



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

---

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

**Studio ed applicazione sperimentale di un processo di digitalizzazione dei cartellini di produzione mediante tecniche di process mining e process modeling**

**Study and experimental application of a production sheets digitization process through process mining and process modeling techniques**

*Relatore:*

**Prof. Michele Germani**

*Correlatore:*

**Massimo Fedeli**

*Tesi di Laurea di:*

**Claudia Mozzoni**

**A.A: 2018/19**



# Sommario

1.	Introduzione .....	5
2.	Vision e mission: il Kaizen .....	9
3.	Virtual Production Document system (VPRD system).....	11
3.1	Sistema gestionale ERP (Enterprise Resource Planning) e la generazione dei cartellini di produzione.....	12
3.2	La produzione .....	14
3.3	Indagine sui processi di produzione industriale .....	18
3.3.1	Fase di osservazione e raccolta d'informazioni tramite interviste agli operatori .....	18
3.3.2	Fase di mappatura dei processi: activity diagram .....	20
3.3.2.1	Panoramica sul processo aziendale.....	20
3.3.2.2	Requisiti della mappatura: il Business Process Modeling (BPM) .....	21
3.3.2.3	Rappresentazione dei processi: Lucidchart e linguaggio BPMN .....	22
4.	Monitoraggio dei processi aziendali.....	31
4.1	Introduzione al Process Mining .....	32
4.1.1	Funzionalità del process mining .....	34
4.2	Analisi dei dati di tracciabilità di un ordine .....	39
4.2.1	Definizione event log.....	39
4.2.1.1	Proprietà degli event data .....	40
4.2.2	Sistema di tracciabilità.....	41
4.2.2.1	Costruzione degli event log degli ordini .....	42
4.3	Modellazione dei processi in Rete di Petri .....	45
4.3.1	La Rete di Petri.....	46
4.3.2	Modellazione in Rete di Petri .....	47
4.4	Conformance checking .....	49
4.4.1	Risultati sull'analisi alignment-based .....	56
4.4.2	Computo della fitness media modello-log .....	61
5.	Attività conseguenti all'implementazione del sistema paperless .....	62

5.1	Introduzione della nuova modalità di stampa cartellini di produzione: eliminazione della <i>combination line</i> .....	63
5.2	Modifica del concetto di lot table .....	69
5.3	Introduzione trasporti con AGV.....	71
5.3.1	Gestione dei trasporti.....	72
5.3.2	Generazione VPR .....	73
5.3.3	Workflow Manager.....	75
5.4	Calcolo pesi unitari .....	77
6.	Business Process Reengineering (BPR) .....	82
6.1	Modello di processo 'to be' .....	83
7.	Conclusioni .....	88
	Bibliografia e sitografia.....	90
	Ringraziamenti.....	91



# 1. Introduzione

Il seguente lavoro di tesi è stato realizzato in concomitanza ad un periodo di tirocinio curriculare presso la sede YKK Mediterraneo Spa di Ascoli Piceno.

Il Gruppo YKK è leader mondiale in accessori ed è anche attivo nella produzione di articoli per edilizia, nell'engineering, nell'agricoltura, nell'allevamento, nell'optoelettronica. Attualmente conta circa 40.000 dipendenti ed una produzione complessiva, per tutti gli stabilimenti YKK nel mondo, che supera i 2.000.000 km annui di chiusure lampo.

Attualmente il Gruppo YKK è presente in 71 tra Stati e regioni sul territorio mondiale e la sua struttura di management si divide in sei blocchi: 1- Nord e Centro America, 2- Sud America, 3- Europa, Medio Oriente e Africa (EMEA), 4-China, 5- Asia, 6-Giappone. Questa suddivisione è importante perché permette al Gruppo di adattarsi alle diverse entità locali.

La YKK Mediterraneo Spa è la consociata italiana del Gruppo YKK, leader mondiale negli accessori per chiusura; fondata nel 1968, è costituita dalla sede centrale a Pero (MI) e da varie unità produttive dislocate sul territorio.

L'unità operativa di Ascoli Piceno (YKK Mediterraneo Spa) produce cursori, galvaniche, minuterie metalliche e bottoni a pressione. YKK si avvale da sempre delle tecnologie più avanzate che, assieme ad una gestione precisa ed equilibrata di tutte le attività, permettono a tutte le aziende del gruppo di raggiungere sempre la soddisfazione del cliente finale senza tralasciare il rispetto e la tutela delle norme ambientali. L'attività di YKK Italia si suddivide principalmente in quattro divisioni di business:

- Zipper (chiusure lampo e loro componentistica);
- Textile and Plastic (nastri a strappo, cordoncini, elastici, fibbie, ferma corda, passanti);
- Snap and Buttons (bottoni e rivetti jeans, bottoni a pressione, occhielli, minuterie metalliche in genere);
- FTS o Field Technical Service (YKK noleggia ai propri Clienti macchine di lavorazione che permettono l'applicazione o la trasformazione dei prodotti con elevata efficienza).

Il lavoro ha come scopo l'analisi dei processi produttivi per un'attività di ottimizzazione/re-work in ottica di un progetto di più grande portata chiamato VPRD (Virtual Production Document system).

La realizzazione di tale sistema, generalmente definito 'paperless', ha origine dalla costruzione di un modello che descriva l'azienda dal punto di vista delle operazioni fisiche (processi) e del trasferimento dati (sistema di tracciabilità e sistema gestionale).

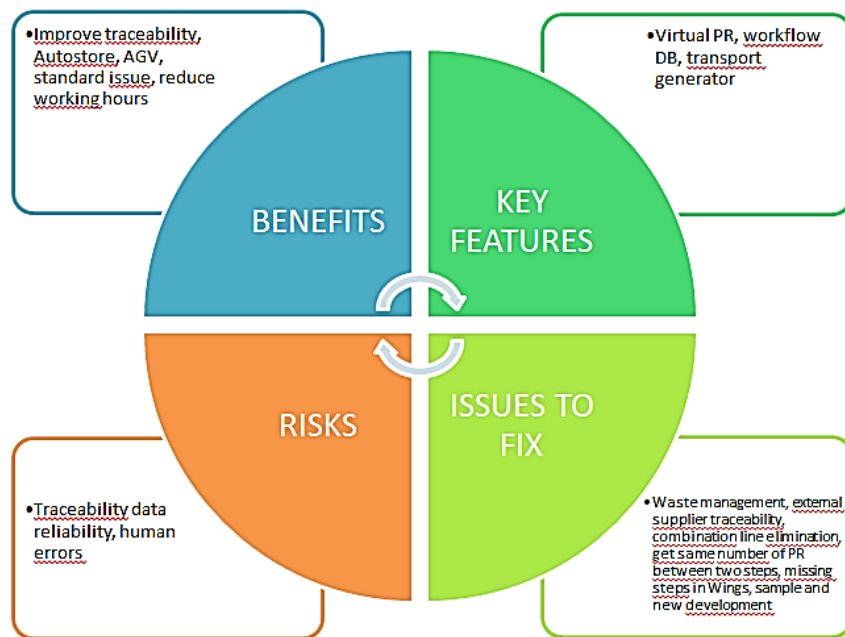


Figura 1 - Features, benefits, issue and risks: Analisi rischi-benefici

Si scelgono come fattori critici di successo la riduzione di costi e lead time produttivi, ottenuta attraverso il raggiungimento dei seguenti obiettivi: eliminazione della stampa collettiva dei cartellini di produzione e installazione di sistemi di trasporto automatizzati quali veicoli a guida automatica (AGV) e magazzino automatizzato (Autostore); il primo per seguire strettamente la schedulazione effettuata dal sistema gestionale, mentre il magazzino Autostore per consentire di fornire in maniera efficiente i prodotti necessari per la produzione. Infine, il sistema di navette automatizzate AGV per la movimentazione efficiente del materiale tra i vari reparti.

Il VPRD Manager è un sistema che ha come finalità la gestione dell'informazione in formato solo digitale e questo può essere concretizzato mediante l'interazione tra il sistema gestionale (Wings) e quello di tracciabilità; tra le funzionalità principali vi sono la generazione di PR virtuali, VPR-cassetta e trasporti.

Si pensa ad una sostituzione dei cartellini di produzione cartacei con equivalenti di tipo elettronico al fine di consentire una più efficiente associazione ai contenitori di semilavorati; in questo modo non si rende necessaria un'attività manuale di ricerca dei prodotti in caso di disallineamento nella correlazione cartellino-cassetta.

All'eliminazione del cartaceo segue un flusso d'informazioni che arriva all'operatore attraverso dispositivi palmari e computer; in particolare, con il cosiddetto 'collective issue' (stampa collettiva dei cartellini), nel caso in cui il sistema Wings esegua una rischedulazione della produzione, l'operatore non può esserne informato poiché i cartellini sono stati già stampati. Per questo si avrebbe un aumento della quantità di ore lavorative per sostituire manualmente i cartellini errati; infatti, nel collective issue avviene l'emissione di tutti i cartellini riguardanti gli step produttivi che caratterizzano ciascun item, stampati e posti all'interno

della relativa cassetta prodotti. Ogni volta che uno step è realizzato, se ne tiene traccia eliminando fisicamente il cartellino di una specifica lavorazione, preparando così il materiale per lo step successivo. Si tratta, quindi, di un'operazione semplice da attuare ma che non consente alcuna rischedulazione.

Il PR virtuale permette, invece, di compiere un cambiamento grazie alla stampa giornaliera dei cartellini di produzione per il giorno successivo e, ogni volta che uno step è completato, il relativo cartellino di produzione è rimpiazzato da quello indicante lo step successivo. Il vantaggio è sicuramente la possibilità di seguire prontamente la rischedulazione effettuata dal sistema gestionale Wings, di converso è maggiore il carico di lavoro.

Un requisito, invece, per il buon funzionamento dei sistemi di movimentazione AGV e il magazzino automatico Autostore è un miglioramento dell'attuale sistema di tracciabilità, per contemplare tutti i dati relativi alle varie movimentazioni effettuate sul materiale prodotto e ricostruire, quindi, il reale layout produttivo. Oltre ciò, sarà possibile sfruttare le potenzialità che un sistema AGV è in grado di offrire nella movimentazione del materiale coadiuvato da un magazzino automatico (Autostore) come centro di smistamento.

In particolare, affinché il sistema di AGV lavori propriamente, è necessario che arrivino informazioni circa il luogo in cui prelevare e quello in cui scaricare il materiale per la lavorazione; tutto ciò è realizzato dal sistema VPRD stesso il quale processa i dati provenienti da Wings (tracciabilità) e genera informazioni sul trasporto. Quest'ultime sono apprese dal workflow DB il quale, partendo dalle informazioni ricavate da Wings, le arricchisce con percorsi aggiuntivi non contemplati in Wings (esempio trasporto da magazzino a reparti). Segue la connessione tra record del trasporto e codice a barre della cassetta del materiale da trasportare ogni volta che quest'ultima è completata.

In sintesi, le informazioni che saranno visualizzate sono: la lista di tutte le cassette entranti e uscenti dai reparti, la data d'inizio stimata e quella di completamento del cartellino produttivo e il reparto di arrivo e di destinazione della cassetta; quindi l'operatore andrà a selezionare quale cassetta l'AGV deve prendere prima secondo le necessità produttive.

La gestione del magazzino automatizzato Autostore, infine, prevede l'emissione di due picking list di materiale: una manuale e una automatica; quest'ultima è creata dal sistema VPRD grazie alle informazioni provenienti dal sistema gestionale Wings in formato digitale, quindi senza avvenuta stampa fisica dei cartellini di produzione. Dettaglio importante: ogni giorno viene programmato alle ore 22 l'invio di tale lista al magazzino per la preparazione notturna del materiale. Dopo che l'Autostore processa tale documento e, quindi, convoglia il materiale richiesto verso l'esterno, il sistema VPRD assegna a ciascuna cassetta un PR virtuale e il corrispondente record sul trasporto (di chiamata e d'invio della navetta). Queste due tipologie d'informazioni saranno utilizzate dal sistema di gestione AGV il quale, una volta indirizzate le navette verso il magazzino e caricate tali cassette, ne apprende il reparto di destinazione.

In seguito, ci si soffermerà sull'aspetto del progetto che riguarda la digitalizzazione dei cartellini di produzione: lo scopo è l'analisi e la modellazione delle attività e della tracciabilità di ogni singolo processo 'as-is' (process modeling) per dedurre, attraverso l'utilizzo di strumenti di process mining, quali di questi sottoporre a revisione e definire, quindi, un modello di processo 'to-be' coerente con l'idea di 'paperless'.

## 2. Vision e mission: il Kaizen

Kaizen (改善) è la composizione di due termini giapponesi, KAI (cambiamento, miglioramento) e ZEN (buono, migliore), letteralmente cambiare in meglio. Negli anni '80 l'industria nipponica ha ottenuto svariati successi, in particolare grazie alla filosofia di business della Toyota. È in questo contesto che nel 1986 Masaaki Imai ha coniato il termine "Kaizen", per indicare la volontà di "miglioramento continuo da parte delle aziende giapponesi.

Dal punto di vista economico il Kaizen è finalizzato a contenere i costi di produzione, aumentando l'efficienza dei vari fattori produttivi collegati alla microeconomia aziendale.

Il Kaizen viene inquadrato all'interno dei sistemi di gestione per la Qualità e si lega con le altre seguenti filosofie:

- il Lean manufacturing (produzione snella);
- il Total Quality Management (TQM - Gestione della qualità totale);
- il Just in time (JIT - abbattimento delle scorte);
- il kanban (metodo per la reintegrazione costante delle materie prime e dei semilavorati);
- la Riprogettazione dei processi aziendali;
- lo Statistical process control (controllo statistico dei processi).

La YKK Mediterraneo, facente parte del gruppo multinazionale YKK Corporation, ha da sempre inglobato nella propria filosofia questi concetti produttivi, per ottenere i migliori risultati economici e mantenere la propria posizione predominante nel proprio mercato di riferimento.

A tutto ciò si aggiunge anche il fattore umano e non meramente economico, preso di riferimento dal pensiero del fondatore di YKK, il visionario Tadao Yoshida: "Un'azienda è un membro importante della società, e in quanto tale deve coesistere con gli altri membri della società stessa. Il suo valore le verrà riconosciuto in base ai benefici che potrà condividere con gli altri".

Egli sosteneva che il benessere non può prosperare se non è condiviso: per questo motivo l'azienda lavora assumendo quali valori portanti della sua attività l'attenzione alla qualità della vita, la condivisione del benessere e la pari dignità tra gli individui.

Questo approccio, denominato "Il Ciclo del Benessere" si concretizza, ad esempio, nel rispetto e nella tutela dell'ambiente garantito da lavorazioni con impianti all'avanguardia che riducono al minimo l'impatto ambientale al fine di garantire la prosperità delle comunità locali in cui YKK è inserita.

La particolare attenzione verso i propri Clienti, intesa come soddisfazione delle loro esigenze per contribuire a migliorarne la competitività e il successo, rappresenta un elemento centrale del Ciclo del Benessere. Questa cura verso il Cliente è garantita dalla professionalità dell'Azienda ma soprattutto da un prodotto di eccellenza. Anche la tecnologia è un elemento importante del Ciclo del Benessere. L'utilizzo di

tecnologie all'avanguardia garantisce infatti una più elevata efficienza produttiva oltre che la salvaguardia di ambiente e persone.

Attraverso una politica di continui investimenti in tecnologia e creatività YKK assicura ai propri Clienti tutti i benefici offerti dalle tecnologie più moderne e dalle idee più innovative. Per questo, ogni consociata del gruppo EMEA, tra cui anche YKK Italia, dispone di un centro di Ricerca e Sviluppo che si occupa costantemente del miglioramento dei processi produttivi e dello sviluppo di nuove soluzioni.

La costante collaborazione fra centro di Ricerca e Sviluppo e l'area commerciale permette a YKK Italia di trasformare le richieste di mercato o dei singoli clienti, in prodotti innovativi e funzionali rispondendo sia ad esigenze di personalizzazione che alla realizzazione di nuovi articoli suggeriti direttamente dal cliente.

Il gruppo YKK ha firmato nel 1994 una Carta per la Tutela dell'Ambiente nella quale tutte le consociate si impegnano ad assicurare sicurezza e prosperità verso tutti mantenendo l'equilibrio con l'ambiente circostante. Tutte le attività che si svolgono sono volte alla promozione di misure compatibili con l'ambiente dal design dei prodotti, alla manifattura, all'uso ed al riciclo dei materiali.

Con un'applicazione della norma UNI EN ISO 14001, YKK ha concretizzato il proprio impegno ad uno sviluppo sostenibile in grado di bilanciare equamente una soddisfacente crescita economia e di qualità della vita con il rispetto dell'ambiente basato su un attento monitoraggio e riduzione degli impatti, ottimizzazione dell'uso delle risorse naturali e progressiva riduzione dell'utilizzo di sostanze pericolose.

Gli obiettivi sono il mantenimento di un ambiente di lavoro sano e sicuro e della prevenzione di infortuni, malattie o danno alla salute dei dipendenti, dei partners, dei clienti della società civile.

Al fine di verificare il progressivo raggiungimento degli obiettivi di sicurezza e salute, YKK adotta un sistema di indicatori di risultato soggetti a monitoraggio costante. Tali indicatori mirano ad evidenziare la capacità del sistema di ridurre nel tempo i costi, umani ed economici, della Sicurezza e Salute, coniugando l'efficienza economica con il benessere. Vengono svolte inoltre azioni di reporting periodico su tali indicatori consentendo all'azienda di adottare i necessari accorgimenti nel corso del riesame periodico <sup>[7]</sup>.

### 3. Virtual Production Document system (VPRD system)

Il sistema *VPRD Manager* (*Virtual Production Document system*) presenta un'architettura complessa (fig. 2) dovuta ai molti settori coinvolti nel progetto: dal livello strategico-direzionale, di pianificazione, al livello operativo.

L'organizzazione dispone, inoltre, di un sistema informativo che consente un collegamento diretto tra i vari livelli (dal sistema gestionale ERP sino ai dispositivi mobili di cui gli operatori sono forniti).

La sua realizzazione, quindi, necessita di una visione del layout produttivo per poter essere implementato e per la corretta installazione dei nuovi dispositivi automatici.

Per questo si è resa indispensabile la costruzione di un modello che descriva l'azienda dal punto di vista delle operazioni fisiche (processi) e del trasferimento dati (sistema di tracciabilità e sistema gestionale); questa attività prende il nome di *process modeling*.

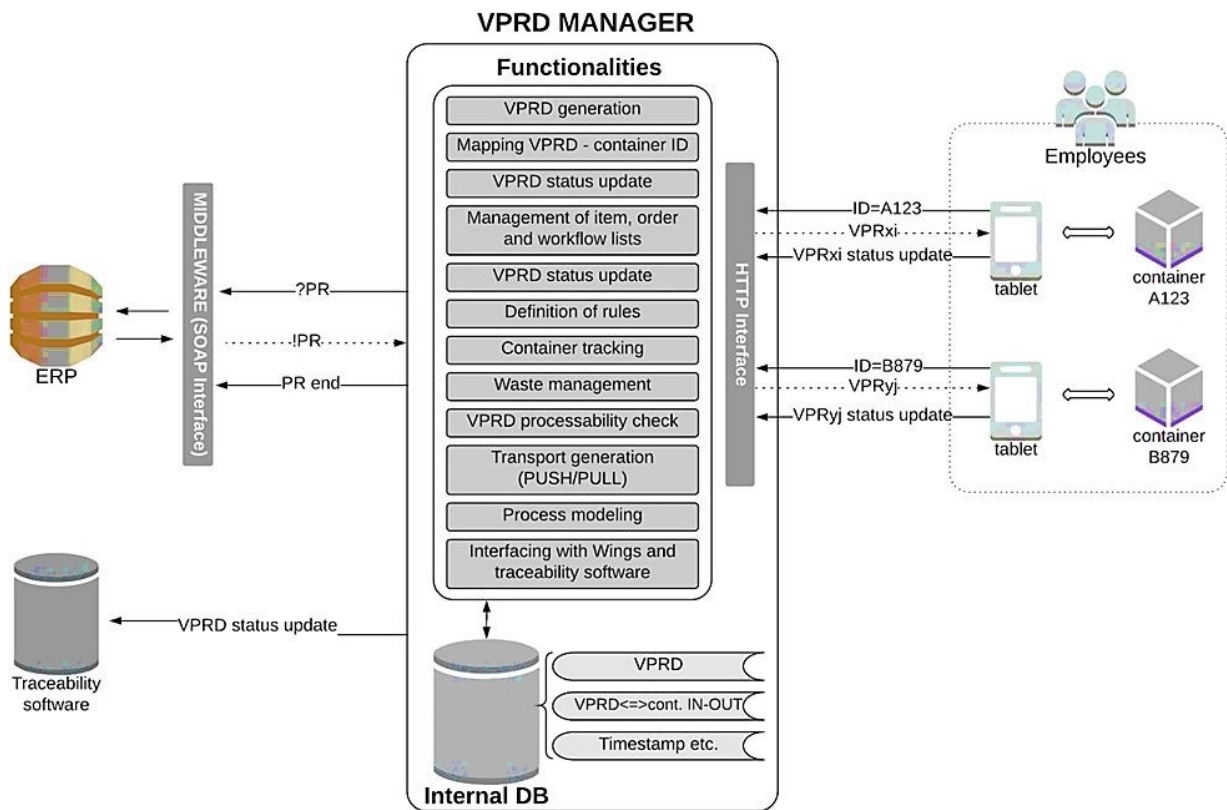


Figura 2 - VPRD Manager- Architecture

### 3.1 Sistema gestionale ERP (Enterprise Resource Planning) e la generazione dei cartellini di produzione

L'Enterprise Resource Planning ("pianificazione delle risorse d'impresa", ERP) è un software informatico di gestione che integra tutti i processi di business rilevanti di un'azienda (vendite, acquisti, gestione magazzino, contabilità ecc.) contribuendo ad implementare attività quali il controllo di inventari, il tracciamento degli ordini, i servizi per i clienti, la finanza e le risorse umane.

I sistemi ERP tipicamente sono caratterizzati da tre fattori:

- Un *database* comune per tutte le applicazioni, in tal modo non ci sono problemi di aggiornamento dei dati, al contrario di quanto avviene nei sistemi a isole
- Una *struttura modulare*: ciò consente una grande interoperabilità tra i gruppi funzionali
- Un *approccio prescrittivo*; questo tipo di approccio favorisce la business process reengineering (BPR), inoltre inverte il solito paradigma del programma che si adatta alla funzione.

Le componenti di cui dispone vengono elencate di seguito:

- Contabilità
- Controllo di gestione
- Gestione del personale
- Gestione degli acquisti
- Gestione dei magazzini
- Material Requirements Planning - Pianificazione del fabbisogno dei materiali.
- Gestione della produzione
- Gestione progetti
- Gestione delle vendite
- Gestione della distribuzione
- Gestione della manutenzione impianti
- Gestione degli Asset

Ma il fulcro dell'azienda è costituito dalla capacità di generare i cartellini di produzione, a partire dagli ordini che vengono arrangiati e sulla base delle priorità e necessità produttive.

Sono cartellini fisici che consentono la produzione e la movimentazione dei materiali.

L'obiettivo è quello di evitare la sovrapproduzione che è lo spreco più impattante sulle performance di un sistema produttivo; è un metodo operativo per far circolare le informazioni in modo sistematizzato all'interno dell'azienda ed eventualmente tra azienda e fornitori eliminando la necessità di sistemi complessi di programmazione della produzione.



Il cartellino di produzione si configura come un cartellino quadrato cartaceo che contiene le informazioni necessarie per produrre e movimentare componenti e materiali nel sistema produttivo. Di conseguenza rappresenta il motore dell'attività dell'azienda gestendo in modo automatico la quotidianità degli ordini di lavoro, consentendo ai responsabili di occuparsi di risolvere le criticità e di sviluppare i miglioramenti del sistema.

Le informazioni che generalmente si possono trovare su un cartellino kanban sono:

- Il codice del componente interessato
- Il fornitore di quel componente
- Il cliente che lo richiede
- La quantità da produrre
- Altre informazioni personalizzate

I cartellini vengono posizionati all'interno di una cassetta che contiene una quantità prefissata di un componente. Una volta che il materiale viene lavorato, il cartellino viene sostituito con quello successivo ad indicare la lavorazione successiva.

I flussi produttivi cosiddetti 'pull' non necessitano di risorse dedicate alla programmazione della produzione e hanno il vantaggio di eliminare l'Effetto Forrester.

Alcuni dei benefici che l'utilizzo di questo sistema è in grado di offrire alle aziende sono:

- Eliminazione della sovrapproduzione
- Aumento della flessibilità nella risposta alla domanda del cliente
- Semplificazione del sistema informativo legato alla produzione
- Maggior integrazione nella catena dei processi che vanno dai fornitori fino ai clienti

Ogni cartellino identifica un prodotto o componente e indica da dove arriva e dove deve andare.

Gli attributi principali di questo sistema sono:

1. I contenitori (carrelli, pallets..) devono sempre contenere lo stesso numero predefinito di pezzi.
2. L'area di parcheggio dei contenitori, sia pieni che vuoti, è fissa e predefinita.
3. Un cartellino Kanban contiene sempre lo stesso predefinito numero di pezzi (quantità base).
4. I cartellini devono necessariamente essere affissi ai contenitori.
5. Un contenitore pieno si può spostare solo se ha il cartellino.
6. Un cartellino mostra: la descrizione del pezzo, il suo codice, la quantità di pezzi nel contenitore, la quantità totale di pezzi da produrre <sup>[2]</sup>.

## 3.2 La produzione

Il cuore di un'azienda è costituito dalla produzione dei beni che vengono forniti ai Clienti.

La produzione è un'attività mediante la quale sono combinati i fattori produttivi (risorse, informazioni, tecnologia, capitale, lavoro, ecc..) per creare un bene o un servizio. È un processo di trasformazione della materia per creare prodotti utili (utilità) in grado di soddisfare, in modo diretto o indiretto, i bisogni del cliente. Il processo di trasformazione ha luogo nelle imprese, che decidono sia la quantità di produzione (output) sia la modalità di produzione (processo produttivo e tecnologia). Al termine del prodotto produttivo l'impresa ha realizzato il prodotto (bene/servizio) ed utilizzato in parte le risorse iniziali.

La produzione in *YKK Mediterraneo* è caratterizzata da una modalità di vendita (quella che viene indicata come asse del mercato) sia su commessa (si costruiscono prodotti già venduti), sia a magazzino (si vendono prodotti già costruiti). Nella *produzione su commessa*, sono realizzati prodotti su specifica dal cliente per commesse singole o ripetute; nello specifico, in una produzione su *commessa singola* vengono fabbricati prodotti unici, in genere in numero molto limitato, su specifiche dal cliente, con elevato grado di personalizzazione e volumi di produzione ridotti (gamma di prodotti molto ampia e differenziata). Quindi, c'è sensibilità dei clienti a qualità, innovazione, velocità e affidabilità delle consegne. In una produzione su *commessa ripetuta*, invece, vengono realizzati prodotti differenziati per clienti stabili, con forniture scaglionate nel tempo e anche in questo caso i clienti risultano sensibili a qualità, velocità e affidabilità delle consegne, flessibilità alla varietà e ai volumi e grado di innovazione.

La *produzione a magazzino* è caratterizzata da

- Ordine del cliente preceduto dalla produzione
- Vendita di prodotti già fabbricati
- Prodotti spesso poco differenziati (prodotti standard)
- Sensibilità dei clienti a prezzo, velocità di consegna e qualità

Le modalità di realizzazione del prodotto è per parti (manifatturiera), ma anche per processo.

In una *produzione manifatturiera* (produzione di parti) il prodotto è composto da un numero finito di componenti discreti, con possibilità di fare il percorso a ritroso tornando dal prodotto ai componenti e il processo produttivo è costituito tipicamente da due fasi:

- *fabbricazione*: insieme delle operazioni che modificano forma, dimensioni e/o stato superficiale di singole parti
- *assemblaggio*: insieme delle operazioni di montaggio di parti singole per formare un assieme

In una *produzione per processo*, invece, gli elementi originari costituenti il prodotto finale non sono facilmente identificabili, quindi il prodotto non è scomponibile a ritroso poiché i componenti originari non sono più distinguibili o hanno cambiato natura.

Il sistema di produzione

Insieme di:

- operatori
- macchine
- utensili
- dispositivi di trasporto e posizionamento
- magazzini ed entità di stoccaggio intermedio
- sistemi computerizzati

collegati tra loro da un flusso comune di materiali e informazioni per la realizzazione dei processi produttivi

- Dal punto di vista economico è il sistema che permette di realizzare l'aggiunta di valore al materiale di partenza

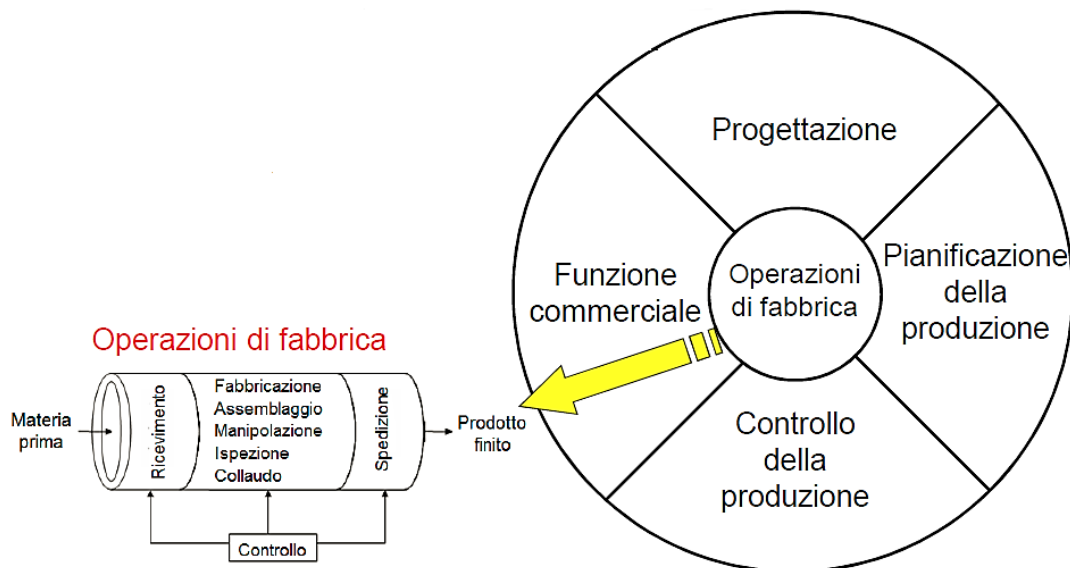


Figura 3 - Flusso produttivo

Le funzioni tecniche hanno a che fare direttamente con il prodotto e avvengono all'interno della fabbrica (chiamate anche operazioni di fabbrica); le funzioni organizzative sono costituite dall'insieme delle procedure di organizzazione e gestione della produzione. Comprendono le seguenti attività:

- Business
- Progettazione
- pianificazione della produzione
- controllo della produzione

Queste sono realizzate attraverso il sistema di supporto alle decisioni.

Il ciclo di elaborazione delle informazioni in un sistema di supporto alla produzione può essere rappresentato come:

- Funzione commerciale: principale mezzo di comunicazione con il cliente, apre e chiude il ciclo di elaborazione informazioni, comprende attività quali previsioni di vendita, ricevimento degli ordini (ordine per produrre un prodotto su specifiche del cliente, ordine del cliente per acquistare prodotti realizzati su specifiche del produttore, ordine interno basato su previsioni di domanda futura di prodotti realizzati su specifiche del produttore), contabilità, fatturazione.
- Progettazione del prodotto: attività che, partendo da norme tecniche, calcoli, specifiche e disegni, porta alla definizione delle specifiche, riassunte all'interno di un progetto, necessarie alla realizzazione del prodotto. Può essere svolta all'interno dell'ufficio progettazione del cliente, in co-progettazione cliente-produttore e all'interno dell'ufficio progettazione del produttore
- Pianificazione della produzione: Consiste nell'insieme delle attività necessarie alla realizzazione del:
  - piano di processo: permette di generare il piano di processo (ciclo di fabbricazione e/o di assemblaggio) riportante le informazioni dettagliate sulla fabbricazione e/o l'assemblaggio del prodotto; piano ottenuto con tecniche computerizzate (CAPP, Computer Aided Process Planning) effettuando lo studio di fabbricazione del prodotto; anello di congiunzione tra progettazione e produzione
  - piano aggregato di produzione: APP: Aggregate Production Planning; pianificazione che permette di organizzare e assegnare le risorse esistenti e verificarne la adeguatezza alla domanda richiesta (bilanciamento tra capacità disponibile e capacità richiesta); Il termine aggregato sottolinea il raggruppamento fatto senza considerare i dettagli che distinguono i singoli prodotti
  - piano principale di produzione: MPS, Master Production Schedule; principale anello di collegamento tra alta dirigenza e produzione; permette di definire tipologia e quantità di prodotti da realizzare e termini entro i quali i prodotti devono essere consegnati
  - piano dei fabbisogni dei materiali: MRP, Material Requirement Planning; per ogni tipo di prodotto, fornisce la quantità di ciascun componente da ordinare o da produrre in ogni intervallo di tempo assegnato; input dell'MRP per ciascun tipo di prodotto: piano MPS, livello attuale di magazzino, distinta dei materiali, tempo di produzione, lead time degli ordini per ciascun componente
  - piano della capacità: CP, Capacity Planning; tiene conto della capacità del sistema di ottenere i livelli di produzione richiesti; fornisce il bilanciamento tra la capacità necessaria e quella disponibile operando su: livelli di magazzino, n° dei turni lavorativi, quantità di risorse usate per la produzione, ammontare degli ordini di produzione accettati
- Controllo della produzione:
  - Regola e controlla le operazioni fisiche della produzione

- Flusso delle informazioni dal controllo alla fabbrica e viceversa
- Relativo al controllo di reparto, delle scorte, di qualità e dei fornitori
- Controllo di reparto: si occupa del monitoraggio del prodotto man mano che viene lavorato, assemblato, movimentato e ispezionato, consiste fundamentalmente nella assegnazione dei lavori ai centri di lavorazione, ovvero emissione di ordini di lavoro attraverso l'assegnazione dei compiti a ciascun centro di lavorazione, e sequenziamento dei lavori assegnati a ciascun centro di lavorazione, ovvero definizione delle sequenze con cui i lavori assegnati sono svolti in ciascun centro di lavorazione
- Controllo delle scorte: si sovrappone al controllo di reparto; ha lo scopo di bilanciare il livello di magazzino; spesso associata all'attività di riduzione delle scorte; principali ragioni legate al fatto che le scorte rappresentano una voce di costo, vincolano risorse utilizzabili per altre finalità e comportano costi per stoccaggio, movimentazioni, tasse e deterioramento. Le scorte, quindi, hanno valore ⇒ l'obiettivo non è eliminarle ma azzerare quelle non necessarie
- Controllo di qualità: ha il compito di far sì che il prodotto rispetti le specifiche di progetto attraverso controlli a vari stadi di produzione, ispezioni al ricevimento dei materiali e dei componenti acquistati, il collaudo del prodotto finito per assicurarne la qualità funzionale e l'aspetto
- Controllo dei fornitori: requisito dichiarato nell'ambito del Manuale della Qualità e richiamato come fondamentale anche dalle norme di buona fabbricazione. Obiettivi: acquistare prodotti/servizi con il migliore rapporto costo/beneficio, selezionare fornitori affidabili e con prodotti di qualità, garantire nel tempo prodotti di qualità costante, ridurre o evitare le non conformità. Processo il più possibile definito, strutturato e documentato <sup>[8]</sup>.

