

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

A.a. 2022/2023

Tesi di Laurea Magistrale



**Politecnico
di Torino**

Individuazione e superamento di colli di bottiglia tramite l'uso di un simulatore

Caso di studio di uno stabilimento di produzione di beni di
cosmesi

Relatore:

Alfieri Arianna

Candidato:

Baldassa Irene

Co-relatore:

Pastore Erica

This work is subject to the Creative Commons Licence

All Rights Reserved

*Alla mia famiglia,
che mi ha sostenuto e supportato
lungo tutto questo percorso,
nonostante le difficoltà.*

ABSTRACT

INDIVIDUAZIONE E SUPERAMENTO DI COLLI DI BOTTIGLIA TRAMITE L'UTILIZZO DI UN SIMULATORE

Il settore dei beni di cosmesi comprende pochi produttori che devono fornire grandi volumi di prodotto, in una vasta gamma di formati. Per questo è indispensabile riuscire a coordinare al meglio gli elementi produttivi di un impianto, cercando di individuare i colli di bottiglia e di eliminarli, o di ridurne gli impatti, nella maniera più precisa ed efficace possibile. Il lavoro presentato si pone come obiettivo quello di svolgere questo tipo di analisi per un impianto di produzione tramite l'utilizzo di un simulatore. Con questo strumento è stato possibile individuare i principali colli di bottiglia e valutare i miglioramenti raggiungibili tramite l'applicazione di soluzioni diverse.

INDICE

ABSTRACT	II
INDICE	III
1. INTRODUZIONE	1
2. DESCRIZIONE DEL PROBLEMA ANALIZZATO	3
3. IL MODELLO DI SIMULAZIONE	13
3.1 MODELLAZIONE MAGAZZINI	15
3.2 MODELLAZIONE REPARTI DI FABBRICAZIONE	19
3.3 MODELLAZIONE LINEE DI PRODUZIONE	21
3.3.1 <i>Gestione dei dati di input</i>	21
3.3.2 <i>Modellazione delle linee di produzione</i>	25
3.4 GESTIONE DELLE FLOTTE AGV	29
3.5 INTERFACCIA UTENTE	30
4. DESCRIZIONE DEGLI SCENARI ANALIZZATI E RISULTATI DI SIMULAZIONE	36
5. CONCLUSIONI	50
BIBLIOGRAFIA	54
APPENDICE	55

1. INTRODUZIONE

L'industria dei prodotti di cosmesi è un mercato globale dominato da pochi marchi principali: circa il 50% appartiene a cinque produttori, di cui il primo ne detiene più del 15%. È un settore molto vasto comprendente molteplici categorie merceologiche, che si distinguono in: prodotti per il makeup, prodotti per la cura della pelle, prodotti per capelli, profumi e prodotti per l'igiene personale [1]. A causa dell'ampiezza del mercato, della varietà di beni offerti e ai cambiamenti portati dalla rivoluzione digitale, le aziende hanno dovuto migliorare i loro metodi di produzione: gli stabilimenti hanno visto nel corso degli anni un progressivo aumento dell'utilizzo di strumenti sempre più tecnologici.

Per la gestione delle merci stoccate all'interno di un impianto è ormai molto diffuso l'impiego di magazzini automatizzati, che rendono più rapide e precise le operazioni di prelievo e di deposito dei beni: nel corso degli anni sono state sviluppate diverse soluzioni adattabili ai vari contesti produttivi [2]. Un'altra innovazione oggi molto diffusa sono i sistemi di trasporto a guida autonoma, gli AGV (Automated Guided Vehicle). Come per i magazzini, sul mercato sono presenti diversi modelli con caratteristiche specifiche per le dimensioni, il tipo di lavoro che possono svolgere e le tecnologie adoperate per muoversi [3]. Nonostante i miglioramenti ottenuti con il loro utilizzo questi sono strumenti estremamente complessi che presentano diverse criticità, ad esempio legate alla pianificazione dei percorsi che possono percorrere o a dove posizionare i parcheggi [4]. Questo porta alla necessità di effettuare delle analisi specifiche dei contesti in cui devono essere adoperati.

Dato l'aumento della complessità dei sistemi adoperati per riuscire ad utilizzarli nella maniera più efficace ed efficiente possibile, sempre più spesso le aziende fanno uso di modelli digitali per valutare le diverse soluzioni disponibili, sia per quanto riguarda la gestione dei magazzini [5] che quella degli AGV [6][7]. Il digital twin, replicando la situazione reale presente in stabilimento permette di fare delle valutazioni puntuali delle performance che si desiderano osservare, rendendo così possibile ottimizzare i processi produttivi [8], indipendentemente dal settore di riferimento [9].

