in ottica di ridurre i tempi

2.2 I principi del Lean Manufacturing

Pensando ad una classica industria manifatturiera occidentale, è molto probabile trovare gli sprechi sopra elencati. Per snellire il processo operativo diventa necessario cambiare il *mindset* e la cultura aziendale. Bisogna trasmettere alle persone i nuovi valori, sradicare il mondo in cui si è sempre lavorato e ridisegnare l'intero flusso di creazione del valore.

In particolare il termine "flusso" assume un nuovo significato e rappresenta il cuore della strategia *Lean Manufacturing*. Definire e visualizzare il flusso di materiale e d'informazioni all'interno dell'azienda permette di vedere gli sprechi ad esso associati e avviarsi verso l'eliminazione degli stessi. Tipicamente sono stati estrapolati cinque concetti chiave, imprescindibili e da seguire nel momento in cui si vuole snellire il processo produttivo.

Il primo di essi riguarda la **definizione del valore**. Definire il valore significa definire le funzioni del prodotto (o servizio) preso a riferimento [4]. Tali funzioni sono classificabili in primarie e secondarie: le prime sono soddisfatte solo se realizzate al cento per cento, le altre esistono in diversi livelli di realizzazione.

Per far chiarezza si prenda a titolo di esempio un "imballaggio guardaroba": la funzione primaria è "contenere indumenti" che può essere realizzata solo se si esclude l'eventualità che non possa contenerli. Dunque è realizzata al cento per cento. Esistono altre funzioni secondarie che servono a caratterizzare l'imballaggio, fra queste "permettere il trasporto" e "consentire il recupero". La prima può essere realizzata a vari livelli ma se non vi fosse renderebbe l'imballaggio inutilizzabile. Dunque è secondaria ma indispensabile. La seconda invece può scendere a livello zero, poichè la sua mancanza non compromette il valore d'utilizzo dell'imballaggio. Si definisce allora funzione secondaria ed eliminabile.

Individuate tutte le funzioni, primarie e secondarie, si valuta il costo a loro associato. Il valore di ogni prodotto è definito dal rapporto funzione/costo: l'obiettivo del *Lean Thinking* è quello di rendere massimo il valore di un prodotto (o servizio) mediante l'eliminazione dei costi connessi alle funzioni non indispensabili, che rappresentano uno spreco (*muda*).

Definire il valore risulta fondamentale per la sopravvivenza dell'azienda perchè il valore del prodotto o servizio è ciò per cui il cliente paga. Realizzare funzioni del prodotto che il cliente

non richiede, costituisce non solo uno spreco di tempo, risorse e denaro ma anche un rischio. Questi infatti, sentendosi incompreso dall'azienda, sarà meno disposto ad acquistare i suoi prodotti e si dirigerà verso i *competitors*. La struttura organizzativa aziendale riflette la poca importanza attribuita al valore. Entrando in una qualsiasi azienda non si trova nessuno che abbia al contempo visione globale e responsabilità sull'intero flusso del valore [5]. Le aree di processo operano in modo ottimale dal proprio punto di vista, ma non da quello della creazione del flusso di valore per il cliente finale. Risulta vitale rendere sinergici gli sforzi e lavorare insieme per dare al cliente ciò di cui ha davvero bisogno e ciò per cui è disposto a pagare.

Il secondo passo da effettuare consiste nell'**identificare il flusso del valore**, ossia il valore all'interno dell'intero flusso di realizzazione del prodotto o servizio. Si tratta di identificare la sequenza di attività tramite le quali la materia prima diventa prodotto finito e il relativo flusso informativo.

Tali attività possono essere classificate in tre tipologie:

- A valore aggiunto (VA), se contribuiscono alla soddisfazione del cliente;
- Non a valore aggiunto ma necessarie, se non possono essere eliminate poiché rappresentano un vincolo nell'organizzazione;
- Non a valore aggiunto e non necessarie (NVA), se rappresentano uno spreco e sono eliminabili.

Per poter adempiere a questo scopo si utilizza lo strumento d'eccellenza in ambito *Lean*, la *Value Stream Mapping*. Si tratta di una mappa riguardante un singolo prodotto o una famiglia di prodotti, che costringe a pensare in termini di flusso anziché di singoli processi distinti gli uni dagli altri. Oltretutto la VSM insegna a vedere il flusso, fornendo informazioni dettagliate sul tempo di ciclo, tempo di set-up, tempo di fermo delle scorte e via dicendo. Si tratta quindi di una fotografia dello stato *as-is* del processo, che permette di evidenziare gli sprechi attraverso un confronto tra il tempo speso nelle attività di produzione vera e propria (attività a valore) e quello dovuto a movimentazioni e attese (attività non a valore).

Il terzo principio è **far scorrere il flusso**: nel momento in cui si è identificato il flusso di valore e sono state eliminate le attività che costituiscono uno spreco, bisogna far sì che le restanti fasi scorrano senza ostacoli. Ciò significa:

- Eliminare tempi di attesa, scarti e inattività durante le fasi produttive
- Ridurre i lotti
- Azzerare code e scorte a magazzino

L'obiettivo ultimo è ottenere un *one piece flow*, ossia un flusso continuo di produzione che si muove sinuosamente senza interruzioni, dalle materie prime al prodotto finito.

Il successivo step è l'introduzione di **logiche pull**, ossia produrre ciò che il cliente realmente richiede, rendendolo il trainante dell'intero processo produttivo. I mercati oggi sono in costante cambiamento. Le preferenze si evolvono ad una velocità molto più alta rispetto al passato e l'innovazione tecnologica rende obsoleti gli oggetti in poco tempo. Per cavalcare questo continuo cambiamento ed evitare di soccombere, è vitale produrre nei tempi e quantità richiesti dal cliente. Diventa logico estendere le procedure *lean* fuori dai confini aziendali, coinvolgendo i fornitori per realizzare un intelligente rapporto di *partnership* lungo tutta la catena di fornitura.

Infine, l'ultimo passo è la **ricerca della perfezione**. Sebbene sia indubbio che la perfezione non esista, lo sforzo è ricercarla costantemente. Si rivela indispensabile a tal proposito osservare criticamente ciò che si è costruito fin'ora per tentare di migliorarlo ulteriormente, secondo una logica di miglioramento continuo (*kaizen*).

L'obiettivo del Capitolo seguente è illustrare al lettore i principi del *Lean Manufacturing* applicati alla linea dei *seal gas panel*, così da avere un esempio reale e concreto della metodolgia fin qui presentata.

CAPITOLO 3. STRUMENTI LEAN ALL'INTERNO DELLA LINEA DEI SGP

Applicare efficacemente la metodologia *Lean Manufacturing* risulta difficoltoso in un tessuto sociale diverso da quello giapponese. La fortuna del metodo è stata possibile grazie alla combinazione di diversi fattori. Inanzitutto la crisi seguita alla Seconda guerra Mondiale ha costretto Toyota a produrre con poche risorse a disposizione, rendendo i macchinari flessibili e adattandosi all'effettiva domanda dei clienti. A tutto ciò si aggiungono le caratteristiche della forza lavoro Giapponese: guidati da un forte senso di appartenenza verso l'impresa e orientati al rispetto delle gerarchie.

In Italia sono ancora timidi i tentativi di adattare il *Lean Manufacturing* all'interno delle industrie. Nonostante i benefici che si possono ottenere dal metodo, soprattutto in termini di *cost reduction*, la filosofia *lean* sta prendendo piede soltanto negli ultimi anni. Come sostiene Camuffo nel suo libro² è necessario che la prima spinta per questo cambiamento avvenga dal *top management*. Inoltre è necessario rivedere l'intera struttura organizzativa e il modo in cui si crea il valore in azienda. Dunque un processo non attuabile nell'immediato, ma che necessita di tempo e spinta dall'alto per essere intrapreso.

La realtà della Nuovo Pignone s.r.l rappresenta un unicum sul suolo italiano. Il desiderio di implementare la filosofia *Lean Manufacturing* è un'obiettivo chiaro e definito dai vertici aziendali ed è entrato a pieno titolo nella cultura aziendale. A partire dagli anni 2000 l'azienda ha deciso di aprirsi alla filosofia giapponese chiamando esperti (Sensei) per insegnare l'arte del produrre in maniera snella. Questi presenziava agli *action workout*, ossia momenti in cui esponenti di diverse funzioni aziendali uniscono le menti e gli sforzi per risolvere problemi o per proporre idee, relative ad una certa linea produttiva. In tali occasioni il sensei giapponese forniva consigli su come implementare gli strumenti del *Lean Manufacturing*, costituendo un momento di alta formazione per tutti i presenti. Il riflesso di questi insegnamenti e il desiderio

² "L'arte di migliorare. Made in Lean Italy per tornare a competere" (2014)

di avvicinarsi al metodo giapponese, è evidente dall'organigramma aziendale sotto riportato (Figura 3.1).

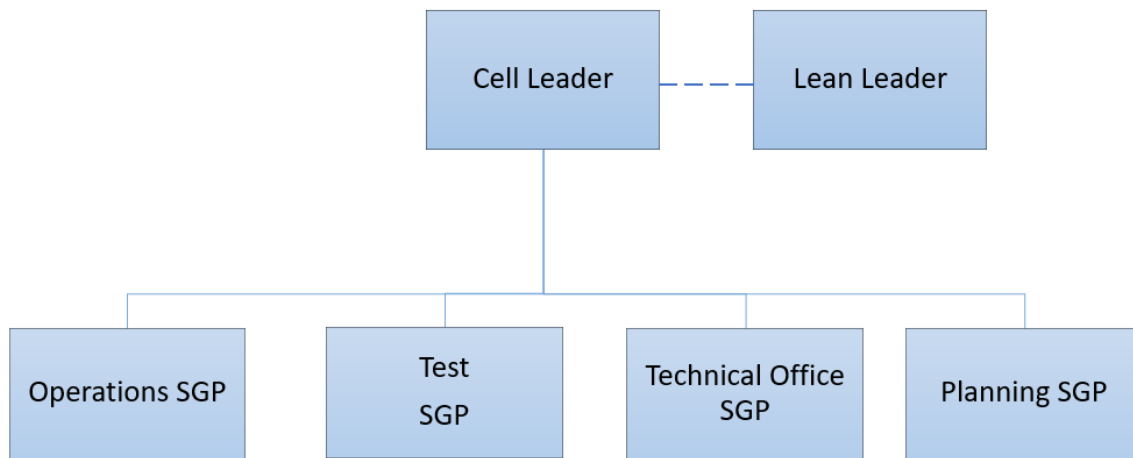


Figura 3.1 Organigramma aziendale

Questo, relativo alla sola linea *packaging – seal gas panel*, vede il *Lean Leader* in posizione paritetica rispetto al capo cella, con la possibilità di muoversi trasversalmente a tutte le altre unità organizzative. Nella pratica si occupa di utilizzare gli strumenti del *Lean Manufacturing* in tutte le compagini aziendali con l'obiettivo di snellire il flusso produttivo.

Un altro fatto peculiare in questo senso è la flessibilità e modularità della linea dei SGP, capace di adattarsi ai diversi *size* dei pannelli e la presenza di operatori *multi-skilled*, formati per muoversi tra le diverse postazioni.

Sulla base di quanto detto fin'ora non sorprende che la linea dei *seal gas panel*, nata nel 2017, sia l'emblema della filosofia *lean*.

Si procede adesso con l'illustrare tutti gli strumenti e le tecniche utilizzate per rendere la linea snella ed efficiente, riducendo al minimo tutto il superfluo. In questo modo il lettore apprenderà gli strumenti utilizzati in ambito *Lean Manufacturing* mediante l'esempio concreto di una realtà manifatturiera Toscana.

3.1 La U-shaped e il One Piece Flow

Come già anticipato nel Capitolo 1, la linea dei *seal gas panel* è stata progettata con una forma ad U (Figura 3.1.1).

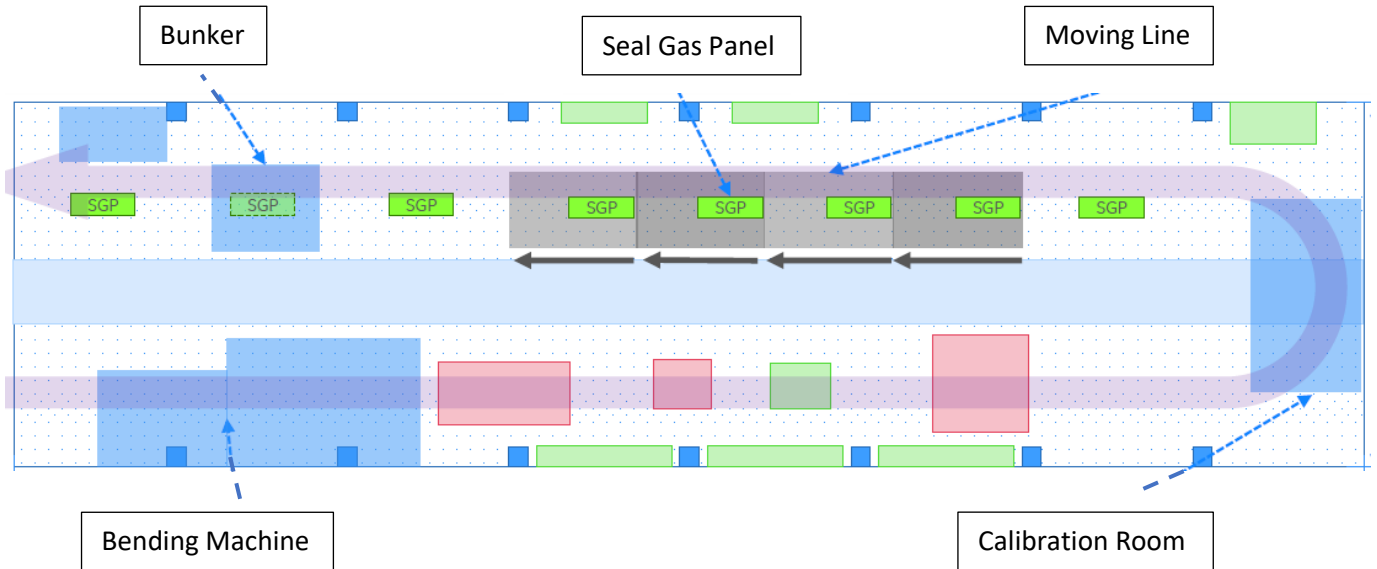


Figura 3.1.1 U-shaped layout

L'idea della forma a "ferro di cavallo" o ad "U" nasce con l'obiettivo di minimizzare gli spostamenti dell'operatore e dei materiali durante le lavorazioni, uno degli sprechi individuati dalla filosofia *lean*. Le macchine su cui effettuare le lavorazioni devono essere poste vicine, così che il pannello *i*-esimo passi da una postazione all'altra rapidamente. In questo modo si minimizzano sia le attese che le scorte di *work in progress* durante il ciclo di lavoro.

Lavorare in questo modo permette di realizzare il cosiddetto *One Piece Flow*, altro pilastro della filosofia snella. Tale concetto è assimilabile ad un flusso continuo, che scorre senza interruzioni. Nella pratica significa che ogni pezzo si trova in una stazione e soltanto una volta che le operazioni sono state completate procede in avanti. Nella stazione successiva subirà altre lavorazioni, mentre un altro pezzo lo sostituirà in quella precedente. Si realizza quindi un flusso continuo di materiale, evitando scorte o semilavorati tra postazioni consecutive. Per fare un esempio pratico, consideriamo due commesse di pannelli, *i* e *j*. Il processo ha avvio nelle stazioni di *Calibration Room* e *Bending Machine*, in cui si calibrano gli strumenti e si piega

il tubing della i-esima commessa, rispettivamente. Una volta completate le operazioni gli strumenti verranno montati sullo scheletro e il *tubing* subirà le successive fasi di pulitura. Nel frattempo le due stazioni procedono con le medesime operazioni per la successiva j-esima commessa. Parallelamente strumenti e *tubing* della i-esima s'incontrano sulla *moving line*, dove vengono completate tutte le operazioni fino al raggiungimento del *bunker* per la prova pneumatica. La commessa j-esima segue a ruota la precedente. Si nota che, sebbene le due commesse siano diverse, di fatto fanno parte del medesimo flusso produttivo.

L'utilizzo della *U-shaped* finalizzata al *One Piece Flow* permette quindi di velocizzare i tempi, riducendo le attese e le movimentazioni non a valore aggiunto.