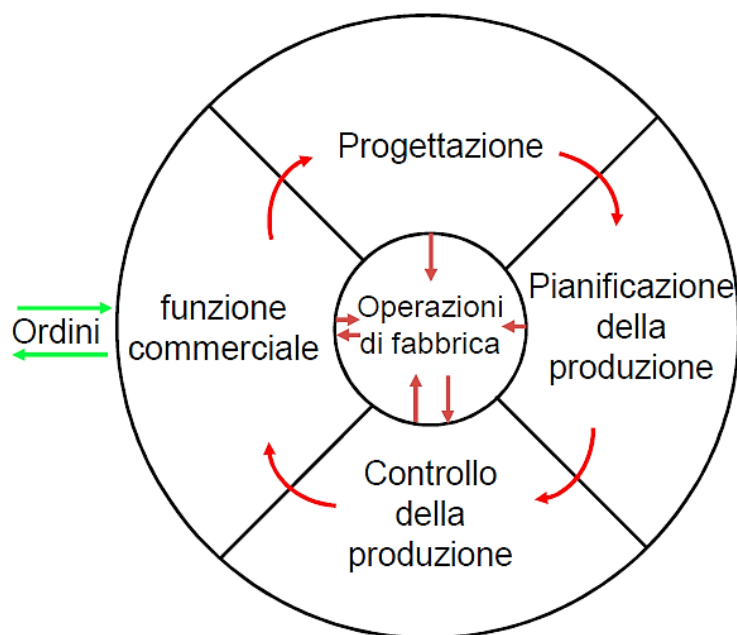


Figura 4 - Ciclo Produttivo

### **3.3 Indagine sui processi di produzione industriale**

Si esegue un'analisi approfondita dei processi che caratterizzano la produzione dell'azienda, per evincere non solo l'andamento del flusso produttivo, ma anche i dati riguardanti la tracciabilità dei prodotti.

Nel realizzare tale studio è necessario prendere in considerazione diversi aspetti:

- le relazioni che esistono tra le diverse entità (impianti, reparti, magazzini, etc.) presenti nello stabilimento
- il flusso del materiale tra i vari reparti produttivi
- il flusso delle informazioni tra i vari reparti produttivi

Tutte queste considerazioni sono definite per ciascun reparto.

L'obiettivo di questa prima fase è quello di fornire una rappresentazione chiara e dettagliata dei processi che vengono eseguiti all'interno dell'azienda, attraverso lo sviluppo delle seguenti fasi:

- *Fase di osservazione e raccolta d'informazioni tramite interviste agli operatori*
- *Fase di redazione activity diagram*

#### **3.3.1 Fase di osservazione e raccolta d'informazioni tramite interviste agli operatori**

Data l'elevata varietà di articoli prodotti, si sceglie di impostare lo studio dei processi dapprima distinguendo i prodotti in due macrocategorie, sulla base della lega utilizzata per la loro realizzazione:

- Prodotti in zama
- Prodotti in ottone

L'apprendimento consiste nell'osservazione diretta e nella testimonianza di operatori/capi reparto ottenuta mediante interviste svolte all'interno di ciascun reparto.

Le informazioni tratte da questa indagine sono riassunte qui di seguito:

- Descrizione del processo
- Attori coinvolti
- Layout
- Relazioni tra i processi
- Interazioni con la tracciabilità
- Interazioni con il sistema gestionale

I reparti di produzione coinvolti nell'analisi sono:

- Pressofusione
- Stampaggio
- Assemblaggio
- Servizio flussi

- Galvanica
- Verniciatura
- Magazzino
- Imballaggio
- Controlli
- Telaio

Il *processo di pressofusione* è lo stadio a monte della catena di produzione e riguarda la lavorazione di una lega, la zama, composta da zinco, alluminio, magnesio e rame, utilizzata per la realizzazione di componenti per zip.

YKK Mediterraneo Spa, specializzata nella realizzazione di particolari per l'abbigliamento e accessori moda, sceglie di utilizzare questo materiale perché costituito da:

- Elevata durezza, da cui deriva un'elevata resistenza agli urti, all'usura ma anche a corrosione, soprattutto a seguito di processi di finitura galvanica che consentono di incrementare questa proprietà
- Basso costo
- Possibilità di rilavorazione degli articoli in zama pressofusi, si prestano infatti particolarmente bene alle successive lavorazioni di finitura superficiale (pulitura, lucidatura, trattamenti galvanici, ecc.).

Il *processo di stampaggio a freddo* è un processo produttivo a monte della catena di produzione; si tratta di un processo di deformazione ad alta velocità di lamiera metallica tagliata a misura precisa e poi trasportata in una successione di stampi per ottenere la forma desiderata.

Vantaggi dello stampaggio a freddo:

- Velocità
- Precisione dimensionale
- Qualità / finitura superficiale
- Riduzione / eliminazione di residui della lavorazione

YKK Mediterraneo Spa utilizza materiali quali ottone, alluminio, rame e acciaio stampati a freddo per la produzione di componenti per zip (corpi GS, tirette, cover, lock-in) ma anche prodotti S&B (bottoni).

Il *processo di assemblaggio* consiste nell'unione fisica dei componenti mediante l'utilizzo di macchine specifiche, realizzate dal gruppo YKK.

Il *reparto servizio flussi* si occupa dello smistamento dei cartellini di produzione e dell'approntamento del materiale. Inoltre gestiscono il carico e lo scarico della merce dai *magazzini*.

Nei *reparti galvanica e verniciatura* i prodotti subiscono dei trattamenti superficiali per ottenere la finitura richiesta dal cliente, depositando sostanze chimiche sul prodotto. Gli impianti di questi reparti possono essere a rotobarile o a *telaio*; nel primo caso i componenti vengono lavorati all'interno di un cestello, a contatto l'uno con l'altro, nel secondo caso vengono posizionati su telai. In questo modo si evita il contatto

reciproco che potrebbe diminuire la qualità del prodotto finito, per questo motivo le finiture preziose vengono realizzate a telaio, con costi maggiori.

A valle del processo di realizzazione dei prodotti, vengono effettuati i *controlli* finali in un'apposita area dello stabilimento. Questi possono essere di carattere funzionale ed estetico, infatti vengono testati diversi parametri quali resistenza meccanica, durata nel tempo, conformità ai toni colore approvati dal cliente in fase di sviluppo.

Accertata la conformità, il prodotto finito viene trasferito in *imballaggio* e preparato alla spedizione verso il cliente.

### **3.3.2 Fase di mappatura dei processi: activity diagram**

Tutte le informazioni vengono successivamente raccolte e documentate attraverso l'utilizzo di una piattaforma che permetta di mappare i processi e avere quindi un'immediata comprensione grazie alla semplicità del linguaggio grafico. Questa tipologia di rappresentazione prende il nome di '*activity diagram*'.

#### **3.3.2.1 Panoramica sul processo aziendale**

Un processo di produzione industriale è l'insieme delle fasi che comportano la trasformazione di un prodotto grezzo in un prodotto finito a valore aggiunto attuata da macchinari e attori coinvolti.

Ciascuna fase è composta da diverse attività, ovvero operazioni su oggetti fisici o informativi svolte dagli operatori, non scomponibile ulteriormente.

Il processo è a sua volta articolato in sottoprocessi, quindi parti (gruppi di attività) del processo complessivo che contribuiscono nel raggiungimento dell'obiettivo generale, e coordinati attraverso un flusso di informazioni (*workflow*) formalizzando compiti e responsabilità di tutti gli stakeholders che intervengono nel processo.

I processi che vengono presi in considerazione sono detti *primari*, cioè quelli che concorrono alla realizzazione dell'output destinato al cliente, mentre vengono tralasciati quelli di *supporto* (gestione risorse umane, approvvigionamenti). Tra questi, rientrano nell'analisi i *processi gestionali* (o di controllo), cioè quelli che determinano gli obiettivi di medio-lungo termine nella pianificazione di breve termine e controllano il raggiungimento degli obiettivi, e i *processi operativi* che realizzano gli obiettivi stessi (fig. 5).



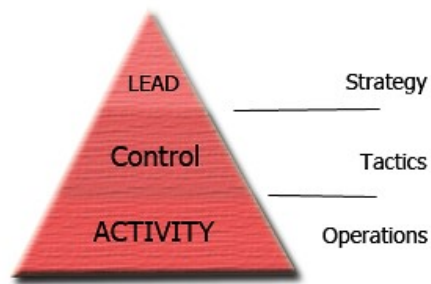


Figura 5: modello piramide di R.N. Anthony

Mentre nei processi operativi la grande maggioranza delle decisioni sono di tipo strutturato (dati esatti, analitici), ossia regole ben determinate, nei processi gestionali sono prevalenti decisioni di semi-strutturate (dati sintetici, dati consuntivi) [2].

### 3.3.2.2 Requisiti della mappatura: il Business Process Modeling (BPM)

I requisiti di implementazione della mappa di un processo sono:

- Input
- Attività e relazioni
- Output
- Punti di decisione ed alternative
- Actors
- Altri elementi (procedure, documenti, dati)

Il Business Process Modeling (BPM) è l'attività di rappresentazione dei processi aziendali dove manager ed analisti tendono a migliorare l'efficienza e l'efficacia dei processi aziendali, ovvero a ridurre i costi e ad accrescere la qualità per la soddisfazione del cliente.

L'attività di rappresentazione dei processi aziendali è normalmente suddivisa in:

- rappresentazione della situazione attuale, detta "as-is"
- rappresentazione della situazione futura desiderata, detta "to-be"

La mappatura dei processi reali ("as-is") e di quelli a tendere ("to-be") sono due attività di analisi nettamente distinte, che portano a definire i miglioramenti necessari per passare dai processi rilevati nell'"as-is" a quelli formalizzati nel "to-be". Gli interventi possono essere di tipo incrementale ed essere inclusi nell'ambito del BPM, oppure di tipo radicale, aprendo così la tematica della reingegnerizzazione dei processi aziendali (Business Process Reengineering o BPR). Gli interventi possono riguardare sia la tecnologia che l'organizzazione, e comportano normalmente anche un'attività di formazione sui nuovi processi [3].

### 3.3.2.3 Rappresentazione dei processi: Lucidchart e linguaggio BPMN

La rappresentazione dei processi si avvale di un metodo semplice e diffuso che è il *diagramma di flusso* (*flow chart*). Si tratta di un grafo in cui i nodi rappresentano le attività e gli archi la loro corrispondenza; ciascun arco orientato esce da un'attività ed entra in un'altra, determinandone la loro sequenza cronologica. Le attività vengono disposte su diverse righe in corrispondenza delle varie figure aziendali che le svolgono. Tra i metodi di rappresentazione grafica dei processi più diffusi troviamo il *Business Process Modeling Notation (BPMN)*, sviluppato dal Business Process Management Initiative (BPMI), la cui versione 2.0 è stata rilasciata nel gennaio 2011.

Business Process Model and Notation (BPMN) è uno standard per la modellazione dei processi aziendali che fornisce una notazione grafica per specificare i processi aziendali in un Business Process Diagram (BPD). L'obiettivo è supportare la gestione dei processi aziendali fornendo una notazione intuitiva per gli utenti aziendali (dagli analisti aziendali che creano e perfezionano i processi, agli sviluppatori tecnici responsabili della loro attuazione e i dirigenti aziendali che li monitorano e li gestiscono), ma in grado di rappresentare una semantica di processo complessa.

I modelli BPMN si avvalgono di quattro categorie di elementi di base:

- Flow objects (events, activities, gateways)
- Connecting objects (sequence flow, message flow, association)
- Swim lanes (pool, lane)
- Artifacts (data object, group, annotation)

1. *Event*: è rappresentato con un cerchio e indica qualcosa che accade (rispetto a un'attività, che è qualcosa che viene fatto). Le icone all'interno del cerchio indicano il tipo di evento (ad es. Una busta che rappresenta un messaggio o un orologio che rappresenta l'ora). Gli eventi sono anche classificati come catching (ad esempio, se la cattura di un messaggio in arrivo avvia un processo) o throwing (come il lancio di un messaggio di completamento al termine di un processo).

*Start event*: funziona come un trigger di processo; indicato da un bordo stretto singolo e può essere solo Catch, quindi viene mostrato con un'icona (contorno) aperta.

*Intermediate event*: rappresenta qualcosa che accade tra gli eventi di inizio e fine; è indicato da un doppio bordo e può lanciare o catturare (usando le icone solide o aperte come appropriato). Ad esempio, un'attività potrebbe fluire verso un evento che lancia un messaggio a un altro pool, in cui un evento successivo attende di ricevere la risposta prima di continuare.

*End event*: rappresenta il risultato di un processo; indicato da un singolo bordo spesso o in grassetto, e può solo lanciare, quindi viene mostrato con un'icona solida.



Figura 6 - Rappresentazione grafica degli eventi

2. *Activity*: è rappresentata da un rettangolo ad angolo arrotondato e descrive il tipo di lavoro che deve essere eseguito. Un'attività è un termine generico per il lavoro svolto da un'azienda. Può essere atomico o composto.

*Task*: rappresenta una singola unità di lavoro che non è o non può essere suddivisa in un ulteriore livello di dettaglio dei processi aziendali. Viene definita attività atomica. Un'attività è l'attività di livello più basso illustrata in un diagramma di processo. Una serie di attività può rappresentare una procedura di alto livello.

*Sub-process*: utilizzato per nascondere o rivelare livelli aggiuntivi di dettagli sui processi aziendali. Quando viene compresso, un processo secondario è indicato da un segno più contro la linea inferiore del rettangolo; quando espanso, il rettangolo arrotondato si espande per mostrare tutti gli oggetti di flusso, gli oggetti di collegamento e gli artefatti. Un processo secondario viene definito attività composta. Ha i suoi eventi di inizio e fine autonomi; i flussi di sequenza dal processo padre non devono oltrepassare il limite.

*Transaction*: una forma di sottoprocesso in cui tutte le attività contenute devono essere trattate nel loro insieme; vale a dire, devono essere completati tutti per raggiungere un obiettivo e se uno di essi fallisce, devono essere tutti compensati (annullati). Le transazioni sono differenziate dai sottoprocessi espansi essendo circondate da un doppio bordo.

*Call Activity*: un punto nel processo in cui viene riutilizzato un processo globale o un'attività globale. Un'attività di chiamata è differenziata da altri tipi di attività da un bordo in grassetto attorno all'area di attività.

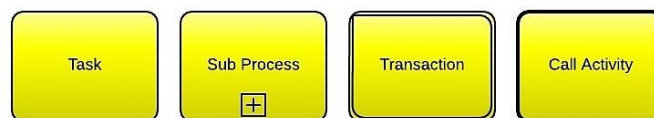


Figura 7 - Tipologie di attività

3. *Gateway*: è rappresentato a forma di diamante e determina il biforcamento e l'unione dei percorsi, a seconda delle condizioni espresse.

*Exclusive*: utilizzato per creare flussi alternativi in un processo. Poiché è possibile prendere solo uno dei percorsi, viene chiamato esclusivo.

*Event Based*: la condizione che determina il percorso di un processo si basa su un evento valutato.

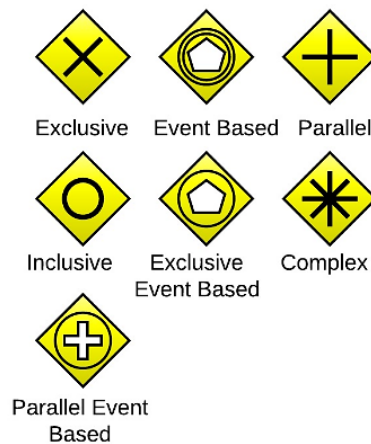
*Parallel*: utilizzato per creare percorsi paralleli senza valutare alcuna condizione.

*Inclusive*: utilizzato per creare flussi alternativi in cui vengono valutati tutti i percorsi.

*Exclusive Event Based*: è in corso la valutazione di un evento per determinare quali percorsi si escluderanno a vicenda.

*Complex*: utilizzato per modellare comportamenti di sincronizzazione complessi.

*Parallel Event Based*: due processi paralleli vengono avviati in base a un evento, ma non esiste una valutazione dell'evento.



**Figura 8 - Tipologie di Gateway**

4. Connections: I Flow Objects sono collegati tra loro usando i Connections Objects, che sono di tre tipi: sequenze, messaggi e associazioni.

*Sequence Flow*: un flusso di sequenza è rappresentato con una linea continua e una punta di freccia e mostra in quale ordine vengono eseguite le attività. Il flusso di sequenza può anche avere un simbolo all'inizio, un piccolo diamante indica uno di un numero di flussi condizionali da un'attività, mentre una barra diagonale indica il flusso predefinito da una decisione o attività con flussi condizionali.

*Message Flow*: un flusso di messaggi è rappresentato con una linea tratteggiata, un cerchio aperto all'inizio e una freccia aperta alla fine. Ci dice quali messaggi scorrono attraverso i confini dell'organizzazione (cioè tra i pool). Un flusso di messaggi non può mai essere utilizzato per connettere attività o eventi all'interno dello stesso pool.

*Association*: un'associazione è rappresentata con una linea tratteggiata. È usato per associare un Artefatto o testo a un Oggetto Flusso e può indicare una direzionalità usando una punta di freccia aperta (verso l'artefatto per rappresentare un risultato, dall'artefatto per rappresentare un input ed entrambi per indicare che è letto e aggiornato). Nessuna direzionalità viene utilizzata quando l'artefatto o il testo sono associati a una sequenza o a un flusso di messaggi (poiché tale flusso mostra già la direzione).

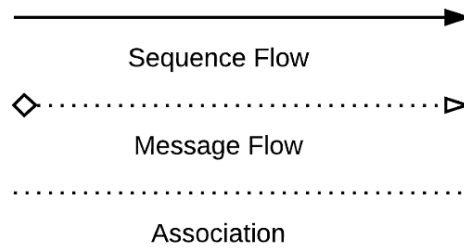


Figura 9 - Tipologie di connessioni

5. Le Swimlanes sono un meccanismo visivo di organizzazione e classificazione delle attività, basate sul diagramma di flusso interfunzionale, e in BPMN sono costituite da due tipi:

*Pool:* rappresenta i principali partecipanti a un processo, in genere separando diverse organizzazioni. Una piscina contiene una o più corsie (come una vera piscina). Una piscina può essere aperta (ovvero, mostrando i dettagli interni) quando è rappresentata come un grande rettangolo che mostra una o più corsie, o è crollata (cioè, nascondendo i dettagli interni) quando è rappresentata come un rettangolo vuoto che allunga la larghezza o l'altezza del diagramma.

*Lane:* utilizzato per organizzare e classificare le attività all'interno di un pool in base alla funzione o al ruolo e rappresentato come un rettangolo che allunga la larghezza o l'altezza del pool. Una corsia contiene gli oggetti flusso, che collegano oggetti e artefatti (artifacts)

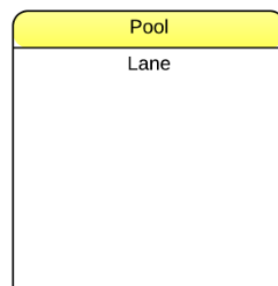


Figura 10 – Swimlanes

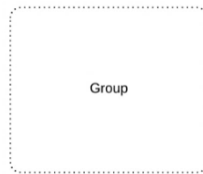
6. Gli artefatti (*artifacts*) consentono agli sviluppatori di portare alcune informazioni in più nel modello / diagramma. In questo modo il modello / diagramma diventa più leggibile. Esistono tre manufatti predefiniti e sono:

*Data objects:* gli oggetti dati mostrano al lettore quali dati sono richiesti o prodotti in un'attività.



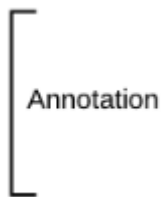
Figura 11 - Data Objects

*Group*: un gruppo è rappresentato con un rettangolo ad angolo arrotondato e linee tratteggiate. Il gruppo viene utilizzato per raggruppare diverse attività ma non influisce sul flusso nel diagramma.



**Figura 12 - Gruppo**

*Annotation*: un'annotazione viene utilizzata per dare un'impressione comprensibile al lettore del modello / diagramma.



**Figura 13 - Annotazione**

In figura 14 è riportata la notazione completa del BPMN <sup>[2]</sup>.

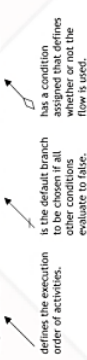
## Activities



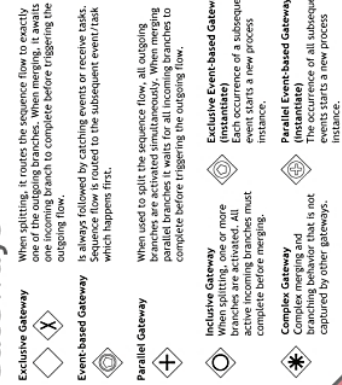
## Activity Markers



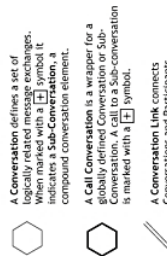
## Sequence Flow



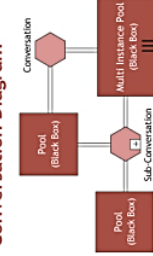
## Gateways



## Conversations



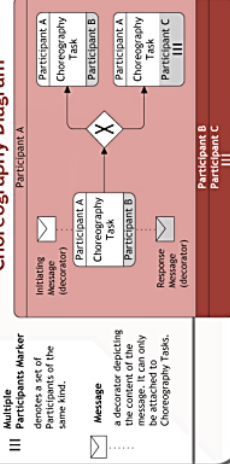
## Conversation Diagram



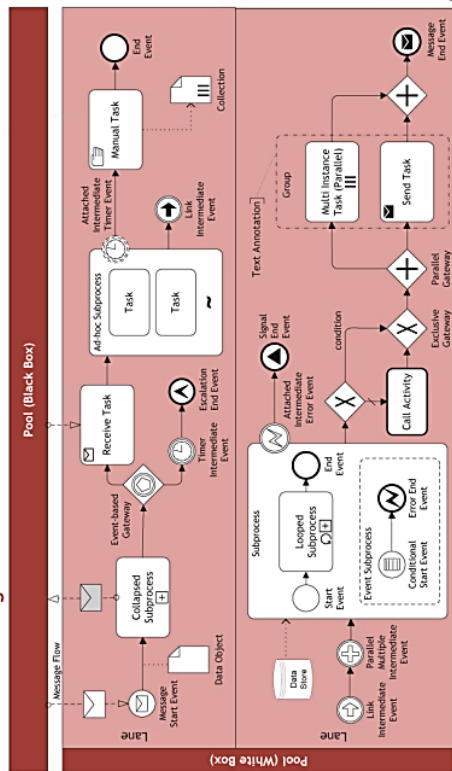
## Choreographies



## Choreography Diagram



## Collaboration Diagram



## Events

Start	Event Sub-Process	Intermediate	End
None: Untyped events, indicate start point, state changes or final states.	None: Untyped events, indicate start point, state changes or final states.	None: Untyped events, indicate start point, state changes or final states.	None: Untyped events, indicate start point, state changes or final states.
Message: Receiving and sending messages.	Message: Receiving and sending messages.	Message: Receiving and sending messages.	Message: Receiving and sending messages.
Timer: Cyclic timer events, points in time, time spans or timeouts.	Timer: Cyclic timer events, points in time, time spans or timeouts.	Timer: Cyclic timer events, points in time, time spans or timeouts.	Timer: Cyclic timer events, points in time, time spans or timeouts.
Escalation: Escalating to an higher level of responsibility.	Escalation: Escalating to an higher level of responsibility.	Escalation: Escalating to an higher level of responsibility.	Escalation: Escalating to an higher level of responsibility.
Conditional: Reacting to conditions or integrating business rules.	Conditional: Reacting to conditions or integrating business rules.	Conditional: Reacting to conditions or integrating business rules.	Conditional: Reacting to conditions or integrating business rules.
Link: Off-page connectors. Two corresponding link events equal a sequence flow.	Link: Off-page connectors. Two corresponding link events equal a sequence flow.	Link: Off-page connectors. Two corresponding link events equal a sequence flow.	Link: Off-page connectors. Two corresponding link events equal a sequence flow.
Error: Catching or throwing named errors.	Error: Catching or throwing named errors.	Error: Catching or throwing named errors.	Error: Catching or throwing named errors.
Cancel: Reacting to cancelled transactions or triggering cancellation.	Cancel: Reacting to cancelled transactions or triggering cancellation.	Cancel: Reacting to cancelled transactions or triggering cancellation.	Cancel: Reacting to cancelled transactions or triggering cancellation.
Compensation: Handling or triggering compensation.	Compensation: Handling or triggering compensation.	Compensation: Handling or triggering compensation.	Compensation: Handling or triggering compensation.
Signal: Signalling across different processes. A signal event can be caught multiple times.	Signal: Signalling across different processes. A signal event can be caught multiple times.	Signal: Signalling across different processes. A signal event can be caught multiple times.	Signal: Signalling across different processes. A signal event can be caught multiple times.
Multiple: Catching one out of a set of events. Throwing all events defined.	Multiple: Catching one out of a set of events. Throwing all events defined.	Multiple: Catching one out of a set of events. Throwing all events defined.	Multiple: Catching one out of a set of events. Throwing all events defined.
Parallel Multiple: Catching all out of a set of parallel events.	Parallel Multiple: Catching all out of a set of parallel events.	Parallel Multiple: Catching all out of a set of parallel events.	Parallel Multiple: Catching all out of a set of parallel events.
Terminate: Triggering the immediate termination of a process.	Terminate: Triggering the immediate termination of a process.	Terminate: Triggering the immediate termination of a process.	Terminate: Triggering the immediate termination of a process.

## Data

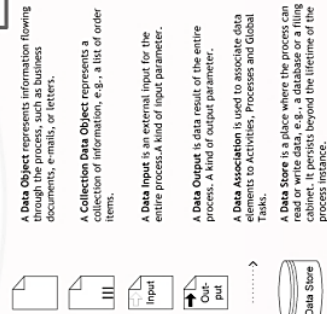


Figura 14 - Notazione completa BPMN

Ciascun diagramma realizzato per ognuna delle due macrocategorie di prodotti citate, ha origine dalla fase di ricevimento dell'ordine di produzione presso il Customer Service e l'arrangiamento dell'ordine da parte del Production Planning, per seguire poi con la rappresentazione della fase produttiva e terminare con la spedizione del materiale al cliente.

In generale, i prodotti vengono classificati a loro volta come standard e special, differenziandosi per caratteristiche produttive e iter di processo.

I primi si contraddistinguono per elevate quantità prodotte e caratteristiche per l'appunto standard che ne consente una realizzazione del tutto automatica; diverso è, invece, il caso di prodotti special poiché, essendo componenti particolari, necessitano di lavorazioni esclusive. Perciò sono presenti in minor quantità rispetto agli standard, compensando però con caratteristiche speciali e un prezzo più elevato.

Ne deriva la creazione di un diagramma per entrambe le tipologie di articoli.

La piattaforma utilizzata per la costruzione delle mappe è *Lucidchart*, piattaforma online che consente agli utenti di collaborare alla stesura, alla revisione e alla condivisione di grafici e diagrammi e dispone di una vasta libreria di linguaggi per la rappresentazione di processi di qualsiasi natura, aiutando gli utenti a disegnare e condividere diagrammi di flusso professionali (fig. 15) [6].

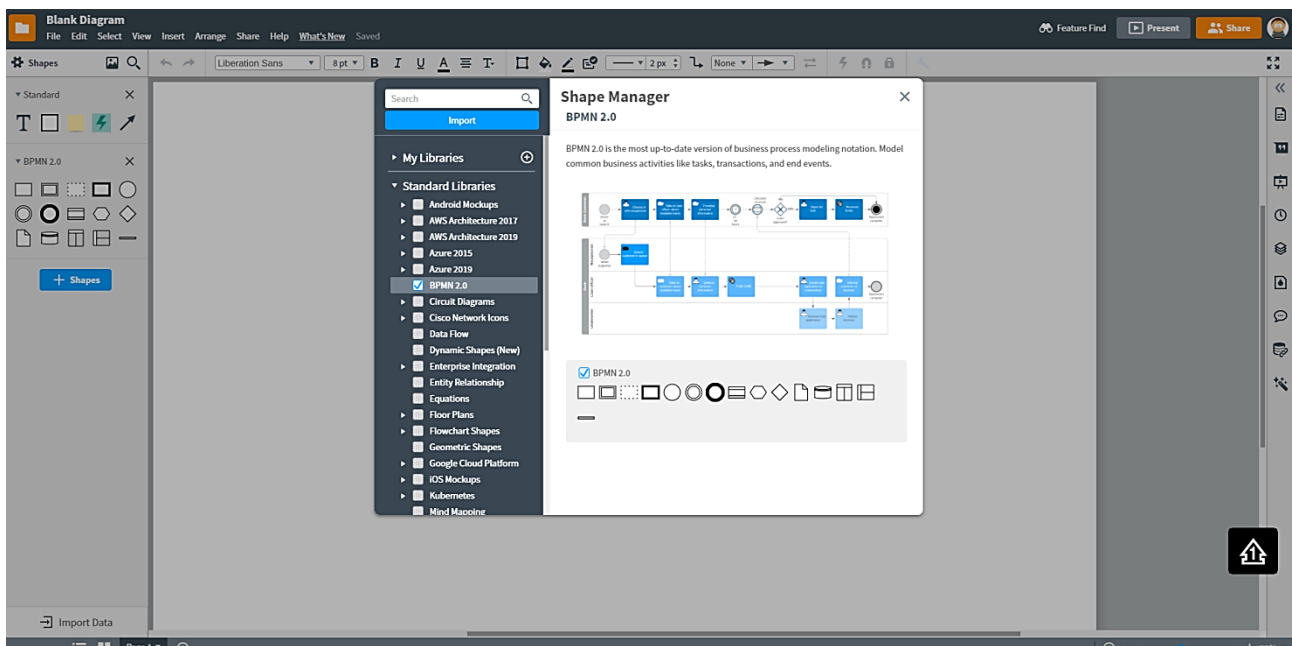


Figura 15 - Interfaccia del programma LucidChart

Di seguito si riportano degli estratti dei diagrammi di flusso realizzati:



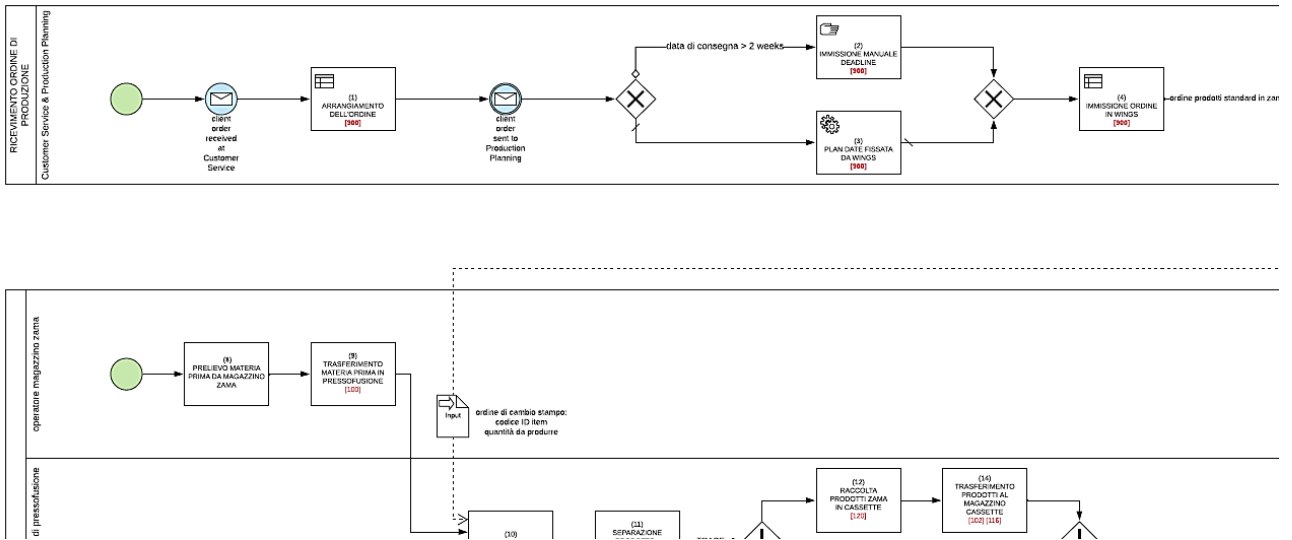


Figura 16: estratto modello prodotti standard in zama

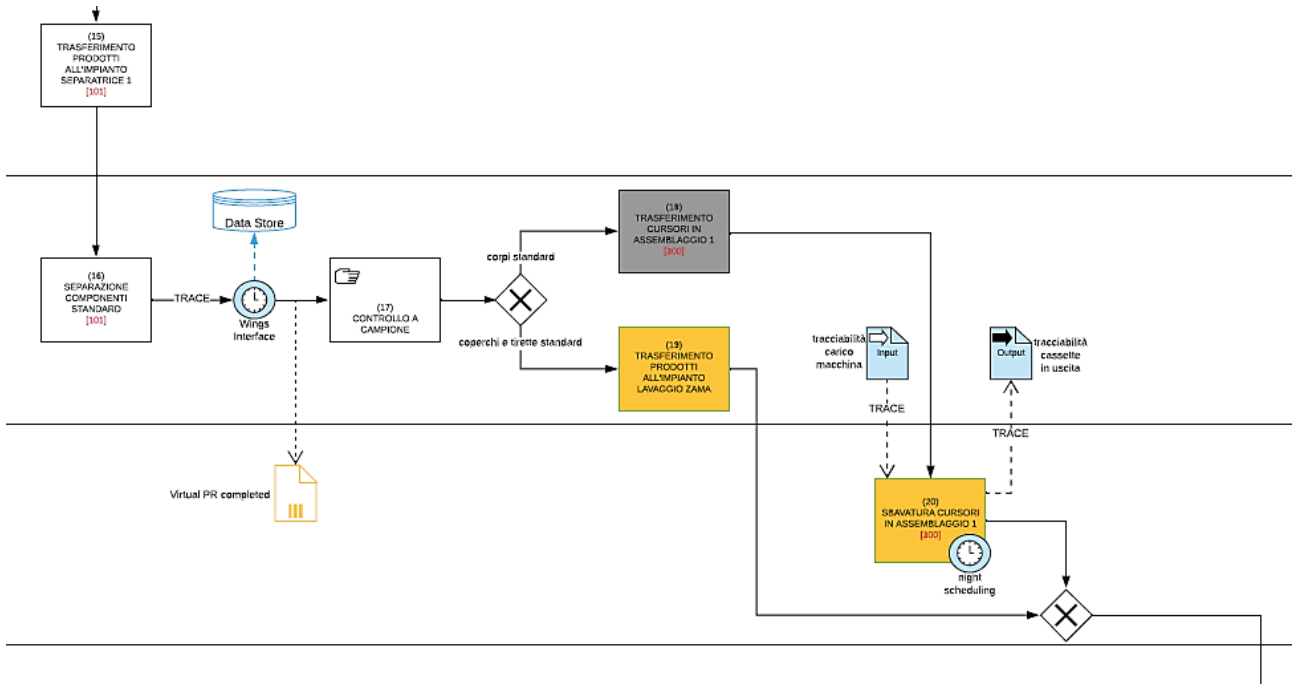


Figura 17: estratto modello prodotti standard in zama

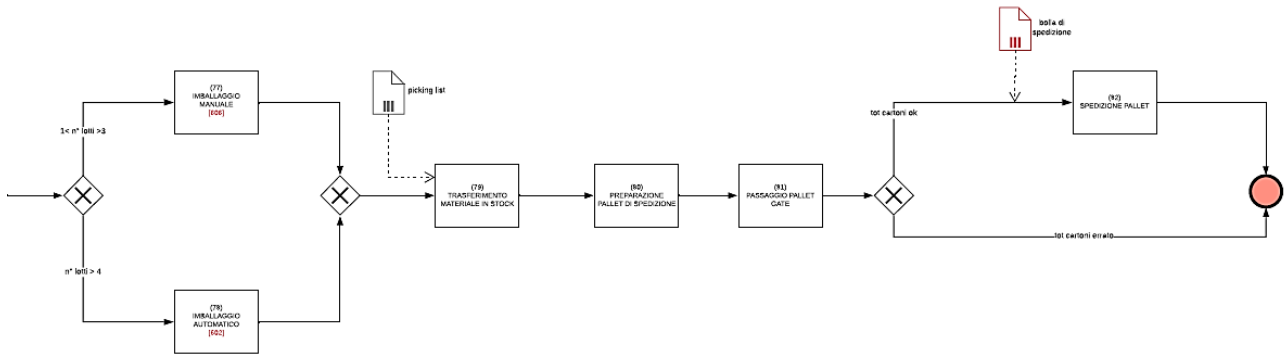


Figura 18: estratto modello prodotti standard in ottone

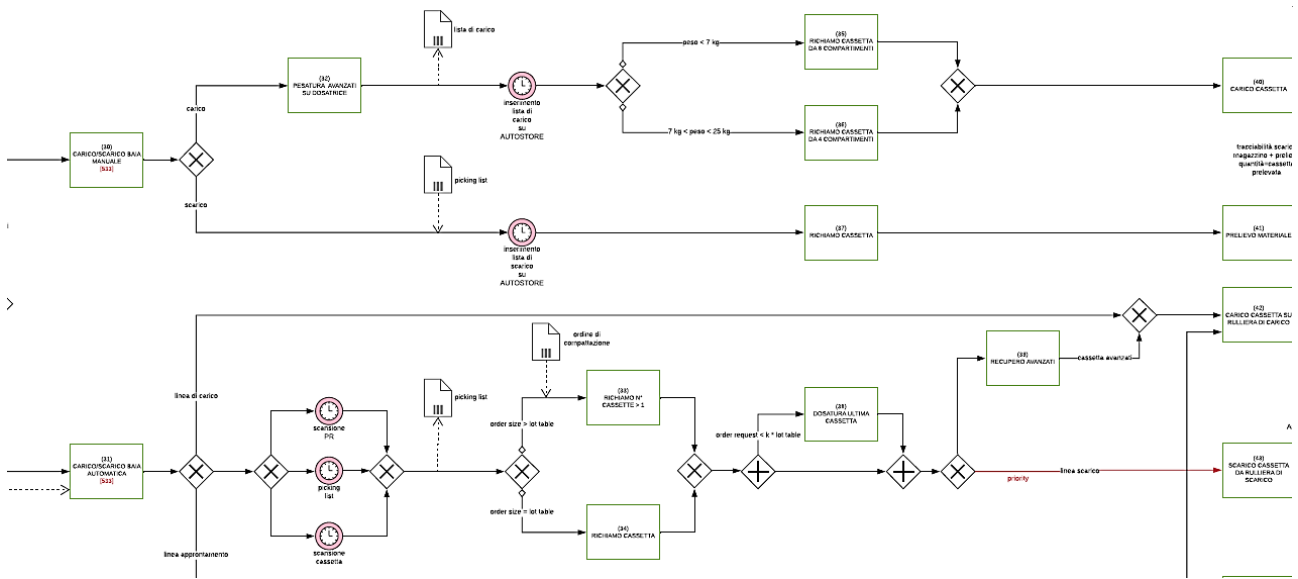


Figura 19: estratto modello prodotti special in zama

## 4. Monitoraggio dei processi aziendali

Il progetto viene sviluppato in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Informatica e Automazione dell'Università Politecnica delle Marche (Ancona), presso la quale è stato svolto un corso di formazione per l'utilizzo del software Pro-M (Process Mining), ovvero un software in grado di ricostruire un processo a partire dall'analisi di dati mediante l'utilizzo di un algoritmo opportunamente scelto.

L'obiettivo di quest'analisi è quello di esaminare e monitorare i processi attuali, estrapolando informazioni che consentano di definirne le aree di miglioramento, in ottica di quelli che ormai sono consolidati come i pilastri del vantaggio competitivo di un'azienda, ovvero riduzione di lead-time e costi (fig. 20), raggiungibili grazie allo scambio di informazioni digitale, al trasporto merci con l'utilizzo di AGV e al perfezionamento del sistema di tracciabilità.

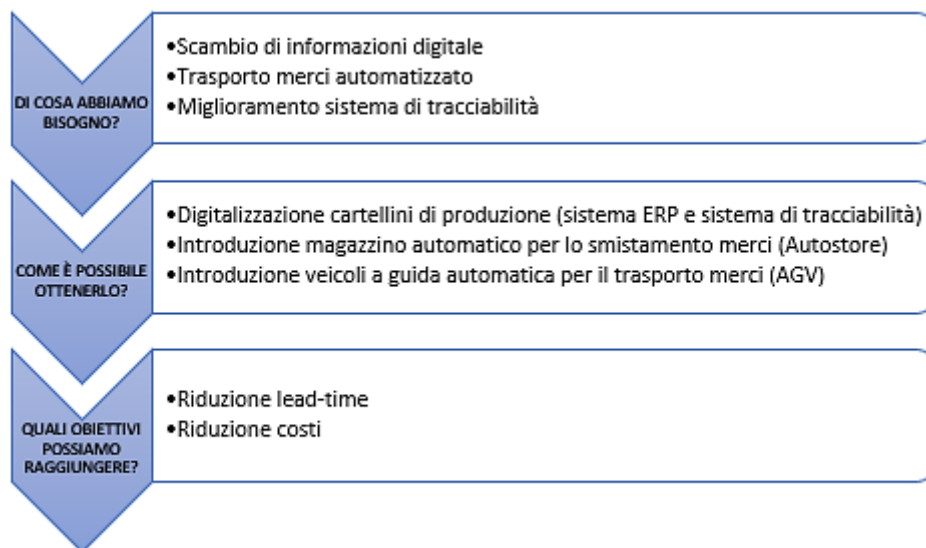


Figura 20 – Sintesi dell'analisi

È proprio quest'ultimo aspetto ad essere il filo conduttore dello studio effettuato sui processi.

Di seguito vengono illustrate le tecniche utilizzate per il controllo dei processi che comprendono l'analisi dei dati di tracciabilità degli ordini, la modellazione dei processi in Reti di Petri ed infine l'utilizzo del software Pro-M per la verifica di conformance.

## 4.1 Introduzione al Process Mining

Il **process mining** è una tecnica di process management che consente di analizzare i processi di business basati sui log degli eventi (fig. 21).

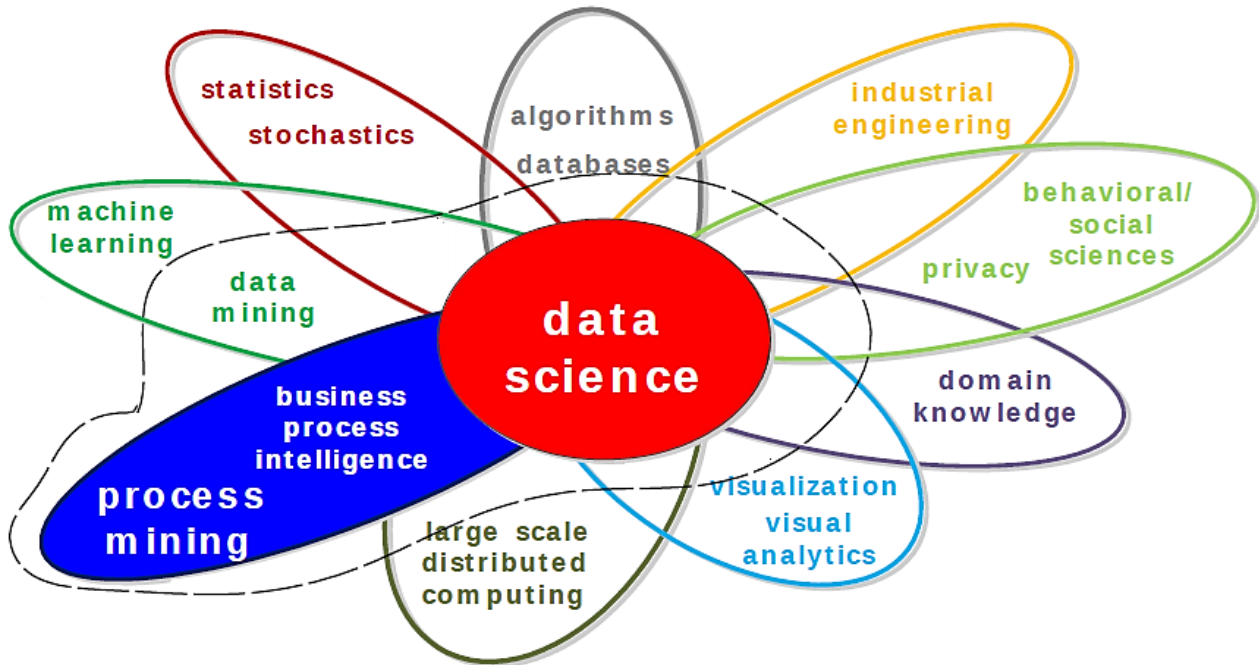


Figura 21 - Posizionamento Process Mining

L'obiettivo di questa tecnica è la scoperta di strutture di processi, dati, organizzazioni e strutture a partire dai log, attraverso l'uso di specifici algoritmi di data mining.

Entrambe le tecniche di Process Mining e Data Mining partono dai dati, con la differenza che le tecniche di data mining non sono incentrate sul processo; allo stesso modo, le tipologie di analisi caratterizzanti il process mining quali process discovery, conformance checking e bottleneck analysis non vengono utilizzate per effettuare data mining (fig. 22). Inoltre, il process mining richiede:

- modelli di processi 'end-to-end'
- event logs (letteralmente 'registri eventi') costituiti da un timestamp (data e ora) e che siano riferiti a determinati case (istanza di processo).

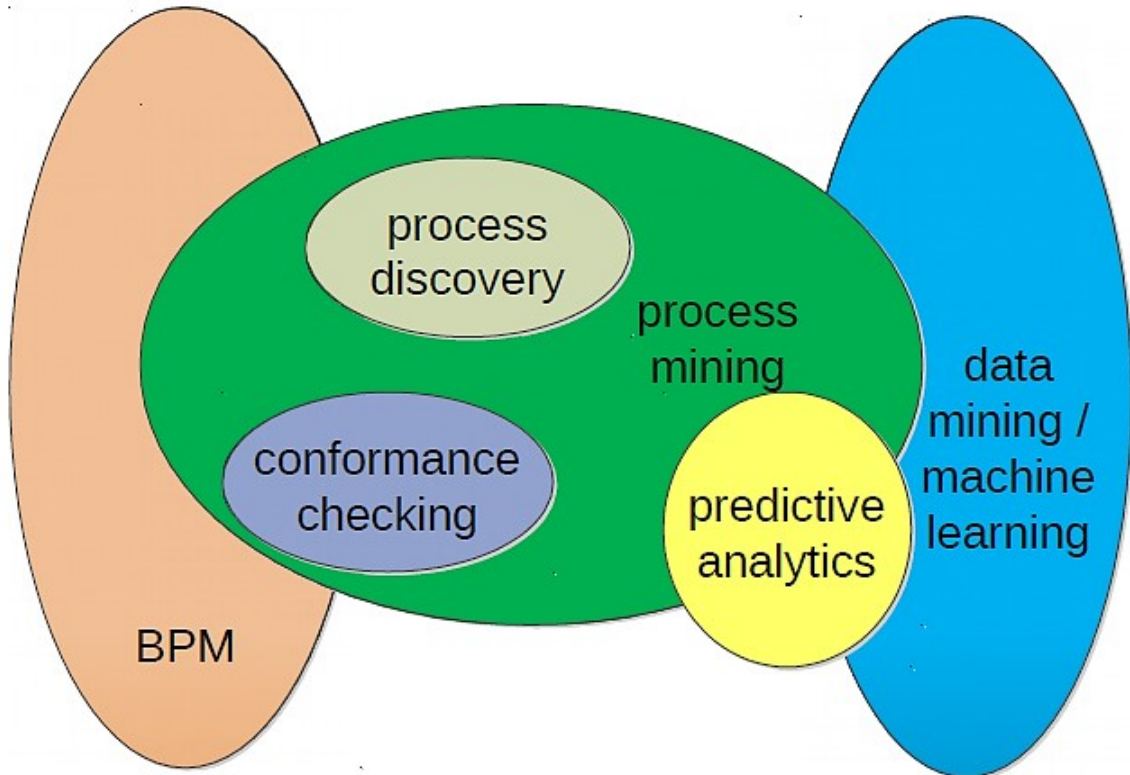


Figura 22 - Posizionamento Process Mining

Nasce all'incirca nella metà degli anni novanta, a causa dei limiti che affliggevano la modellazione dei processi adottando i sistemi di modellazione correnti (Business Process Analysis Tool).

In particolare, la difficoltà stava non solo nella modellazione, ma anche nella corrispondenza dei processi alla realtà operativa; per questo, sono state sviluppate tecniche in grado di modellare automaticamente i processi (process discovery o process intelligence) mediante la lettura degli eventi generati dai sistemi.

Nonostante ciò, anche al giorno d'oggi e nelle aziende più sofisticate, un limite all'applicabilità è rappresentato da una copertura IT dei processi di business medio-bassa, dovuta alle molte attività manuali che non sono coperte dai sistemi informatici. Tuttavia, è possibile riscontrare un incremento dell'affidabilità e qualità dei molti dati disponibili sotto forma di log dei sistemi a partire dalla diffusione dei concetti di digital transformation e, quindi, dematerializzazione.

Il process mining rappresenta uno strumento essenziale nell'ambito del Business Process Management, grazie alla capacità di creare un collegamento diretto tra i processi disegnati e quelli realmente eseguiti, fornendo un supporto sia durante la progettazione dei processi sia durante il loro monitoraggio e miglioramento <sup>[1][2]</sup>.

### 4.1.1 Funzionalità del process mining

Le esigenze che il process mining aiuta a soddisfare sono:

- Comprendere il funzionamento di un processo Verificare che i processi siano eseguiti come previsto dalla normativa o dalle policy aziendali
- Risalire alle cause che comportano delle basse performance di processo spesso usate quando non si è in possesso di una documentazione del processo oppure quando la sua qualità è discutibile. I log degli eventi possono essere utilizzati, ad esempio, per un confronto con modelli a priori per stabilire se quanto osservato sia conforme ad un modello descrittivo o prescrittivo.

È possibile identificare tre macroaree in cui questa tecnica trova applicazione:

- **Process analysis:** analisi dei processi (filtra i file di log per lo studio delle operazioni dei processi);
- **Process design:** modellazione dei processi (supportata dai feedback provenienti dal monitoraggio dei processi attraverso la registrazione di azioni o eventi (file di log));
- **Process enhancement:** sviluppo dei processi (utilizza i risultati del process mining basati sui log per sviluppare ulteriori operazioni dei processi)

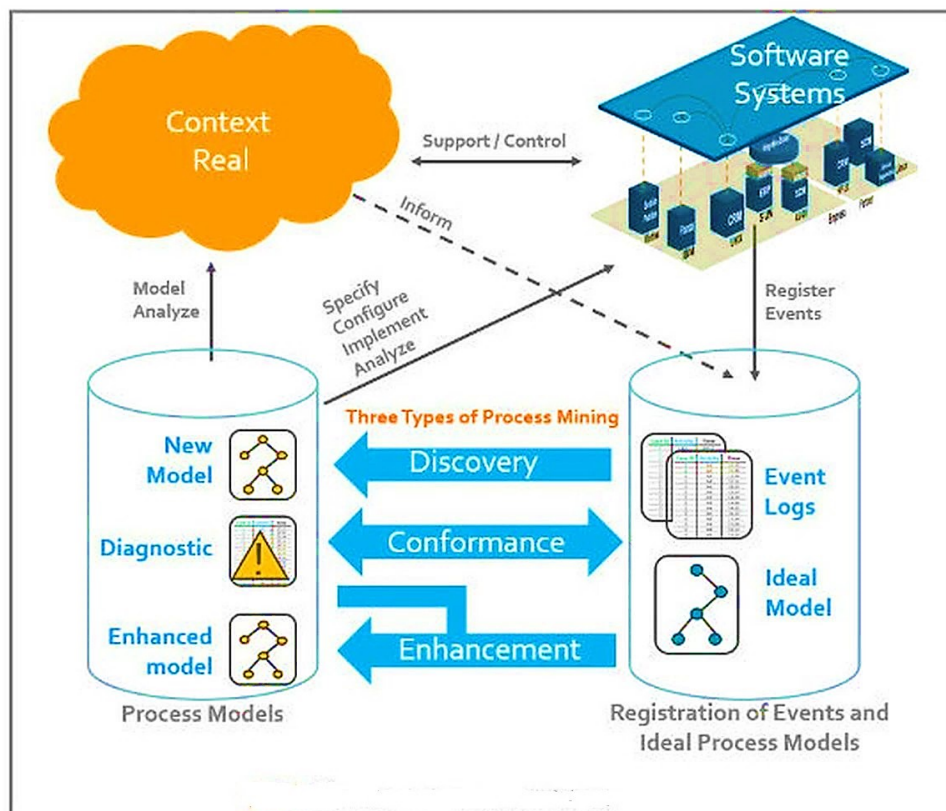


Figura 23 - Tipologie di Process Mining

Le tecniche che fanno parte di questa disciplina sono (fig. 23):

- **Discovery** (scoperta del modello): non c'è alcun modello a priori, quindi, sulla base degli eventi registrati nel log, si costruisce un modello, ovvero mediante lettura degli eventi registrati dai diversi sistemi a supporto si ottengono informazioni sul processo.

Caratteristiche che contraddistinguono un evento di log sono, in generale, la presenza di una chiave univoca che legghi gli eventi di una singola istanza di processo, il tempo in cui questi eventi si sono verificati e gli utenti (e il loro ruolo).

I grafi ottenuti, però, possono risultare poco leggibili data la loro complessità (fig. 24).

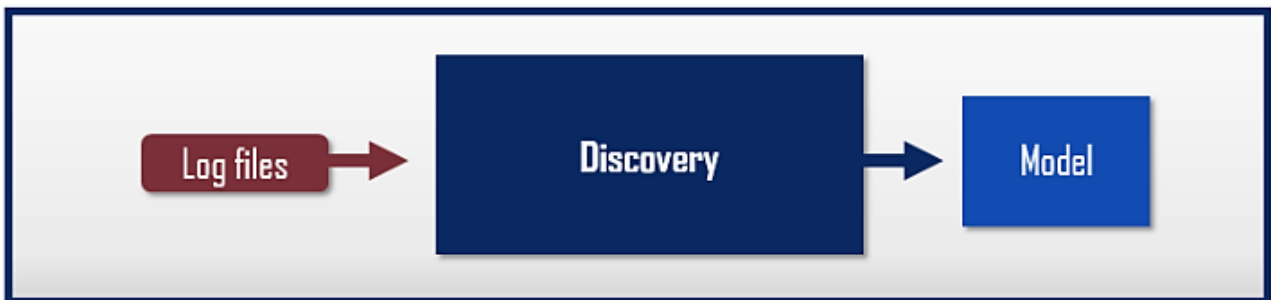


Figura 24 - Process Discovery

- **Conformance checking** (conformità del modello): è presente un modello a priori che viene confrontato con un log di eventi; l'obiettivo, in questo caso, è quello di analizzare le discrepanze fra il modello di un processo reale, ottenuto dai log dei sistemi, con il suo modello formale. Per permettere il confronto, è necessario che il processo formale sia modellato nel tool con lo stesso livello di dettaglio con cui si ottiene il processo reale (fig. 25).

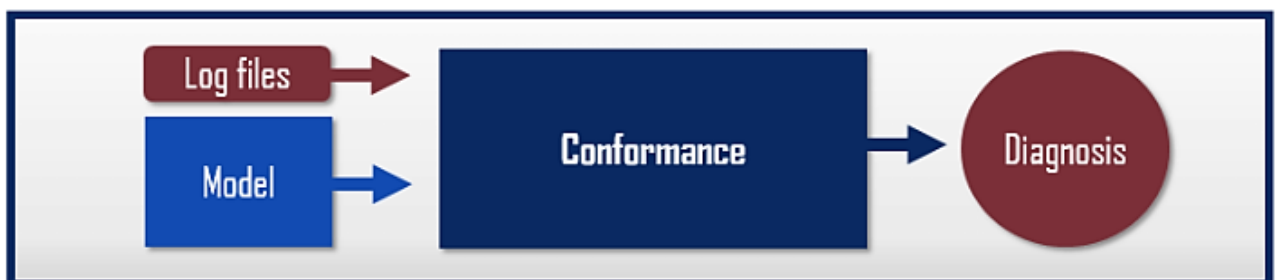


Figura 25 - Process Conformance

- **Performance mining o Process enhancement** (miglioramento del modello): è presente un modello a priori con l'obiettivo di arricchire il modello originario, ad esempio si possono evidenziare colli di bottiglia presenti all'interno del processo.

La profondità dell'analisi è massima, tanto che si arriva ad ottenere un quadro completo delle prestazioni del processo (fig. 26).

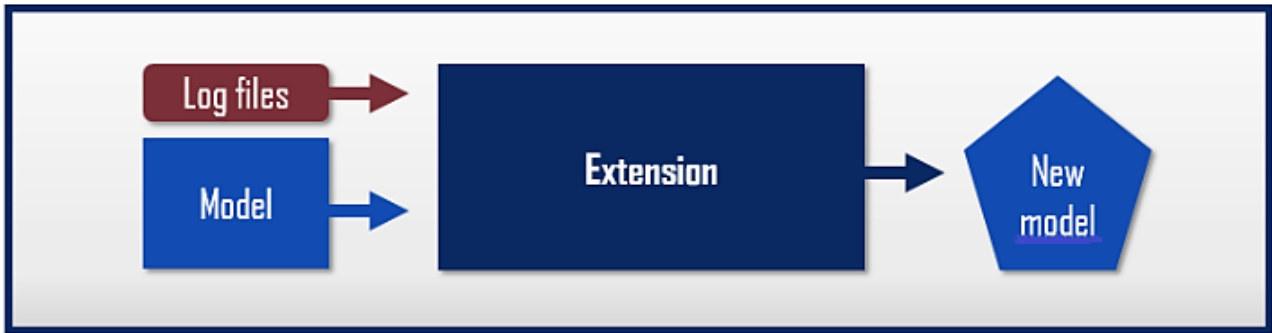


Figura 26 - Process Enhancement

Si evidenzia come queste procedure si basino sulla presenza o meno di un modello a priori e come questo venga utilizzato; per questo, spesso vengono utilizzate terminologie simili che le denotano:

- **Play-out:** dal modello disponibile a priori si arriva alla definizione dell'event log  
Attività possibili: simulation, workflow automation, model checking, etc.

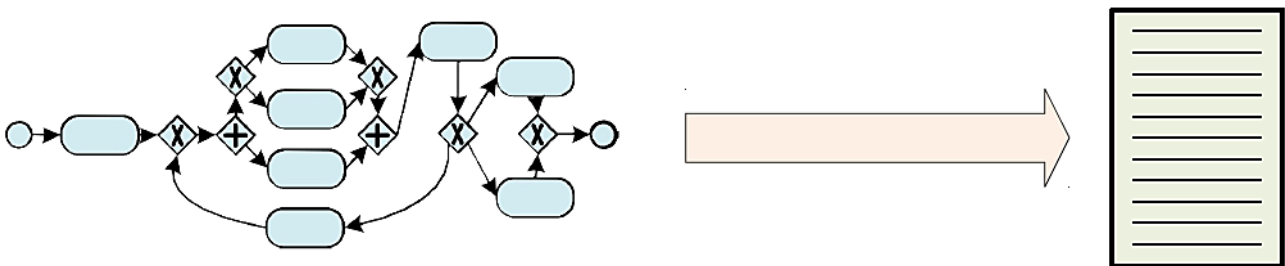


Figura 27: Rappresentazione del play-out

- **Play-in:** dall'analisi dell'event log si arriva alla definizione del modello (a posteriori) corrispondente  
Attività possibili: process discovery (identificare il modello del processo dal comportamento osservato)

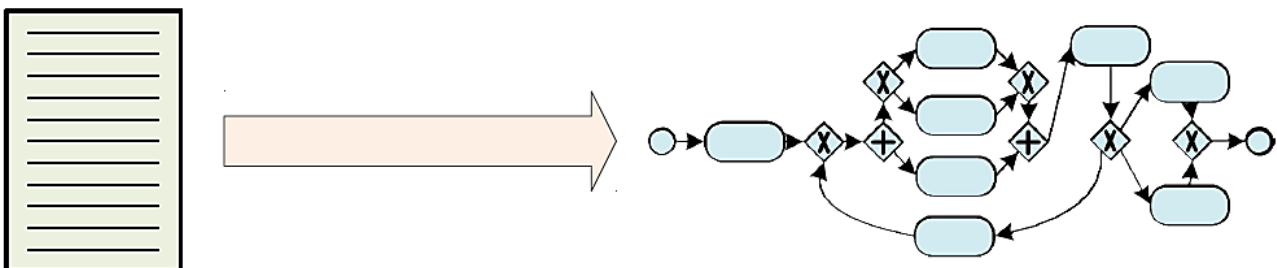


Figura 28 - Rappresentazione del play-in

- **Replay:** utilizzando entrambi gli event data e il modello del processo a priori, si arriva alla definizione di un modello arricchito da ulteriori parametri (ad esempio frequenze, tempi di esecuzione,...), diagnosi e predizioni, etc.



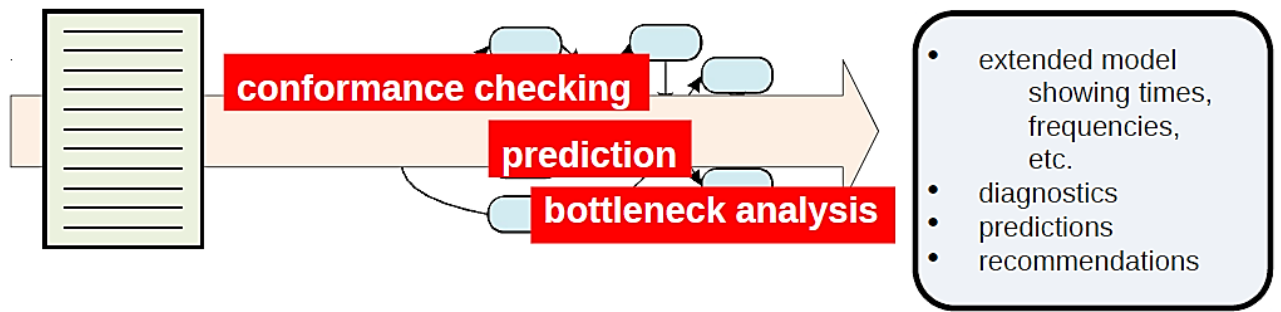


Figura 29 - Rappresentazione del replay

Attività possibili: analisi di tipo ‘alignment-based’ tra modello e event log (dati di processo osservato) attuabile attraverso funzioni di conformance checking, prediction e bottleneck analysis.

È la forma più utilizzata e più importante di process mining poiché consente un confronto diretto tra idealità (modello a priori) e realtà (event data).

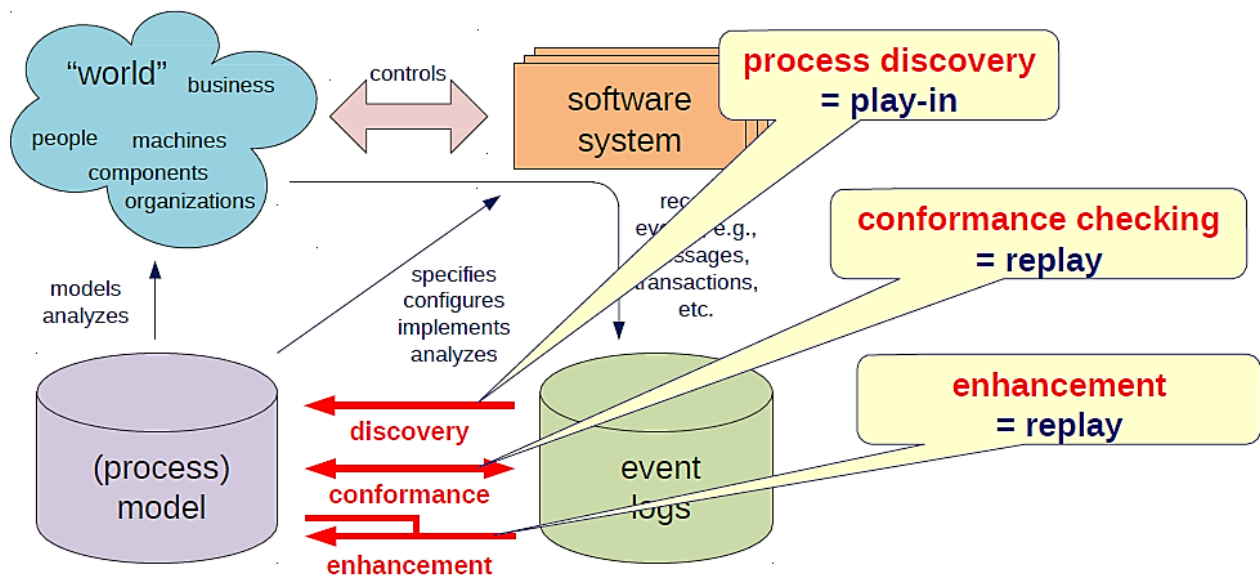
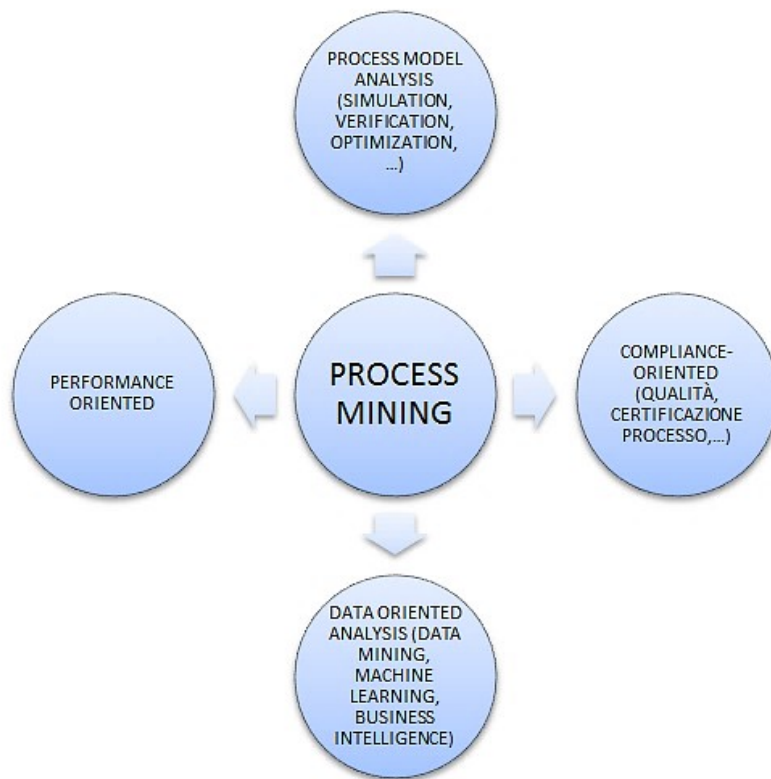


Figura 30 - Panoramica sul process mining

In conclusione, è dimostrato che, ad oggi, il process mining è una disciplina analitica che offre svariate utilità (fig. 31) per la scoperta, monitoraggio e miglioramento dei processi reali aziendali al fine di rendere efficace il business dell’azienda; questo grazie alla conoscenza dei dati di log provenienti dai sistemi informativi di supporto al processo e, quindi, all’informatizzazione che ha ormai preso piede all’interno della maggioranza dei processi core di un’azienda <sup>[1][2]</sup>.