Il presente lavoro di tesi si concentra sullo sviluppo di un modello digitale di un impianto di produzione di beni di cosmesi (il nome sarà omissis per motivi di riservatezza). Tale modello riproduce i comportamenti del sistema reale in seguito ad una serie di input inseriti. Questo sarà utilizzato per valutare diverse soluzioni per il miglioramento della produttività dello stabilimento analizzato. Nello specifico lo studio verterà sull'analisi dei flussi interni di materiale gestiti tramite AGV, mentre il magazzino automatico sarà considerato una black box. L'obiettivo del lavoro è duplice: valutare le performance attuali dell'impianto in determinate condizioni di lavoro; proporre soluzioni alternative per il miglioramento delle performance, in vista anche di un ampliamento delle linee di produzione.

Il lavoro sarà strutturato nel seguente modo: il capitolo 2 presenterà la situazione analizzata e gli elementi di complessità riscontrati. Il capitolo 3 descriverà i dettagli del modello sviluppato. Il capitolo 4 riporterà gli scenari valutati e i risultati ottenuti. Infine, nel capitolo 5 saranno illustrate le conclusioni raggiunte grazie all'analisi effettuata.

2. DESCRIZIONE DEL PROBLEMA ANALIZZATO

Nello stabilimento analizzato vengono prodotti beni appartenenti a due categorie merceologiche: cura dei capelli e makeup. Quest'ultima è ulteriormente suddivisa in due unità produttive: una per il viso e una per gli occhi. Per ogni categoria di prodotto è presente un reparto di fabbricazione in cui vengono preparati i vari semilavorati, che saranno poi confezionati e spediti. Le linee di produzione sono raggruppate in tre aree separate in base alla categoria di prodotto che lavorano. Nell'impianto vi sono quattro magazzini distinti, ognuno dei quali contiene una determinata tipologia di materiale necessario alla produzione. Nella *Figura 1* è riportato uno schema a blocchi del layout dello stabilimento su cui sono evidenziati a livello macro i percorsi utilizzati dagli AGV per il trasporto interno dei materiali.

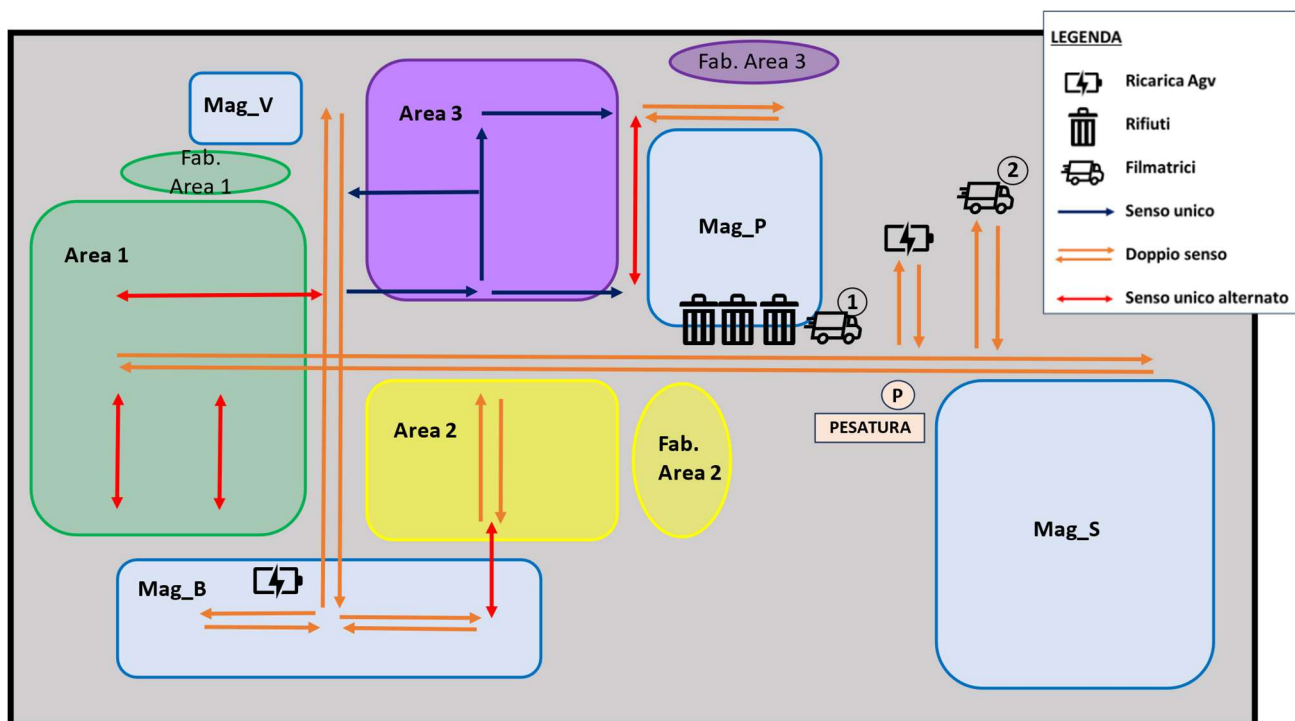


Figura 1 - Schema a blocchi del layout di stabilimento

Gli AGV (*Figura 2*) adoperati nell'impianto appartengono a due flotte diverse. La flotta più piccola (Flotta B) comprende cinque mezzi di movimentazione, di dimensioni maggiori rispetto agli altri utilizzati. Questi svolgono un numero estremamente ridotto di tipologie di missioni; infatti, si occupano solo dei

trasporti di flaconi tra il Mag_B e l'area di produzione 2. Proprio all'interno del magazzino di cui si occupano vi è il loro punto di ricarica, dove viene direttamente sostituita la batteria