3.2 Takt Time

Si tratta di un elemento fondamentale all'interno della filosofia *lean*, in quanto definisce il "ritmo" con cui produrre, sulla base dell'effettiva richiesta del cliente. In pratica, viene calcolato come tempo disponibile per la produzione in un determinato intervallo di tempo e la domanda di pezzi nel medesimo intervallo.

$$Takt\ Time = \frac{\text{tempo disponibile per la produzione}}{\text{richiesta di pezzi}}$$

Per la linea dei SGP il *takt time* è stato calcolato nel modo seguente. La domanda di pannelli per l'anno 2017 è stata stimata considerando la produzione di compressori nell'anno precedente, ossia 100 unità. Considerando 248 giorni lavorativi in un anno, si è ottenuto un *takt time* pari a:

$$Takt\ Time = \frac{248}{100} = 2,48 \text{ giorni/pezzo}$$

Questo rappresenta il battito cardiaco dell'intera linea produttiva. Di fatto significa che ogni due giorni e mezzo deve uscire un pannello dalla linea.

3.3 *Shadow-board* e 5S

Le 5S rappresentano uno strumento particolarmente decantato dalla filosofia giapponese, applicabile in tutti i contesti aziendali a prescindere dall'adozione o meno del *Lean Manufacturing*. Tramite cinque punti chiave si mira a pulire la postazione ed eliminare il superfluo, in modo che l'operatore abbia esattamente tutto ciò di cui ha bisogno per eseguire l'operazione e niente di più. Le 5S sono:

- 1) Separa ciò che serve da ciò che è superfluo (*Seiri*);
- 2) Metti a posto tutto ciò che è utile (*Seiton*);
- 3) Tieni costantemente in ordine e pulito (*Seiso*);
- 4) Standardizza la metodologia (*Seiketsu*);
- 5) Diffondi il metodo in tutta l'azienda (*Shitsuke*).

Da notare il quinto punto, il quale sostiene che il metodo debba essere esportato in tutta quanta l'azienda affinché se ne possa trarre un beneficio tangibile.

All'interno della linea dei *seal gas panel*, questi insegnamenti si sono concretizzati nell'utilizzo diffuso delle *shadow board*. Si tratta di supporti ad altezza uomo, in cui sono inseriti gli utensili necessari in quella postazione di lavoro. La particolarità è la sagomatura in cui tali utensili sono posizionati, in modo che salti immediatamente all'occhio se uno di essi manca.

Tale supporto ha numerosi aspetti positivi: permette di avere lo stretto necessario alla lavorazione eseguita nella postazione di lavoro e mantenerla in ordine e pulita con più semplicità. Le *shadow board* hanno soppiantato la vecchia procedura di tenere gli strumenti in un luogo comune, contribuendo anche al beneficio posturale degli operatori che prima erano costretti ad abbassarsi per ricercare gli utensili. La Figura 3.3.1 riporta due scenari: a sinistra la situazione precedente alle *shadow board* e a destra l'organizzazione degli utensili con questo *tool*.

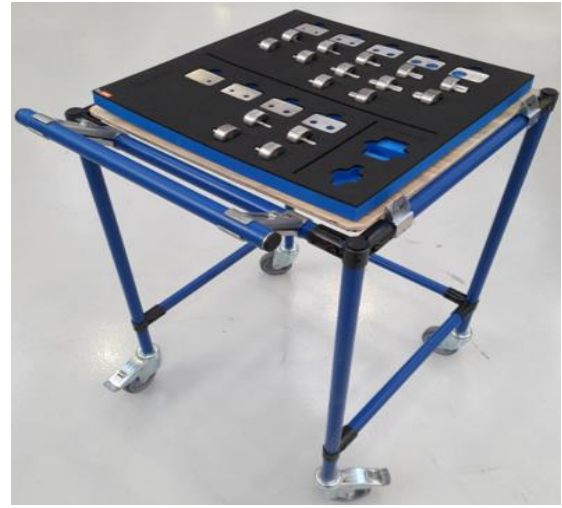


Figura 3.3.1 Scenario prima e dopo introduzione Shadow board

Oggi le *shadow board* sono presenti in tutte le postazioni della linea dei *seal gas panel*, compresa la . La Figura 3.3.2 ne mostra un esempio.

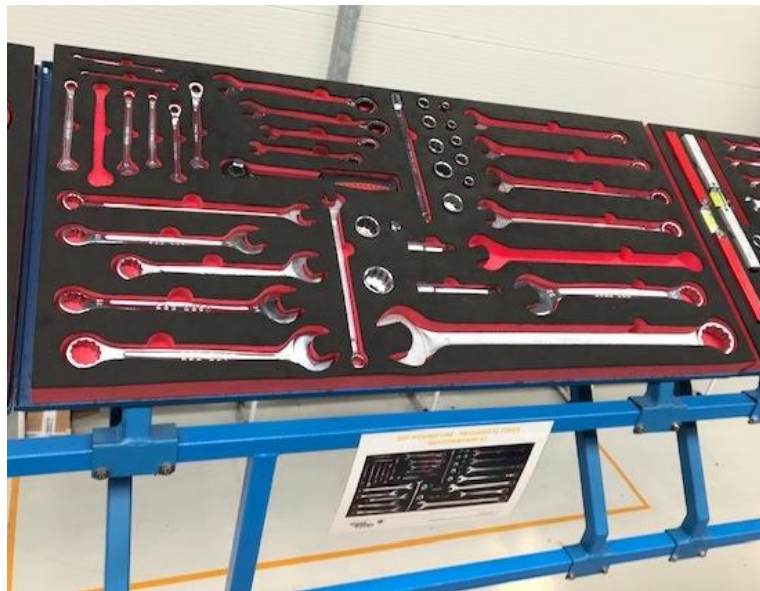


Figura 3.3.2 Shadow board moving line

3.4 Visual management

Un altro strumento usato con successo all'interno della linea dei pannelli tenuta gas è il *visual management*. Si tratta di un metodo intuitivo e visivo, tramite il quale si segnalano le aree in cui posizionare determinati oggetti. Ad esempio le postazioni in cui devono muoversi i carrelli mobili all'interno della linea sono definite mediante aree delimitate, come riportato in Figura 3.4.1.



Figura 3.4.1 Visual management

La movimentazione di materiale da una parte all'altra della campata costituisce un'attività necessaria ma non a valore aggiunto e dunque, secondo la filosofia *lean*, uno spreco.

Tramite la tracciatura a terra delle aree in cui il materiale deve sostare (in questo caso i carrelli), si mira a velocizzare la movimentazione in quanto l'operatore sa esattamente come muoversi. Il *visual management* permette di avere una postazione di lavoro ordinata (richiamo alle 5S) con il beneficio aggiuntivo di lasciare libera e priva di ingombri l'area di lavoro.

3.5 Sistema di riordino a kanban

Il sistema kanban è uno strumento del *Lean Manufacturing* tramite cui implementare il *Pull Flow*, ossia il flusso tirato dal cliente (anzichè spinto dalla produzione). Kan Ban è l'unione di due parole giapponesi, il cui significato rispettivamente è "visuale" e "segnale" [6]. Dunque potremmo affermare che il kanban è ancora una tecnica di *visual management*, in quanto basato sull'utilizzo di cartellini fisici. L'obiettivo è quello di evitare di produrre più dello stretto necessario (spreco), ossia quello effettivamente richiesto dal cliente finale.

Tipicamente esistono due tipologie di kanban: quelli di **movimentazione**, che servono per spostare componenti e materiali all'interno del processo produttivo e quelli di **produzione**, che rappresentano ordini di produzione con cui si autorizza il processo a monte a produrre un certo componente per uno a valle.

All'interno della linea dei *seal gas panel*, è stata implementata la prima tipologia di kanban per quanto riguarda la minuteria (viti, rondelle, fascette eccetera). Si tratta di oggetti di uso comune a tutte le commesse di pannelli e in numero variabile, cioè senza possibilità di definire quanti ne servano con precisione. Inizialmente questi oggetti subivano l'iter di riordino classico, con emissione di una POR (*purchase order requisition*) al fornitore. In seguito è stata pensata una metodologia più affine al *Lean Manufacturing*, il kanban appunto. Sono stati acquistati scaffali ad altezza uomo e posizionati a fianco della *moving line*. Ciascuna tipologia di minuteria è stata identificata, assegnata ad un codice univoco e posizionata in appositi contenitori nello scaffale di cui sopra. Il riordino avviene nel seguente modo:

- 1) l'operatore preleva la minuteria dal primo contenitore;
- 2) terminata tutta minuteria, rimane soltanto il cartellino kanban riportante il nome e codice del materiale;
- 3) l'operatore inserisce il cartellino in un apposito porta-cartellini e comincia a prelevare la minuteria dal secondo contenitore;
- 4) il caposquadra a fine turno preleva i cartellini dal porta-cartellini e richiede al planner di breve termine il riordino del materiale;

5) entro sette giorni arriva la nuova fornitura e il primo contenitore viene nuovamente riempito.

Per una maggiore chiarezza, in Figura 3.5.1 sono illustrati i contenitori della minuteria messi a kanban.



Figura 3.5.1 Scaffale kanban

CAPITOLO 4. SCENARIO AS-IS

Come illustrato al Capitolo 3, sono numerosi gli strumenti *lean* applicati alla linea dei *seal gas panel*. Nonostante i traguardi raggiunti dalla linea dopo appena due anni dall'inaugurazione, sono ancora diverse le azioni da intraprendere per migliorare ulteriormente la campata. Una tra tutte è quella relativa all'area di arrivo del materiale o *kitting material*. Si tratta di uno spazio dedicato allo stoccaggio del necessario per il montaggio del pannello, ricavato nella campata adiacente a quella di assemblaggio.

Circa una settimana prima della data in cui la commessa deve essere iniziata, il *planner* richiede al magazzino generale l'entrata in campata del materiale necessario. Questa operazione viene denominata *move order* e richiede circa tre giorni di tempo affinché venga completata. Una volta entrato, il materiale di commessa sosta nella *kitting area* per un lasso di tempo che varia dai tre ai cinque giorni prima di essere utilizzato nella linea dei SGP adiacente.

Il Capitolo descrive la situazione *as-is* riguardante lo stoccaggio del materiale, così che il lettore possa comprendere appieno le successive attività di miglioramento.

4.1 Procedura move order

Il giorno in cui è previsto d'iniziare la commessa, tutto il materiale deve essere presente in linea così da iniziare senza ritardi. Come accennato poco sopra, il *planner* di breve termine ha compito di garantire ciò tramite il *move order*, ossia lo spostamento fisico del materiale dal magazzino alla campata.

Si precisa che presso la stabilimento di Nuovo Pignone s.r.l è presente un magazzino (gestito da *contractor*) in cui viene stoccata la merce di tutte le linee produttive presenti a Massa. Dunque ivi si troveranno i materiali necessari per l'assemblaggio del *seal gas panel*, assieme a quelli utilizzati per la realizzazione dei compressori e turbine.

A livello operativo il *planner* invia una mail al magazzino con i *move order* da effettuare, specificando il colore del foglio da stampare e applicare su ciascun pallet che entrerà in *area kitting*. Gli operatori procedono con il *load*, ossia copiano i codici di tutti gli *item* presenti nel *move order* e li inseriscono nel programma informatico Telnet, selezionando la modalità "picking". In uscita si ottiene un cartellino stampato per ciascun codice che viene consegnato agli operatori incaricati di eseguire il *picking*, per l'appunto, dei materiali. Quest'operazione altro non è che la "spesa" fatta a magazzino: ciascun cartellino riporta l'esatta ubicazione del codice cui si riferisce, l'operatore la raggiunge e preleva la quantità indicata. Tutti gli *item* del *move order* vengono accumulati su uno o più pallet. Terminata l'operazione di *picking*, il responsabile del magazzino viene avvisato e procede con il check: foglio alla mano (ossia il *move order* stampato) controlla che vi sia tutto e nelle giuste quantità. Nel caso in cui si riscontri una mancanza, il responsabile contatta per mail il *planner* avvisandolo del materiale mancante. Conclusa l'operazione di controllo, si stampano i fogli del colore indicato per la commessa in esame e si applicano sui pallet che dovranno entrare in campata. L'ultima operazione è il *drop* del *move order*, con la quale si rimuovono le quantità dei materiali presi dal magazzino anche sul piano informatico. Da questo momento in poi la responsabilità degli *item* si sposta dal magazzino al *manufacturing*.

4.2 Identificazione delle criticità

Giunti a questo punto il materiale entra in campata. I pallet contenenti il materiale sono disposti senza una ben precisa logica nello spazio dedicato al *kitting*. Talvolta entrano più commesse a distanza di un giorno l'una dall'altra e, per la moltitudine di *item*, la situazione può diventare difficile da gestire. La Figura 4.2.1 illustra una giornata tipo .



Figura 4.2.1 Area *kitting*

L'unica disposizione oculata è quella degli strumenti da calibrare. Infatti il relativo pallet, in accordo con gli operatori del magazzino, viene posto a fianco della *Calibration Room*. In questo modo l'operatore addetto alla calibrazione, può identificare con facilità il pallet e iniziare le operazioni di spaccettamento e posizionamento degli strumenti sul carrello che entrerà nella stazione di calibrazione.

Nel frattempo la struttura, prelevata dall'area *kitting*, viene posizionata nella stazione di preassemblaggio. I *manifold* della commessa sono individuati cercando tra i vari pallet, posizionati sopra un apposito carrello e portati in *pre-assembly*. Qui ha inizio il montaggio dei *manifold* e degli strumenti (una volta terminata la calibrazione) sulla carpenteria. La prima criticità sorge in questa fase iniziale, in quanto si ha necessità di uno specifico *fitting*³ per

³ Si riferisce all'insieme di raccordi, gomiti, adattatori e orifizi

completare le operazioni. Questo deve essere ricercato tra tutto il materiale di commessa posizionato in area *kitting*. Tale attività, svolta principalmente dal caposquadra di turno, si classifica come non a valore aggiunto e la sua eliminazione porterebbe dei benefici in termini di risparmio di tempo e snellimento della procedura di preparazione del materiale.

Una volta identificate le tipologie di *fitting*, queste sono posizionate in un box a terra ai piedi della stazione di *pre-assembly*. Quest'ultimo risulta poco ordinato e, nella maggior parte dei casi, si tratta di un semplice trasferimento di materiale impacchettato dalla *kitting area* alla linea dei SGP.

Terminata la prima fase di pre-assemblaggio, il pannello prosegue sulla *moving line* incontrando per prima la stazione di *main item assembly*, in cui si posizionano le valvole, i filtri e il *pipng*⁴ sulla struttura. In seguito gli operatori montano il *tubing*⁵ in arrivo dalla fase di piegatura utilizzando una vasta gamma di "raccorderia", ossia raccordi, gomiti, adattatori e orifizi. Anche in questo caso è necessario ricercare il *fitting* tra i pallet presenti. Esattamente come nel pre-assemblaggio, questo viene posizionato nei box a fianco della *moving line*. La Figura 4.2.2 ne riporta un esempio.



Figura 4.2.2 Box a fianco moving line

⁴ Sono i tubi di grande diametro

⁵ Sono i tubi di piccolo diametro

In mancanza di una standardizzazione nell'utilizzo dei box, questi diventano il luogo in cui confluisce tutto il necessario per la relativa commessa e che, per comodità, viene trasferito dall'area *kitting* alla linea. È evidente che si tratta di un modo non ottimale di lavorare e poco utile ai fini dell'organizzazione del materiale necessario alla commessa.

In aggiunta a ciò, i box sono spostati mediante transpallett mano a mano che la commessa avanza lungo la *moving line*. Si tratta quindi di un'ulteriore movimentazione di materiale non necessaria.

Si è deciso di mappare il flusso del materiale qui descritto, ossia dall'area *kitting* fino alla linea dei pannelli, utilizzando la *value stream mapping*, in modo da aver chiaro il processo e identificare dove si annidano le criticità (Figura 4.2.3).