**Figura 31 - Vantaggi Process Mining**

## 4.2 Analisi dei dati di tracciabilità di un ordine

Come preannunciato all'inizio di questo capitolo, l'obiettivo dello studio è eseguire un'analisi di conformance tra gli event log registrati dai sistemi informativi aziendali e il modello teorico costruito a priori sulla base dell'osservazione diretta dei processi produttivi.

Per poter fare ciò è, quindi, necessario risalire alla struttura dei dati di processo. Di seguito viene illustrata la procedura di acquisizione e analisi degli event data dell'azienda ed elaborazione della struttura dell'event log nell'ottica di un'analisi di conformità.

### 4.2.1 Definizione event log

In informatica, il **log** è un termine utilizzato per indicare la registrazione sequenziale e cronologica delle operazioni effettuate da un utente, memorizzate successivamente su un file o insieme di file che prende il nome di **event log** (registro eventi) (fig. 32).

Il caso più semplice che viene realizzato è quello di un file in scrittura sequenziale sempre aperto per funzionalità di monitoraggio quali segnalazioni di errore, ripristino, modifiche nella base dati, analisi delle operazioni fatte e dei relativi responsabili. Il log può anche essere caratterizzato da un *timestamp*, ovvero una marca temporale data da una sequenza di caratteri che includono data e/o ora, utili per accertare l'effettivo avvenimento di un determinato evento.

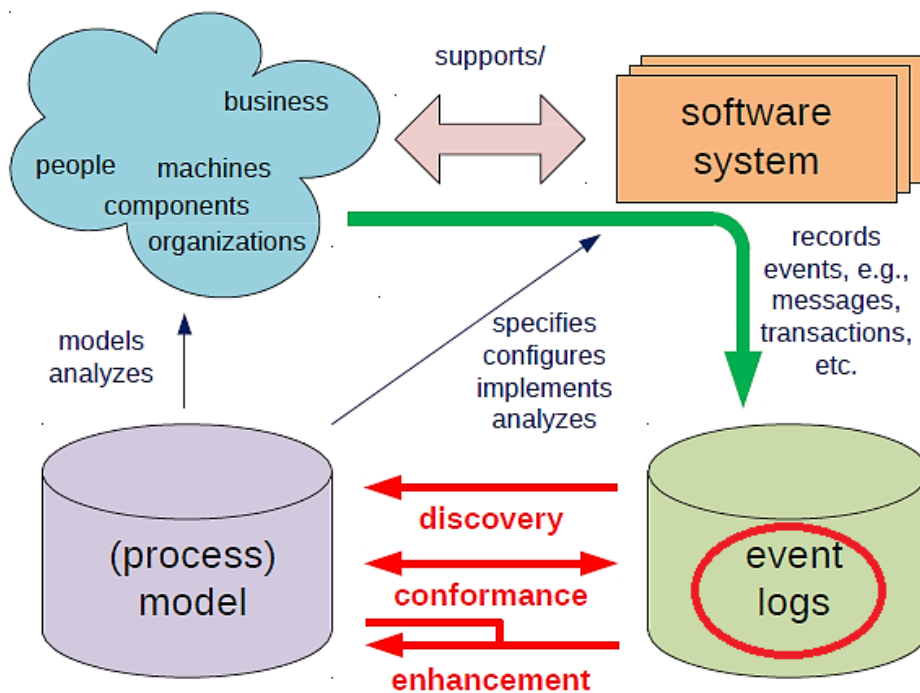


Figura 32 - Panoramica sull'event log

In generale, i dati degli eventi possono provenire da sorgenti quali:

- Un database
- Un file o un foglio di calcolo con valori separati da virgola (formato .csv)
- Un log delle transazioni (transaction log)
- Un sistema ERP
- Etc.

e aiutano a rispondere a domande del tipo:

- Cosa è accaduto?
- Perché?
- Cosa accadrà dopo?
- Qual è la situazione migliore che potrà verificarsi? <sup>[1][2]</sup>

#### 4.2.1.1 Proprietà degli event data

Ciascun log rappresenta lo storico di un processo ed è caratterizzato dalla stessa struttura, ovvero da un insieme di *cases* ('contenitore', caso) che fanno riferimento a più eventi, ordinati all'interno del case, i quali a loro volta sono contraddistinti da determinate proprietà. Esempi di attributi tipicamente impiegati sono nome dell'attività, tempo, costo e risorsa utilizzata (esempio in fig. 33).

case id	event id	properties				
		timestamp	activity	resource	cost	...
1	35654423	30-12-2010:11.02	register request	Pete	50	...
	35654424	31-12-2010:10.06	examine thoroughly	Sue	400	...
	35654425	05-01-2011:15.12	check ticket	Mike	100	...
	35654426	06-01-2011:11.18	decide	Sara	200	...
	35654427	07-01-2011:14.24	reject request	Pete	200	...
2	35654483	30-12-2010:11.32	register request	Mike	50	...
	35654485	30-12-2010:12.12	check ticket	Mike	100	...
	35654487	30-12-2010:14.16	examine casually	Pete	400	...
	35654488	05-01-2011:11.22	decide	Sara	200	...
	35654489	08-01-2011:12.05	pay compensation	Ellen	200	...
3	35654521	30-12-2010:14.32	register request	Pete	50	...
	35654522	30-12-2010:15.06	examine casually	Mike	400	...
	35654524	30-12-2010:16.34	check ticket	Ellen	100	...
	35654525	06-01-2011:09.18	decide	Sara	200	...
	35654526	06-01-2011:12.18	reinitiate request	Sara	200	...
	35654527	06-01-2011:13.06	examine thoroughly	Sean	400	...
	35654530	08-01-2011:11.43	check ticket	Pete	100	...
	35654531	09-01-2011:09.55	decide	Sara	200	...
	35654533	15-01-2011:10.45	pay compensation	Ellen	200	...
4	35654641	06-01-2011:15.02	register request	Pete	50	...
	35654643	07-01-2011:12.06	check ticket	Mike	100	...
	35654644	08-01-2011:14.43	examine thoroughly	Sean	400	...
	35654645	09-01-2011:12.02	decide	Sara	200	...
	35654647	12-01-2011:15.44	reject request	Ellen	200	...
...	...	...	...	...	...	...

Figura 33 - Esempio di log

Facendo riferimento all'esempio sopraesposto, ma che può essere esteso a tutti i casi di log, gli elementi distintivi possono essere definiti nel modo seguente:

- *Case ID*: istanza di processo, ogni esecuzione (processo) ha una propria identificazione (ID number).
- *Event ID*: identificazione delle singole attività del processo (ID number)
- *Properties*:
  - *timestamp*: tempo in cui è stata eseguita l'attività, ordinamento temporale (data e/o ora)
  - *Activity name*
  - *KPI (tempi, costi,...)*: attributi aggiuntivi

Il file richiede un formato di tipo XES (acronimo di Extensible Event Stream), adottato dalla normativa IEEE Standard, che supporta il linguaggio di tipo XML, adatto per la descrizione della struttura di un flusso di eventi. Per la corretta lettura di questo formato si possono utilizzare diversi tool, tra cui Pro-M come è stato già accennato <sup>[1][2]</sup>.

#### 4.2.2 Sistema di tracciabilità

L'analisi dei dati aziendali è resa possibile grazie al concetto di tracciabilità, ovvero l'insieme dei mezzi che permette di verificare la storia, i movimenti e il percorso effettuato da prodotti, oggetti e merce in genere. L'obiettivo è quello di seguire il flusso di produzione e individuare eventuali inesattezze nell'esecuzione del processo.

*YKK – Traceability Research* è il software utilizzato internamente che consente di tener traccia e, quindi, rintracciare ogni movimentazione effettuata da una singola cassetta.

Il monitoring del processo avviene utilizzando un sistema di generazione di codici identificativi per uno specifico prodotto e per una specifica lavorazione con lo scopo di tener traccia del loro stato di avanzamento.

In particolare, il sistema utilizzato da YKK Mediterraneo Spa vede l'impiego di un sistema di tracciabilità, ovvero di associazione di codici identificativi della cassetta, dell'item lavorato e dell'impianto (quindi delle lavorazioni).

Grazie alla lettura dei codici a barre da parte dell'operatore mediante attività cosiddette '*di mappatura*', ovvero di associazione cartellino di produzione-cassetta-impianto specifico della lavorazione (ingresso e uscita dall'impianto), è possibile conoscere tali dati in tempo reale, che vengono inviati all'interfaccia del sistema gestionale.

Da quest'ultimo, a sua volta, si apprende lo storico di tutte le movimentazioni effettuate da ogni singola cassetta, in particolare relativamente a:

- mappatura all'uscita da un impianto (CHECK POINT)
- mappatura all'ingresso e all'uscita da un impianto (PROGRESS ENTRY)
- tutti i dati: quantità, data di ingresso nell'impianto, data di uscita dall'impianto, ora (COMPLETION)

#### 4.2.2.1 Costruzione degli event log degli ordini

La ricerca viene effettuata filtrando i dati secondo un parametro che è il numero dell'ordine di un determinato articolo.

Un ritaglio di quanto osservato da questa indagine viene riportato di seguito, ad evidenziare la modalità di acquisizione dei dati e la loro struttura, da parte del software aziendale:

ID CASSETTA	ITEM	DESC. 1	DESC. 2	DESC. 3	PEZZI	NUM MAC	IMPIANTO	DATA ASS.	ORA ASS.
38286	0632452				51366	635	SEPARATRICE 1	20180109	133906
76577	632452				45250	619	SEPARATRICE 1	20181106	181238
63416	632452				38200	685	SEPARATRICE 1	20180605	125959
36012	632452				55527	682	SEPARATRICE 1	20180611	93618
75723	632452				41436	635	SEPARATRICE 1	20171213	182351
61420	632452				51623	685	SEPARATRICE 1	20180725	143249
63428	632452				38638	682	SEPARATRICE 1	20180725	194832
77650	0632452				42860	685	SEPARATRICE 1	20180726	153844
36083	0632452				40709	682	SEPARATRICE 1	20180607	101826
36046	0632452				48158	682	SEPARATRICE 1	20180607	154926
63431	0632452				39076	682	SEPARATRICE 1	20180608	82736
77249	0632452				38518	685	SEPARATRICE 1	20180525	92735
36078	0632452				41585	682	SEPARATRICE 1	20180606	94251

Figura 34 - Step 12 YKK Traceability

ID CASSETTA	ITEM	DESC. 1	DESC. 2	DESC. 3	PEZZI	NUM MAC	IMPIANTO	DATA ASS.	ORA ASS.
38286	0632452				51366	301	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20180109	151731
76577	632452				45250	301	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20181107	80324
63416	632452				38200	482	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20180611	114830
36012	632452				55527	482	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20180612	84234
75723	632452				41436	310	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20180105	121343
61420	632452				51623	310	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20180726	160458
63428	632452				38638	310	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20180726	160602
77650	0632452				42860	310	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20180730	152320
36083	0632452				40709	482	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20180607	174252
36046	0632452				48158	482	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20180607	83017
63431	0632452				39076	482	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20180611	93133
77249	0632452				38518	482	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20180612	115914
36078	0632452				41585	482	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1 & 2	20180613	121958

Figura 35 - Step 11 YKK Traceability

ID CASSETTA	ITEM	DESC. 1	DESC. 2	DESC. 3	PEZZI	NUM MAC	IMPIANTO	DATA ASS.	ORA ASS.
53517	0962758		N-ANTI YM90		4500	40	MACCHINE ASSEMBLAGGIO 2	20180614	90723
37446	962758		N-ANTI YM90		4500	51	MACCHINE ASSEMBLAGGIO 2	20180614	72231
50739	962758		N-ANTI YM90		3004	50	MACCHINE ASSEMBLAGGIO 2	20180614	91631
70230	962758		N-ANTI YM90		4500	50	MACCHINE ASSEMBLAGGIO 2	20180614	72626
21279	962758		N-ANTI YM90		4500	51	MACCHINE ASSEMBLAGGIO 2	20180614	92606

Figura 36 - Step 6 YKK Traceability

ID CASSETTA	ITEM	DESC. 1	DESC. 2	DESC. 3	PEZZI	NUM MAC	IMPIANTO	DATA ASS.	ORA ASS.
1926	0966004		N-ANTI YM90		0	601	Imballaggio linea 1	20180619	85343
13886	966004		N-ANTI YM90		4037	601	Imballaggio linea 1	20180619	85638
53517	966004		N-ANTI YM90		4135	601	Imballaggio linea 1	20180619	90020
37446	966004		N-ANTI YM90		4047	601	Imballaggio linea 1	20180619	90446
11900	966004		N-ANTI YM90		4044	601	Imballaggio linea 1	20180619	90729
50739	966004		N-ANTI YM90		4448	601	Imballaggio linea 1	20180619	91257

Figura 37 - Step 1 YKK Traceability

Ciascun ordine è contraddistinto da una serie di attributi tra cui l'ID cassetta, il tipo di item, la quantità prodotta contenuta all'interno della cassetta, il nome dell'impianto di uscita della stessa, data e ora della lavorazione e altri (nome dell'operatore, progressivo della cassetta, ingresso o entrata della cassetta nell'impianto). Grazie all'attività dell'operatore di lettura dei codici a barre identificativi riportati sulla cassetta e sull'impianto, si ottiene la tracciabilità dei prodotti in tutte le sue lavorazioni, da quelle a monte (pressofusione/stampaggio) a quelle a valle (imballaggio); una particolarità è data dalla tracciabilità che

segue il flusso inverso produttivo (vedesi didascalie), per facilitare l'individuazione di eventuali anomalie procedendo a ritroso fino alla fonte.

Al fine dell'analisi e, quindi, della costruzione del log per il confronto con il modello teorico, si approfondisce lo studio di tre ordini già evasi, corrispondenti alle due principali categorie di articoli prodotti dall'azienda, che sono articoli in zama e articoli ottonati.

CASE ID	EVENT ID	TIMESTAMP		Progressivo
		Data	Ora	
	<i>Impianto</i>			
Box1	SEPARATRICE 1	20180607	154926	5445486
Box1	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1& 2	20180608	83017	5448334
Box1	ASSEMBLAGGIO 1	20180611	92138	5454466
Box1	IMP. LAVAGGIO ZAMA	20180613	75523	5469125
Box1	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1& 2	20180613	114743	5471707
Box1	MACCHINE ASSEMBLAGGIO 2	20180614	90723	5478034
Box1	SERV. FLUSSI APPR. INTERNO	20180614	125300	5480535
Box1	C5	20180614	170507	5482947
Box1	Imballaggio linea 1	20180619	85638	5501464
Box2	SEPARATRICE 1	20180605	125959	5425918
Box2	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1& 2	20180611	114830	5455523
Box2	ASSEMBLAGGIO 1	20180611	172128	5458197
Box2	IMP. LAVAGGIO ZAMA	20180612	110240	5462878
Box2	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1& 2	20180612	140535	5464566
Box2	MACCHINE ASSEMBLAGGIO 2	20180614	92606	5478257
Box2	SERV. FLUSSI APPR. INTERNO	20180614	125249	5480531
Box2	C5	20180614	164447	5482827
Box2	Imballaggio linea 1	20180619	91257	5501683
Box3	SEPARATRICE 1	20180608	82736	5448285
Box3	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1& 2	20180611	93133	5454526
Box3	ASSEMBLAGGIO 1	20180611	102326	5454986
Box3	IMP. LAVAGGIO ZAMA	20180612	85255	5461408
Box3	IMPIANTO CARICO ASSEMB. 1& 2	20180612	94114	5462056
Box3	MACCHINE ASSEMBLAGGIO 2	20180614	72231	5477070
Box3	SERV. FLUSSI APPR. INTERNO	20180614	125243	5480530
Box3	C5	20180614	163823	5482790
Box3	Imballaggio linea 1	20180619	90020	5501531
	OR0092708-0001	OR0090718-0014	OR00158869-0001	

Figura 38 - Dati di tracciabilità

In figura 38, una rappresentazione dei dati corrispondenti agli ordini scelti; in particolare, in giallo sono evidenziati quei parametri che, tra tutti, vengono utilizzati per la costruzione del data log.

Infatti, per la costruzione dell'event log, è importante che venga mantenuto lo stesso livello di astrazione adottato nella modellazione BPMN, che coincide con una mappatura per processo: ciò vuol dire che è indispensabile la corrispondenza tra gli eventi rappresentati nell'uno e nell'altro caso.

Questa scelta, quindi, comporta:

- la definizione delle proprietà principali del log come segue:
  - CASE ID: numero dell'ordine
  - EVENT ID: nome dell'impianto
  - TIMESTAMP: data + ora della lavorazione
  - ACTIVITY NAME: uscita dall'impianto (per semplicità, data la copiosità dei dati, non vengono considerati gli ingressi delle cassette negli impianti, ma solo le uscite)



- differenziare i dati per cassetta, ovvero per tipologia di componente (cursore e tiretta) così come per la modellazione dei processi.

CASE ID	EVENT ID	TIMESTAMP	ACTIVITY NAME
927081	sep1	2018/06/07-15:49:26	Uscita
927081	carass12	2018/06/08-8:30:17	Uscita
927081	ass1	2018/06/11-9:21:38	Uscita
927081	lavzam	2018/06/13-7:55:23	Uscita
927081	carass12	2018/06/13-11:47:43	Uscita
927081	ass2	2018/06/14-9:07:23	Uscita
927081	apprint	2018/06/14-12:53:00	Uscita
927081	c5	2018/06/14-17:05:07	Uscita
927081	imb	2018/06/19-8:56:38	Uscita

Figura 39 - Log ordine1

CASE ID	EVENT ID	TIMESTAMP	ACTIVITY NAME
1588691	stampgen	2019/07/22-13:20:03	Uscita
1588691	lavott	2019/07/31-11:16:12	Uscita
1588691	apprint	2019/10/03-15:08:12	Uscita
1588691	c5	2019/10/08-8:05:20	Uscita
1588691	carass12	2019/10/15-14:06:32	Uscita
1588691	ass2	2019/10/15-15:35:57	Uscita
1588691	imb	2019/10/23-17:44:18	Uscita

Figura 40 - Log ordine 3

Nelle figure 39 e 40 viene mostrato il risultato finale della costruzione del log, che verrà utilizzato per la conformance analysis.



### 4.3 Modellazione dei processi in Rete di Petri

Arrivati a questo punto dell'analisi, è richiesta la modellazione del processo da comparare con il log dei dati di cui si è discusso in precedenza (fig. 41).

In vista dell'utilizzo del software Pro-M che consente un'indagine sulla conformità, si rende necessaria una 'traduzione' dei modelli di processo BPMN (di cui si è parlato nel capitolo 1) in un linguaggio differente, compatibile con la piattaforma: la *Rete di Petri*.

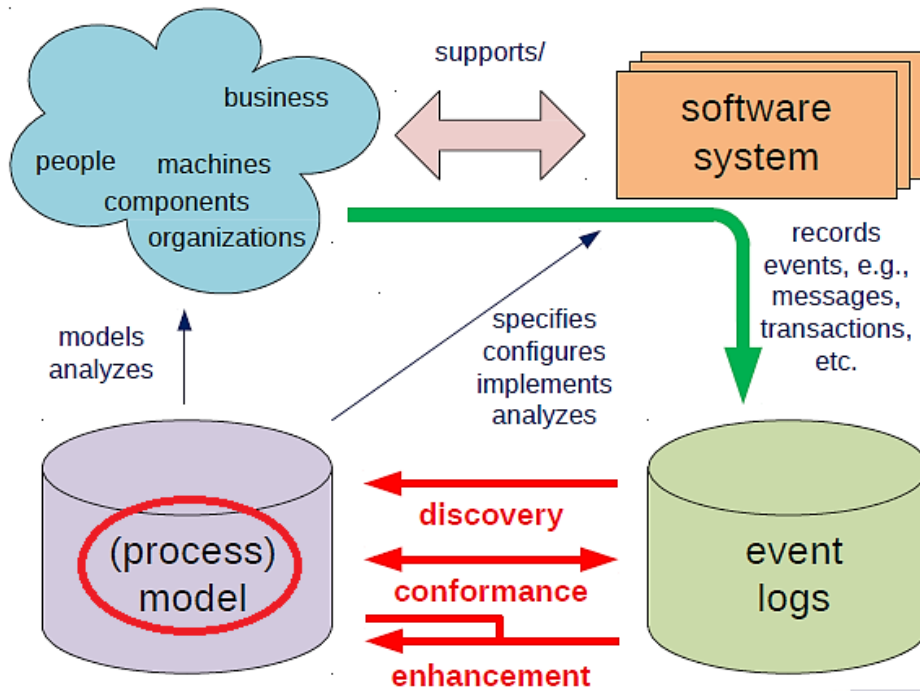


Figura 41 - Panoramica sul process modeling

### 4.3.1 La Rete di Petri

La rete di Petri è un linguaggio di modellazione che consente di rappresentare un grafo orientato costituito da due tipi di elementi, posti (place) e transizioni (transition), connessi da archi diretti (fig. 42).

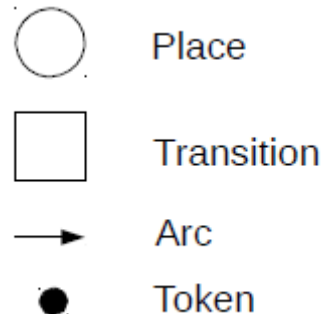


Figura 42 - Elementi di progettazione di una rete di Petri

I posti sono rappresentati graficamente da cerchi, mentre le transizioni da rettangoli; gli archi possono unire solamente nodi, quindi possono esserci archi tra posti e transizioni, ma non tra posti e posti o transizioni e transizioni.

Ogni place contiene un certo numero di token, ovvero una marca per cui una transizione è abilitata; se ci sono token in ogni place di input, la transizione è abilitata e consuma token dai suoi places di input, esegue i task e posiziona un numero specifico di token in ognuno dei suoi places di uscita. Ciò avviene automaticamente.

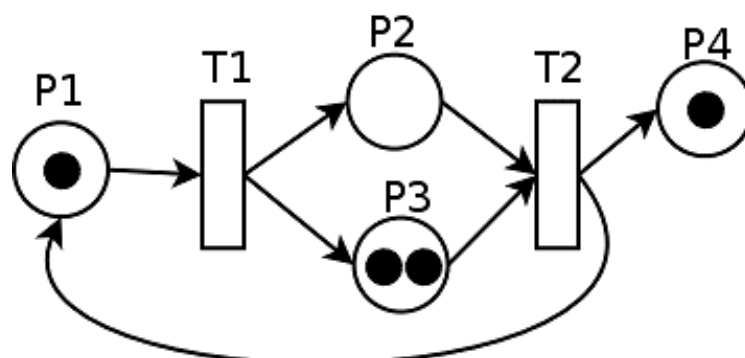


Figura 43 - Esempio Rete di Petri

Questo linguaggio, molto simile al BPMN, viene supportato dalla piattaforma WoPeD, acronimo di Workflow Petri Net Designer, piattaforma open source dedicata alla modellazione di processi <sup>[2]</sup>.

### 4.3.2 Modellazione in Rete di Petri

Il software utilizzato per la modellazione dei processi è WoPeD (Workflow Petri Net Designer), piattaforma open source, sviluppato presso la Cooperative State University di Karlsruhe, per la modellazione, simulazione e analisi dei processi descritti dalle reti del flusso di lavoro.

L'interfaccia è user friendly, di facile comprensione, adatta alla rappresentazione di qualsiasi tipologia di processo (fig. 44-45-46) <sup>[4]</sup>:

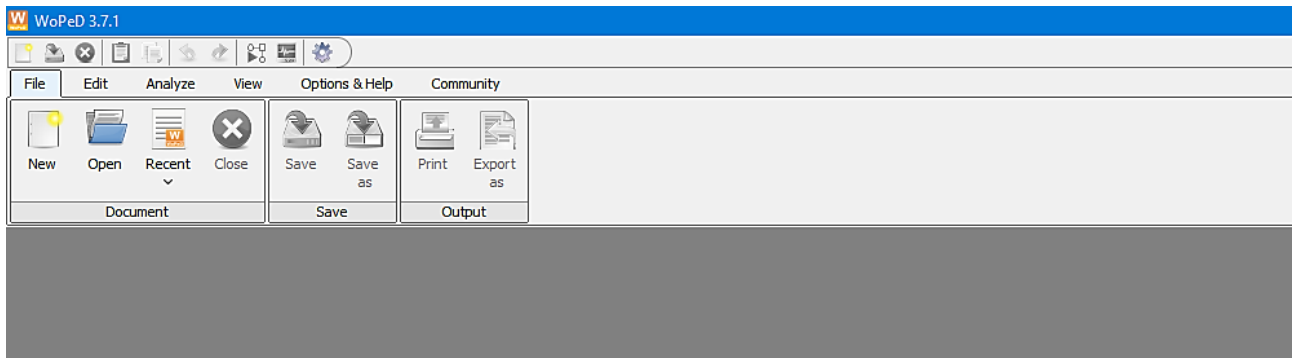


Figura 44 - Interfaccia WoPeD

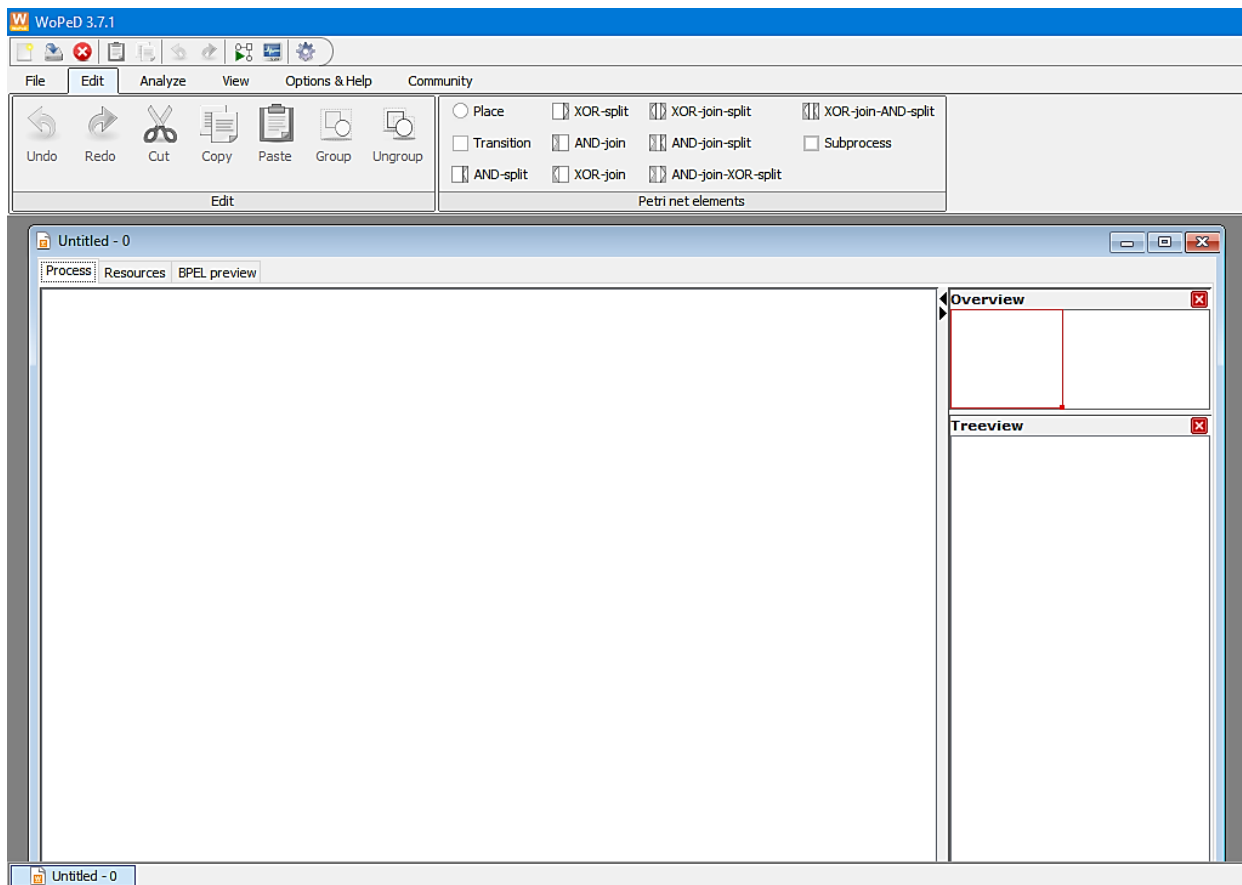


Figura 45 - Interfaccia WoPeD

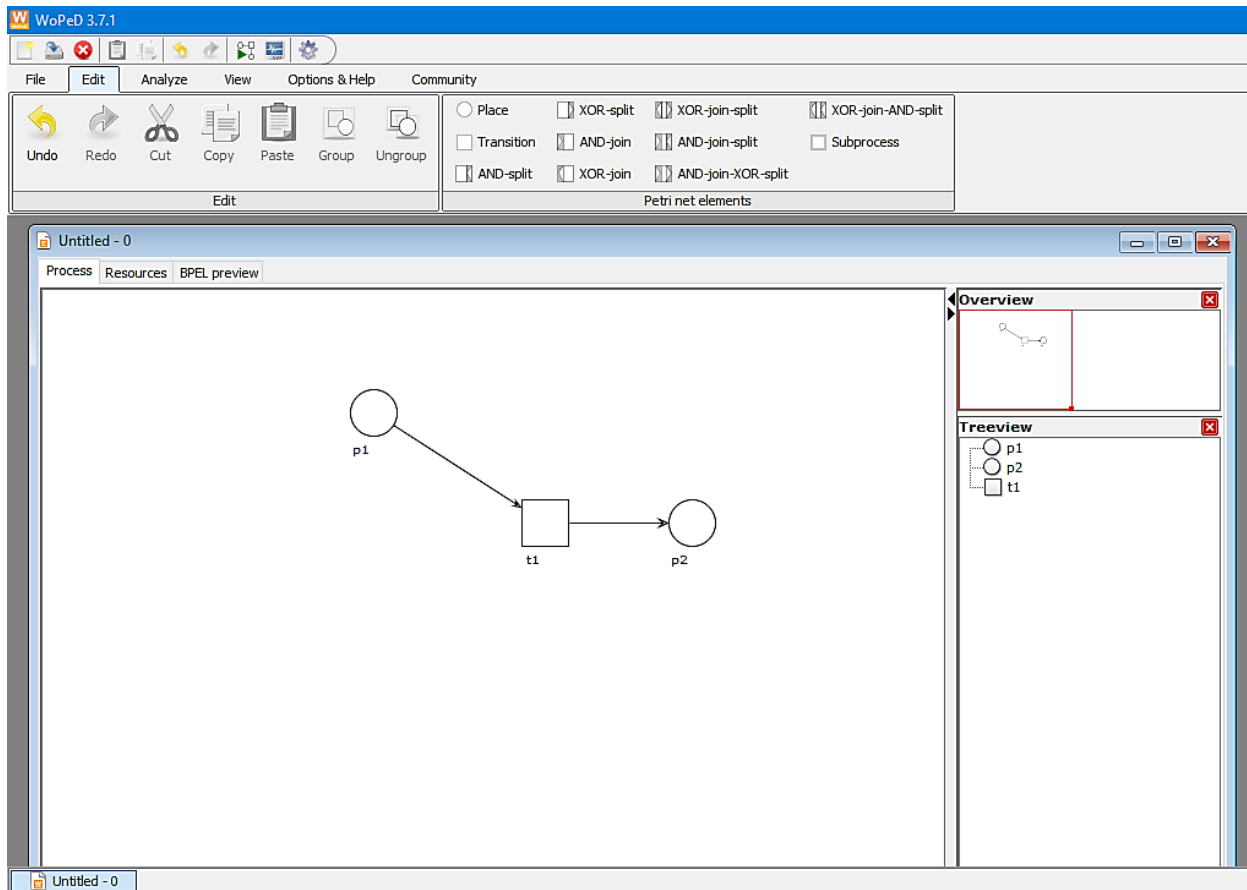


Figura 46 - Esempio implementazione in Rete di Petri

La conversione dei modelli di processo da BPMN alla Rete di Petri ha portato ai seguenti risultati:

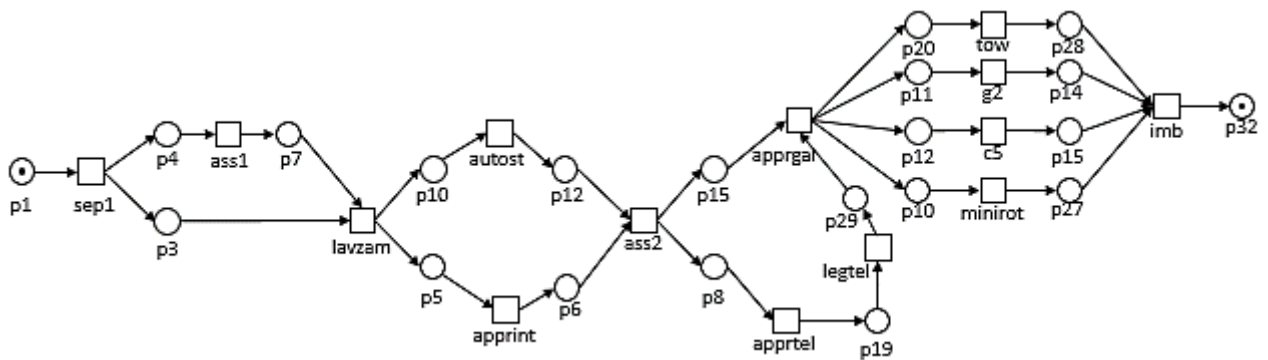


Figura 47 - Petri Net prodotti in zama

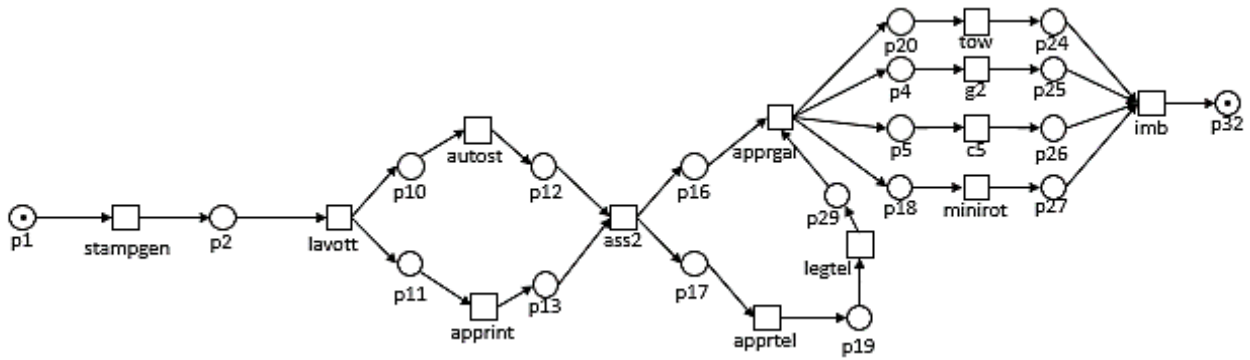


Figura 48 - Petri Net prodotti in ottone

#### 4.4 Conformance checking

L'ultimo passo è l'analisi di conformità tra l'event log e il modello in rete di Petri, che consentirà di stabilirne il livello di corrispondenza (fig. 49).