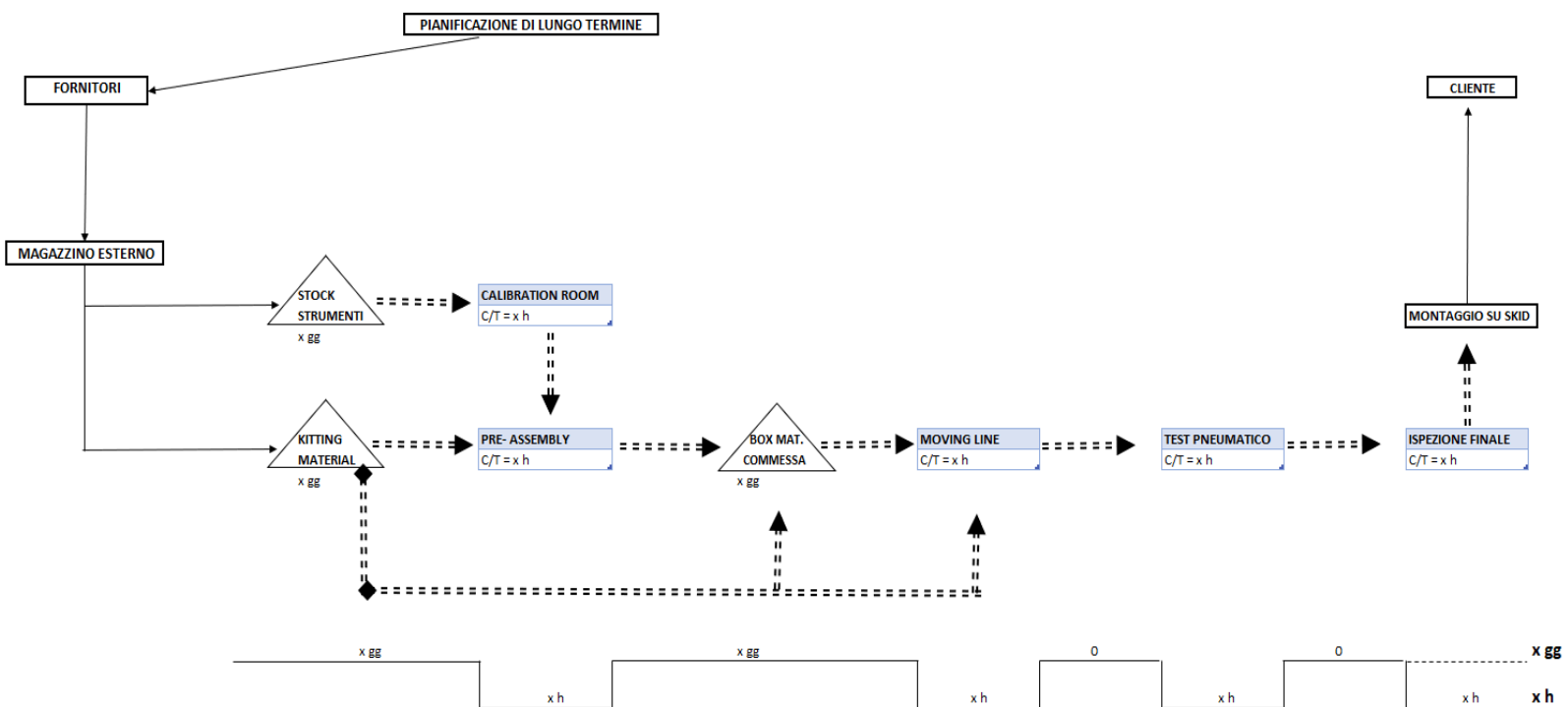


Figura 4.2.3 Value Stream Mapping

I dati numerici sono stati oscurati per *privacy* aziendale.

La linea temporale in basso mostra il *through put time*, in giorni, inteso come tempo speso nella movimentazione del materiale dalla *kitting area* alla linea dei SGP, comprese le attese. In ore è invece espresso il *processing time*, ossia il tempo effettivo per realizzare il prodotto. Analizzando il processo da una prospettiva *Lean Manufacturing*, si individuano molteplici muda:

- 1) Movimentazione di materiale non necessario: il materiale viene semplicemente spostato dall'area kitting alla linea. Inoltre i box sono spostati mediante transpallet ogniqualvolta che il pannello avanza lungo la *moving line*.
- 2) Occupazione di superficie: per ciascuna commessa sono utilizzati due box. Si ha dunque un'occupazione di superficie calpestabile che potrebbe essere evitata utilizzando una metodologia più intelligente.
- 3) Attese: si perde tempo nel ricercare il materiale di commessa tra i vari pallet e, successivamente, nel ricercare il materiale all'interno dei box.

Infine è importante analizzare la situazione anche da un punto di vista di salute del lavoro. L'azienda si è impegnata molto per creare attrezzature "a misura d'uomo", che favoriscano la corretta postura dell'operatore. In questo caso si è costretti a piegarsi o accovacciarsi per prendere gli *item* necessari e dunque l'utilizzo dei box risulta sfavorevole anche per l'ergonomia.

Presentata la situazione *as-is*, nel successivo Capitolo si mostrerà la soluzione trovata per migliorare la gestione del materiale in arrivo.

CAPITOLO 5. LA PROPOSTA MIGLIORATIVA

Il tirocinio presso Nuovo Pignone s.r.l ha avuto come *focus* il miglioramento della disposizione del materiale in arrivo e soprattutto l'organizzazione della raccorderia necessaria in fase di montaggio del *tubing*. L'idea nata dalla collaborazione con l'Ing. Giulio Cuscianna e i capisquadra della linea dei SGP, si riferisce ad un carrello mobile che segue il pannello durante le sue lavorazioni lungo la *moving line*. Sui ripiani del medesimo devono essere posizionati i *fitting*, utilizzati soprattutto durante la fase di *tubing assembly* e in modo tale da essere facilmente individuati dagli operatori. Tale proposta si porta dietro la necessità di ottimizzare l'entrata del materiale nella *kitting area*. In altre parole, come gli strumenti sono stati separati dal resto del materiale, così si vogliono dividere gli *item* necessari nelle prime fasi di pre-assemblaggio e *main item assembly* rispetto a quelli utilizzati nel *tubing assembly*.

Per testare la bontà della nuova sperimentale proposta, è stato condotto un *pilot* su di una commessa, definita da qui innanzi con il nome di "Ester⁶".

Il presente Capitolo descrive i passi effettuati per migliorare la situazione *as-is* e giungere alla fase di *pilot*.

⁶ Si precisa essere nome di fantasia

5.1 Fase 1: Studio del materiale

Il primo step è stato lo studio dettagliato del materiale della commessa Ester. Tale informazione è fruibile dalla BoM, la lista dei materiali della commessa, scaricabile dal *tool* informatico “Teamcenter”. Qui il materiale viene suddiviso in due macro-categorie: la prima è la *main item list*, che contiene valvole di grande dimensione, filtri e strumenti da calibrare, la seconda è la *frame assembly*, di cui fanno parte *manifold*, raccorderia, piccole valvole, *piping* e carpenteria. La lista completa del materiale, suddivisa nelle due macro aree, è stata trasferita su Excel per poter effettuare le analisi necessarie. Questa operazione è visibile nella figura 5.1.1 sottostante.

Parent Item Description	MAKE - BUY	Hard-Soft	Item Code	Description	Demand Quantity
MAIN ITEMS LIST I	Buy	HARD	RFO39606	SEAL GAS FILTER SPECIFICATION	1
MAIN ITEMS LIST I	Buy	HARD	RMO353311603	MANOMETRI WIKA A MOLLA BOURDON SOLID FRONT	2
MAIN ITEMS LIST I	Buy	HARD	RMO353341603	PRESSURE GAUGE	2
MAIN ITEMS LIST I	Buy	HARD	RM0519651103	MANOMETRODIFFERENZIALE WIKA CON	1
MAIN ITEMS LIST I	Buy	HARD	RTO042983400C	PDT HONEYWELL STD830	7
MAIN ITEMS LIST I	Buy	HARD	RTO042983400C	PDT HONEYWELL STD830	7
MAIN ITEMS LIST I	Buy	HARD	RTO357213600C	PT HONEYWELL STG840	6
FRAME ASSEMBLY I	Buy	HARD	JXG080680020K	BALL VALVE 1 NPT	1
FRAME ASSEMBLY I	Buy	SOFT	RCR23501	RACCORDO 38 X 12 NPTM ITN82116	60
FRAME ASSEMBLY I	Buy	SOFT	RCR23502	RACCORDO DIRITTO 14 X 14 NPTM	20
FRAME ASSEMBLY I	Buy	SOFT	RCR23506	RACCORDO1X1NPTM	15
FRAME ASSEMBLY I	Buy	SOFT	RCR23516	RACCORDO12X12NPTF	6
FRAME ASSEMBLY I	Buy	SOFT	RCR23517	RACCORDO 38X12NPT	6
FRAME ASSEMBLY I	Buy	SOFT	RCR23531	GOMITO 90 12X12NPT	4
FRAME ASSEMBLY I	Buy	SOFT	RCR23531	GOMITO 90 12X12NPT	4
FRAME ASSEMBLY I	Buy	SOFT	RCR23534	GOMITO9012X12NPT	4
FRAME ASSEMBLY I	Buy	SOFT	RCR23578	RACCORDORID38X12	16

Figura 5.1.1 Estratto item presenti

Nel dettaglio, la commessa Ester prevedeva un totale di 74 elementi.

Poichè l'obiettivo è quello di posizionare la raccorderia sul carrello che segue la commessa, si è resa necessaria una prima scrematura separando tutto quanto il *fitting* dagli altri *item* di commessa. Il foglio Excel ottenuto dopo questa seconda fase è mostrato in Figura 5.1.2.

Parent Item Description	Description	ITN Riferimento	Demand Quantity	NEW TROLLEY? YES/NO
FRAME ASSEMBLY I	VALVOLA A SFERA 12 NPT SS 1000 PSI		2	SI
FRAME ASSEMBLY I	BALL VALVE 1 NPT		1	SI
FRAME ASSEMBLY I	RACCORDO1X1NPTM	ITN82116	15	SI
FRAME ASSEMBLY I	RACCORDO12X12NPTF	ITN82120	6	SI
FRAME ASSEMBLY I	GOMITO 90 12X12NPT	ITN82118/A	4	SI
FRAME ASSEMBLY I	GOMITO 90 12X12NPT	ITN82118/A	4	SI
FRAME ASSEMBLY I	GOMITO9012X12NPT	ITN82119/A	4	SI
FRAME ASSEMBLY I	RACCORDORID38X12	ITN82132	16	SI
FRAME ASSEMBLY I	RACCORDORIDUZ121	ITN82132	7	SI
FRAME ASSEMBLY I	RACCORDODIR1X1NPTF	ITN82120	27	SI
Parent Item Description	Description	ITN Riferimento	Demand Quantity	NEW TROLLEY? YES/NO
MAIN ITEMS LIST I	SEAL GAS FILTER SPECIFICATION		1	NO
MAIN ITEMS LIST I	MANOMETRI WIKA A MOLLA BOURDON		2	NO
MAIN ITEMS LIST I	PRESSURE GAUGE		2	NO
MAIN ITEMS LIST I	MANOMETRODIFFERENZIALE WIKA CON		1	NO
MAIN ITEMS LIST I	PDT HONEYWELL STD830		7	NO
MAIN ITEMS LIST I	PDT HONEYWELL STD830		7	NO
MAIN ITEMS LIST I	PT HONEYWELL STG840		6	NO
MAIN ITEMS LIST I	PT HONEYWELL STG840		6	NO
MAIN ITEMS LIST I	PT HONEYWELL STG870		8	NO
MAIN ITEMS LIST I	SEAL GAS MAIN CONTROL VALVE		1	NO

Figura 5.1.2 Item su carrello Sì/NO

Giunti a questo punto si è scesi più nel dettaglio. Infatti parte della raccorderia presente nel gruppo del "SI", era utilizzata durante la fase *pre-assembly* per il montaggio dei *manifold*.

Poichè l'obiettivo era quello di dedicare il nuovo carrello esclusivamente alla raccorderia utilizzata in fase di *tubing assembly*, questo gruppo doveva essere individuato e trasferito in quello del "NO".

L'idea migliore era inserire tali raccordi/gomiti/adattatori all'interno del carrello dei *manifold*, dato che il loro utilizzo era previsto lì. Per capire quali appartenessero ad una categoria e quali all'altra, si sono fissate delle riunioni con i capisquadra. Grazie all'esperienza di questi e con l'aiuto dei disegni in 2D e 3D del pannello è stato possibile individuare i raccordi necessari sui *manifold* e separarli da quelli del *tubing assembly*.

Terminato anche questo compito, tutto il materiale della commessa Ester era suddiviso in due macro categorie: posizionamento sul nuovo carrello o meno.

Infine, per una chiarezza ulteriore, il materiale è stato colorato a seconda dell'area di destinazione:

- in azzurro se utilizzato in *pre-assembly*;
- in arancio se utilizzato nel *main item assembly*;
- in verde se utilizzato nel *tubing assembly*.

La Figura 5.1.3 riporta un estratto di quanto detto.

Description	Demand Quantity	NEW TROLLEY? YES/NO	QNT PRE-ASS	QNT MAIN ITEM ASS	QNT TUBING ASS
SEAL GAS FILTER SPECIFICATION	1	NO		1	
PRESSURE GAUGE	2	NO		1	
TERTIARY SEAL GAS PRESSURE CONTROL	1	NO		1	
SOLENOID VALVE FOR TERTIARY SEALS	1	NO		1	
SEAL GAS MAIN CONTROL VALVE	1	NO		1	
PRIMARY VENT SEAL GAS CONTROL	1	NO		1	
TAPPO14NPT3000	40	NO	40		
TAPPO34NPT3000	10	NO	10		
VALVOLA A SFERA 12 NPT SS 1000 PSI	2	SI			2
BALL VALVE 1 NPT	1	SI			1
RACCORDO 38 X 12 NPTM ITN82116	60	NO	60		
RACCORDO DIRITTO 14 X 14 NPTM	20	NO	20		
RACCORDO1X1NPTM	15	SI			15
RACCORDO12X12NPTF	6	SI			6
RACCORDO 38X12NPT	6	NO	6		
GOMITO 90 12X12NPT	4	SI			4
GOMITO 90 12X12NPT	4	SI			4

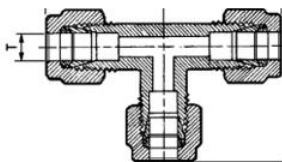
Figura 5.1.3 Estratto item suddivisi per area di destinazione

Terminata la classificazione dei materiali, è stato necessario risolvere il problema legato alla visibilità della raccorderia sul carrello. L'operatore per montare il *tubing* utilizza il disegno 3D

dal PC. Quando s’imbatte in un raccordo, ad esempio un passa-parete, scende dal ballatoio della *moving line* e si dirige ai box per prendere l’*item* necessario. La ricerca è puramente visiva, ossia l’operatore distingue un raccordo dritto da un passa-parete semplicemente osservando i raccordi presenti all’interno dei box. Pertanto la domanda da porsi è: nel momento in cui tutta la raccorderia è posizionata negli appositi contenitori sul carrello e quindi non immediatamente visibile, come si può comunicare in maniera chiara e immediata il loro contenuto all’operatore che li utilizza? Per riprendere questo modus operandi intuitivo e veloce, si è optato per stampare le immagini delle tipologie di *fitting* presenti all’interno della commessa e di attaccarle sui contenitori porta oggetto del carrello. Anche in questo caso si è reso necessario uno studio approfondito.

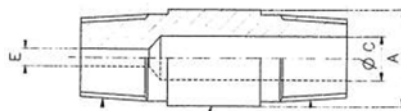
Per prima cosa il codice dell’*item* presente sulla BoM è stato inserito su EDM, la piattaforma aziendale che permette di visualizzare la relativa documentazione. In questo modo è possibile recuperare l’ITN di riferimento, ossia il codice del documento in cui l’oggetto è contenuto. Per fare un esempio pratico: l’adattatore $3/8 \times 1/2$ NPT ha codice RCR24122. Inserendo quest’ultimo in EDM, si ottiene l’ITN 82121. Il documento riportante questo ITN è “Raccordo di compressione maschio adattatore NPT-M filettato”. All’interno di questo vi è la figura di riferimento dell’ adattatore e modificando i parametri di altezza e diametro si ottengono adattatori differenti.