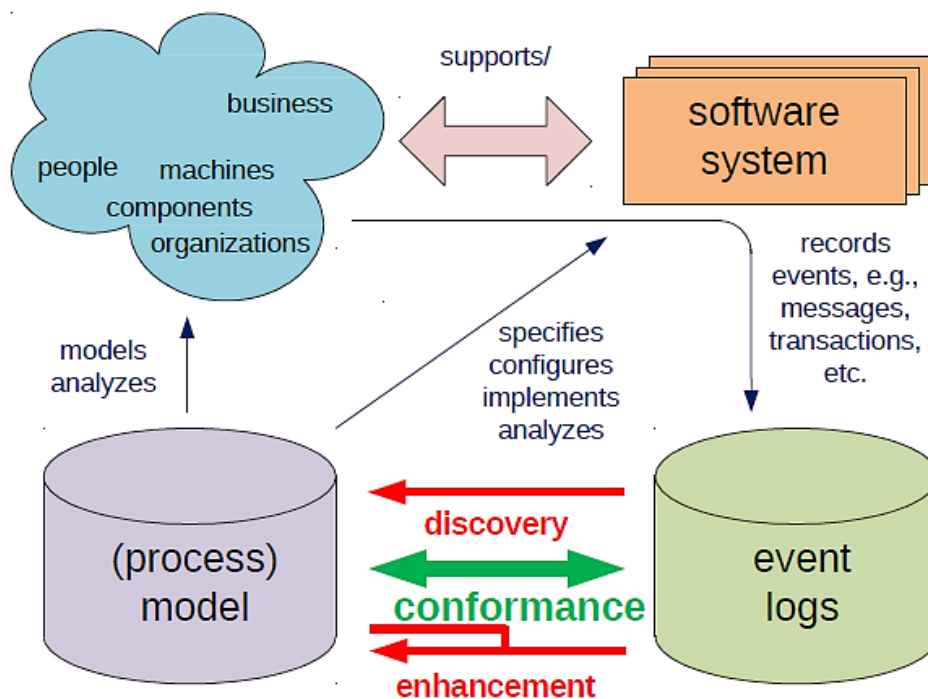


Figura 49 - Panoramica conformance analysis

Il confronto è realizzato impiegando le funzionalità di cui dispone il software *Pro-M* (abbreviazione di Process Mining), piattaforma in free download che consente di estrarre conoscenze sui processi aziendali a partire dall'analisi dei dati, quindi per l'analisi e il monitoraggio dei processi della vita reale <sup>[5]</sup>.

Di seguito viene illustrata la procedura di implementazione impiegata per tutti gli ordini in egual modo:

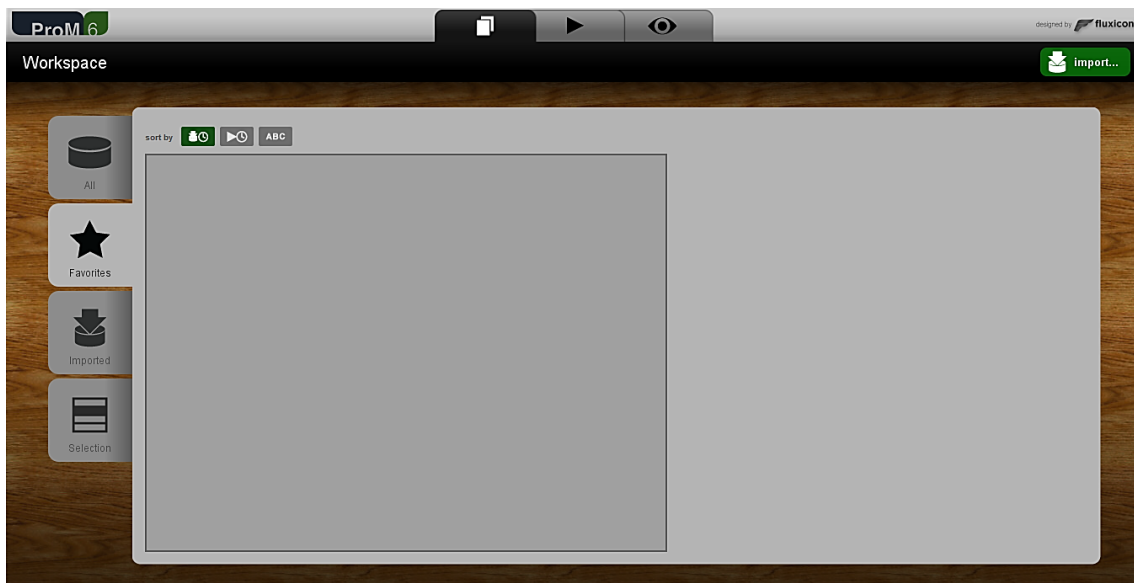


Figura 50 - Interfaccia Pro-M

1. il punto di partenza è l'importazione del log file all'interno della piattaforma (fig. 51)

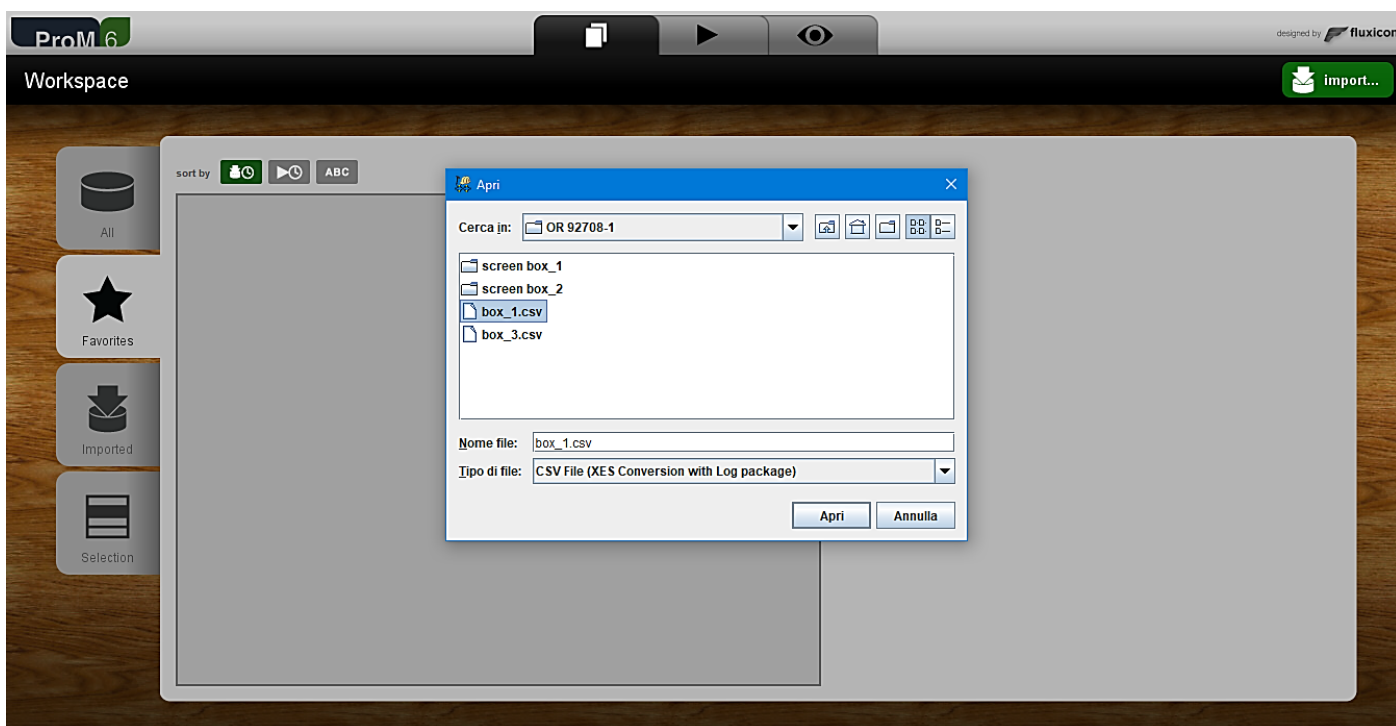


Figura 51 - Importazione del file

- l'event log viene convertito, poi, dal formato .csv al formato .xes (con impostazione dei relativi parametri di conversione) (fig. 52)

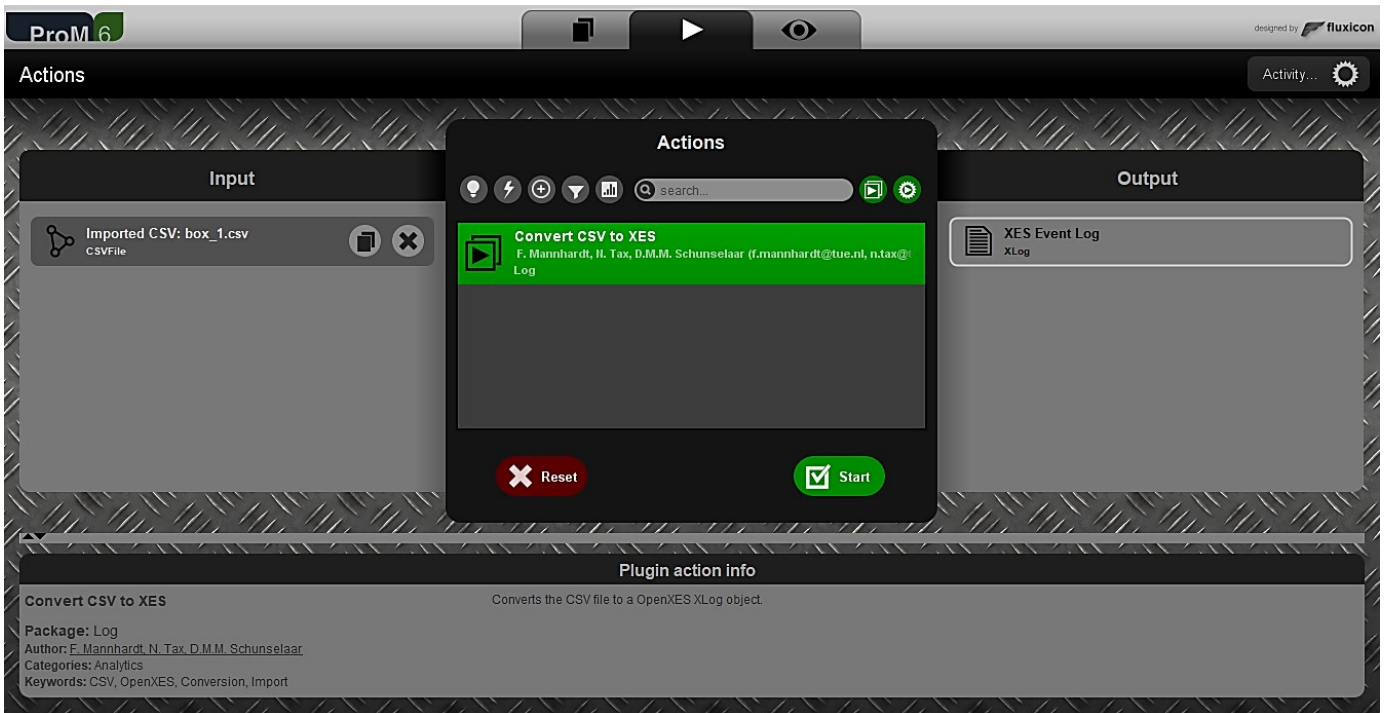


Figura 52 - Conversione del file

- il log viene visualizzato a schermo: finestra di visualizzazione del log (fig.53)

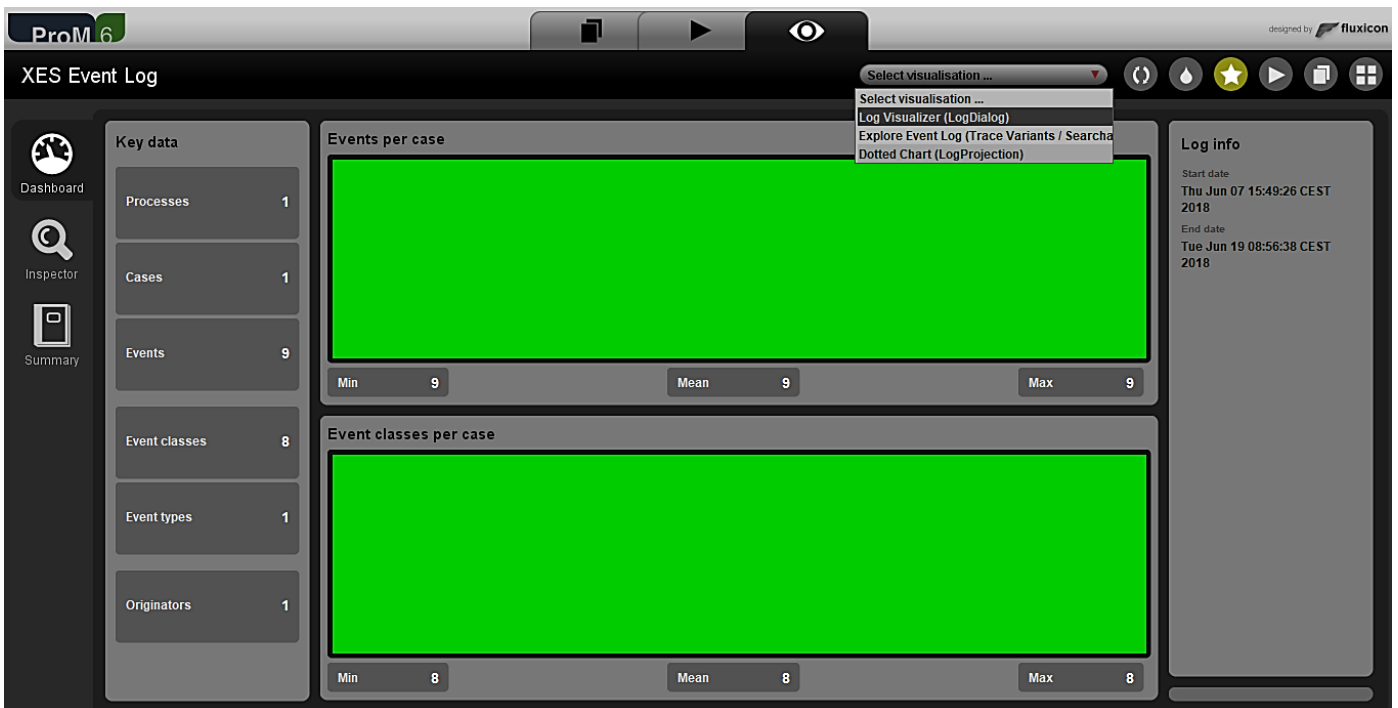


Figura 53 - Visualizzazione Log

4. selezionando i componenti della traccia, è possibile esplorarla e conoscere tutti i dati relativi a ciascuna delle attività: nome dell'attività, timestamp, numero totale di eventi, evento iniziale, evento finale della traccia (fig.54)

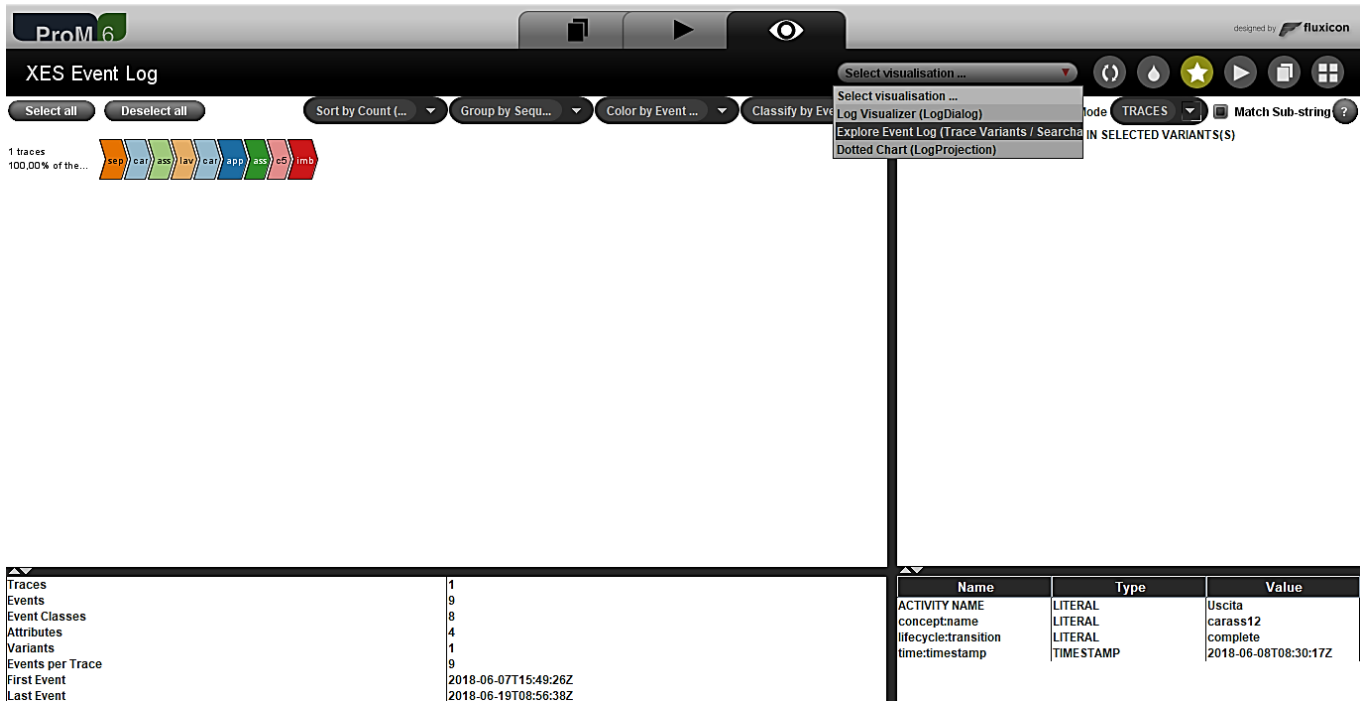


Figura 54 - Esplorazione traccia

5. proiezione della cronologia degli eventi: gli eventi vengono visualizzati a schermo (fig.55) in sequenza cronologica e con la rispettiva frequenza di manifestazione

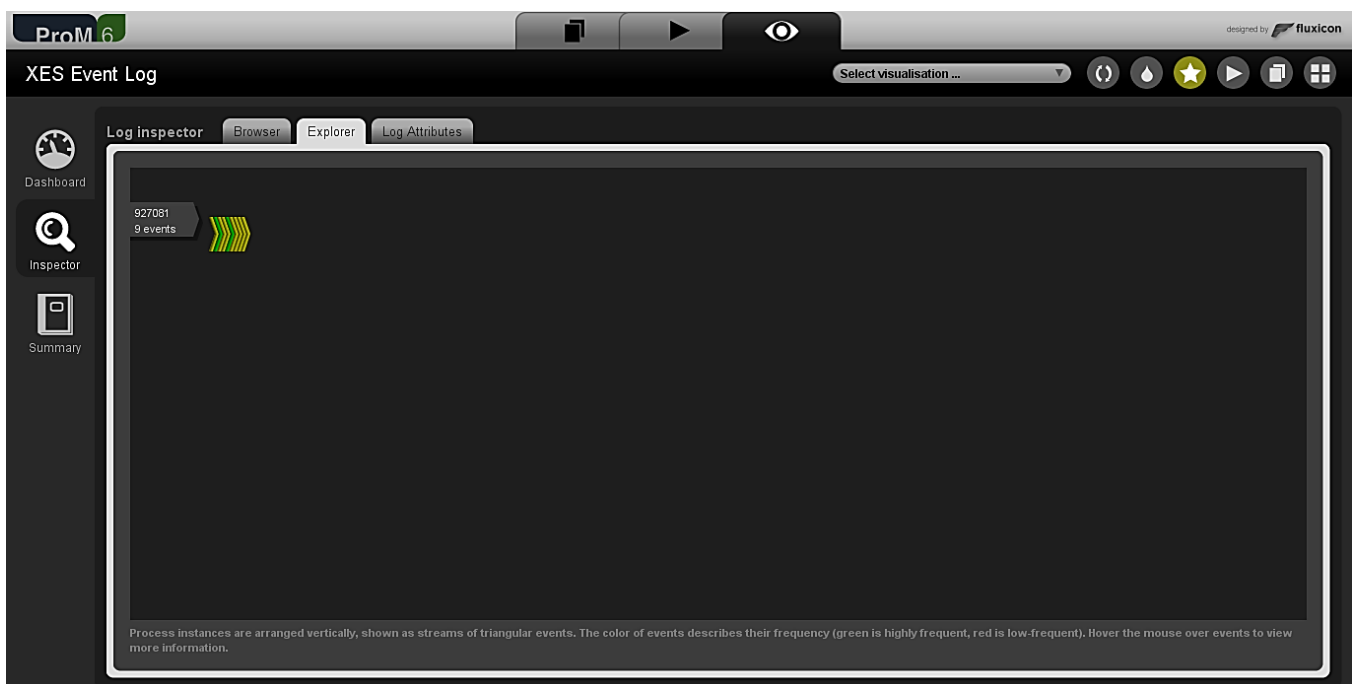


Figura 55 - Cronologia Eventi



6. il file della Rete di Petri in formato .pnml viene importato nella piattaforma (fig. 56)

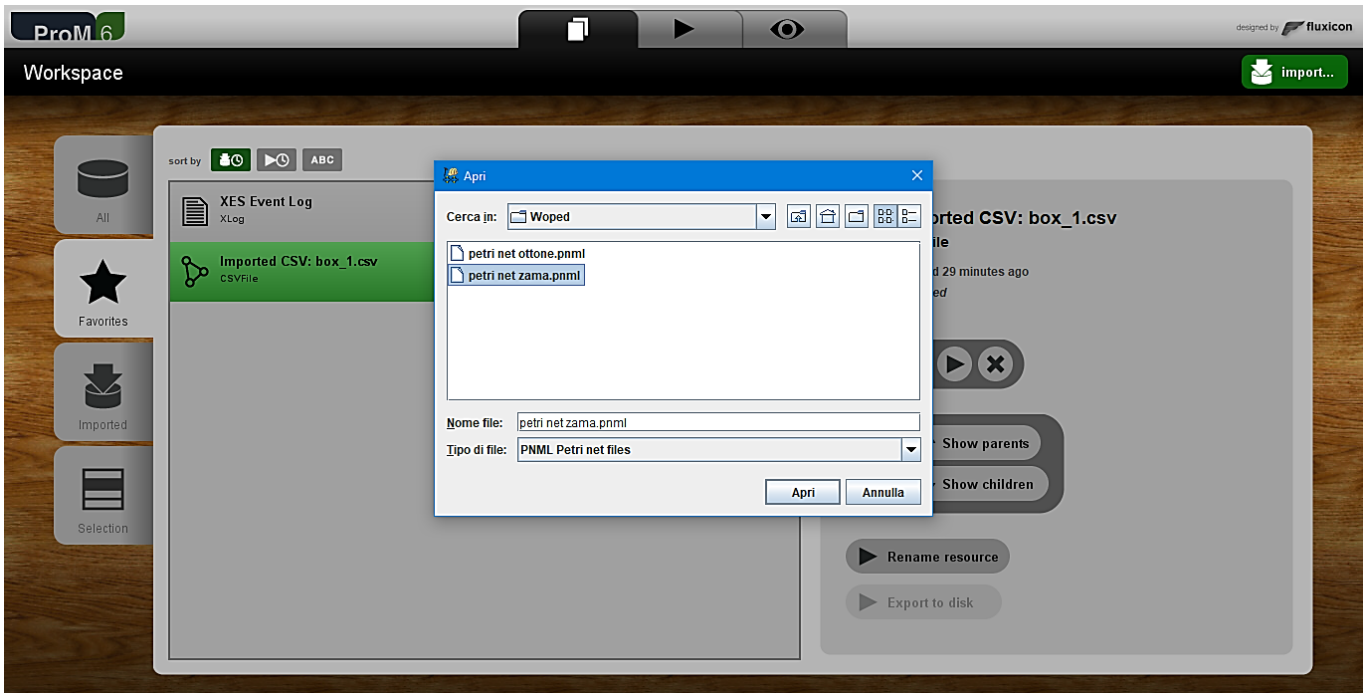


Figura 56 - Importazione Rete di Petri

Questo file rappresenta il modello teorico dei processi aziendali di cui si è parlato nel capitolo precedente. A differenza del file dei registri, la Rete di Petri non necessita di essere convertito poiché già importato nel formato .pnml, il quale è supportato dalla piattaforma utilizzata. Lo scopo è quello di effettuare il confronto con il file di log.

7. selezionando entrambi i file (il log in formato XES e la Rete di Petri PNML) come dati di input, tra le diverse funzionalità messe a disposizione dal software, si seleziona quella che consente di effettuare la Conformance Checking (fig. 57) e si prosegue con impostazione dei relativi parametri di conversione)

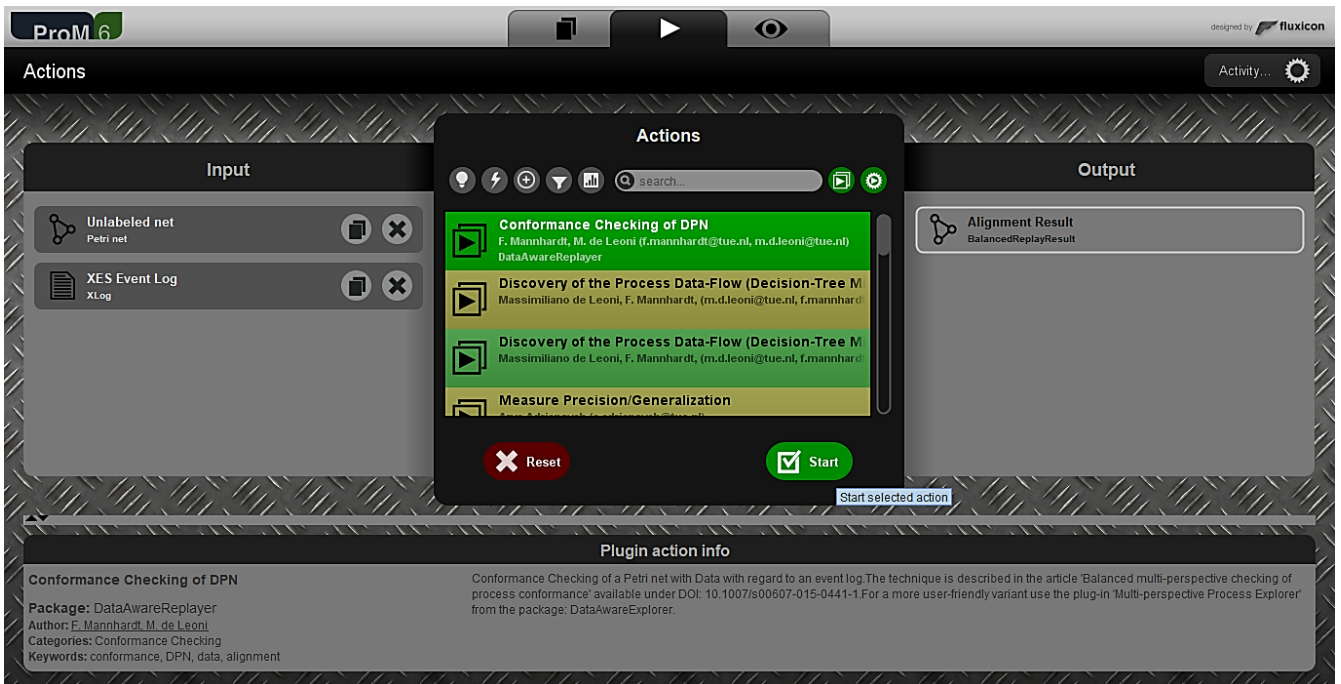


Figura 57 - Conformance Checking

8. l'alignment-based analysis viene condotta tra il modello e il log e riprodotta sulla Rete di Petri (fig. 58). In rosso le attività che non corrispondono al log.

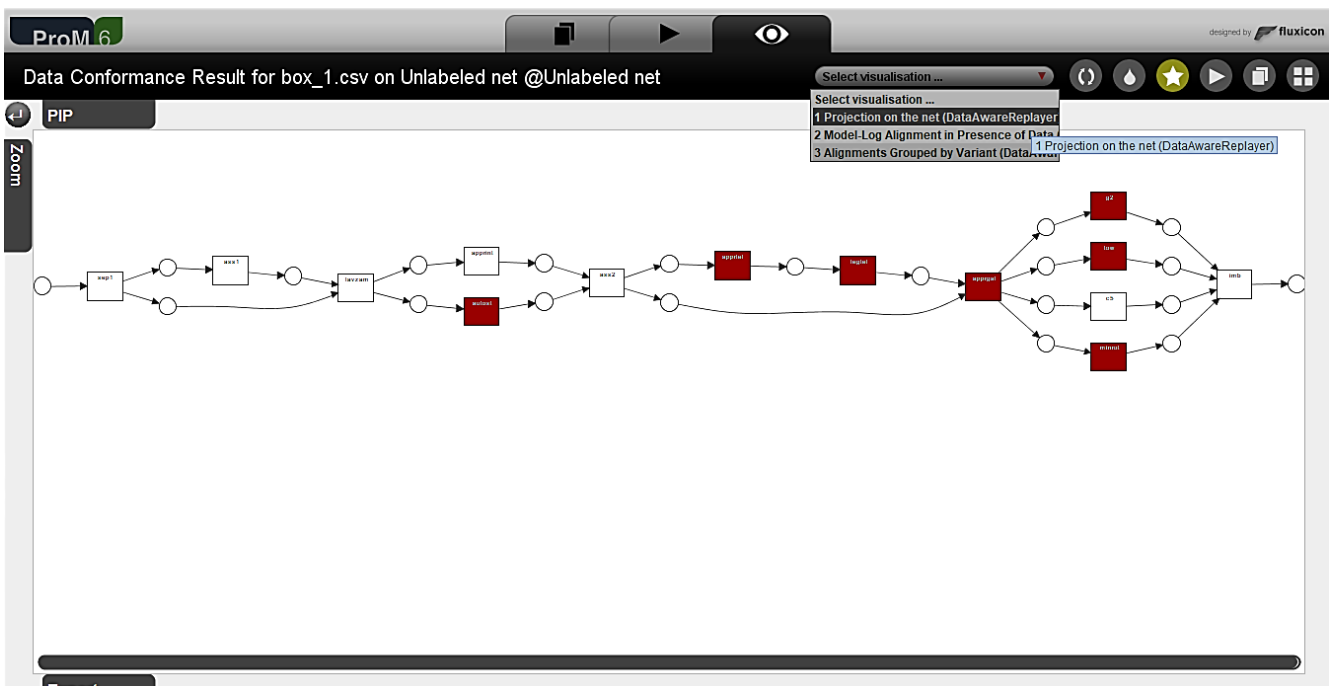


Figura 58 - Alignment-based analysis modello-log

9. L'alignment-based analysis viene condotta tra il modello e la traccia e riprodotta come in figura (fig. 59)

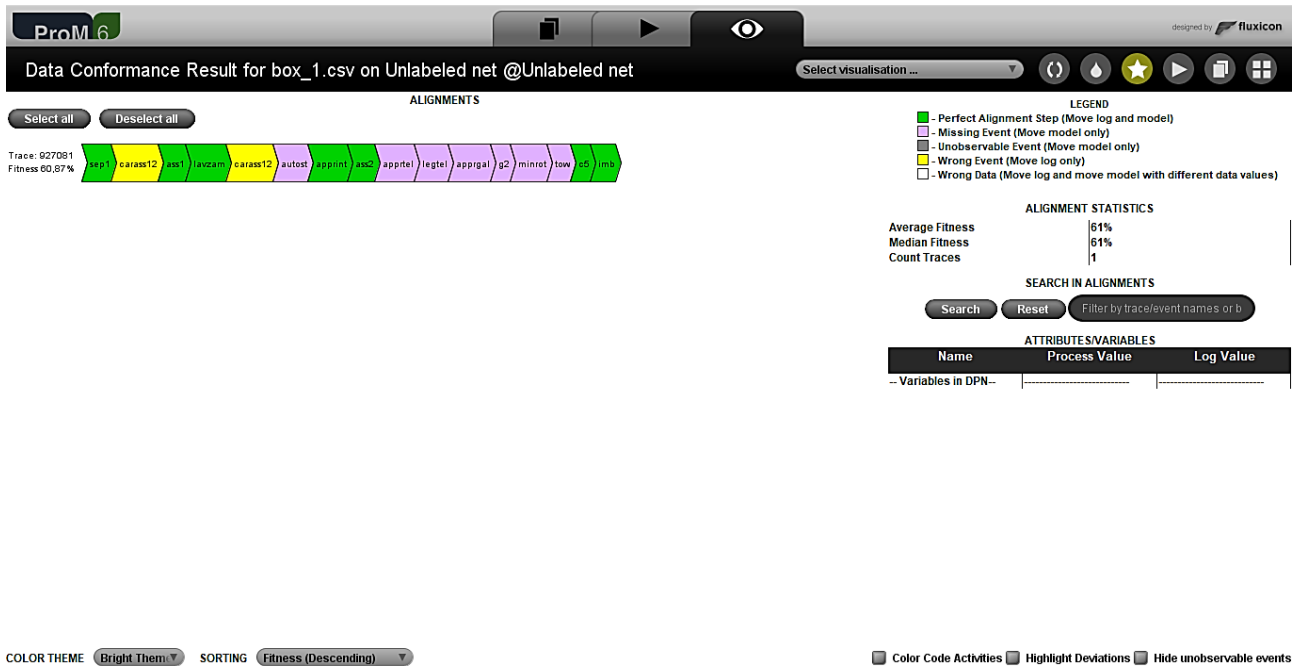


Figura 59 - Alignment-based analysis modello-traccia

Sulla traccia le attività appaiono in sequenza.

È proprio da questo risultato che ha origine l'analisi di processo; gli obiettivi sono:

- comprendere e definire le tipologie di deviazioni tra event log e modello teorico
- esaminare la correttezza della cronologia degli eventi
- quantificare il livello di fitness tra il log e il modello

### 4.4.1 Risultati sull'analisi alignment-based

Si osservano quattro tipologie di allineamento possibili tra event log e modello teorico del processo, nelle quali si riscontra una specifica problematica:

#### 1. CASO MOVE LOG di attività presenti nel log ma che si discostano dal modello teorico: attività ripetute e attività mancanti

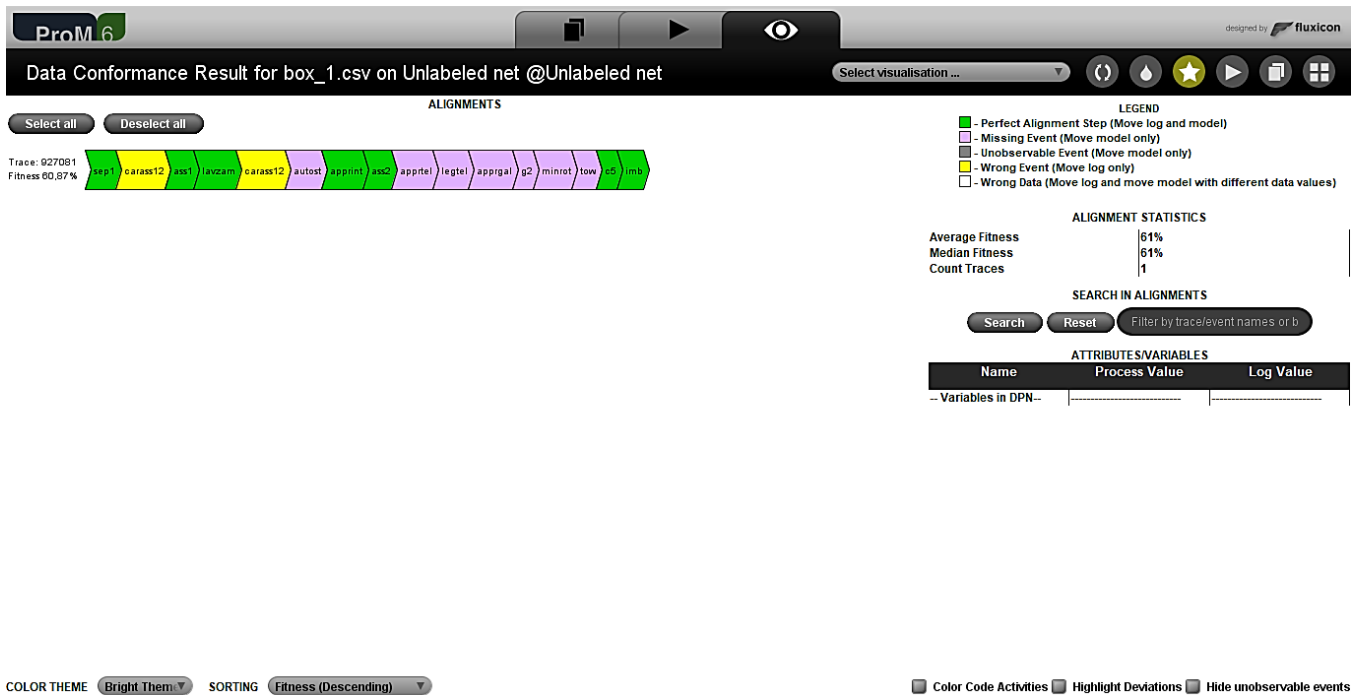


Figura 60 - Attività ripetute e attività mancanti

L'attività in giallo risulta nel log, ripetuta, ma non nel modello.

Ad eccezione di quest'ultima, il log risulta perfettamente allineato con il modello (attività in verde); quelle che compaiono in viola indicano un MOVE MODEL, cioè attività presenti nel modello e non nel log, ma in realtà è una deviazione non errata poiché rappresentano un percorso alternativo nel modello che, quindi, non viene seguito dalla cassetta corrispondente all'ordine analizzato perché non necessarie.

## 2. CASO MOVE LOG di attività presenti nel log ma che si discostano dal modello teorico: attività cronologicamente errate e attività mancanti

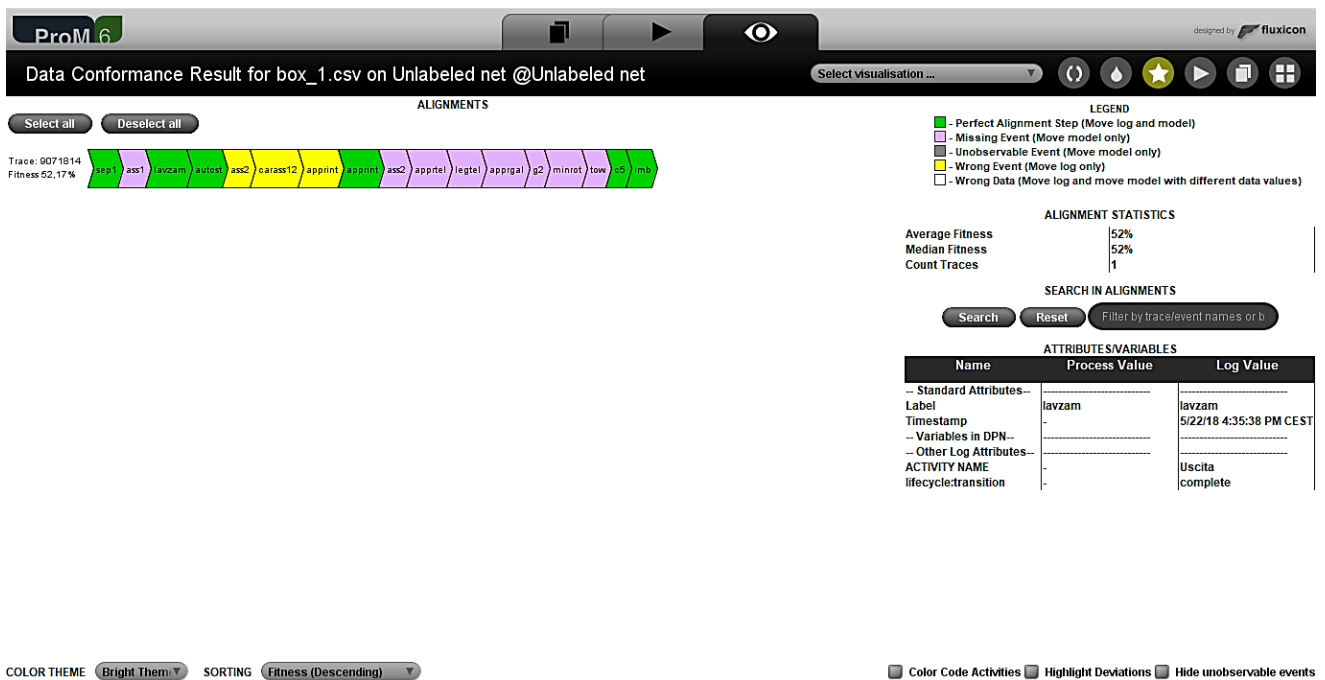


Figura 61 - Esempio 1

Nell'esempio 1 (fig. 61) le attività in giallo sono presenti nel log ma sono individuabili due problematiche:

- L'attività *carass12* non risulta nel modello teorico
- Le restanti due attività (*ass2* e *apprint*) sono invertite rispetto al normale flusso produttivo (rappresentato nel modello teorico); inoltre è possibile notare come la seconda appare doppia, proprio per questa una delle due risulta errata (gialla) e l'altra corretta (verde).

Quelle che compaiono in viola indicano un MOVE MODEL, cioè attività presenti nel modello e non nel log, ma in realtà è una deviazione non errata poiché rappresentano un percorso alternativo nel modello che, quindi, non viene seguito dalla cassetta corrispondente all'ordine analizzato perché non necessarie.

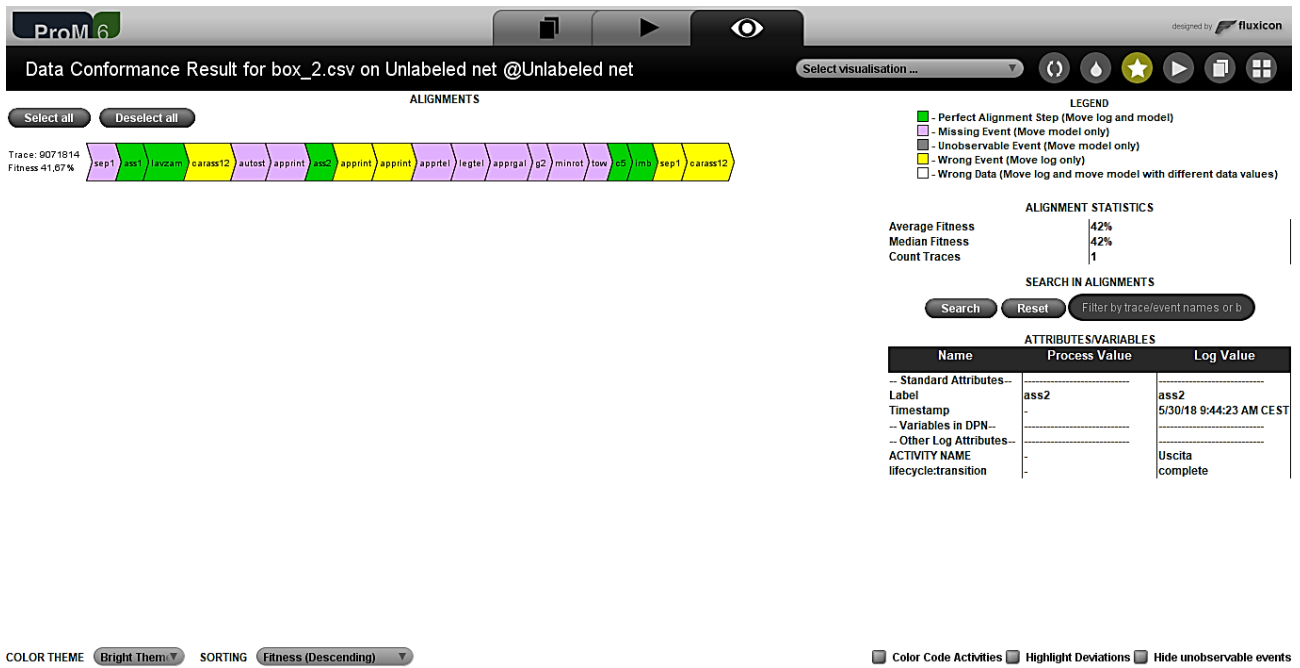


Figura 62 - Esempio 2

Nell'esempio 2 (fig. 62) la cronologia delle attività non rispecchia in nessun modo il flusso standard produttivo:

- L'attività *sep1* che dovrebbe essere svolta a monte del processo, risulta tra le ultime attività da svolgere nel log (infatti risulta un MOVE MODEL)

### 3. CASO MOVE LOG di attività presenti nel log ma che si discostano dal modello teorico: attività eccezionali

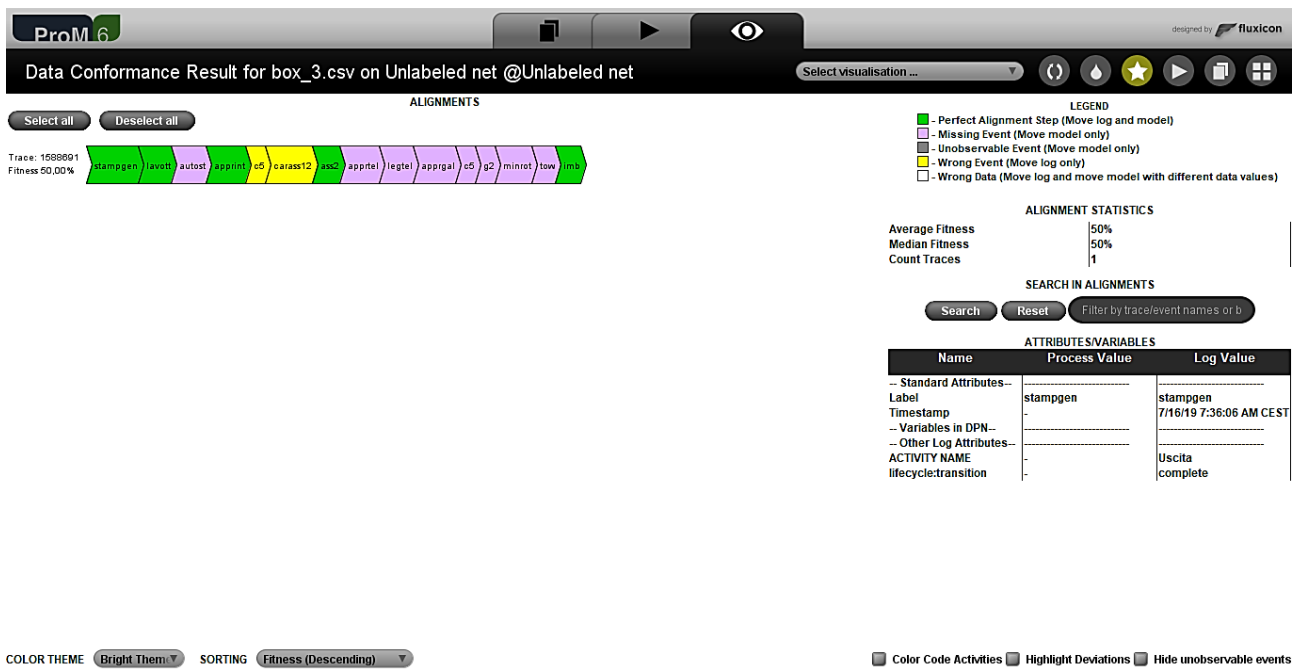


Figura 63 - Attività eccezionali

Anche in questo caso, come il precedente, appare una cronologia errata delle attività ma l'accezione è diversa: si tratta di un flusso produttivo d'eccezione per cui non erroneo, bensì speciale.

Come nei due precedenti casi, si osservano attività mancanti nel log (in viola) e attività mancanti nel modello (in giallo, *carass12*).

#### 4. CASO MOVE MODEL di attività presenti nel modello ma che si discostano dal log: attività mancanti

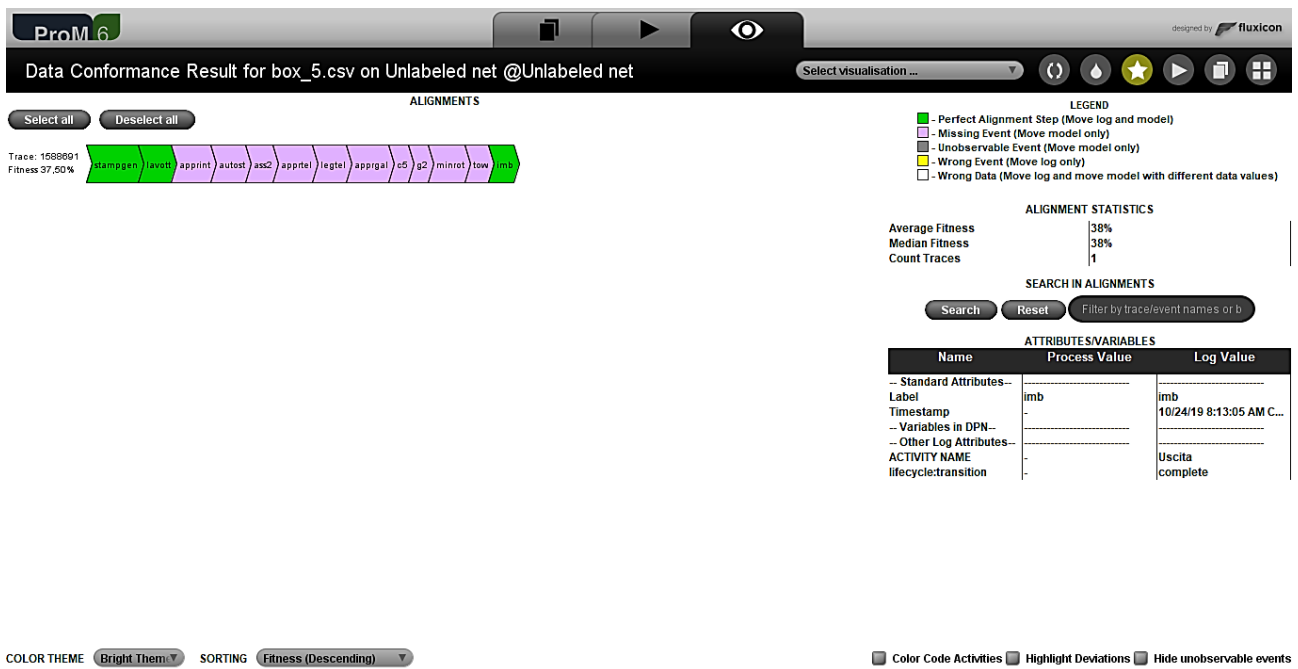


Figura 64 - Attività mancanti

L'immagine sopraindicata riporta il caso più pessimistico: attività che avrebbero dovuto essere svolte (rappresentate nel modello teorico) ma che non sono state realizzate o perlomeno tracciate (non sono presenti nel log). Quindi l'allineamento perfetto è dato dalle sole tre attività in verde.



#### 4.4.2 Computo della fitness media modello-log

Un ulteriore parametro che può essere utilizzato come indicatore della bontà di un processo è la percentuale di fitness tra il modello e il log comparati.

Questa viene calcolata come:

$$\text{average fitness} = 1 - \frac{n^{\circ} \text{ deviazioni}}{\text{lungh. traccia (n}^{\circ} \text{ eventi)} + \text{percorso min. (dallo stato iniz. allo stato fin.)}}$$

Facendo una statistica sulle analisi effettuate, si arriva al seguente computo (fig. 65):

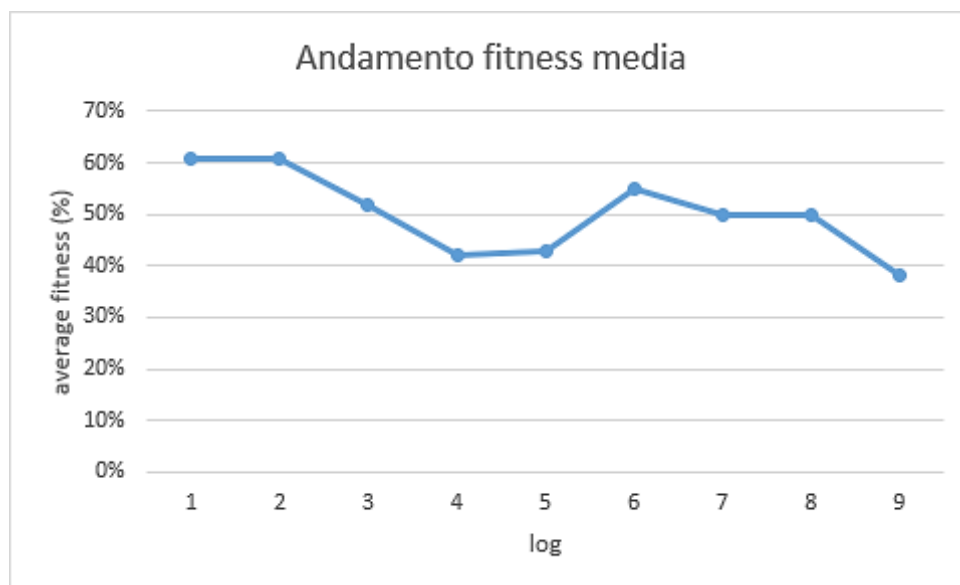


Figura 65: Andamento fitness media modello-log

dove:

- sulle ascisse vengono indicate le tracce dei log osservati
- sulle ordinate viene indicata la fitness media (in percentuale)

Osservando il grafico, si registra una fitness media compresa tra 30-60%, quindi un valore medio, a dimostrazione del fatto che ci sono processi (tracce) che si discostano di molto dal modello teorico (elevato numero di deviazioni), al contrario altri divergono meno (basso numero di deviazioni).

Questo valore può essere utilizzato come linea guida nella riprogettazione dei processi (di cui si parla nel capitolo successivo) scegliendo di rielaborare dapprima quei processi caratterizzati da una bassa fitness ed indagandone le cause.

## 5. Attività conseguenti all'implementazione del sistema paperless

Le attività che consentono di realizzare il sistema VPRD e che attualmente sono in fase di test (fig. 66) sono classificate in quattro macroaree:

1. Introduzione di una nuova modalità di stampa cartellini di produzione, in particolare attraverso l'eliminazione della cosiddetta *combination line*
2. Modifica della capacità massima di una cassetta (*lot table*)
3. Introduzione software che consente di correggere e, quindi, uniformare le anomalie relative ai pesi unitari di ogni singolo componente
4. Introduzione software che consente di generare trasporti per le navette, visualizzare il PR virtuale (VPR) e gestire le eccezioni

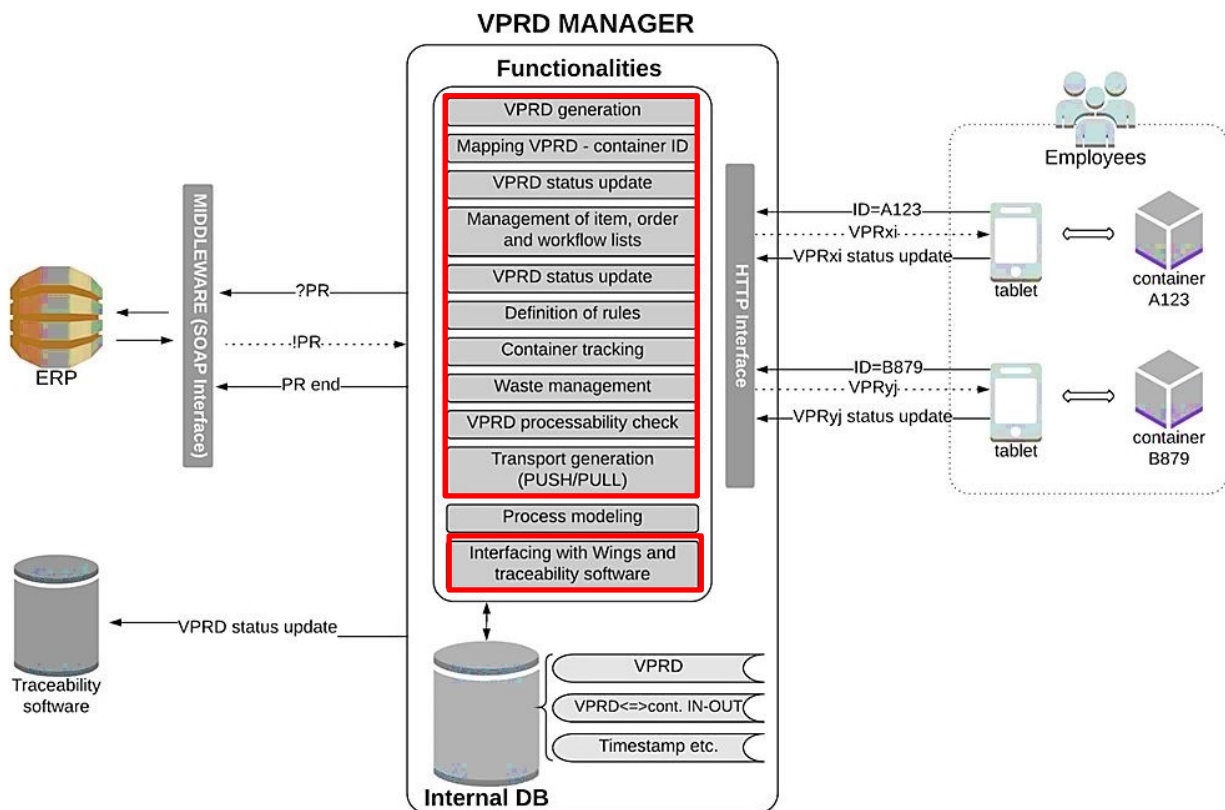


Figura 66 - VPRD Manager- Architecture

## 5.1 Introduzione della nuova modalità di stampa cartellini di produzione: eliminazione della *combination line*

La pianificazione della produzione prevedeva, inizialmente, che ad ogni cassetta fossero associati più cartellini di produzione, ad indicare tutte le lavorazioni che lo specifico articolo avrebbe dovuto subire (fig. 67).

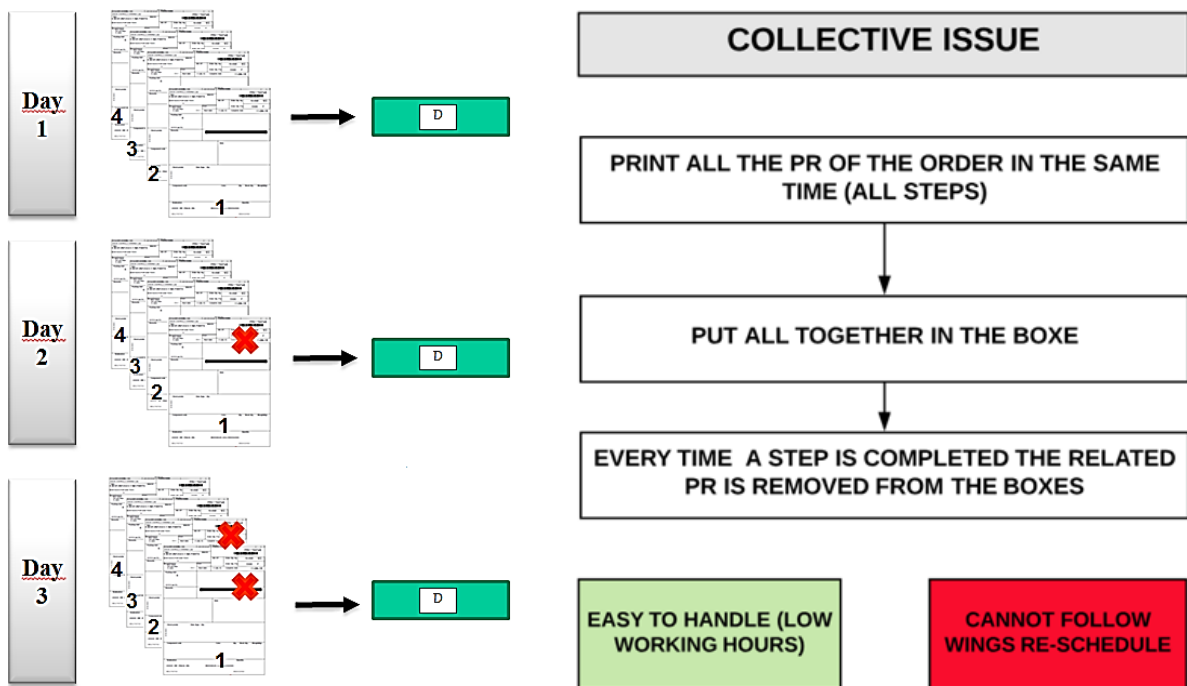


Figura 67 - Collective issue print method problem

La tracciabilità della cassetta era ottenuta tramite l'eliminazione fisica del cartellino una volta avvenuta la lavorazione corrispondente.

Questa modalità di stampa non era ovviamente in linea con l'idea 'paperless' poiché non consentiva di seguire un'eventuale rischedulazione effettuata dal sistema gestionale Wings.







01-55 PLATING		05-09-2019	Production Number		1	1/	1
555-04 COGNAC G2+POL+RESM1000			OR00142359		PR03347529		
Item		0896610	WINGE				
N-ANTI YM90			Rif. OT	Order Qty. Kg	10,150	KG	
Special Features		Color	Order Qty. Pcs		5000	P	
GOODS FOR ANTI-NICKEL US STANDARD OF CONTENTS DANGEROUS 5250		Start date	09-09-19 P14	Complete date	12-09-19	P 21	
Packing Unit		  					
X 0029375 CARTON BN 30 PCS per PU							
Remarks							
		Note:					
		 					
Check points		Date	Sign.	Qty.			
1 *5501 G2		10-09	A13:59				
2 *55011 POLISHING		10-09	P21:59				
3 *55031 RESM 700 LACCAT		12-09	P21:59				
4							
5							
Component code		Color	Qty.	Stock Qty.	Weight(Kg)		
0879435 X COGNAC G2+POL+RESM1000			5250,0	5250,0	10,679		
0885708 D COGNAC G2+POL+RESM1000			5250,0	0,0	10,678		
0894236 X COGNAC G2+POL+RESM1000			5250,0	0,0	10,678		
Destination		Quantity					
000004 YEM FRANCE SANS		OR00142359/PR03347529			5000,000		
OR00142359-0001					PP45842703		

Figura 68 - Esempio PR combination line


01-55 PLATING		05-09-2019	Production Number 1		1 / 3
558-09 COMPTI M I TON KAI COA PART IN			PR03349069		
Item 0980920		WINGS		 PR03349069X	
REF WAX IN ANTI		Rif. OT	Order Qty. Kg	8,934	KG
Special Features GOODS FOR ANTI-NICKEL BEFORE POLYETHYLENE WAX		Color	Order Qty. Pcs	2720	P
2856	Start date	10-09-19 P14	Complete date	11-09-19	P 21
Packing Unit X		Remarks			
10 PCS per PU					
Remarks		Note:			
		test3			
Check points		Date	Sign.	Qty.	
1	*559 MULTI (ACID COPP	1-09	A13:59		
2	559 CS SPECIAL	1-09	P21:59		
3					
4					
5					
Component code		Color	Qty.	Stock Qty.	Weight(Kg)
0976478 W IN KAI COA PART IN			2856,0(	2856,0)	9,268
0980768 S CH IN PA PARTS F ANTI			2856,0(	0,0)	8,991
Destination			Quantity		
PP45827605					

Figura 69 - Esempio PR combination line

Per cui è stata pensata una sua 'standardizzazione', ovvero l'associazione di un unico cartellino ad una singola cassetta, uno per ogni passaggio produttivo (fig. 70)

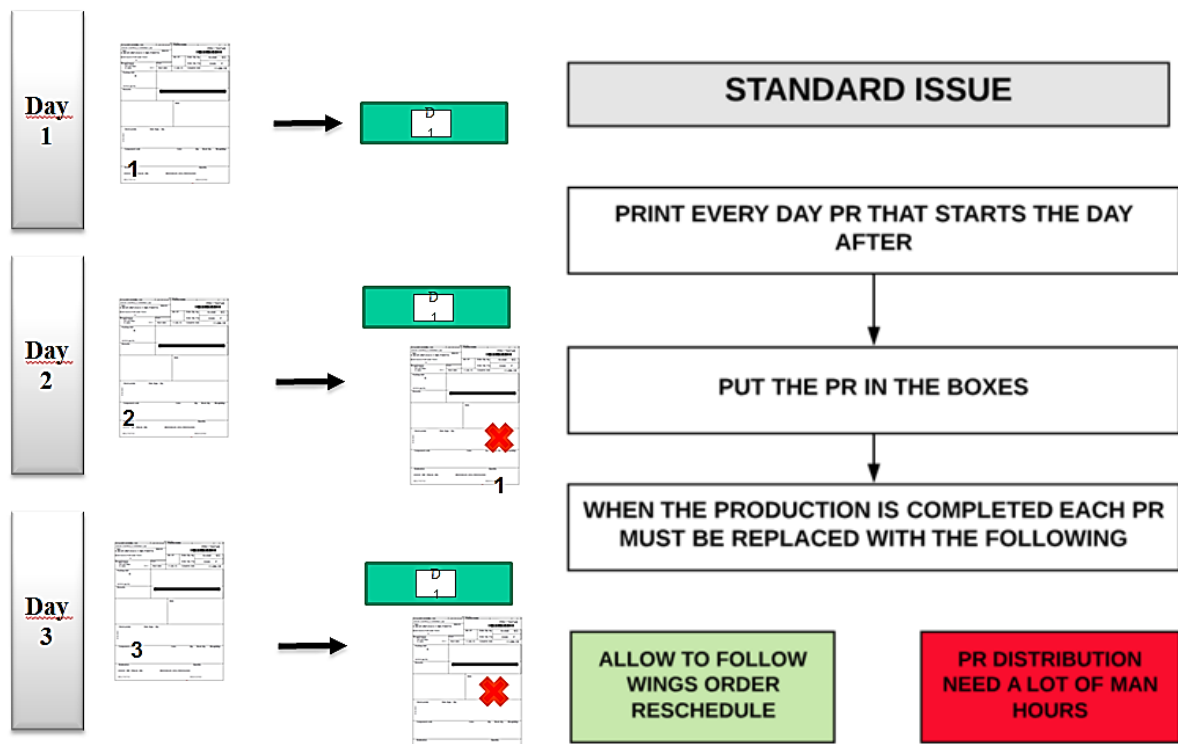


Figura 70 - Standard issue benefits and problems to fix

Grazie a questa nuova modalità di stampa è possibile seguire la schedulazione effettuata da Wings, introducendo modifiche direttamente sul sistema ed evitando di maneggiare il cartaceo.