ITN82113



CODICE	ITEM	QUANTITA'
RCR24088	RACCORDO A T F14 ITN82113 ACCINOX	15
RCR24089	RACCORDOT 38	2
RCR24090	RACCORDO TDN 12	6
RCR24094	RACCORDO A T 1	33

ITM80500



CODICE	ITEM	QUANTITA'
RRO15490	1 ORIFICE DIA 4 mm	1
RRO15492	1 ORIFICE DIA 2 mm	5
RRO15493	1 ORIFICE DIA 32 mm	2
RRO15496	12 ORIFICE DIA 2 mm	2

Figura 5.1.4 Estratto immagini degli item

Questa procedura è stata eseguita per tutti i raccordi, gomiti, adattatori e orifizi presenti all'interno della BoM. Un esempio del risultato di questo studio è riportato in Figura 5.1.4.

5.2 Fase 2: Move order

Il lavoro fatto fin'ora ha permesso di possedere una suddivisione del materiale di commessa sulla base dell'area di destinazione. In particolare si ha conoscenza di tutto quanto il *fitting* da posizionare sul nuovo carrello e del modo con cui renderlo individuabile dagli operatori.

Il passo successivo consiste nell'eseguire il *move order* del materiale da parte del *planner*. Tipicamente si richiede che gli strumenti da calibrare siano stanziati vicino alla *Calibration Room* mentre tutti gli altri materiali sono disposti senza una logica nella *kitting area*. La miglioria che si vuole apportare a questo livello consiste nell'effettuare *move order* differenti in base all'area di destinazione dei materiali. In altre parole si vuole mantenere il *move order* distinto per gli strumenti, come nella situazione *as-is* e inserire due nuovi *move order*: uno per gli elementi utilizzati nell'area *pre-assembly* e *main item* (in azzurro e arancio nella figura 5.1.3) e uno per quelli destinati alla stazione del *tubing assembly* (in verde nella medesima figura). Agire in questo modo significa facilitare il lavoro dei capisquadra e operatori, permettendo loro di individuare con facilità la raccorderia da inserire sul nuovo carrello e tutti gli altri *item* di commessa.

Spiegato al *planner* l'obiettivo, si è lavorato insieme per definire la nuova procedura di *move order*. La piattaforma "Oracle" utilizzata dal *planner* permette di visualizzare due liste: la "*main item list*" (o ciclo SG0) e la "*frame assembly*" (o ciclo SG1). Nella prima sono presenti gli strumenti da calibrare, le valvole principali (quelle di grandi dimensioni) e i filtri. Nella seconda invece si trovano i *manifold*, il *piping* e relative valvole, tutta la raccorderia e la struttura del pannello. Si nota quindi che tutta il *fitting* si trova all'interno del ciclo SG1 indistintamente.

Per ottenere il risultato previsto, si è proceduto ad aprire la "*main item list*" e deselezionare da questa tutti i materiali che non fossero gli strumenti da calibrare. La procedura eseguita rimane invariata rispetto allo scenario *as-is* e permette di ottenere in output la richiesta di prelievo dal magazzino degli strumenti. Successivamente ci si è mossi per creare un *move order* degli elementi necessari in fase di pre-assemblaggio e *main item assembly*. Con riferimento alla commessa Ester, gli elementi in questione sono: filtri e valvole di grande dimensione (presenti nella *main item list*) e *manifold, fitting* utilizzato sui *manifold, piping* e

carpenteria (presenti nella *frame assembly*). Per ottenere una lista di questo tipo, è stata utilizzata la funzione *shortage* di Oracle, che permette di creare un *move order* selezionando *item* appartenenti a cicli di lavoro differenti, in questo caso SG0 e SG1. Inviato anche questo secondo *move order*, rimanevano esclusi i codici identificati nell'area *tubing assembly*, nello specifico raccordi, gomiti, adattatori e orifizi di varia tipologia e si è provveduto a emettere un *move order* anche per essi.

5.3 Fase 3: Allestimento carrelli

Circa tre giorni dopo che i *move order* sono stati richiesti, il materiale è entrato in campata su tre pallet distinti come da richiesta:

- 1) il primo contenente gli strumenti e posizionato a fianco della Calibration Room;
- 2) il secondo con tutti gli *item* del pre-assemblaggio e del *main item assembly*;
- 3) il terzo con il *fitting* necessario in fase di *tubing assembly*.

Una prima differenza rispetto alla situazione *as-is* riguarda il fatto che sia i capisquadra che gli operatori sapevano esattamente il contenuto di ciascun pallet. Così facendo si è ottenuta una prima organizzazione del materiale di commessa.

Con la preziosa collaborazione dei capisquadra della linea dei SGP e degli operatori si è proceduto con il *pilot* relativo all'allestimento del nuovo carrello.

Il primo passo è stato il posizionamento sia dei *manifold* che del relativo *fitting* sul carrello prima adibito esclusivamente alla preparazione dei primi. La Figura 5.3.1 testimonia questo passaggio. Da notare che il *fitting* è stato inserito in appositi porta-oggetti con targhetta identificativa.



Figura 5.3.1 Carrello manifold con raccorderia

In seguito è iniziata l'attività di spaccettamento e posizionamento sul nuovo carrello del *fitting* relativo alla parte di *tubing assembly*, anch'esso contenuto in un pallet dedicato.

Si precisa che si è utilizzato un carrello preso in prestito da un'altra linea produttiva, dunque senza possibilità di modificarlo secondo necessità.

Il primo ostacolo è stato comprendere in che modo posizionare gli oggetti sul carrello. Vi erano infatti due alternative:

- 1) mantenere il materiale all'interno della propria scatola e inserire questa nel portaoggetti;
- 2) spaccettare il materiale, riporlo in una busta trasparente e inserire questa nel portaoggetti.

In Figura 5.3.2 sono mostrate le due alternative.



Figura 5.3.2 Alternative posizionamento materiale nel carrello

Nella vaschetta verde si nota il raccordo in questione ancora dentro la propria scatola. Questa possibilità permette di mantenere inalterate le proprietà dell'oggetto ma causa un'elevata perdita di spazio. Nella scatola blu, lo stesso oggetto è stato spaccettato e inserito in una busta trasparente. In questo caso si riesce a bypassare il problema degli ingombri dovuti alla scatola e si mantiene l'oggetto protetto e lontano da fonti di sporcizia.

Seguendo il consiglio del caposquadra, si è deciso di adottare la seconda soluzione, ritenuta più agevole anche per gli operatori in linea.

Il secondo ostacolo riguardava il modo in cui gestire diametri diversi di uno stesso codice. Infatti per uno stessa tipologia di *fitting* (ad esempio raccordo dritto) è possibile avere più diametri (1 pollice, ½ pollice, ½ x ½ pollice e così via). *Item* di questo tipo devono essere inseriti in uno stesso contenitore utilizzando un separatore o si utilizzano contenitori separati per ciascuno di essi? In fase di *pilot* si è optato per utilizzare un unico contenitore per i diversi diametri del medesimo codice. In Figura 5.3.3 si mostra tale soluzione. La separazione tra i diametri è rudimentale, creata con divisori di cartone.



Figura 5.3.3 Uso di divisori artigianali

Si è proceduto nel modo sopra descritto, fin tanto che tutta la raccorderia non è stata posizionata negli opportuni contenitori.

Il risultato finale è visibile in Figura 5.3.4.



Figura 5.3.4 Carrello ultimato

Si sottolinea che:

- 1) è stato posto il foglio colorato identificativo della commessa a lato del carrello;
- 2) sono state utilizzate scatole di dimensione/forma/colore diversi per mancanza di un set di contenitori uguali tra loro.

Il carrello così completo è stato posizionato in campata quattro, a fianco della *moving line*.

CAPITOLO 6. SCENARIO TO-BE

Una volta allestito, il carrello era pronto per seguire la commessa lungo le postazioni della *moving line*. Come spiegato nei Capitoli precedenti, si mirava a:

- 1) eliminare i box a terra contenenti la raccorderia;
- 2) aiutare l'operatore nella scelta della raccorderia necessaria in fase di montaggio, grazie all'indicazione sia della tipologia che del diametro del pezzo;
- 3) rendere più ergonomica la posizione assunta dagli operatori, evitando di piegarsi in avanti con la schiena per prendere il pezzo in questione.

Completata la commessa, si è reso necessario parlare con gli operatori per comprendere se il *pilot* avesse soddisfatto le aspettative ed eventualmente che cosa modificare.

Dall'incontro con questi e il caposquadra è emerso che il punto 1 e 3 di cui sopra sono stati pienamente soddisfatti. Infatti il carrello si è rivelato un ottimo modo per ordinare la linea dei SGP, evitando di tenere i box per terra. Ciò ha portato al beneficio aggiuntivo di migliorare la postura degli operatori, evitandogli continui piegamenti del rachide.

Il punto più controverso è stato il secondo. Gli operatori avrebbero dovuto riconoscere i pezzi con più facilità, ma in realtà si è creata confusione attorno alle vaschette del carrello. Questi hanno lamentato la diversità delle scatole, sia in termini di misure che di colori. Il fatto di avere contenitori diversi tra loro è stato un vincolo dovuto alla mancanza di porta-oggetti tutti uguali. Pertanto si tratta di un problema facilmente superabile in una successiva fase di standardizzazione del carrello. L'altro elemento ritenuto poco efficiente è stato l'utilizzo di un unico contenitore per dimensioni diverse di uno stesso codice (Figura 5.3.3) in quanto causa di eccessiva confusione. L'ultima considerazione da fare riguarda la misura del carrello, troppo grande per l'uso che se ne deve fare.

6.1 Specifiche nuovo carrello

Ottenute tali informazioni, è iniziata la fase di progettazione vera e propria del carrello. Questo avrebbe dovuto avere ingombri minori rispetto a quello utilizzato nel *pilot* e contenitori tutti uguali. Inoltre, come suggerito dagli operatori, si è optato per destinare ogni contenitore ad un unico *item* e di accorpare soltanto quelle stesse tipologie di *fitting* con pochissimi pezzi. In altre parole, un raccordo dritto di diametro 1 pollice e un raccordo dritto di ¼ di pollice avranno due contenitori distinti. Tuttavia se del primo si hanno soltanto cinque pezzi e del secondo sette, allora è possibile inserirli nel medesimo contenitore separati da un divisorio. Per il *pilot* era stato utilizzato un carrello di dimensioni 1270x800x1780(h) mm e 11 contenitori, per un totale di 28 tipologie di raccorderia differenti. La commessa Ester, contenendo il maggior numero di *fitting* sino a quel momento, ha rappresentato il *maximun case*. Pertanto la scelta del carrello e dei contenitori da acquistare doveva tener conto di questi numeri. Un altro vincolo nella scelta da fare riguardava la possibilità di agganciare il carrello alla *moving line*, così che l'operatore avrebbe potuto accedere al carrello direttamente dal ballatoio senza necessità di scendere. La *moving line* ha tre accessi consentiti, posti ad altezze diverse, come rappresentato in Figura 6.1.1.



Figura 6.1.1 Possibilità di accesso alla moving line

Riassumendo, il carrello deve avere fattezze simili a quello rappresentato in Figura 6.1.2 e con le seguenti caratteristiche:



Figura 6.1.2 Forma carrello richiesto a fornitore

- 1) altezza pari a quella del ballatoio della *moving line*;
- 2) due ripiani per il I e II accesso del ballatoio, un ripiano per il III accesso (che non si vuole utilizzare a meno di necessità) e un eventuale ultimo ripiano raso terra;
- 3) larghezza ridotta rispetto al carrello del *pilot*;
- 4) contenitori tutti uguali, di numero sufficiente e dotati di guide per evitare che si spostino dai ripiani del carrello.

La Figura 6.1.3 sottostante riassume le caratteristiche chiave che deve possedere il carrello. La *moving line* è rappresentata sulla sinistra del punto di osservazione e il carrello è mostrato di profilo, in modo da evidenziare i ripiani e le altezze di questi rispetto agli accessi della *moving line*.

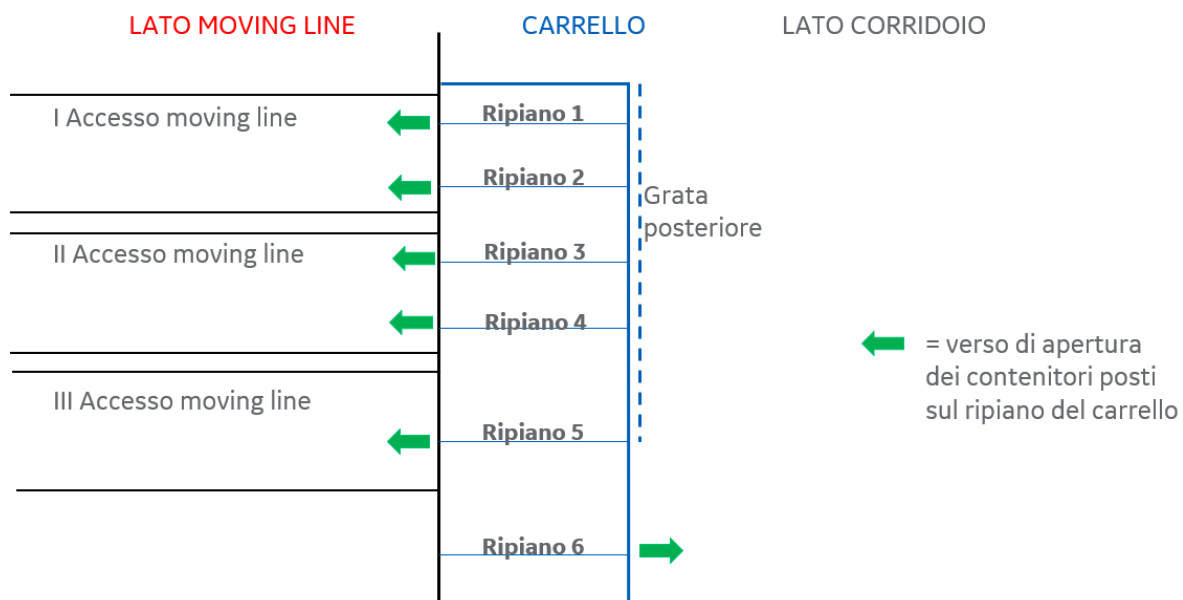


Figura 6.1.3 Caratteristiche carrello

Consultando il catalogo del fornitore di Nuovo Pignone s.r.l non è stato trovato un carrello con le misure tali da permettere l'accesso ai ripiani direttamente dal ballatoio. Pertanto si è proceduto con la richiesta di un oggetto ad hoc con le proprietà fin qui menzionate. Il risultato

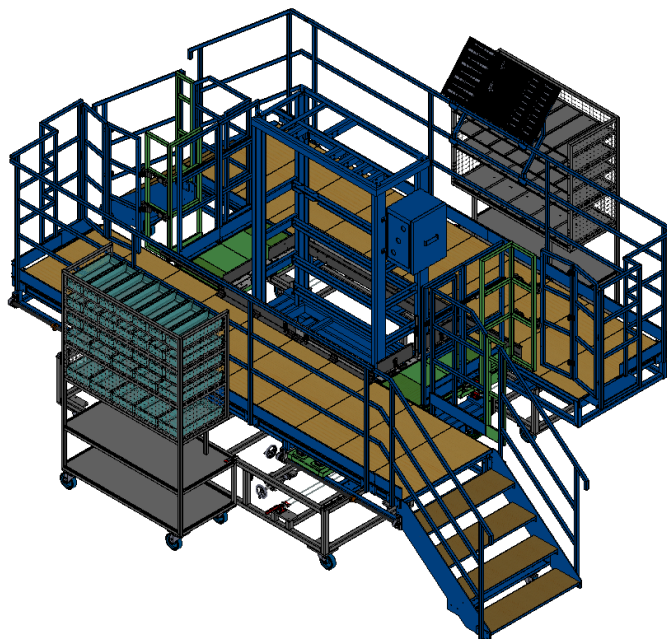


Figura 6.1.4.a Assonometria del sistema

di questa collaborazione è il seguente: la Figura 6.1.4.a mostra l'assonometria di tutto il sistema, la Figura 6.1.4.b ne illustra la vista laterale e in Figura 6.1.4.c è possibile visualizzare il carrello così com'è stato progettato.