D1-55 PLATING	10-10-2019	Production Number	1	1 / 1
559-97 MULTI(ACID COPPER)SPECIAL -409-		PR03722479		
Item 0980768		 		
		Rif. OT	Order Qty. Kg	12,496 KG
			Order Qty. Pcs	3969 P
Special Features GOODS FOR ANTI-NICKEL	Color	Start date 15-10-19 A06 Complete date 15-10-19 P 21		
Packing Unit X				
10 PCS per PU				
Remarks				
		Note:		
Check point	Date	Sign.	Qty.	
1	15-10	A13:59		
2	15-10	P21:59		
3				
4				
5				
Component code	Color	Qty.	Stock Qty.	Weight(Kg)
0976478 - IN SUO IN TUBA H-ANTI		4168,0	4168,0	13,525
Destination	Quantity			
	FP45883571			

Figura 71 - Esempio PR no combination line


01-55 PLATING		10-10-2019	Production Number		2	1 / 1
559-13 C5 SPECIAL -402-			PR03722489			
Item		0980920	WNGE		 PR03722489b	
SPECIAL FEATURES GOODS FOR ANTI-NICKEL BEFORE POLYETHYLENE WAX			Rif. OT	Order Qty. Kg	12,415	KG
				Order Qty. Pcs	3780	P
Color			Start date	16-10-19 A06	Complete date	16-10-19 P 21
Packing Unit						
X						
10 PCS per PU						
Remarks						
Note:						
test3						
Check points		Date	Sign.	Qty.		
1 559C5 C5 (CU-SN) LINE		16-10	P21:59			
2						
3						
4						
5						
Component code			Color	Qty.	Stock Qty.	Weight(Kg)
0980768 - 559 C5 (CU-SN) LINE - N-ANTI				3969,0	( 0,0)	12,495
Destination					Quantity	
PR03722479					PP45883572	

Figura 72 - Esempio PR no combination line



## 5.2 Modifica del concetto di lot table

Considerazioni aggiuntive circa l'eliminazione della combination line comprendono la revisione di due aspetti importanti che sono i concetti di *scarto* e *lot table*.

È prevista l'imposizione di uno scarto nullo ad indicare un numero di articoli invariabile tra una lavorazione e l'altra corrispondenti ad una determinata cassetta; in questo modo è possibile ottenere l'associazione di un PR a ciascuna di esse.

Questa strategia è supportata anche da un ulteriore parametro che viene definito *lot table*, ovvero un codice identificativo assegnato ad un articolo correlato ad una specifica lavorazione e che viene associato al numero massimo di pezzi che può essere contenuto all'interno di una cassetta.

A tal proposito, è stato necessario uniformare la definizione dei pesi unitari degli articoli rilevati in tutte le lavorazioni, poiché si aveva una disaggregazione tra unità di misura espresse in kg (nel reparto a valle quale la verniciatura) e in numero di pezzi (in reparti quali assemblaggio e galvanica). Di conseguenza il numero di pezzi per lotto risultante tra una lavorazione e la successiva risultava differente.

item	descrizione	lottable	max	min	unità	pezzi per lotto
924054	5 MIDA8ΓA2 X3 PARTS N-ANTIYM90	599	17	0	KG	3616
990660	5 MIDA8ΓA2 MET PARTS N-ANTIYM90	724	3600	1	PZ	3600
923965	5 MIDA8ΓA2 X3 PARTS N-ANTIYM90	724	3600	1	PZ	3600
913783	5 MIDA8ΓA2 ZB PARTS N-ANTIYM90	724	3600	1	PZ	3600

Figura 73: Esempio disaggregazione lot table

La soluzione adottata è quella di fissare la capacità massima di ciascuna cassetta equivalente a 17 kg, come risulta dal reparto a valle, ed esprimere tutte le grandezze in kg arrivando a definire il numero di pezzi per lotto pari al rapporto tra la capacità massima della cassetta e il peso unitario dell'item considerato.

item	descrizione	peso unitario	pezzi per lotto attuali	pezzi per lotto in kg
924054	5 MIDA8ΓA2 X3 PARTS N-ANTIYM90	0,0047014	3616	3616
990660	5 MIDA8ΓA2 MET PARTS N-ANTIYM90	0,004755	3600	3575
923965	5 MIDA8ΓA2 X3 PARTS N-ANTIYM90	0,0047322	3600	3592
913783	5 MIDA8ΓA2 ZB PARTS N-ANTIYM90	0,0045909	3600	3703

Figura 74: Esempio uniformazione lot table

Un'ulteriore distinzione riguarda i lot table stessi, che vengono raggruppati in categorie, ognuna delle quali fa riferimento a quelle tipologie di articoli cui corrispondono la stessa capacità massima per cassetta e differenziando tra articoli verniciati e non verniciati:

numero lot table	item nel lot table	qtà min	qtà max	LQUCA9	
702	42625	0,0000001	17	KG	
604	38	0,0000001	17	KG	no dyeing
500	24	0,0000001	12	KG	
843	36	0,0000001	12	KG	no dyeing
853	31	0,0000001	10	KG	
987	791	0,0000001	10	KG	no dyeing

Figura 75 - Modifica del lot table

Questa strategia consente di ottenere, quindi, una semplificazione nell'individuazione delle categorie di articoli, facendo riferimento ora allo specifico lot table.

ITEM	DESC1	DESC2	DESC3	STATIS	LINEA1	LINEA2	PESOUNITARIO	LOTTABLE	PRODUCTIONAVAILABLEFLAG	SALESAVAILABLEFLAG	nuovo lot table
0010160				1	510	02	0,000885	702 1	1	1	604
0010192				1	510	02	0,000365	702 1	1	1	604
0010194				1	510	02	0,001095	702 1	1	1	604
0010454				1	510	11	0,001032	197 1	1	1	604
0010455				1	510	02	0,000418	702 1	1	1	604
0010471				1	510	02	0,0008728	702 1	1	1	604
0010566				1	510	05	0,001254	702 1	1	1	604
0010579				1	510	05	0,002419	702 1	1	1	604
0010592				1	510	05	0,00183	702 1	1	1	604
0010598				1	510	05	0,002268	702 1	1	1	604
0010607				1	510	05	0,001481	702 1	1	1	604
0010623				1	510	05	0,000635	702 1	1	1	604
0010632				1	510	02	0,0004473	702 1	1	1	604
0010641				1	510	11	0,002807	197 1	1	1	604
0010642				1	510	02	0,0017795	702 1	1	1	604
0010647				1	510	02	0,000992	702 1	1	1	604
0010655				1	510	05	0,001783	702 1	1	1	604
0010659				1	510	05	0,001962	702 1	1	1	604
0010667				1	510	05	0,0061194	702 1	1	1	604
0010669				1	510	05	0,005015	702 1	1	1	604
0010677				1	510	05	0,001775	702 1	1	1	604
0010687				1	510	02	0,001651	702 1	1	1	604

Figura 76: Esempio uniformazione lot table per pressofusione

### 5.3 Introduzione trasporti con AGV

Il sistema 'paperless' viene realizzato anche grazie all'introduzione di veicoli a guida automatica (AGV) per rendere il trasporto di materiale all'interno dello stabilimento più efficiente (tempi di movimentazione più brevi, minor tempo di consegna, etc.) ed efficace (in termini di maggiore quantità trasportata).

Queste ragioni prevedono lo sviluppo e l'implementazione di un software che consenta di generare i trasporti per le navette, visualizzare il PR virtuale (VPR) e gestire le eccezioni.

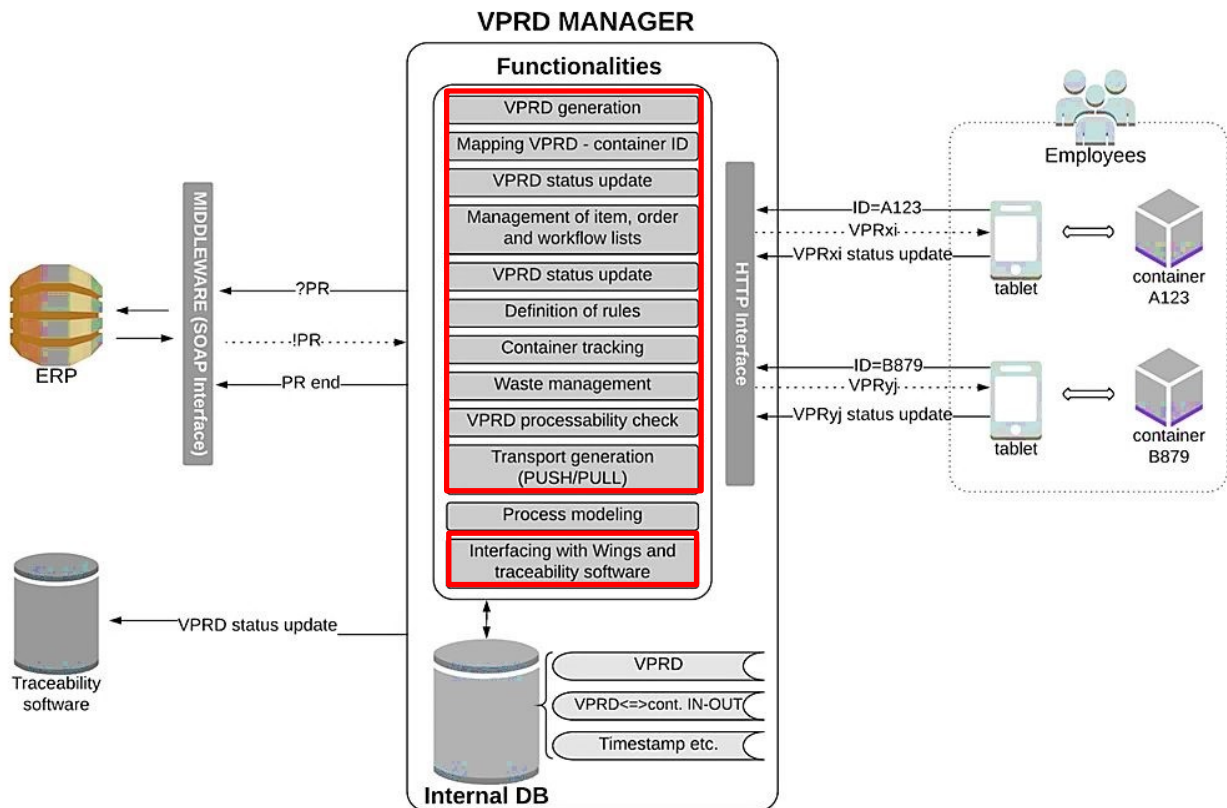


Figura 77 – VPRD Manager

### 5.3.1 Gestione dei trasporti

Ogni impianto ha un programma che consente di visualizzare a schermo i trasporti da selezionare (fig. 78). Il trasporto viene generato dalla presenza degli ordini arrangiati sul sistema gestionale Wings (PR, etc.); una volta selezionato, questo viene notificato alla navetta che, leggendo l’ID di destinazione, può partire.

The screenshot shows the 'Show Transport' application window. At the top, there is a search bar with fields for 'Current Plant' (set to IMBALLAGGIO), 'Previous Plant', 'Stato' (set to 'Tutti tranne i terminati'), 'Item', 'Finish Code', 'Size', and 'Chain'. There are also date filters for 'Da' and 'A' (both set to 'giovedì 7 novembre 2019') and a 'Group on' dropdown (set to 'ORDINE'). A 'Crea trasporto' button is visible on the right.

Below the search bar, there are tabs for 'Incoming Transport' and 'Outgoing Transport'. The main area contains a table with the following columns: Ordine, Rig, Cont ID, Item Code, Description, VPR Estimated Start, VPR Estimated Finish, Trasport actual start, Transport actual finish, Previous Plant, Current Plant, Emp, Met, Priorità, and AGV Mission. The table lists several transport records, including those with yellow highlights.

Ordine	Rig	Cont ID	Item Code	Description	VPR Estimated Start	VPR Estimated Finish	Trasport actual start	Transport actual finish	Previous Plant	Current Plant	Emp	Met	Priorità	AGV Mission
<b>(1981)</b>														
<b>ML00418179 (1)</b>														
ML00418179	0	27467	4004153	...	04/11/2019	05/11/2019			MULTIFUNZIONE	IMBALLAGGIO	755	A	N	0
<b>ML00422079 (4)</b>														
ML00422079	0	11453	0788181	...	05/11/2019	06/11/2019	07/11/2019 11:46:14		G2	IMBALLAGGIO	755	A	N	566
ML00422079	0	2017	0788181	...	05/11/2019	06/11/2019	07/11/2019 11:46:14		G2	IMBALLAGGIO	755	A	N	566
ML00422079	0	75072	0788181	...	05/11/2019	06/11/2019	07/11/2019 11:46:14		G2	IMBALLAGGIO	755	A	N	566
ML00422079	0	67954	0788181	...	05/11/2019	06/11/2019	07/11/2019 11:46:14		G2	IMBALLAGGIO	755	A	N	566
<b>ML00424949 (4)</b>														
ML00424949	0	35265	4016767	...	05/11/2019	06/11/2019			MULTIFUNZIONE	IMBALLAGGIO	755	A	N	0
ML00424949	0	13487	4016767	...	05/11/2019	06/11/2019			MULTIFUNZIONE	IMBALLAGGIO	755	A	N	0
ML00424949	0	68491	4016767	...	05/11/2019	06/11/2019			MULTIFUNZIONE	IMBALLAGGIO	755	A	N	0
ML00424949	0	26541	4016767	...	05/11/2019	06/11/2019			MULTIFUNZIONE	IMBALLAGGIO	755	A	N	0
<b>OR00096489 (1)</b>														
OR00096489	1	64935	0079816	...	12/11/2019	14/11/2019			STAMPAGGIO S&B	IMBALLAGGIO	755	A	N	0
<b>OR00123929 (8)</b>														
OR00123929	1	76874	4367297	...	12/11/2019	15/11/2019			G2	IMBALLAGGIO	755	A	N	0
OR00123929	1	31732	4367290	...	12/11/2019	15/11/2019			G2	IMBALLAGGIO	755	A	N	0

At the bottom left, it says 'Trovati 2557 trasporti'.

Figura 78 – Lista dei trasporti

The screenshot shows the 'Transport Creation' dialog box. It contains several input fields and dropdown menus:

- ID Container:** A text input field.
- Info Container:** A section containing:
  - Item:** A text input field.
  - Color:** A text input field.
  - UM:** A text input field.
  - Item Description:** A larger text input field.
  - Qta in pezzi:** A text input field with '0' entered.
  - Qta in KG:** A text input field with '0' entered.
- VPR:** A text input field.
- Employee Code:** A text input field with '755' entered.
- Current Station:** A dropdown menu.
- Next Station:** A dropdown menu.
- AGV:** A dropdown menu with 'TEST AGV' selected.
- Priority:** A dropdown menu.

At the bottom, there are two buttons: 'Annulla' (with a red X icon) and 'Salva e chiudi' (with a green checkmark icon).

Figura 79 – Creazione del trasporto

### 5.3.2 Generazione VPR

Il punto focale del sistema “paperless” è proprio la generazione dei cartellini di produzione virtuali, che prendono il nome di Virtual PR (VPR), ideati per sostituire (anche se non del tutto) il cartaceo.

L’obiettivo è quello di velocizzare i tempi di produzione (efficienza) ma anche evitare errori nella generazione dei cartellini stessa (efficacia), a cui segue una riduzione di ore uomo.

Grazie alla funzione di mappatura della cassetta, ovvero della lettura del rispettivo codice ID, il software consente di visualizzare il VPR relativo alla lavorazione da effettuare su dispositivi digitali di cui l’operatore dispone.

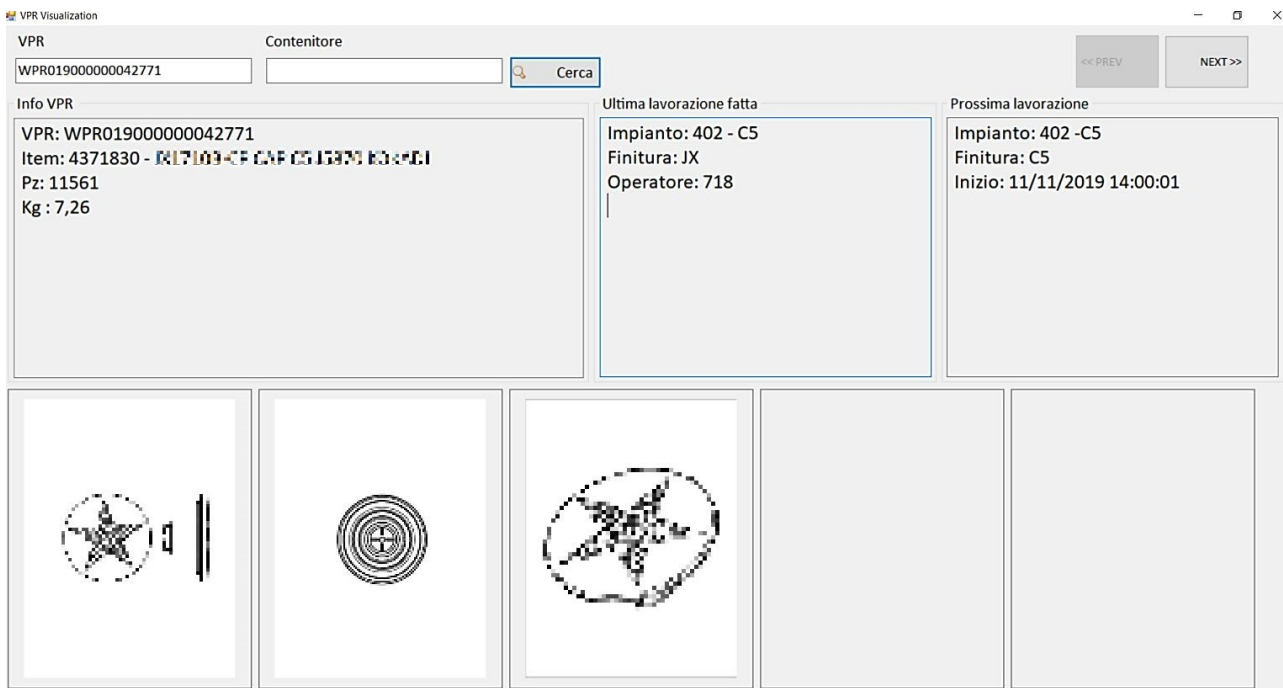


Figura 80 - Esempio VPR per categoria bottoni

In figura 80, è riportato un esempio di VPR per un bottone. L’operatore potrà visualizzare a video le informazioni riguardanti il prodotto da lavorare, infatti è presente il codice item del prodotto ordinato, il numero di pezzi da lavorare e il corrispettivo in peso. Il peso è importante per calcolare la quantità dei materiali necessari a realizzare le finiture superficiali sui prodotti. Sono presenti delle immagini del prodotto per aiutare gli operatori a riconoscerlo ed evitare che possano generarsi dei mix con altri prodotti. Infine viene indicata quale è stata la lavorazione realizzata precedentemente e la successiva con la data di inizio schedulata, per poter verificare in maniera rapida se l’ordine è in ritardo o puntuale.

Un altro esempio è presente in figura 81, per un processo di assemblaggio di cursore più tiretta. In questo caso non è presente una prossima lavorazione, perché il prodotto è destinato al magazzino.

VPR Visualization

VPR      Contenitore

WPR01900000042550                       

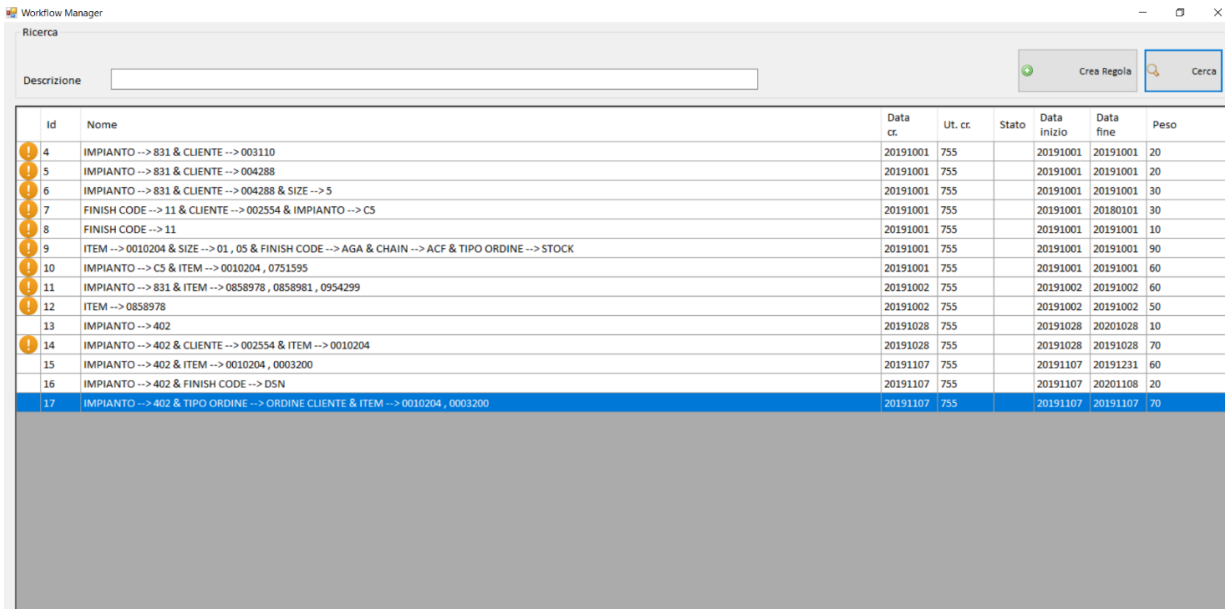
<p>Info VPR</p> <p>VPR: WPR01900000042550</p> <p>Item: 4492427 - 5 MS 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20</p> <p>Pz: 1900</p> <p>Kg : 16,239</p>	<p>Ultima lavorazione fatta</p> <p>Impianto: 312 - MACCHINE</p> <p>ASSEMBLAGGIO 2</p> <p>Finitura: Z</p> <p>Operatore: 341</p>	<p>Prossima lavorazione</p> <p>Impianto:</p> <p>Finitura:</p> <p>Inizio:</p>
---	--	--

Figura 81 - Esempio VPR per categoria zip

### 5.3.3 Workflow Manager

Non tutte gli ordini seguono sempre le stesse lavorazioni, infatti molti prodotti per motivi vari, quali ad esempio la tipologia di prodotto, la quantità o la forma.

È necessario quindi poter gestire queste eccezioni, per questo motivo è stato sviluppato un applicativo che consente di simulare e, eventualmente, modificare le eccezioni su un VPR già presente in database.



The screenshot shows the 'Workflow Manager' application window. At the top, there is a search bar labeled 'Ricerca' and a 'Descrizione' field. To the right of the search bar are two buttons: 'Crea Regola' (Create Rule) and 'Cerca' (Search). Below the search bar is a table with the following columns: 'id', 'Nome', 'Data cr.', 'Ut. cr.', 'Stato', 'Data inizio', 'Data fine', and 'Peso'. The table contains 17 rows of data, with the last row (id 17) highlighted in blue. The rows represent various exceptions based on plant, client, order type, product type, and finish code.

id	Nome	Data cr.	Ut. cr.	Stato	Data inizio	Data fine	Peso
4	IMPIANTO --> 831 & CLIENTE --> 003110	20191001	755		20191001	20191001	20
5	IMPIANTO --> 831 & CLIENTE --> 004288	20191001	755		20191001	20191001	20
6	IMPIANTO --> 831 & CLIENTE --> 004288 & SIZE --> 5	20191001	755		20191001	20191001	30
7	FINISH CODE --> 11 & CLIENTE --> 002554 & IMPIANTO --> C5	20191001	755		20191001	20180101	30
8	FINISH CODE --> 11	20191001	755		20191001	20191001	10
9	ITEM --> 0010204 & SIZE --> 01, 05 & FINISH CODE --> AGA & CHAIN --> ACF & TIPO ORDINE --> STOCK	20191001	755		20191001	20191001	90
10	IMPIANTO --> C5 & ITEM --> 0010204, 0751595	20191001	755		20191001	20191001	60
11	IMPIANTO --> 831 & ITEM --> 0858978, 0858981, 0954299	20191002	755		20191002	20191002	60
12	ITEM --> 0858978	20191002	755		20191002	20191002	50
13	IMPIANTO --> 402	20191028	755		20191028	20201028	10
14	IMPIANTO --> 402 & CLIENTE --> 002554 & ITEM --> 0010204	20191028	755		20191028	20191028	70
15	IMPIANTO --> 402 & ITEM --> 0010204, 0003200	20191107	755		20191107	20191231	60
16	IMPIANTO --> 402 & FINISH CODE --> DSN	20191107	755		20191107	20201108	20
17	IMPIANTO --> 402 & TIPO ORDINE --> ORDINE CLIENTE & ITEM --> 0010204, 0003200	20191107	755		20191107	20191107	70

Figura 82 - Workflow Manager

In figura 82 è rappresentata l'interfaccia del programma Workflow Manager, con una lista delle eccezioni create. È possibile creare una nuova regola inserendo la sua durata (può essere relativa anche a un arco temporale finito).

Le condizioni possono riguardare (fig. 83):

- un impianto
- un cliente
- la tipologia di ordine
- la misura del prodotto
- il tipo di catena a cui viene assemblata la zip
- la finitura superficiale del prodotto
- un determinato codice.

È possibile ricevere una mail ogni volta che avviene un'eccezione in produzione, scegliere di avere una tracciabilità standard o speciale, selezionare solo determinati check point lungo la fase produttiva o generare la chiusura del cartellino.

Un esempio di regola creata è presente in figura 84.



Creazione regola

Nome Regola:

Data inizio validità: giovedì 7 novembre 2019 Data fine validità: giovedì 7 novembre 2019

Condizioni

Campo: IMPIANTO =

Id campo	Op	Valore

Azioni

P	Descrizione	Valore
<input checked="" type="checkbox"/>	1 Invio Mail	
<input type="checkbox"/>	2 Tracciabilità standard	
<input type="checkbox"/>	2 Tracciabilità con ID Sessione	
<input type="checkbox"/>	3 Check progress entry (200405)	
<input type="checkbox"/>	4 Check Point (200401)	
<input type="checkbox"/>	5 Completamento cartellino produzione (200402)	
<input type="checkbox"/>	6 Generazione di un trasporto	

Peso regola:

Figura 83 - Interfaccia di creazione regola

Creazione regola

Nome Regola: IMPIANTO -> 402 & TIPO ORDINE -> ORDINE CLIENTE & ITEM -> 0010204 , 0003200

Data inizio validità: giovedì 7 novembre 2019 Data fine validità: giovedì 7 novembre 2019

Condizioni

Campo: IMPIANTO =

	Id campo	ID condizione	Campo	Op	Valore
<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	IMPIANTO	0	402
<input checked="" type="checkbox"/>	3	8	TIPO ORDINE	0	ORDINE CLIENTE
<input checked="" type="checkbox"/>	7	2	ITEM	0	0010204 , 0003200

Azioni

P	Descrizione	Valore
<input checked="" type="checkbox"/>	1 Invio Mail	test@test.com
<input type="checkbox"/>	2 Tracciabilità standard	
<input type="checkbox"/>	2 Tracciabilità con ID Sessione	
<input type="checkbox"/>	3 Check progress entry (200405)	
<input checked="" type="checkbox"/>	4 Check Point (200401)	
<input type="checkbox"/>	5 Completamento cartellino produzione (200402)	
<input checked="" type="checkbox"/>	6 Generazione di un trasporto	403

Peso regola:

Figura 84 - Esempio di regola creata



## 5.4 Calcolo pesi unitari

Come anticipato nei paragrafi precedenti, il peso unitario di un articolo rappresenta un parametro fondamentale nella generazione dei VPR.

A tal proposito, sono stati sviluppati due software che consentono di rilevare e calcolare i pesi unitari dei componenti, correggendo eventuali anomalie.

Uno dei programmi lavora in notturno; la sua funzionalità è il calcolo dei pesi unitari e ciò avviene:

- Analizzando tutti gli articoli riferiti ad ordini già aperti per restringere il numero di articoli (ad eccezione dei componenti in gomma)
- Calcolando il peso medio di tutti i componenti: qui entra in gioco la condizione del 3% di tolleranza (che verrà diminuita) al di sotto della quale l'articolo è considerato buono; in caso contrario la struttura viene definita errata. Nello specifico, le pesature vengono rilevate rispettivamente nei reparti di imballaggio, manuale e automatico, e pressofusione; attualmente si preferisce dare la priorità all'imballaggio manuale e alla pressofusione in quanto le pesature vengono rilevate con 7 cifre decimali, a differenza dell'imballaggio automatico che ne prevede 5.

Le strutture accettate sono quelle per cui la differenza tra la pesatura media calcolata e quella rilevata dal gestionale è inferiore al 2%.

Nel calcolo sono esclusi i consumi di materia prima, intesa come quantità necessaria per produrre il componente, ma viene considerato nel caso di verifica della struttura

Il secondo programma, invece, esegue:

- La lettura dei risultati del notturno
- Il confronto delle tolleranze all'interno della struttura e rilevazione di errori
- La correzione della struttura: analizza i componenti escludendo i preassemblati e considerando il livello più basso

Paperless Project - Utility Peso Unitario

Paperless Project - Peso Unitario

Tipologia Errore:  Peso Unitario  Struttura  Nessun Errore

Visualizza:  Tutte  Fuori Tolleranza

Statistic Code 1:  1  3  5

Item Code:

Peso Unitario

Item Code	Item Desc. 1	Item Desc. 2	Item Desc. 3	Error Type
0003168	5 CERNI 1 P64.0.5	N-ANTI		P
0003255	5 CERNI 1 K N P64.0.5		Ni	P
0011877	5 CERNI 1 P64.0.5	N-ANTI		P
0012018	5 CERNI 1 P N 640.0.5		Ni	P
0012021	5 CERNI 1 P 64.0.5	N-ANTI		P
0016912	5 CERNI 1 P 2 640.0.5		Ni	P
0024006	5 BULI 1 P 2 2 64.0.5		Ni	P
0080439	3 P 2 2 2 64.0.5	N-ANTI		P
0505467	5 BULI 1 P 2 2 64.0.5	N-ANTI		P
0507257	5 BULI 1 2 2 64.0.5	N-ANTI		P
0509363	3 P 2 2 64.0.5	N-ANTI		P
0509970	3 50 1 64.0.5		Ni	P
0515110	3 50 2 64.0.5	N-ANTI		P
0516257	3 50 3 64.0.5		Ni	P
0562952	5 A 1 50 3 64.0.5	N-ANTI POLY1000		P
0572135	5 CERNI 1 K G 1 P64.0.5	N-ANTI		P
0574761	3 CERNI 1 N 1 640.0.5	N-ANTI		P
0574762	3 CERNI 1 N 1 P64.0.5	N-ANTI		P
0574826	5 BULI 1 N 1 640.0.5	N-ANTI		P
0579146	5 BULI 1 P 2 2 64.0.5	N-ANTI		P
0582214	5 BULI 1 P 2 2 64.0.5	N-ANTI		P
0582327	3 CERNI 1 N 2 64.0.5	N-ANTI		P
0589352	3 CERNI 1 P 2 64.0.5	N-ANTI		P
0614113	3 CERNI 1 G 2 64.0.5	N-ANTI PULL50		P
0632151	3 CERNI 1 N 2 64.0.5	N-ANTI		P
0675795	3 50 3 64.0.5			P
0677302	3 P 2 2 64.0.5	N-ANTI		P
0685786	3 CERNI 1 P 2 64.0.5	DAZBODY		P
0707253	3 CERNI 1 P 2 64.0.5	DAZBODY		P
0722016	3 N 2 N 2 64.0.5	DAZBODY		P
0728173	3 BULI 1 P 64.0.5	N-ANTI		P

Trovati 450 articoli con dei problemi nella struttura...

N. Comp. <-> Comp. Acquistati + Comp. Tolleranza (2%)  Assenza Componenti

Figura 85 - Home software calcolo pesi unitari

Paperless Project - Recupera Pesature

Paperless Project - Recupera Pesatura

Item Code:

Item Code	Item Desc. 1	Item Desc. 2	Item Desc. 3	Peso Medio	Peso Wings	N. Pesate	N. Totali Pesate	%
0010471				0,0008728	0,0008728	3	3	0,000
0010632				0,0004477	0,0004473	3	5	0,089
0010642				0,0017795	0,0017795	8	10	0,000
0010647				0,0009920	0,0009920	19	21	0,000
0010681				0,0030614	0,0030710	7	9	0,314
0012677				0,0010956	0,0010830	4	6	1,150
0014201				0,0029900	0,0030030	22	24	0,435
0016992				0,0010808	0,0010820	16	18	0,111
0025281				0,0030700	0,0030948	1	1	0,808
0030001				0,0011489	0,0011489	2	2	0,000
0030006				0,0015431	0,0015431	3	3	0,000
0030108				0,0029200	0,0029200	1	1	0,000
0030109				0,0019482	0,0019515	22	24	0,169
0030112				0,0018856	0,0018839	20	22	0,090
0030117				0,0013608	0,0013608	5	7	0,000
0030122				0,0008136	0,0008122	10	12	0,172
0030261				0,0011300	0,0011300	5	7	0,000
0030310				0,0018398	0,0018410	2	2	0,065

Trovati 1039 articoli...