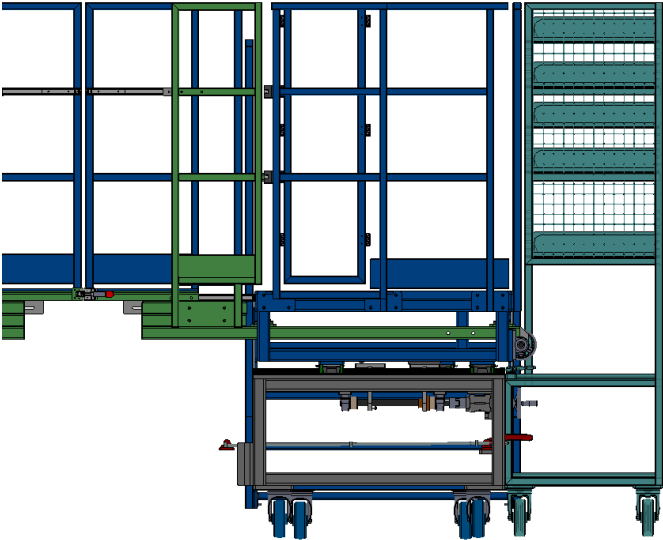


Figura 6.1.4.b Vista laterale del sistema

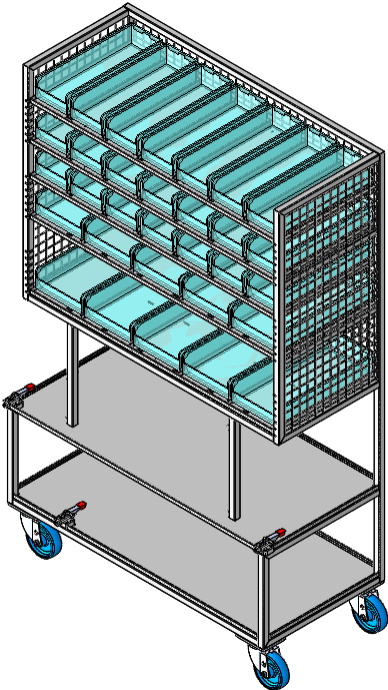


Figura 6.1.4.c Carrello

6.2 Standardizzazione procedura *move order*

Parallelamente alla scelta del carrello e contenitori da ordinare, si è definita la procedura con cui effettuare i *move order*. L'obiettivo era quello di definire un'istruzione replicabile per ogni commessa e che ricalcasse il lavoro fatto per il *pilot*, descritto al paragrafo 5.2. Infatti, è stato evidente che differenziare i *move order* in base all'area di montaggio ha permesso di semplificare il lavoro degli operatori. Questi si sono mossi a colpo sicuro, sapendo con certezza che sul primo pallet vi sono gli strumenti da calibrare, sul secondo gli *item* da montare in fase di *pre-assembly* e *main item assembly* e sull'ultimo tutta la raccorderia da posizionare sul nuovo carrello.

La standardizzazione dell'istruzione di *move order* ha richiesto il coinvolgimento del *planner* di breve termine, incaricato del suo rilascio. Questi ha sollevato un problema legato all'individuazione della raccorderia necessaria per i *manifold* e quella per il *tubing*. Durante il *pilot* è stato effettuato uno studio preliminare per separare il *fitting* necessario sui *manifold* rispetto a quello da montare nella stazione di *tubing assembly*, con il coinvolgimento dei capisquadra. A priori non è possibile avere questa informazione⁷, che si ottiene consultando il disegno 3D della commessa e conteggiando il numero di raccordi attaccati ai *manifold* o chiedendo ai capisquadra la divisione della raccorderia tra le due stazioni (ciò è valido per le commesse ripetute).

Risulta chiaro che il *planner* non può aprire i disegni ogni volta e contare il numero dei raccordi nè può demandare ai capisquadra il compito di farlo, in quanto sarebbe uno spreco di tempo. Pertanto è stato necessario semplificare l'istruzione di creazione del *move order* rispetto al momento del *pilot*, rinunciando a separare il *fitting* dei *manifold* da quelli del *tubing assembly*. Oltre a ciò, nella commessa Ester era stata utilizzata la funzione *shortage* per poter inserire in un unico *move order* elementi appartenenti a cicli diversi. Tale funzione risulta essere macchinosa da utilizzare e si ha il rischio di perdere degli *item* durante il processo di spostamento di uno di questi da un ciclo all'altro. L'idea è quella di inviare una mail al

⁷In occasione dell'ultimo *action workout* è stato chiesto all'ingegneria di suddividere il *fitting* dei *manifold* rispetto al restante

magazzino contenente i diversi *move order* e chiedendo che vengano messi sul medesimo pallet e fatti entrare contemporaneamente. Quindi la nuova procedura di emissione del *move order* è stata pensata sia per incontrare le esigenze del *planner*, evitando di affidargli un surplus di lavoro sia quelle della linea dei SGP, assicurando un arrivo dei materiali più pratico. Di seguito è riportato il diagramma di flusso che esemplifica la sequenza logica da seguire (Figura 8.2) .

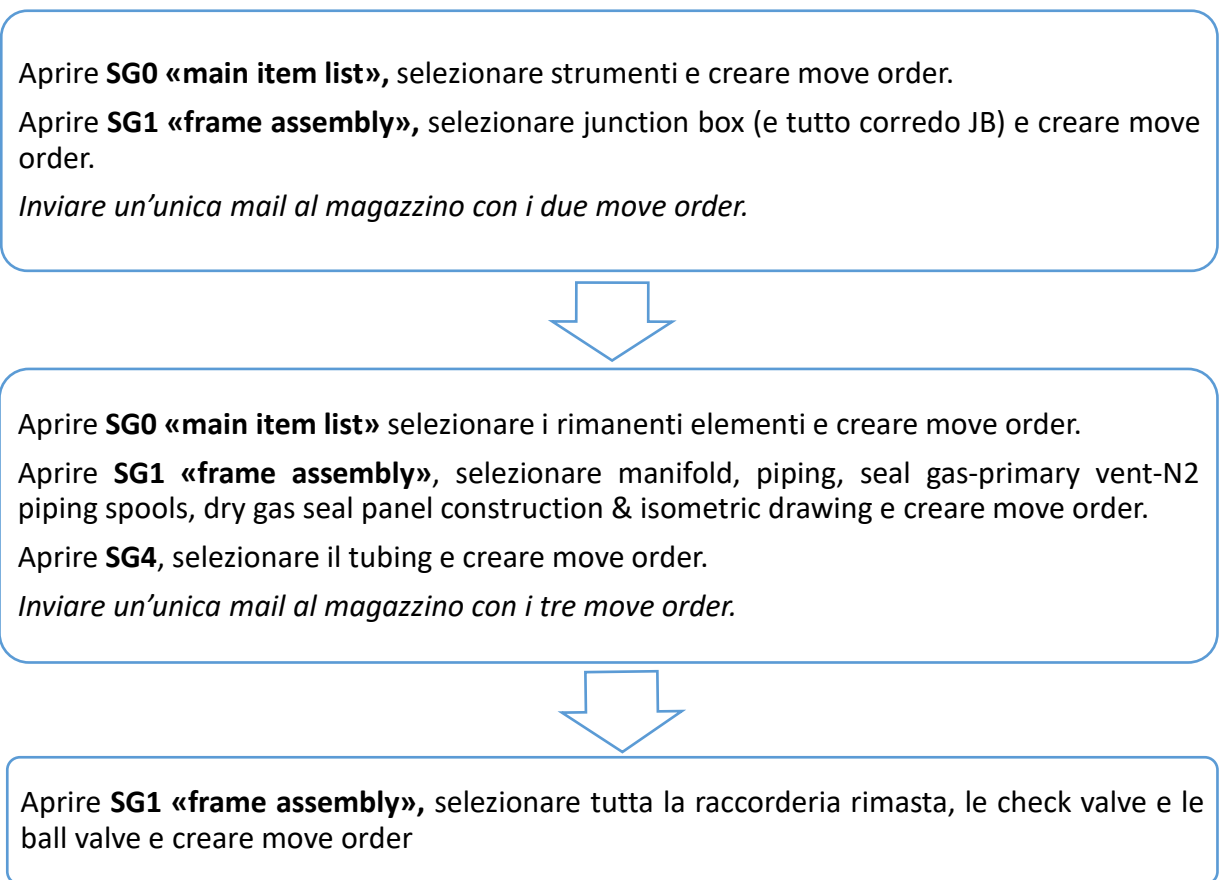


Figura 8.2 Procedura move order

6.3 Analisi costi-benefici

L'obiettivo a cui si mira con l'introduzione del nuovo carrello è quello di migliorare la preparazione del materiale di commessa. Ciò si concretizza nel raggiungimento dei seguenti punti *target*:

- occupare meno spazio calpestabile;
- rendere il materiale più facilmente individuabile;
- accedere al materiale direttamente dal ballatoio;
- migliorare l'ergonomia degli operatori che devono prendere il materiale.

Sulla base di ciò si sono definiti dei *key performance indicator* (KPI), ossia degli indicatori che permettono di confrontare la situazione originaria rispetto alla nuova, ottenuta mediante l'implementazione dell'azione migliorativa. Nel caso attuale si fa riferimento all'introduzione del carrello mobile per la gestione del *fitting*.

Per il primo punto si prendono in considerazione i m² di superficie occupati dagli attuali box rispetto a quelli d'ingombro del nuovo carrello.

L'obiettivo di rendere il materiale più facilmente individuabile dall'operatore si traduce in un risparmio di tempo speso nel "cercare" il materiale stesso. In maniera analoga la possibilità di accedere al materiale direttamente dal ballatoio può essere visto come un risparmio di tempo da parte dell'operatore che non deve scendere e risalire dal ballatoio ogni volta.

Infine si valuta la bontà della soluzione rispetto al livello di rischio ergonomico a cui sono esposti gli operatori al momento di prelevare il materiale.

Di seguito è presentato un box riassuntivo dei KPI utilizzati per la successiva analisi costi-benefici (Tabella 6.3.1).

Si procede adesso a valutare i KPI per la situazione *as-is* e in seguito per il *to-be*, mettendo a confronto le due situazioni.

<i>Indicatore</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Metrica</i>
<i>Spazio</i>	Misura la superficie calpestabile occupata dal materiale di commessa	[m ²]
<i>Tempo di spostamento</i>	Misura il tempo <i>medio</i> necessario per scendere dal ballatoio, arrivare al box/carrellino e tornare al ballatoio in un giorno	[s/gg]
<i>Tempo di ricerca</i>	Misura il tempo <i>medio</i> necessario per ricercare gli oggetti nei box/carrellino in un giorno	[s/gg]
<i>Rischio ergonomico</i>	Valutazione quali-quantitativa della postura assunta dagli operatori per prendere gli oggetti dal box/ carrellino	[Rischio totale]

Tabella 6.3.1 Schema riassuntivo KPI

Per quanto riguarda lo **spazio** occupato nella situazione *as-is*, per una singola commessa sono utilizzati due box di dimensione pari a quella di un pallet standard ciascuno: 1200x800 mm. Dunque l'area occupata da due box è:

$$2 * (1,2 \text{ m} * 0,8 \text{ m}) = 1,92 \text{ m}^2$$

Per quanto concerne il **tempo di spostamento** è necessaria una premessa.

Le aree di lavoro della *moving line* sono tre. Avanzando la commessa lungo di essa (dalla postazione #1 alla #2 alla #3), i due box contenenti il materiale sono anch'essi spostati mediante transpallet in modo da essere sempre a fianco della commessa. Si suppone che questo spostamento sia trascurabile in quanto fatto dal caposquadra e non dagli operatori stessi. Il tempo necessario per scendere dal ballatoio, recarsi davanti al box e tornare indietro è di 16 [s] totali.






















In media sono montati 10 raccordi a turno, quindi 20 raccordi a giornata. Dunque gli operatori scendono e risalgono con una media di 20 volte al giorno dalle postazioni della *moving line*. Il tempo perso per questi spostamenti a fine giornata è di:

$$20 \text{ v/gg} * 16 \text{ s/v} = 320 \text{ s/gg}$$

Il **tempo di ricerca** è soggetto ad una deviazione standard molto elevata. Tipicamente in circa 10 secondi l'operatore identifica il materiale a lui necessario. Tuttavia è possibile che l'*item* ricercato non sia presente nel box (dunque si perde tempo nel cercarlo altrove) o che il box non sia in ordine e serva più tempo per trovare l'oggetto. In quest'analisi si decide di considerare il caso base, in cui l'operatore impiega 10 secondi per identificare il materiale. Considerando sempre una media di 20 fitting a giornata si ottiene:

$$20 \text{ fitting/gg} * 10 \text{ s/fitting} = 200 \text{ s/gg}$$

Per quanto riguarda la postura si fa riferimento al modello di analisi ergonomica utilizzato in azienda. Si tratta di valutare il **rischio** legato al sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e inferiori coinvolti nel movimento dell'operatore. L'operazione presa in considerazione è il piegamento degli operatori per prendere il materiale dal box a terra. Nella tabella sottostante (Tabella 6.3.2) sono rappresentati i movimenti di mani/polso, gomito, spalle, schiena, collo e gambe che possono rappresentare un rischio per la salute dell'operatore. Se l'operazione prevede una postura sotto stilizzata, questa viene conteggiata. Il rischio totale è la somma delle posture incorrette assunte dall'operatore durante l'operazione in esame.

	<i>Posture</i>	<i>As-is</i>	<i>Hold > 10 sec</i>	<i>As-is</i>	<i>Repetition</i>	<i>As-is</i>	<i>Forceful exertions</i>	<i>As-is</i>
Hands & wrists	Flexion  Radial Deviation  Extension  Ulnar Deviation 	-	Hold > 10 sec	-	Rapid, steady motion, few pauses	-	 Pinch  Grip  Hammer	1
Elbows	 Supination / Pronation	-	Hold > 10 sec	-	Steady motion, infrequent pauses	-	 Forearm Twist / Torque	-
Shoulders	 Reach Forward  Over Shoulder  Abduction		Hold > 10 sec	-	Steady motion, infrequent pauses	-	 Push / Pull	-
Back	 Flexion  Twist  Extension	1	Hold > 10 sec	1	Steady motion, infrequent pauses	-	 Lift / Lower  Push / Pull	-
Neck	 Flexion  Twist  Extension	2	Hold > 10 sec	2	Steady motion, infrequent pauses	-		





<i>Legs</i>		Squat	1	Hold > 10 sec	1	Steady motion, infrequent pauses	-		
		Kneel							
<i>Others</i>								 Vibration	-
								Extreme Cold Temperatures	
								 Contact Stress	
<i>Total Risk</i>	9								

Tabella 6.3.2 Analisi ergonomica as-is

Terminata l'analisi per l' *as-is*, si procede adesso con quella *to-be*. In questo caso si fa riferimento alla soluzione del carrello "su misura" da agganciare alla *moving line*.

Consideriamo per prima cosa lo **spazio** occupato dal carrellino. Al fornitore è stato richiesto un carrello di lunghezza 1270 mm e larghezza 500 mm.

Pertanto l'area d'ingombro risulta essere:

$$(1,27 m * 0,5 m) = 0,635 m^2$$

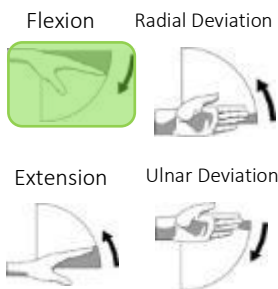



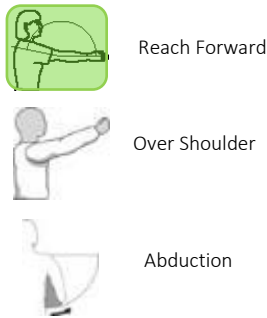
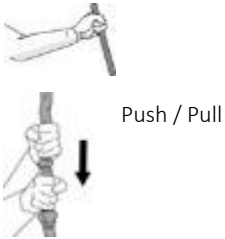
Il **tempo di attraversamento** risulta essere nullo, in quanto il carrello deve essere agganciato alla *moving line*. Di conseguenza l'operatore può prendere il materiale direttamente dal ballatoio, senza necessità di scendere.

Il **tempo di ricerca** risulta leggermente più basso rispetto al caso *as-is* e pari a 8 secondi. Se prima gli oggetti erano disposti casualmente a terra e quindi non facilmente individuabili, adesso si trovano dentro a contenitori e dunque basta leggere la relativa etichetta per saperne il contenuto. Considerando sempre una media di 20 fitting al giorno, il tempo di ricerca é:

$$20 fitting/gg * 8 s/fitting = 160 s/gg$$

Infine si valuta il rischio legato alla postura assunta dagli operatori nella ricerca del materiale dal carrellino. Le azioni compiute sono quelle di apertura e chiusura dei contenitori posti sui primi tre ripiani del nuovo carrello. L'accesso di questi è ad "altezza uomo" (I e II accesso *moving line*) come illustrato precedentemente in Figura 8.1. Sebbene i *fitting* vengano disposti sui ripiani più alti del carrello, vi è la possibilità di accedere a questo anche dal livello più basso della *moving line*. Per questo motivo sono stati presi in considerazione tutti i ripiani ai fini del calcolo del rischio posturale.

Come per la situazione *as-is*, si utilizza la tabella sotto riportata (Tabella 6.3.3).

Body Parts	Posture	As-is	Hold > 10 sec	As-is	Repetition	As-is	Forceful exertions	As-is
Hands & wrists	 <p>Flexion Radial Deviation Extension Ulnar Deviation</p>	1	Hold > 10 sec	-	Rapid, steady motion, few pauses	-	 <p>Pinch Grip Hammer</p>	1
Elbows	 <p>Supination / Pronation</p>	-	Hold > 10 sec	-	Steady motion, infrequent pauses	-	 <p>Forearm Twist / Torque</p>	-
Shoulders	 <p>Reach Forward Over Shoulder Abduction</p>	1	Hold > 10 sec	-	Steady motion, infrequent pauses	-	 <p>Push / Pull</p>	-







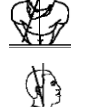





Back	  	Flexion Twist Extension	-	Hold > 10 sec	-	Steady motion, infrequent pauses	-	 Lift / Lower  Push / Pull	-
Neck	  	Flexion Twist Extension	1	Hold > 10 sec		Steady motion, infrequent pauses	-		
Legs	 	Squat Kneel	1	Hold > 10 sec	-	Steady motion, infrequent pauses	-		
Others								 Vibration Extreme Cold Temperatures  Contact Stress	-
Total Risk	5								

Tabella 6.3.3 Analisi ergonomica to-be

Terminate le valutazioni di entrambe le situazioni, viene proposto un box riassuntivo con i KPI a confronto tra la situazione *as-is* e quella *to-be* (Tabella 6.3.4).

<i>Indicatori</i>	<i>As-is</i>	<i>To-be</i>
<i>Spazio</i>	1,92 m ²	0,635 m ²
<i>Tempo di spostamento</i>	320 s/gg	-
<i>Tempo di ricerca</i>	200 s/gg	160 s/gg
<i>Rischio</i>	9	5

Tabella 6.3.4 Box riassuntivo KPI

Dunque si nota che introdurre il nuovo carrello comporta una superficie occupata minore rispetto alla situazione precedente. A livello di tempistiche, si azzerava completamente quella di spostamento e si riduce quella legata alla ricerca del materiale. Guardando la somma dei tempi, si hanno all'incirca 520 secondi/gg persi nel caso *as-is* rispetto a 160 s/gg del *to-be*. Dunque il carrello è migliorativo anche sotto questo punto di vista. Infine si abbassa di tre punti il rischio ergonomico degli operatori.

A tal proposito risulta interessante valutare il *Return Of Investment* (ROI) dello scenario *to-be*. Per far ciò si vanno a considerare tre parametri:

- 1) *Annual Operational Savings*, ossia il risparmio annuale di ore in seguito all'adozione del carrello;
- 2) *Injury Prevention Savings*, ossia il risparmio dovuto alla prevenzione dell'infortunio dell'operatore;
- 3) *Cost of Solution*, ossia il costo dell'investimento.

In altri termini:

$$ROI = \frac{\text{Annual Operational Savings} + \text{Injury Prevention Savings}}{\text{Cost of Solution}}$$

Il primo membro si ricava considerando il tempo risparmiato al giorno tramite l'introduzione del carrello, in questo caso 360 s/gg. Questo dato viene trasformato in h/pannello sapendo

quanti pannelli sono prodotti in teoria al giorno e successivamente in h/anno, considerando una media di 100 pannelli prodotti in un anno. Ottenuto il tempo risparmiato in un anno di produzione, si moltiplica questo per il costo orario dell'operatore, così da ricavare gli € all'anno risparmiati grazie all'introduzione del carrello.

Per quanto riguarda l' *Injury Prevention Savings*, è necessario prendere in considerazione sia i costi diretti che indiretti. I primi sono quelli direttamente collegabili all'evento e quindi facilmente quantificabili. Ne fanno parte i costi sanitari, legali, assicurativi, di mancata produzione ecc. In questo caso sono stati determinati utilizzando dati interni⁸ all'azienda.

I secondi invece sono costi che variano molto in base al tipo di azienda e infortunio, come danni legali o di danneggiamento d'immagine. Questi sono stati calcolati utilizzando il moltiplicatore più prudente raccomandato dal National Safety Council pari a 1,1.

Infine il costo dell'investimento è quello di acquisto dei tre carrelli.

L'analisi condotta determina una ROI⁹ pari a 5,67. Questo significa che per l'azienda è profittevole investire denaro nel nuovo carrello, in quanto gli utili ricavati dalla prevenzione degli infortuni sommati con quelli dei risparmi in termini di €/anno superano i costi dell'investimento.

⁸ Si tratta di GE US WC

⁹ Trattandosi di dati sensibili non sono stati esplicitati

CAPITOLO 7. INDUSTRIA DIGITALE

La direzione verso cui si stanno muovendo le industrie oggi è quella di una vera e propria rivoluzione digitale. Dal 2011¹⁰ si sente parlare di *Industry 4.0* con riferimento ad una fabbrica intelligente, efficiente e flessibile in cui macchine e persone comunicano e vivono in perfetta simbiosi. La *vision* è quella di aumentare la competitività e l'efficienza delle imprese industriali e manifatturiere grazie all'interconnessione e cooperazione delle risorse (impianti, persone, informazioni) mediante le tecnologie digitali [7].

Per creare una realtà di questo tipo è necessario investire in nuove tecnologie.

Il presente Capitolo indaga la situazione italiana, per analizzare il livello di digitalizzazione attuale delle imprese e la propensione a investire in questo senso. In seguito si sposta l'attenzione alla realtà di Nuovo Pignone s.r.l e, in particolare, sugli investimenti *digital* effettuati all'interno della linea dei SGP. L'obiettivo è comprendere che cosa comporti un investimento tecnologico all'interno di una realtà manifatturiera e quali implicazioni ne derivino a livello organizzativo.

¹⁰ In occasione dell'annuale Fiera di Hannover

7.1 Lo scenario europeo e italiano

La Commissione Europea ha elaborato l'indice DESI (*Digital Economy and Society Index*) per valutare lo stato di avanzamento degli Stati membri verso un'economia e una società digitali.

Questo si basa sulla valutazione di cinque aree d'indagine:

- *Connettività*, ossia la copertura della banda larga veloce ed ultra veloce;
- *Capitale umano*, inteso come il livello di competenze digitali di base ed avanzate;
- *Uso di Internet*;
- *Integrazione delle tecnologie digitali* all'interno delle imprese;
- *Servizi pubblici digitali*, come i servizi medici digitali e open data.

Di seguito è mostrato il grafico composito (Figura 7.1.1), in cui l'indice DESI¹¹ è dato dalla somma dei singoli indicatori sopra menzionati.

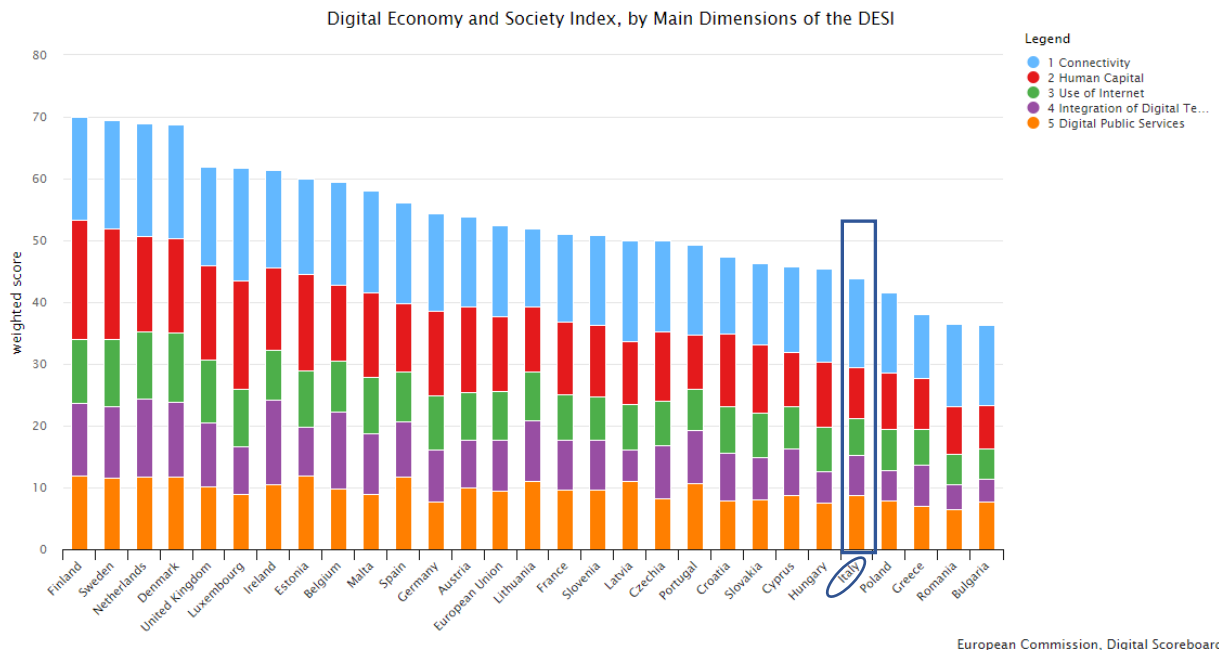


Figura 7.1.1 DESI index

L'Italia occupa il 24° posto sui 28 dell'Unione Europea.

¹¹ Aggiornato a giugno 2019

Ai fini dell'indagine qui condotta, gli indicatori di maggior interesse sono quelli riguardanti il capitale umano (in rosso) e l'integrazione delle tecnologie digitali (in viola) per i quali si procede con un'analisi più approfondita.

Per quanto riguarda le competenze digitali, la situazione aggiornata nel 2019 risulta essere quella mostrata in Figura 7.1.2.

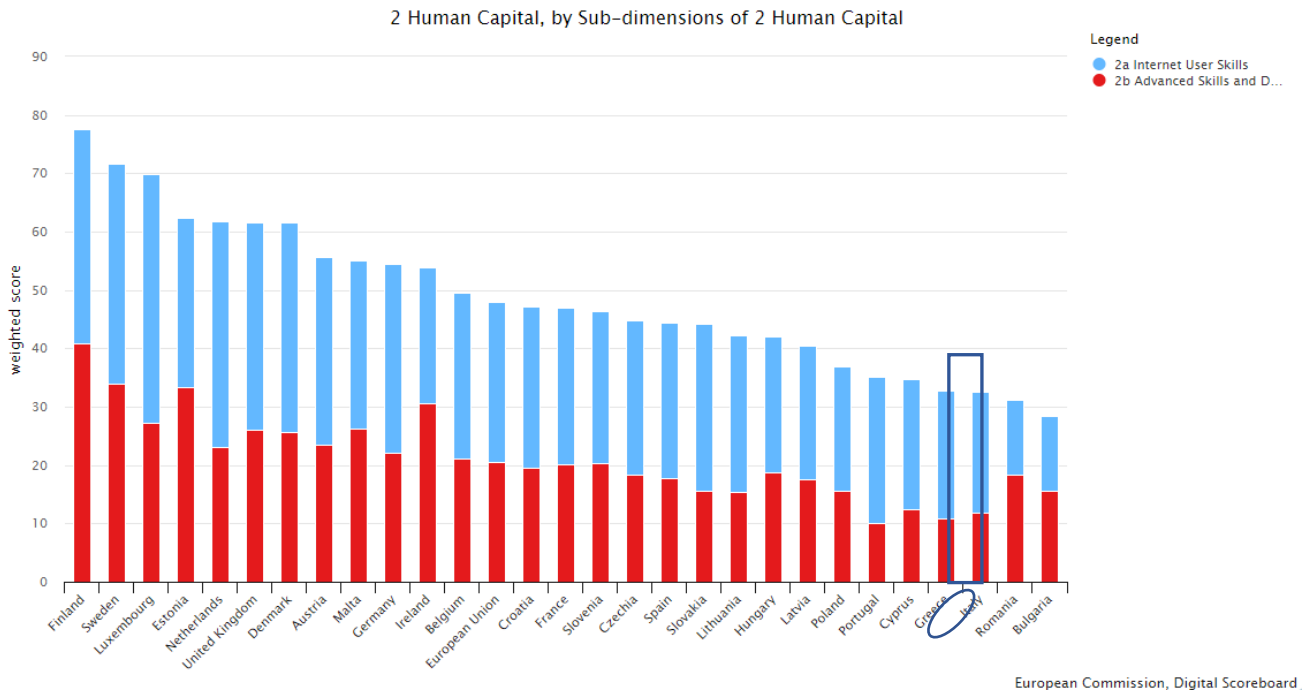


Figura 7.1.2 Capitale Umano

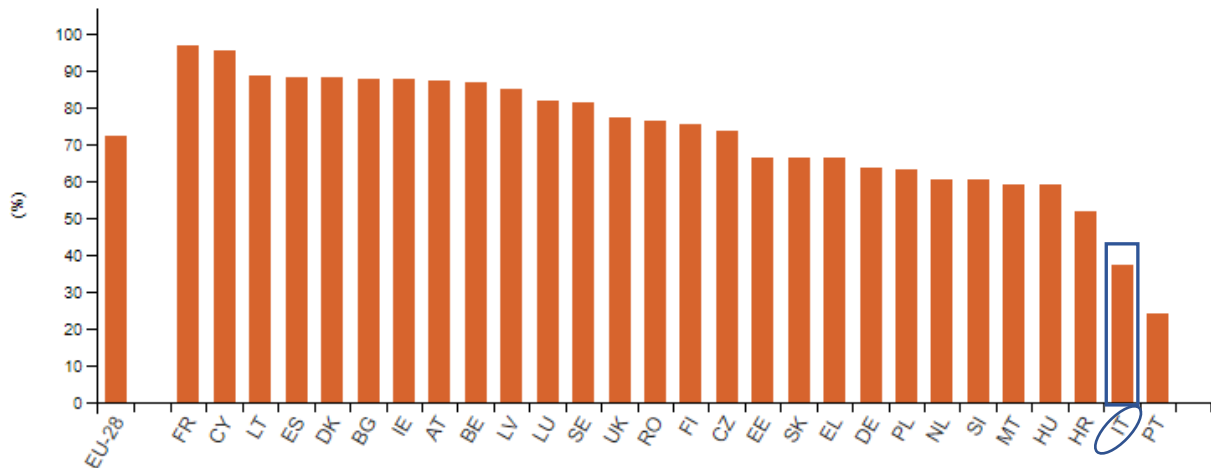
L'Italia si colloca 26° posto del ranking Europeo per quanto riguarda il livello di competenze digitali di base ed avanzate, ben al di sotto della media. Infatti soltanto il 12% della popolazione tra i 16 e 74 anni possiede competenze tecnologiche avanzate e circa il 20% quelle base.

Questi dati sono preoccupanti, se si pensa che il campo di battaglia delle industrie nell'immediato futuro sarà il digitale. La più grande criticità risulta essere l'arretratezza del sistema educativo italiano, ancora poco capace di formare i lavoratori del domani sulle tecnologie più avanzate. Un'indagine di Eurostat del 2017, mostra la composizione della forza lavoro in Europa in possesso di educazione ICT (*Information & Communication Technology*),

ossia di una qualificazione nel campo dell'utilizzo del computer, informatica, progettazione di database e network o sviluppo di software e applicazioni.

L'indagine è riportata in Figura 7.1.3.

Employed persons with an ICT education at tertiary level of education, 2017



Croatia: low reliability.

Source: Eurostat (online data code: isoc_ski_itedu)

Figura 7.1.3 Impiegati in possesso di qualifica ICT

In Italia soltanto il 37% degli impiegati possiede qualifiche ICT, collocandosi quindi al ben al di sotto della media Europea pari al 70%.