Struttura Errata:  Si  No

Figura 86 - Pesature medie

Multiple Item Code Request

Parent Item: 0903121 5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90

LEVEL	LIN1	LIN2	ITEM CODE	ITEM NAME 1	ITEM NAME 2	ITEM NAME 3			
1	533	87	0903121	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			PS	0,00384	P
2	530	47	0879284	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			PS	0,0031585	P
3	550	36	0794508	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			SP	0,0023904	P
4	560	25	0778805	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			SP	0,0023202	P
5	510	11	0778806	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			SP	0,0023201	P
6			0010172	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90				0,0023141	C
3	550	36	0657454	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			SP	0,0003656	P
4	510	06	0632453	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			SP	0,0003438	P
5			0010172	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90				0,000354	C
3	520	01	0912501	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			SP	0,0003484	P
4	520	09	0912502	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			SP	0,000349	P
5			0842506	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			WS	0,000349	C
3			0767293	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			WS	0	C
3	520	01	0872771	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			SP	5,44E-05	P
4	520	23	0872770	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			SP	5,47E-05	P
5			0842500	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			WS	5,47E-05	C
2	559	36	0765583	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			SP	0,000938	P
3	510	05	0669301	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90			SP	0,0009373	P
4			0010172	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90				0,0009431	C

Chiudi      Legenda:    P: Unit Weight (Kg)    C: Use Quantity Unit      Correggi

Figura 87 - Errore1

Correggi Struttura

Correzione Struttura

Item Code: 0778806    Item Name: 5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90

Peso Unit.: 0,0023201    Nuovo Peso: 0,0023201   

Item Code: 0632453    Item Name: 5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90

Peso Unit.: 0,0003438    Nuovo Peso: 0,0003463   

Item Code: 0912502    Item Name: 5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90

Peso Unit.: 0,000349    Nuovo Peso: 0,000349   

Item Code: 0872770    Item Name: 5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90

Peso Unit.: 0,0000547    Nuovo Peso: 0,0000547   

Item Code: 0669301    Item Name: 5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90

Peso Unit.: 0,0009373    Nuovo Peso: 0,0009391   

Item Code:    Item Name:   

Peso Unit.:    Nuovo Peso:   

Peso Totale: 0,0040092

Legenda:     Peso Calcolato     Peso Acq. WINGS  
 Pesì Uguali     Pesì Differenti     Peso Fuori Tolleranza

LEVEL	ITEM CODE	ITEM NAME 1		
1	0903121	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,00384	P
2	0879284	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,0031585	P
3	0794508	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,0023904	P
4	0778805	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,0023202	P
5	0778806	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,0023201	P
6	0010172	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,0023141	C
3	0657454	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,0003656	P
4	0632453	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,0003438	P
5	0010172	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,000354	C
3	0912501	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,0003484	P
4	0912502	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,000349	P
5	0842506	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,000349	C
3	0767293	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0	C
3	0872771	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	5,44E-05	P
4	0872770	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	5,47E-05	P
5	0842500	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	5,47E-05	C
2	0765583	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,000938	P
3	0669301	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,0009373	P
4	0010172	5 M DA8DR4B ZK PARTS N-ANTI YM90	0,0009431	C

Chiudi    Simula    Pulisci    Pesature    Salva

Figura 88 - Soluzione errore1

Correggi Struttura

### Correzione Struttura

Legenda: ● Peso Calcolato ● Peso Acq. WINGS  
● Pesi Uguali ● Pesi Differenti ● Peso Fuori Tolleranza

Item Code	0778806	CS M D48-100 ZZ
Peso Unit.	0,0023201	Nuovo Peso 0,0023201 <span style="color: green;">✔</span>
Item Code	0632453	CS M D48-500 Z
Peso Unit.	0,0003438	Nuovo Peso 0,0003463 <span style="color: yellow;">●</span>
Item Code	0912502	CS M D48CR7-580 ZZ
Peso Unit.	0,000349	Nuovo Peso 0,000349 <span style="color: green;">✔</span>
Item Code	0872770	CS M D48-100 ZZ
Peso Unit.	0,0000547	Nuovo Peso 0,0000547 <span style="color: green;">✔</span>
Item Code	0669301	CS M D48-100 ZZ
Peso Unit.	0,0009373	Nuovo Peso 0,0009391 <span style="color: yellow;">●</span>
Item Code		
Peso Unit.		

Peso Totale 0,0040092

LEVEL	ITEM CODE	ITEM NAME 1		
1	0903121	CS M D48-100 ZZ	0,0040092	P
2	0879284	CS M D48-100 ZZ	0,0030701	P
3	0794508	CS M D48-100 ZZ	0,0023201	P
4	0778805	CS M D48-100 ZZ	0,0023201	P
5	0778806	CS M D48-100 ZZ	0,0023201	P
6	0010172	ZAMAK-5	0,0023141	C
3	0657454	CS M D48-100 ZZ	0,0003463	P
4	0632453	CS M D48-500 Z	0,0003463	P
5	0010172	ZAMAK-5	0,000354	C
3	0912501	CS M D48CR7-580 ZZ	0,000349	P
4	0912502	CS M D48CR7-580 ZZ	0,000349	P
5	0842506	CS M D48-100 ZZ	0,000349	C
3	0767293	CS M D48-100 ZZ	0	C
3	0872771	CS M D48-100 ZZ	5,47E-05	P
4	0872770	CS M D48-100 ZZ	5,47E-05	P
5	0842500	CS M D48-100 ZZ	5,47E-05	C
2	0765583	CS M D48-100 ZZ	0,0009391	P
3	0669301	CS M D48-100 ZZ	0,0009391	P
4	0010172	ZAMAK-5	0,0009431	C

Chiudi Simula Pulisci Pesature Salva

Figura 89 - Simulazione errore1

Multiple Item Code Request

Parent Item: 0562952 CS M D48-100 ZZ

LEVEL	LIN1	LIN2	ITEM CODE	ITEM NAME 1	ITEM NAME 2	ITEM NAME 3		
1	551	52	0562952	CS M D48-100 ZZ	N-ANTI POLY1000		PS	0,00159 P
2	530	04	0562951	CS M D48-100 ZZ	N-ANTI		PS	0,0015868 P
3	550	29	0562959	CS M D48-100 ZZ	N-ANTI		SP	0,0015452 P
4	550	31	0796435	CS M D48-100 ZZ	N-ANTI		SP	0,001446 P
5	550	30	0600203	CS M D48-100 ZZ	N-ANTI		SP	0,001446 P
6	550	36	0562954	CS M D48-100 ZZ	N-ANTI		SP	0,00154 P
7	560	38	0562955	CS M D48-100 ZZ			SP	0,0014955 P
8	510	11	0562964	CS M D48-100 ZZ			SP	0,001123 P
9			0010172	ZAMAK-5				0,001071 C
8	510	02	0506511	CS M D48-100 ZZ			SP	0,0004199 P
9			0010172	ZAMAK-5				0,0004163 C
3	550	96	0507028	CS ER D48-200 CS			SP	4E-05 P
4	520	01	0030587	CS ER D48-200 Z			SP	4,18E-05 P
5	520	19	4313763	CS ER D48-200 ZZ			SP	4,15E-05 P
6			0039017	CS ER DA-200 WIRE	S9 0,35 X 32		WS	4,15E-05 C

Chiudi Legenda: P: Unit Weight (Kg) C: Use Quantity Unit Correggi

Figura 90: Errore2



Correggi Struttura

### Correzione Struttura

Item Code: 0562964 PESI UGUALI

Peso Unit.: 0,001123 Nuovo Peso:

---

Item Code: 0506511 PESI UGUALI

Peso Unit.: 0,0004199 Nuovo Peso: 0,0004207

---

Item Code: 4313763 PESI UGUALI

Peso Unit.: 0,0000415 Nuovo Peso: 0,0000415 ✔

---

Item Code:

Peso Unit.:  Nuovo Peso:

---

Item Code:

Peso Unit.:  Nuovo Peso:

---

Item Code:

Peso Unit.:  Nuovo Peso:

**Legenda:**

- Peso Calcolato
- Peso Acq. WINGS
- ✔ Pesi Uguali
- Pesi Differenti
- Peso Fuori Tolleranza

LEVEL	ITEM CODE	ITEM NAME 1		
1	0562952	...	0,00159	P
2	0562951	...	0,0015868	P
3	0562959	...	0,0015452	P
4	0796435	...	0,001446	P
5	0600203	...	0,001446	P
6	0562954	...	0,00154	P
7	0562955	...	0,0014955	P
8	0562964	...	0,001123	P
9	0010172	...	0,001071	C
8	0506511	...	0,0004199	P
9	0010172	...	0,0004163	C
3	0507028	...	4E-05	P
4	0030587	...	4,18E-05	P
5	4313763	...	4,15E-05	P
6	0039017	...	4,15E-05	C

Peso Totale: 0,0004622

Figura 91 - Soluzione errore2

## 6. Business Process Reengineering (BPR)

La riprogettazione dei processi aziendali (o Business Process Reengineering, BPR) è un insieme di attività volte ad individuare e a modificare o eliminare quei processi che non risultano più adeguati alle necessità aziendali e non generano valore.

Si tratta, quindi, di un approccio strutturato al raggiungimento di miglioramenti radicali nelle prestazioni aziendali tramite il ridisegno dei processi.

Un intervento di riprogettazione prevede l'analisi della situazione in essere con mappatura del processo primario, l'individuazione delle criticità o dei punti di miglioramento, lo studio delle soluzioni e la conseguente riprogettazione del processo (fig. 92).

Spesso la riprogettazione si pone come obiettivo anche quello di avere una struttura più snella ed è rivolta in particolare ai processi critici dell'azienda, cioè quelli che hanno un impatto rilevante sul prodotto finale.

Se la riprogettazione viene attuata come veloce risposta ad un mutamento del mercato, può dare all'impresa un vantaggio competitivo temporale rispetto alle altre imprese. È da puntualizzare però che una vera riprogettazione significa cambiare completamente l'attuale modo di operare, e che quindi è normalmente un'attività di lunga durata, di alto rischio, di costo elevato e che necessita del coinvolgimento convinto di tutta l'impresa. Spesso si opta perciò per operazioni di miglioramento circoscritto, anche se dai risultati minori <sup>[2]</sup>.

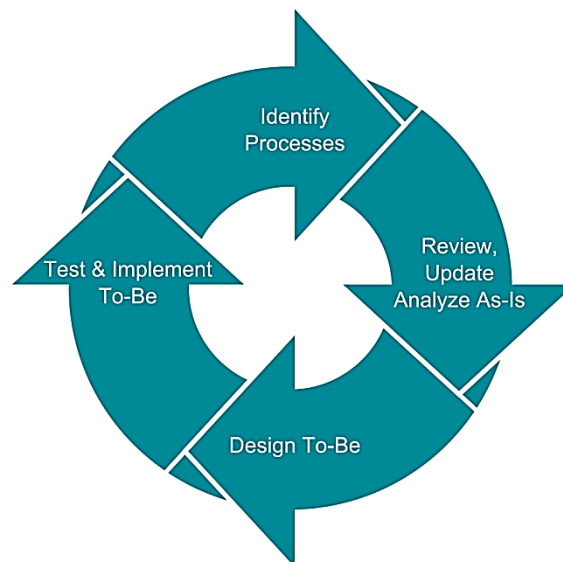


Figura 92 - Ciclo di riprogettazione

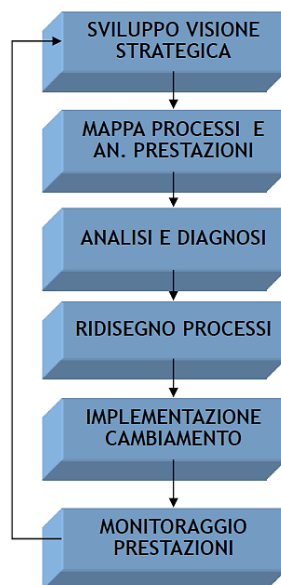


Figura 93 - BPR framework

## 6.1 Modello di processo 'to be'

Date le criticità riscontrate nel capitolo precedente, è possibile pensare di introdurre delle correzioni in modo da ottimizzare l'allineamento tra modello teorico e log degli eventi.

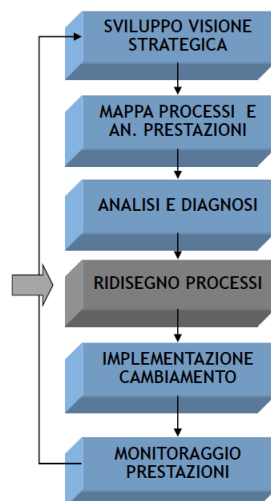


Figura 94 - BPR framework- ridisegno dei processi

Grazie alla funzione 'Repair Model' disponibile sulla piattaforma Pro-M (fig. 95) e implementata per gli ordini analizzati in precedenza, si arriva all'identificazione di possibili soluzioni che potrebbero essere prese in considerazione. I risultati vengono esposti di seguito.

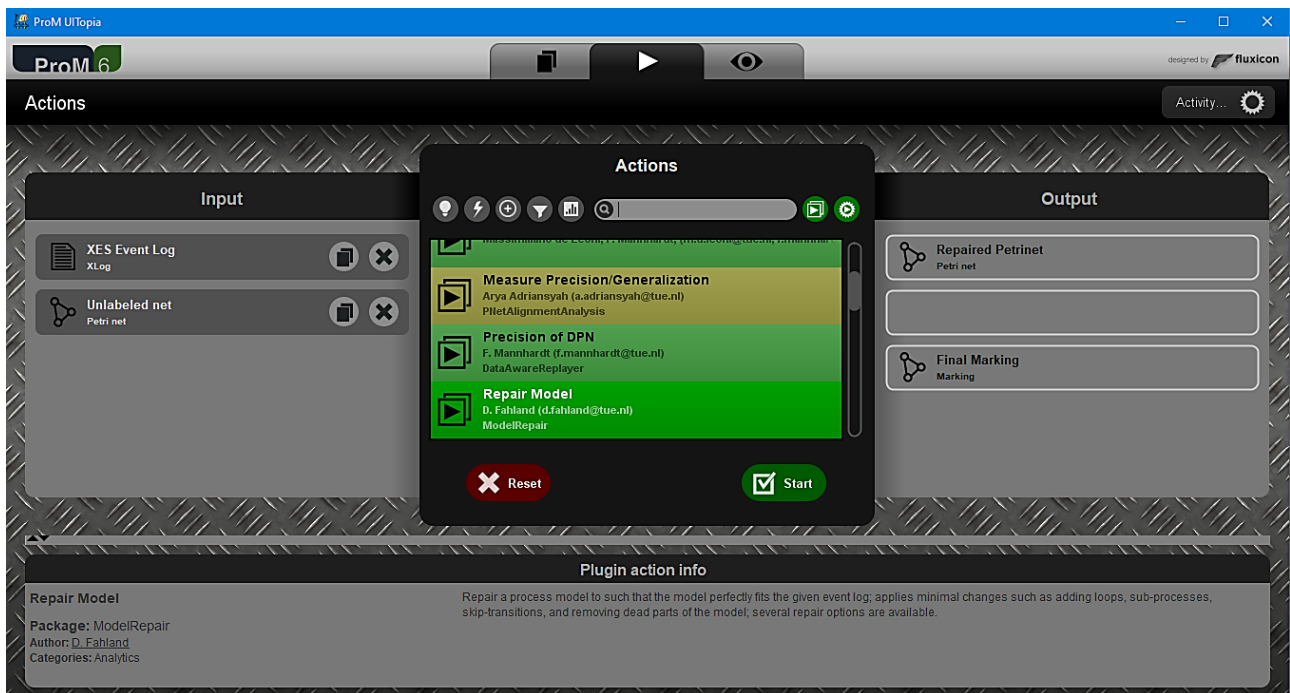


Figura 95: Funzione Repair Model Pro-M

Si riportano quattro casi specifici ma con una variabile comune: l'attività *carass12*.

È chiaro come questa attività sia preponderante nel flusso produttivo dell'azienda, essa infatti risulta nella traccia del log come attività tipicamente eseguita, mentre manca nel modello teorico.

Il software, quindi, ottimizza il processo inserendola all'interno dello stesso. È possibile notare come tale attività, però, abbia anche un ruolo differente a seconda del log considerato e, quindi, del relativo flusso produttivo:

- nel primo caso (fig.96) risulta come attività a monte e con ripetitività
- nel secondo caso (fig.97) risulta, invece, come attività a valle
- nel terzo e quarto caso (fig.98 e fig.99) viene posizionata nella parte centrale



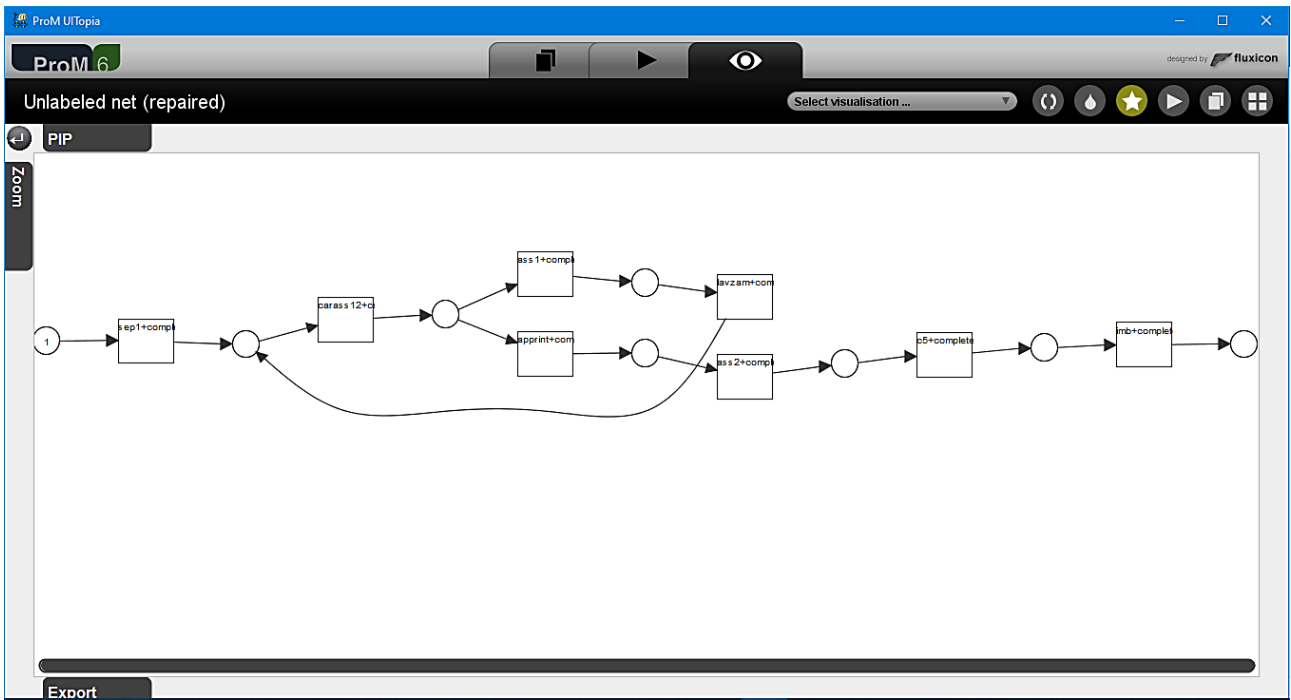


Figura 96: process optimization caso 1

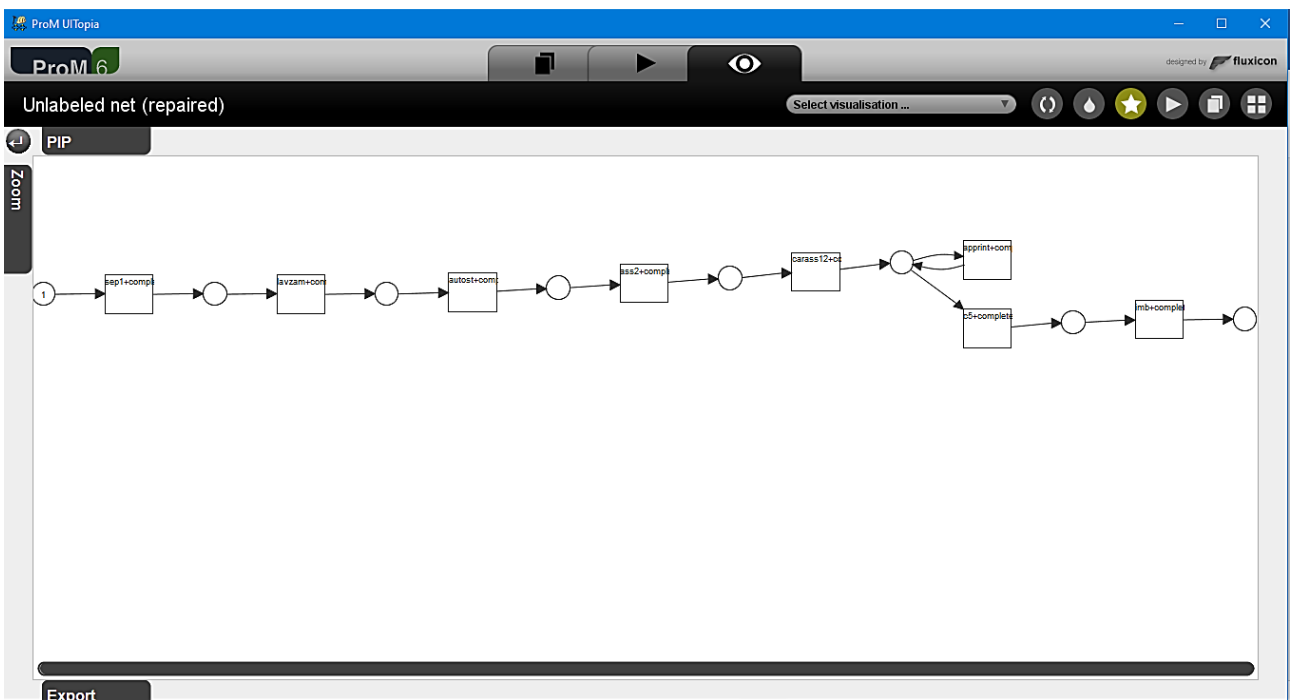


Figura 97: process optimization caso 2

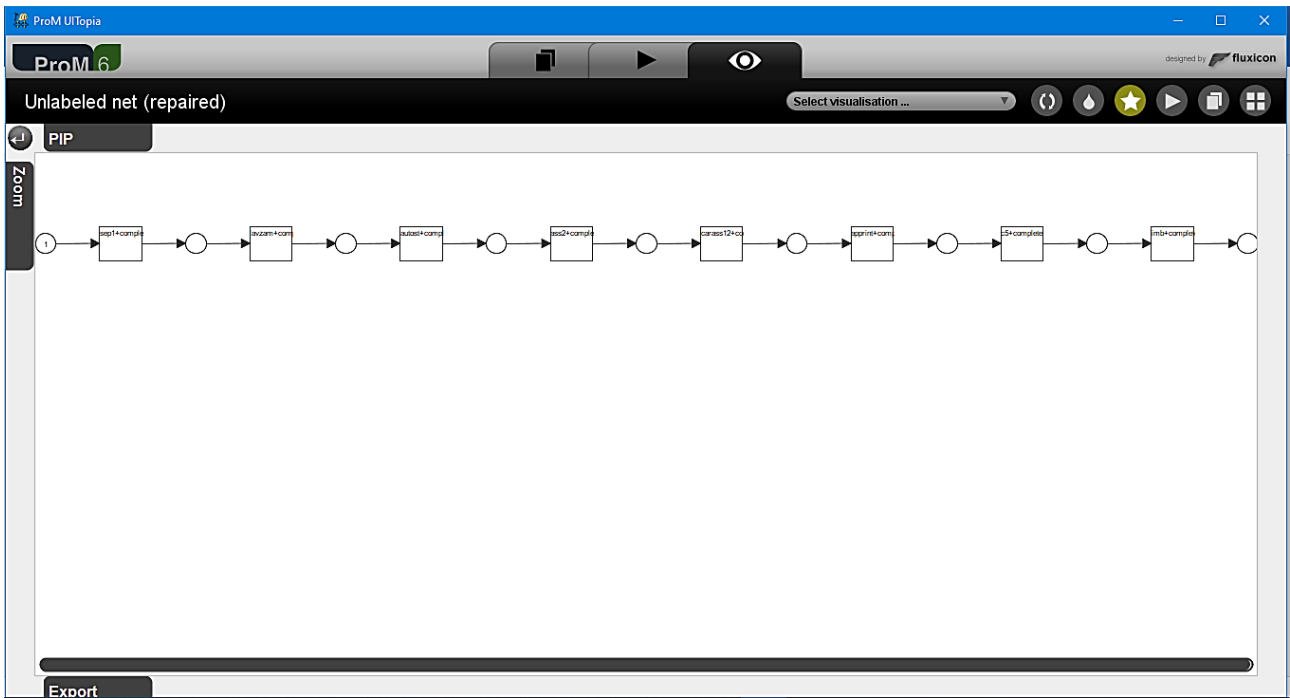


Figura 98: process optimization caso 3

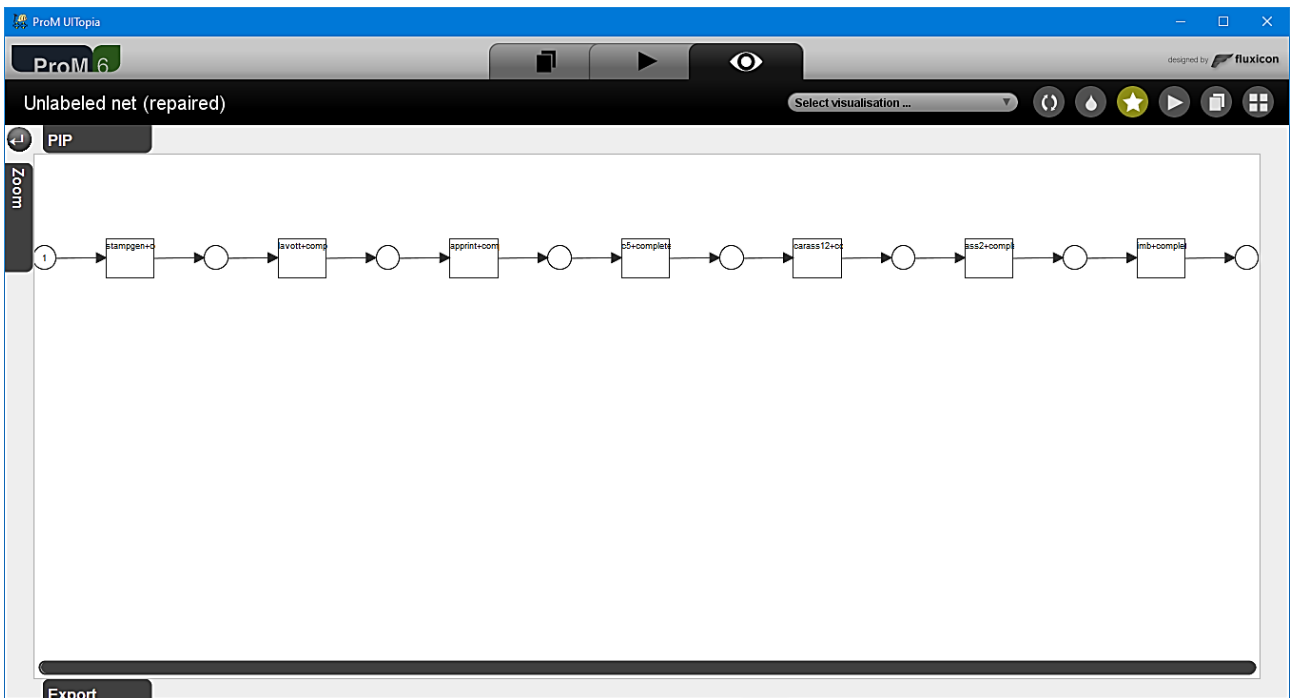


Figura 99: process optimization caso 4

Ciò significa che la rigenerazione del modello fatta sulla base del log (ciò che realmente è accaduto) ha esito positivo in quanto quelle attività mancanti nel modello teorico (ciò che doveva essere fatto) sono state aggiunte perché presenti nella realtà.

D'altro canto, anche il log presenta delle inesattezze che si ripercuotono sul modello, dovute all'errata cronologia delle attività; per questo motivo l'attività che è stata aggiunta si trova in una posizione errata nel primo e secondo caso.

## 7. Conclusioni

Il lavoro di tesi porta ad effettuare diverse considerazioni.

La concretizzazione dell'automazione all'interno di uno stabilimento produttivo richiede sicuramente una maggiore attenzione ai dettagli: questo comporta la necessità di possedere una descrizione completa ed esaustiva dei processi. A tal proposito, si consiglia di approfondire soprattutto il flusso che riguarda le sottocategorie di lavorazioni (telaio, lavorazioni esterne, elettrostatica) di cui si perde la tracciabilità e per cui non è stato possibile eseguire una mappatura completa.

Ricollegandosi agli studi fatti, tale esigenza corrisponde anche ad un approfondimento dell'attività di conformance checking, già avviata ma non perfezionata data la complessità della realtà aziendale. Si è effettuato, infatti, uno studio ancora parziale da accrescere per gli sviluppi futuri, da cui è emersa la necessità di una revisione dei processi, soprattutto quelli a cui corrispondono una bassa fitness con i dati reali di tracciabilità.

L'automazione, inoltre, richiede un maggior rigore nella definizione di regole e principi per una corretta implementazione; ciò implica di dover far emergere tutte le problematiche e le eccezioni previste da una realtà così dinamica e individuare soluzioni per la loro gestione.

L'introduzione dell'automazione dipende anche dall'affidabilità del sistema informativo aziendale, dato dal sistema di tracciabilità e dal sistema gestionale. Per cui si prevede un miglioramento dell'attendibilità del sistema di tracciabilità, mediante dispositivi di rilevazione dati più efficienti e attività di mappatura da parte dell'operatore, assicurandosi che tutto sia eseguito opportunamente.

Un'altra delle soluzioni è quella di codificare quante più informazioni possibili sul sistema gestionale AS400, dal quale si eseguono ormai la maggior parte dei task (dall'amministrazione, alla pianificazione, fino al livello operativo) e da dove sarà possibile risalire a qualsiasi tipologia di dato.

È importante, quindi, che anche l'operatore sia a conoscenza dell'utilità del progetto e che sia al passo con le innovazioni, non solo di quelle già in opera ma anche di quelle che verranno implementate in futuro: per questo si è pensato di redarre una documentazione di supporto per l'operatore, che lo agevoli nello svolgimento delle proprie mansioni.

Quindi la reingegnerizzazione dei processi è da prendere in considerazione per cercare di raggiungere diversi obiettivi:

- aumentare la qualità dei prodotti
- aumentare la tempestività delle consegne
- aumentare efficienza ed efficacia nello svolgimento del processo

e dovrebbe abbracciare non solo l'ambito produttivo ma anche quello informativo.

Oggi le tecnologie ICT rappresentano il 'sistema nervoso' dell'azienda, una risorsa essenziale per il cambiamento.

L'applicazione dell'automazione si basa sulla completa comunicazione di informazioni, di qualsiasi tipologia, dall'amministrazione ai reparti produttivi. Per questo, occorre far leva sulla piena affidabilità di aspetti quali interfunzionalità, semplificazione del lavoro, bontà dei canali di trasmissione/diffusione della conoscenza, che consente non solo di migliorare l'automazione, ma anche di creare vantaggio competitivo su più fronti.

## Bibliografia e sitografia

- [1] Slides 'Corso di formazione Process Mining', Dott. Emanuele Storti, Dipartimento Ingegneria dell'Informazione - Università Politecnica delle Marche
- [2] <https://www.wikipedia.org/>
- [3] <https://www.docflow.com/it/news/2017/04/11/Il-process-mining-e-le-nuove-tendenze-del-business-process-management/11/>
- [4] <https://woped.dhbw-karlsruhe.de/>
- [5] <http://www.promtools.org/doku.php>
- [6] <https://www.lucidchart.com/pages/>
- [7] <https://www.ykk.it/it/>
- [8] Slides 'Sistemi integrati di Produzione', Prof. Archimede Forcellese, DIISM - Università Politecnica delle Marche

## Ringraziamenti

*Il mio lavoro di tesi lo dedico...*

*...A te Babbo, o Papi come mi è sempre piaciuto chiamarti, che te ne sei andato troppo presto. Avresti voluto essere con me in questo giorno importante, lo so. Ti piacevano le occasioni di festa e questa sicuramente l'avresti inondata di allegria, con il tuo vocione e la tua risata. Eh già la tua risata, mi sembra ancora di sentirla, e allora sorrido anch'io. Mi hai insegnato proprio a sorridere sempre, ad essere ottimista, ad essere gentile e altruista, ed è proprio per questo che ti sento dentro me. Da lassù so che mi guardi, so che sei orgoglioso di me, che mi accompagnerai e aiuterai a fare questo salto e starai già seduto ad un tavolo con i tuoi amici raccontando di quanto tu sia orgoglioso delle tue figlie.*

*...A te Mamma, donna forte e fragile allo stesso tempo. Non stai passando un bel momento, ma anche in quest'occasione hai dimostrato il tuo grande coraggio. Proprio questo, mi hai insegnato ad avere coraggio, a rispettare me stessa prima di tutto, ad essere forte. Non è sempre facile essere forti, lo sappiamo bene, ma insieme possiamo farcela. Mi hai sempre sostenuta, in tutte le scelte che ho fatto, e per questo ti ringrazio; ora sono cresciuta un po' di più, ma avrò sempre bisogno della mia mamma.*

*...A te Alessia, la più bella e brava sorella del mondo, esempio di vita per me. Ti ho sempre ammirata per la tua grande forza di volontà ed è ciò che porterò sempre con me.*

*...A te Pietro, mia anima gemella, mio amico. Sei un vulcano di energia e di conoscenza, sempre pronto ad aiutarmi, ad aiutare il prossimo; con il tuo carattere dirompente trasmetti tanta positività. Da te ho imparato ad essere più attenta, più scrupolosa, ad essere curiosa, perché come dici tu 'non si finisce mai di imparare'. Ti ringrazio per essermi sempre vicino, per il tuo amore, per tutti i tuoi insegnamenti che porto sempre con me, perché tu rendi tutto più leggero e brioso.*

*...Al mio professore Germani, che ringrazio per avermi dato la possibilità di fare esperienza in una grande azienda.*

*...Ai miei colleghi di lavoro. Sono stati mesi di crescita accanto a voi, non solo professionale. Mi avete insegnato che 'la vita è sofferenza' ma che può essere affrontata col sorriso, mi avete insegnato l'importanza del rispetto, che niente è scontato. Mi avete sempre considerata una di voi e mi avete dimostrato in questa circostanza di non essere solo colleghi, ma anche amici e questo non lo dimenticherò mai.*

*...A te Alessandra, amica mia. Ci conosciamo da qualche anno ma è come se lo fossimo da una vita, c'è un legame indissolubile che siamo riuscite ad instaurare sin da subito. Forse era destino incontrarci, perché quando tutto sembrava perso, siamo rinate, insieme. Mi hai insegnato ad essere tenace, incisiva, a non aver paura. Non sempre ci riesco, ma quello che ti posso promettere è che ti porterò sempre nel mio cuore perché un'amica così non si può perdere, ma solo tenerla stretta.*

*...A tutti i miei amici dell'Università: Alessandro, Vanessa, Lorena, Maria, Ab, Nazario, Gabriele, Daniele. Per me siete tutti speciali, porterò sempre con me le nostre risate, le nostre giornate pazze che rendevano l'università meno opprimente. Con voi sono stata me stessa ed è questo quello che conta di più, nessuna maschera, semplicemente me. Vi ringrazio per aver tirato fuori la parte più bella di me.*

*...A tutti i miei amici di una vita e a tutto il resto della mia famiglia, che mi sono sempre stati vicini e mi hanno appoggiata in tutte le mie scelte.*