Questo dato risulta coerente con le percentuali relative all'indicatore capitale umano del DESI index. Questo fatto rappresenta il più grande ostacolo all'*Industry 4.0* in Italia: come si può affrontare una rivoluzione digitale se vi è carenza di personale competente e formato per gestire adeguatamente questa transizione?

Il secondo punto su cui vale la pena spendere parole è quello relativo all'integrazione delle tecnologie digitali all'interno delle imprese, il cui andamento è visibile in Figura 7.1.4.

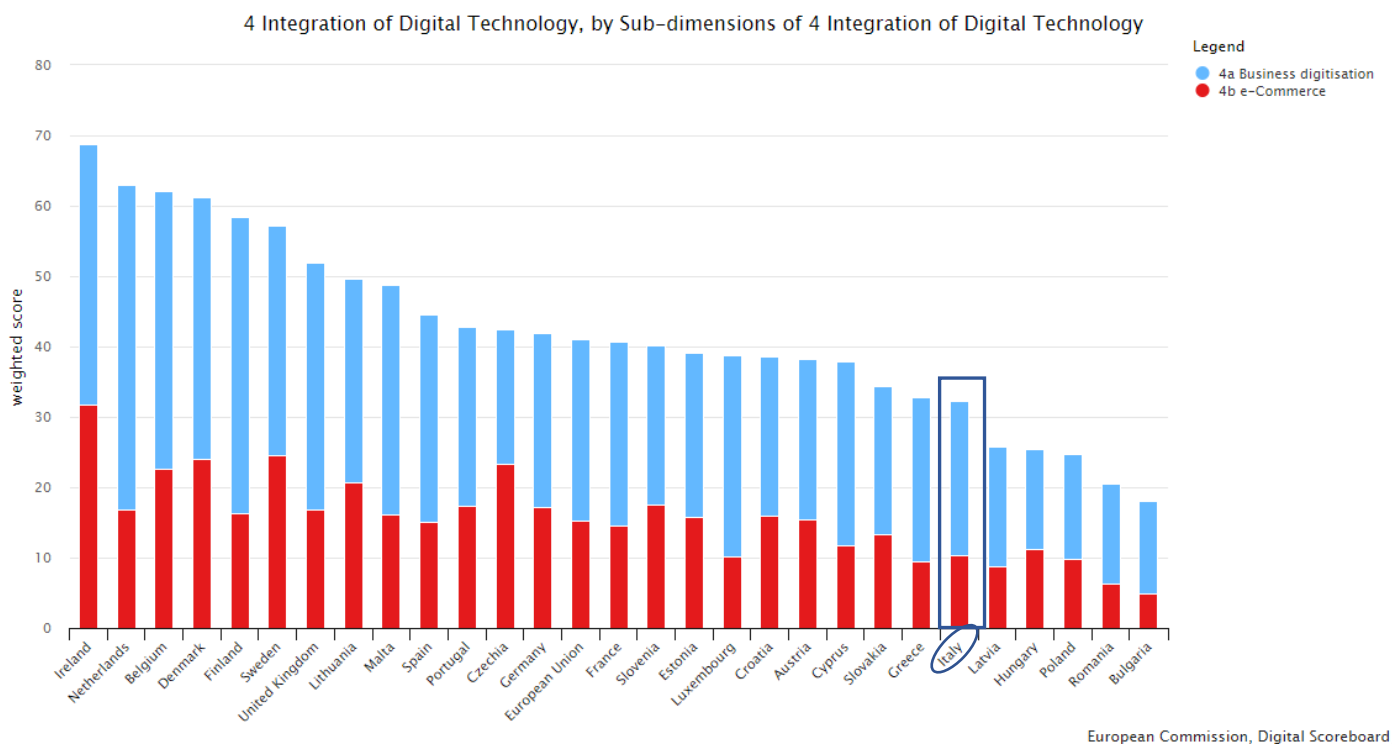


Figura 7.1.4 Integrazione delle tecnologie digitali

L'indicatore è dato dalla somma di due fattori: la digitalizzazione delle imprese e le opportunità *e-commerce*. Il primo fa riferimento alla percentuale di imprese che scambiano informazioni online, utilizzano *social media*, fanno analisi di *big data* e trovano soluzioni *cloud*. Il secondo si basa sulla percentuale di PMI che vendono online (a livello nazionale e transfrontaliero) e sulla percentuale del fatturato ricavato da vendite online.

Ad oggi l'Italia si posiziona agli ultimi posti del ranking Europeo. Tuttavia il trend sembra suggerire una spinta verso gli investimenti in ICT. Secondo una ricerca effettuata dall'Osservatorio Industria 4.0 nel 2018 su un campione di 236 imprese (di cui 172 grandi e 64 PMI) più della metà di queste ha sostenuto di trovarsi in una fase di implementazione e consolidamento di soluzioni 4.0 [8]. L'epicentro di questa diffusione *digital* sembra essere il Piano Nazionale Industria 4.0 varato nel settembre 2016 dal Ministero dello Sviluppo Economico. Più della metà degli intervistati dichiara, infatti, di aver usufruito delle forme di iper e super-ammortamento per il rinnovo dei propri *asset* tecnologici [8].

Un punto critico riguardante l'implementazione di nuove tecnologie all'interno del contesto nostrano, rimane la difficoltà di reperire, formare e trattenere in azienda le competenze digitali. Applicare i principi dell'*industry 4.0* richiede *skills 4.0*. Solo nell'ultimo anno incentivi e percorsi di formazione hanno iniziato ad essere parte integrante dell'approccio di digitalizzazione delle aziende italiane. Tale desiderio è riscontrabile dalla legge di bilancio del 2018, nella quale è stato inserito il "credito di imposta per la formazione 4.0", ossia uno sgravio fiscale sulle spese di formazione per i dipendenti. Sempre con riferimento all'indagine del 2018 dell'Osservatorio Industria 4.0, il 19% delle imprese non conosce questo tipo di incentivo e il 5% ha deciso di non sfruttarlo [8].

Si vuole, adesso, spostare l'attenzione sui settori merceologici maggiormente toccati dal progresso *digital*. Di seguito è mostrato un grafico (Figura 7.1.5) con la percentuale di imprese aventi un indice di intensità digitale molto alto all'interno dei diversi settori. I dati, forniti dalla Commissione Europea, sono aggiornati al 2018 e si riferiscono a tutta l'UE.

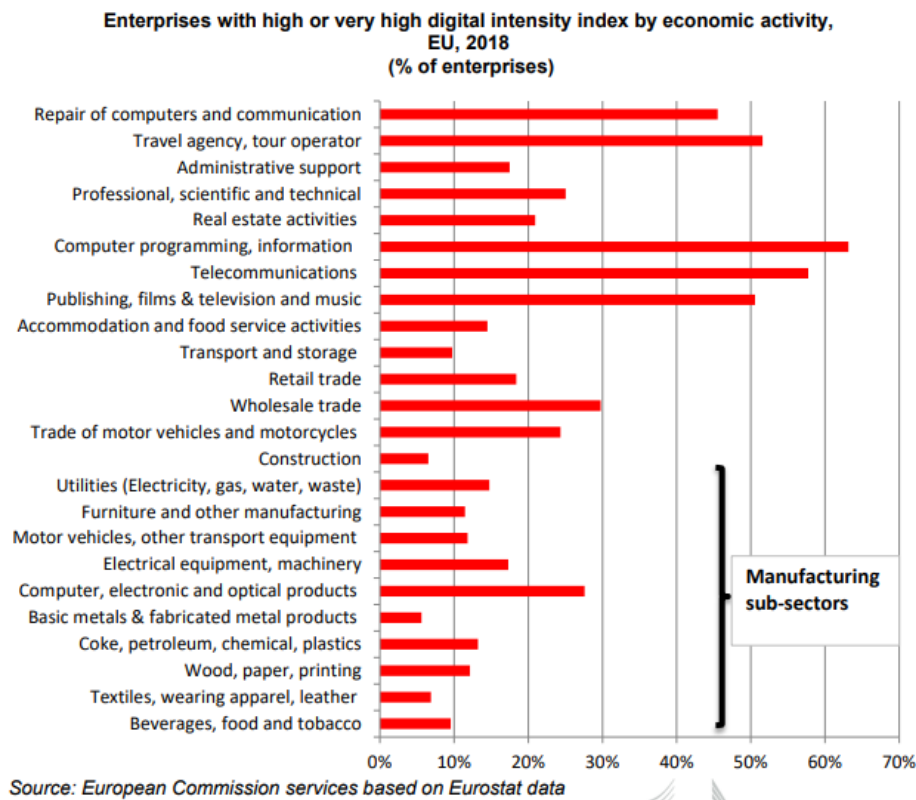


Figura 7.1.5 Imprese con intensità digitale alta nei settori merceologici

Per quanto riguarda il settore manifatturiero, produttori di elettronica e PC a parte, meno del 20% delle aziende ha un alto livello di digitalizzazione.

Tirando le somme, Nuovo Pignone s.r.l è un'azienda manifatturiera dell'Oil&Gas che si colloca all'interno di una realtà (quella italiana) che rincorre l'industria 4.0 e in un settore (quello del *manufacturing*) poco lambito dall'innovazione tecnologica.

A fronte di quanto detto, si analizza adesso l'azienda in relazione agli aspetti *digital* per comprendere effetti e implicazioni degli investimenti tecnologici.

7.2 Investimenti digital: benefici e implicazioni

La linea dei SGP a Massa è nata recentemente, nel 2017, con l'intento di ottimizzare¹² il flusso produttivo di questo componente essenziale del compressore centrifugo. Come annunciato da Messeri, allora presidente dello stabilimento: “la linea è totalmente nella logica Industria 4.0 e si fonda sulla filosofia della gestione digitale” [9]. Dunque fin dagli albori è stato chiaro l'intento *digital*, sponsorizzato direttamente dai vertici. Infatti, produrre internamente un componente come il *seal gas panel*, significava disporre di una linea altamente tecnologica, dotata di una stazione di calibrazione degli strumenti, una linea di assemblaggio automatizzata e di un robot industriale per piegare i tubi (*bending machine*).

La *Calibration Room* è la stanza in cui differenziali e manometri, la strumentazione del *seal gas panel*, sono portati al corretto range di pressione. Come già accennato al Capitolo 1, si tratta di una stanza mantenuta a precisi livelli di temperatura e umidità in modo che la calibrazione risulti il più accurata possibile. L'operatore effettua la regolazione degli strumenti sulla base delle informazioni fornite dai cicli di lavoro. Tutta l'operazione avviene sulla piattaforma digitale GSS (Gestione della Strumentazione Sapò), tramite la quale l'operatore può compilare la scheda tecnica dello strumento, tararlo e ottenere i certificati digitali da inviare direttamente al cliente. Inoltre tutta quanta la documentazione degli strumenti tarati è archiviata nella piattaforma digitale Predix, risultando quindi rintracciabile.

Creare una stazione di questo tipo significa fornire agli operatori le adeguate *skills* per lavorare con questa nuova tecnologia. L'azienda infatti dedica molte ore alla formazione dei neo-assunti, insegnando loro come muoversi all'interno della piattaforma e come regolare la macchina per calibrare nel modo corretto la strumentazione.

L'investimento che più di tutti rispecchia l'anima tecnologica della linea è quello della *bending machine*. Prima di questa, l'operazione di piegatura dei tubi era completamente manuale e demandata ad un *contractor*, il quale realizzava le diverse tipologie di *tubing* mediante l'isometrico. La Figura 7.2.1 mostra quanto detto.

¹² Maggiori dettagli al Capitolo 1



Figura 7.2.1 Realizzazione tubing manuale

L'azienda ha deciso di investire in una soluzione più tecnologica, che permettesse di realizzare in maniera automatica i tubi piegati: la *bending machine*¹³. Si tratta di un robot che piega il tubo di sei metri nei *tubing* da montare sulla commessa, utilizzando un modello 3D e minimizzando gli scarti di materiale (Figura 7.2.2).

Al Capitolo 1 si era accenato al complesso sistema di sensoristica della macchina. All'ingresso dell'area di lavoro sono presenti delle fotocellule, le quali rilevano la presenza di un'operatore e un tappeto sensibile al peso davanti alla testa della *bending machine*. Entrambi questi sensori sono collegati al *software* della macchina: non appena rilevano una presenza inviano un segnale di stop alla macchina, che immediatamente si arresta.

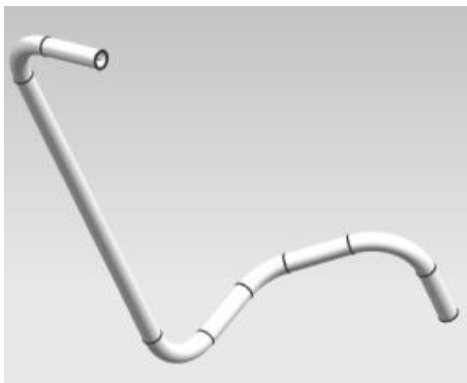


Figura 7.2.2 Modello 3D e bending machine

¹³ Per ulteriori dettagli si veda il Capitolo 1

La grande innovazione che il robot piega-tubi ha portato con sé, è la capacità di leggere un disegno 3D e ottenere come output la sequenza ottimale di tubi da piegare per minimizzare gli scarti di tubo iniziale.

Prima dell'acquisto della macchina, l'ingegneria e gli operatori non possedevano questo tipo di disegno. Di conseguenza è stato necessario un *upgrade* da parte dell'ingegneria, la quale ha iniziato a disegnare ciascun pannello in tre dimensioni, rispettando i vincoli della *bending machine*. Possedere un modello di questo tipo ha significato una riduzione del margine di errore: prima infatti l'operatore poteva collegare il punto 1 con il 2 tramite una forma qualsiasi di *tubing*, con possibilità di non ottimizzare gli spazi. Il modello 3D permette di avere fin da subito una visione chiara del percorso del *tubing* all'interno del pannello. Inoltre, nel momento in cui di una commessa vi siano più pannelli uguali tra di loro, si utilizza il medesimo modello 3D senza necessità di dover ripensare il modo in cui piegare i tubi.

Il secondo aspetto che vale la pena considerare è l'ingresso della funzione UTOF (Ufficio Tecnico) a cui spetta il compito di tradurre il disegno in un linguaggio comprensibile per la macchina. In questo caso viene utilizzata un'applicazione informatica (Unigrafica) tramite la quale si trasformano le linee di *tubing* del disegno 3D in tanti distinti *file*. Quest'ultimi sono poi girati al *software* del robot piega-tubi, il quale determina la sequenza ottimale di *tubing* da piegare per minimizzare gli scarti.

Un altro effetto dell'investimento nella *bending machine* è stata la presenza di PC e tablet in campata tramite i quali visualizzare i disegni in tre dimensioni. Questo metodo di lavoro si è rivelato particolarmente utile nel montaggio del *tubing* lungo la *moving line*. L'operatore infatti accedendo alla piattaforma digitale "Teamcenter" e inserendo l'ID identificativo del *seal gas panel*, può visualizzare il disegno in 3D. A questo punto è sufficiente selezionare uno dei *tubing* per vederne il nome corrispondente (Figura 7.2.3 a) e ricercare questo nella rastrelliera mobile posta davanti all'area di montaggio del *tubing* (Figura 7.2.3 b).



Figura 7.2.3 a Selezione tubing nel modello 3D



Figura 7.2.3 b Corrispondenza tubing su rastrelliera

Questo modo interattivo di lavorare, permette anche all'operatore meno esperto in materia di disegno industriale di riuscire a comprendere la geometria del pezzo e il modo corretto in cui assemblarlo.

L'utilizzo di una macchina (la *bending machine*) collegata alla rete, capace di comunicare con altre applicazioni digitali e raccogliere informazioni riguardo al processo eseguito ben si avvicina al concetto di *Internet of Things* (IoT), caro all'*industry 4.0*. Si tratta di un'evoluzione della rete Internet attraverso la quale ogni oggetto fisico acquisisce una sua contropartita nel mondo digitale [10].

Attualmente è in corso la messa appunto di una nuova piattaforma digitale, da installare sui PC degli operatori, per semplificare ulteriormente le azioni di apertura e visualizzazione dei disegni 3D. Il progetto, denominato *Electronic Work Instruction* (EWI), si pone come collettore di dati già esistenti. Nella pratica l'operatore che accede all'ambiente EWI ha a disposizione non soltanto il disegno 3D, ma anche tutte le informazioni a contorno come video, norme, istruzioni eccetera.

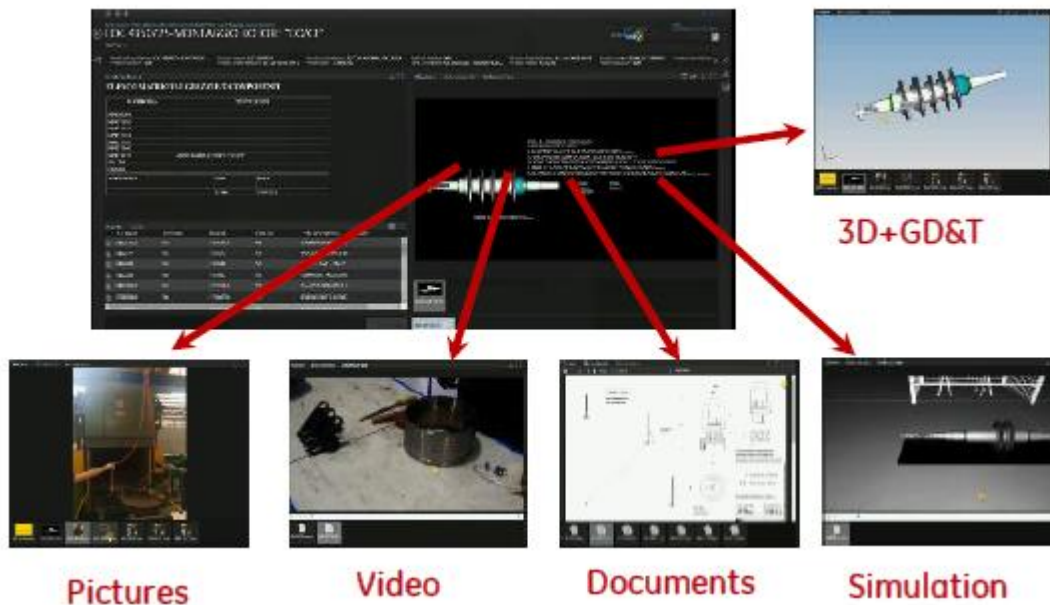


Figura 7.2.4 Piattaforma EWI

Aperto la pagina relativa ad una specifica lavorazione è possibile visualizzare il disegno 3D, la simulazione di come deve essere svolta la lavorazione, la documentazione ad essa relativa ed eventuali video e immagini chiarificative (Figura 7.2.4).

Sia l'adozione dei modelli 3D che il progetto EWI sono il riflesso di un *management* che spinge per trovare idee semplici ed efficaci che riducano i tempi di montaggio e, allo stesso tempo, che siano *digital* e al passo con l'*industry 4.0*.

Un ultimo aspetto da sottolineare è la necessità di formare tutti coloro che devono interfacciarsi con il robot piega-tubi. La *bending machine* necessita di un operatore sempre presente, il quale ha il compito di inserire il tubo vergine di sei metri e pelevare i *tubing* in uscita. Nella postazione è presente un PC, che funge da interfaccia tra la macchina e l'uomo. L'operatore qui presente deve essere abilitato al suo utilizzo e formato in caso di guasti o malfunzionamenti della macchina. Inoltre, poichè un macchinario è sempre fonte di rischio per chi lo utilizza, l'azienda deve informare sui pericoli derivanti dal suo utilizzo e sul modo in cui minimizzarli.

Quindi l'investimento tecnologico ha comportato una riprogettazione dei compiti dell'ingegneria, la quale ha dovuto comprendere come disegnare correttamente i tubi sul modello 3D in modo da soddisfare i requisiti della macchina, l'entrata dell'UTOF con un arricchimento dei propri compiti e la formazione degli operatori su come utilizzare i nuovi strumenti digitali. Si tratta dunque di un caso eclatante in cui la modernizzazione degli impianti non riduce il lavoro umano, ma lo trasforma e arricchisce. Diventare un'industria intelligente significa disporre di personale formato, che sappia interagire con questi nuovi sistemi e controllarli. Le aziende che si apprestano a investire denaro nelle nuove tecnologie dovrebbero in prima battuta chiedersi se il personale è pronto a questi cambiamenti e, in caso contrario, investire nella loro formazione. Come sottolineato al paragrafo precedente, la vera rivoluzione digitale parte dalle persone. Le macchine intelligenti sono tali nel momento in cui gli operatori sono in grado di utilizzarle, senza questa prerogativa l'investimento *digital* non frutterà benefici all'azienda.

Giunti a questo punto, risulta interessante valutare la bontà dell'investimento nella *bending machine* anche da un punto di vista economico mediante l'utilizzo di *Key Performance Indicators* (KPI), riportati in Tabella 7.2.5.

<i>Indicatore</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Unità di misura</i>
<i>Tempo di processo</i>	Esprime il tempo necessario per realizzare 100 tubi piegati	[h]
<i>Costo di manodopera</i>	Costo di realizzazione di 100 tubi piegati	[€]
<i>Consumo di materie prime</i>	Numero di tubi vergini per realizzare 100 tubi piegati	[num.pezzi]
<i>Costo materie prime</i>	Costo dei tubi vergini impiegati per realizzare 100 tubi piegati	[€]

Tabella 7.2.5 KPI

Lo scenario *as-is* è stato valutato immaginando di piegare il *tubing* a mano, tramite dati forniti dall'UTOF. Per realizzare 100 tubi piegati del medesimo diametro s'impiegano all'incirca 46 h di lavoro e 50 tubi vergini. Il costo della manodopera è pari ad x € e quello delle materie prime pari a y €¹⁴.

L'introduzione del robot piega-tubi ha permesso di piegare 100 tubi in 17 ore e utilizzando 25 tubi vergini. Il costo delle materie prime si è ridotto della metà mentre quello della manodopera del 70%. In Tabella 7.2.6 sono messi a confronto i due casi:

<i>Indicatore</i>	<i>As-Is</i>	<i>To-be</i>
<i>Tempo di processo</i>	46 [h]	17 [h]
<i>Costo manodopera</i>	x [€]	-70% x [€]
<i>Consumo materie prime</i>	50 [tubi]	25 [tubi]
<i>Costo materie prime</i>	y [€]	y/2 [€]

Tabella 7.2.6 Confronto as- is e to- be

¹⁴ I dati numerici sono stati oscurati per privacy aziendale

Si nota quindi che l'investimento nella *bending machine* ha permesso di ridurre notevolmente i costi connessi all'utilizzo di materie prime e quelli di manodopera. Inoltre la capacità produttiva è aumentata: ad oggi la macchina viene utilizzata per produrre *tubing* utilizzato anche nelle turbine a gas e nei compressori alternativi.

I KPI suggeriscono dunque un miglioramento dello scenario *to-be* rispetto alla situazione *as-is*. Volendo fare un'analisi ancor più di dettaglio, si è deciso di valutare l'investimento secondo il metodo del Valore Attuale Netto (VAN). La metodologia permette di calcolare il guadagno (o la perdita) netto dell'investimento mediante l'attualizzazione al tempo t_0 di tutti i flussi di cassa in ingresso e in uscita, utilizzando un adeguato tasso di sconto [11]. In altre parole, il VAN permette di verificare se un investimento può generare flussi di cassa tali per cui è possibile ripagare l'investimento iniziale in un determinato lasso di tempo (tipicamente 3-5 anni). Il tasso di sconto permette di confrontare flussi di cassa che avvengono in tempi diversi, in quanto possedere denaro oggi è diverso che averlo tra tre anni. Il primo infatti può essere investito o semplicemente speso mentre l'altro, per definizione, non esiste al tempo presente. Il VAN dunque viene calcolato nel modo seguente:

$$\text{VAN} = I + \frac{NCF}{1+r} + \frac{NCF}{(1+r)^2} + \dots + \frac{NCF}{(1+r)^n}$$

I rappresenta l'investimento iniziale, NCF i flussi di cassa netti ed r il tasso di sconto utilizzato per attualizzare i flussi di cassa, elevato per il numero di anni considerati.

Per identificare i flussi di cassa netti è stata utilizzata la Tabella 7.2.7. Le voci "risparmio di materie prime e manodopera" sono da intendersi come l'utile ottenuto grazie all'acquisto della *bending machine* rispetto alla situazione *as-is*. I dati sono stati estrapolati dalla Tabella 7.2.6.

Si nota che la voce "ammortamento" è presente sia prima dell'imposizione fiscale, supposta al 45%, che in seguito. Esso rappresenta un costo *non cash*, ossia non identificabile con un reale flusso di cassa in quanto l'esborso è avvenuto all'acquisto della macchina. Dunque si inserisce per fini puramente finanziari, essendo di fatto uno scudo fiscale.

I dati, inseriti allo scopo di comprendere il differente ordine di grandezza delle voci e giungere alla formulazione del VAN, sono puramente indicativi.

	<i>t=0</i>	<i>t=1</i>	<i>t=2</i>	<i>t=3</i>
<i>Ammortamento [€]</i>		-133,33	-133,33	-133,33
<i>Costo formazione [€]</i>		-2		
<i>Risparmio MP [€]</i>		+100	+100	+100
<i>Risparmio MDO [€]</i>		+300	+300	+300
<i>Consumo energia [€]</i>		-10	-10	-10
<i>Utile lordo [€]</i>		+254,66	+256,66	+256,66
<i>Imposte (45%)</i>		*(-45%)	*(-45%)	*(-45%)
<i>Utile netto [€]</i>		+140,06	+141,16	+141,16
<i>Acquisto bending [€]</i>	-400			
<i>Ammortamento [€]</i>		+133,33	+133,33	+133,33
NET CASH FLOW	-400	+273,39	+274,49	+274,49

Tabella 7.2.7 Net Cash Flow

Ottenuti in questo modo i *net cash flow*, è possibile calcolare il VAN. L'investimento sarà da considerarsi accettabile se quest'ultimo risulta positivo.

Come tasso di sconto si considerato un valore pari a 0,84¹⁵.

Dai dati ottenuti e applicando la formula del VAN di cui sopra, si ottiene un valore pari a :

$$VAN = 3847 > 0$$

L'acquisto della *bending machine* si conferma essere positivo anche dal punto di vista finanziario, tanto che in tre anni i flussi di cassa permettono di ripagare l'investimento.

¹⁵ Il decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 28 dicembre 2018 ha definito un tasso di sconto pari a 0.84 (in vigore dal 1 gennaio 2019)

CONCLUSIONI

Lo studio presso Nuovo Pignone s.r.l ha permesso di toccare argomenti caldi nel panorama industriale attuale, quali la metodologia snella e l'*Industry 4.0*.

Per quanto riguarda il primo punto, sono stati illustrati i benefici derivanti dall'implementazione delle tecniche *lean* in termini di eliminazione delle attività non a valore aggiunto. In particolare, dalla conoscenza e implementazione dei principi *Lean Manufacturing*, è stato realizzato un progetto di ottimizzazione del materiale di commessa. Il carrello mobile si presenta come un modo intelligente di lavorare all'interno della linea dei *seal gas panel*, in quanto permette di eliminare i seguenti muda:

- occupazione di spazio calpestabile;
- movimentazioni non necessarie del materiale di commessa;
- ricerca del materiale (attese)
- rischio ergonomico dell'operatore.

Dall'analisi costi-benefici effettuata è emerso che gli elementi positivi apportati dalla soluzione sono superiori al costo per sostenerli e permettono di ottenere un ritorno dell'investimento (ROI) positivo.

Si tratta di un esempio virtuoso per tutte le aziende che decidono di applicare i principi di *Lean Manufacturing* al proprio *business*: analizzare la situazione *as-is*, individuare gli sprechi e identificare soluzioni semplici ma efficaci per eliminare tali attività, risulta essere una metodologia vincente per abbattere i costi e migliorare la salute di coloro che operano all'interno dell'azienda.

L'altro tema toccato dallo studio è quello riguardante l'industria "intelligente". Le statistiche parlano di una generale arretratezza italiana in questo campo rispetto ad altri Paesi Europei. Tuttavia esistono realtà in cui i primi passi verso un'*Industry 4.0* sono già stati mossi e si continua ad investire in tecnologie all'avanguardia, come nel caso di Nuovo Pignone s.r.l.

L'analisi condotta all'interno della linea dei *seal gas panel* ha permesso di estrapolare alcuni punti chiave sull'impatto che le nuove tecnologie hanno sull'organizzazione e sul modo di lavorare. In primis, il messaggio di investire in nuove tecnologie deve essere sponsorizzato direttamente dai vertici così come la predisposizione di un *budget* adeguato. In seguito è necessario valutare se l'investimento sia conveniente per l'azienda, ossia se in un lasso di tempo predefinito si possa recuperare il denaro speso per acquistare la tecnologia. Infine, bisogna assicurarsi di disporre di personale competente e formato per lavorare adeguatamente con la nuova macchina o *software* e, laddove vi siano lacune, investire in corsi di aggiornamento e formazione.

Per concludere la trattazione, vale la pena soffermarsi sul significato di *digital* all'interno della filosofia *Lean Manufacturing*. Possono le due correnti sposarsi o, al contrario, si escludono a vicenda?

L'automazione intelligente può essere un grande acceleratore della metodologia snella, contribuendo a manifestare con più vigore i suoi benefici. Tuttavia questa ha bisogno di essere compresa appieno ed implementata prima di intraprendere un percorso di ammodernamento degli impianti produttivi. Il rischio, infatti, è quello di automatizzare gli sprechi. In sostanza le due metodologie si rafforzano a vicenda, amplificando gli effetti benefici l'una dell'altra ma è fondamentale aver ben chiaro in mente dove si vuole arrivare. Se non vi è questo presupposto, gli sforzi di digitalizzazione risulteranno vani.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] <http://www.immaginiamoilfuturo.it/4259-2/>
- [2] https://www.leancompany.it/it/il-lean-negli-anni/alle-origini-del-lean_16.html
- [3] <https://www.makeitlean.it/blog/lean-production-7-sprechi>
- [4] Bernardo Nicoletti, 2010, "Gli strumenti del Lean & Digitize", Franco Angeli
- [5] https://www.leancompany.it/it/il-lean-negli-anni/i-principi-del-lean_17.html
- [6] <https://www.kanban.it/it/>
- [7] https://blog.osservatori.net/it_it/industria-4-0-quarta-rivoluzione-industriale
- [8] https://www.osservatori.net/it_it/osservatori/industria-4.0
- [9] <http://toscana24.ilsole24ore.com/art/oggi/2017-11-10/nuovo-pignone-investe-massa-154212.php?uuid=gSLA7HKfUC>
- [10] https://blog.osservatori.net/it_it/industrial-iot-definizione-applicazioni
- [11] <http://www00.unibg.it/dati/corsi/238455/29288-Meoli%20EOA%203.2.pdf>

RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare innanzitutto la professoressa Cristina Mora, i cui consigli e suggerimenti sono stati preziosi ai fini della stesura della tesi.

In seguito rivolgo un caloroso ringraziamento all'Ing. Giulio Leonardo Cuscianna, il quale mi ha accompagnata durante i miei primi passi all'interno del mondo lavorativo e il cui aiuto è stato fondamentale per la redazione della tesi di laurea.

Esprimo tutta la mia graditudine al direttore del *plant* di Massa, Massimiliano Turci, per avermi accolta all'interno dello stabilimento, ai colleghi di ufficio che mi hanno fatta sentire a mio agio fin dal primo giorno di lavoro e agli operatori della linea dei *seal gas panel* i quali mi hanno aiutata a comprendere ogni singolo dettaglio del processo produttivo.

Ringrazio di cuore tutte le mie amiche perchè mi hanno sostenuta e accompagnata durante questo difficile percorso.

Uno speciale ringraziamento va a Mattia, che ha saputo gestire i miei momenti di sconforto e starmi vicino nonostante tutto.

Infine voglio regalare un immenso grazie alla mia famiglia, che ha sempre creduto in me anche quando io non ci credevo abbastanza e senza i cui sforzi e incoraggiamenti io non sarei qui. Grazie davvero!

Infine lascio l'ultimo ringraziamento a me stessa perchè, pur affrontando tanti ostacoli, sono giunta a destinazione.