Figura 2 - Esempio AGV utilizzati

scarica con un'altra carica. La seconda flotta (Flotta P) comprende 15 mezzi e si occupa di tutte le altre tipologie di missioni che non vengono gestite dalla flotta B. Il loro punto di cambio della batteria si trova tra i magazzini Mag_S e Mag_P. Le due flotte differiscono, oltre che per le dimensioni, anche per la velocità con cui si muovono e per il tempo impiegato ad eseguire le operazioni di carico e scarico dei pallet.

Come accennato i magazzini presenti in stabilimento contengono tipologie diverse di materiali. I magazzini Mag_V e Mag_S sono serviti dagli AGV della flotta P e sono così caratterizzati:

- Mag_V: stocca il semilavorato utilizzato per i prodotti confezionati dalle linee dell'area 1.

- Mag_S: stocca tutti i restanti componenti utilizzati nelle linee di produzione e nelle aree di fabbricazione. Questo è un magazzino automatizzato: quando le linee chiamano un pallet la richiesta passa dai diversi sistemi informatici fino a quello deputato alla sua gestione. In quel momento il sistema verifica se il prodotto richiesto può essere immediatamente reso disponibile. Se sì, allora questo viene prelevato da uno dei traslo-elevatori e depositato su una rulliera. Infatti, vi sono dei vincoli sul numero di elementi che possono circolare contemporaneamente sulla rulliera, definiti in base alla sua capacità e alla linea di destinazione dei pallet. Alla rulliera sono collegati quattro punti di prelievo per gli AGV (*Figura 3*), ognuno con la propria funzione: i primi tre sono destinati all'uscita dei materiali e sono assegnati univocamente ad una specifica area, il quarto punto serve per gestire il ritorno dei pallet non completamente consumati in linea, i resi. I pallet destinati alle fabbricazioni passano tutti prima dalla zona di pesatura che è collegata direttamente al magazzino tramite la rulliera.

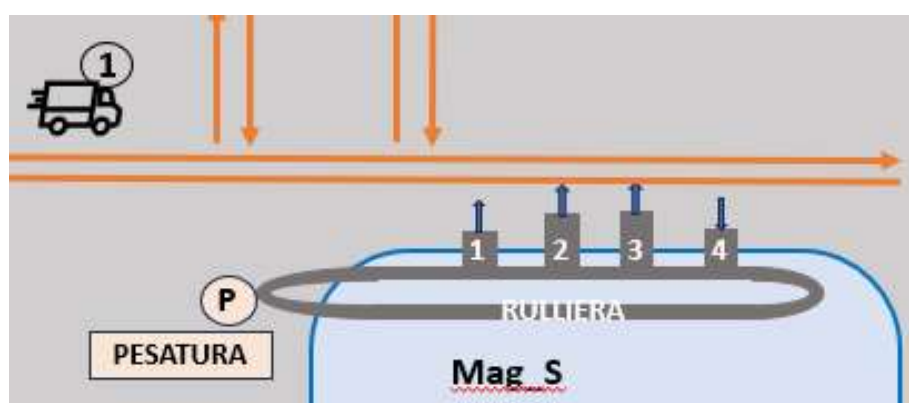


Figura 3 - Schema uscita dal Mag_S

Generalmente, per tutte le categorie di prodotto, il processo produttivo si distingue in due momenti. Il primo è la preparazione del semilavorato contenuto nel prodotto venduto, che avviene nelle linee di fabbricazione. Una volta prodotto questo viene o stoccato nell'apposito magazzino o portato direttamente alle linee di produzione, in base alla categoria di appartenenza e alla necessità. Il secondo momento è quello che avviene nelle linee di produzione. In base tipo di prodotto si può avere esclusivamente la fase di confezionamento del prodotto finito, oppure, vi può essere una fase precedente in cui si effettuano delle lavorazioni di preparazione dei materiali che saranno poi stoccati nei magazzini opportuni per poter poi essere utilizzati al confezionamento.

Ogni linea di produzione lavora in modo indipendente rispetto alle altre della stessa area e può produrre diversi formati e ordini di produzione, che variano in base al paese di destinazione. Ogni linea ha due tipologie di buffer per i pallet di materiale: quelli interni e quelli di scambio con gli AGV. Sono inoltre specificati i turni di lavoro in cui le varie linee sono attive e la filmatrice verso cui devono inviare i pallet di prodotti finiti (i punti di spedizione sullo schema a blocchi in figura 1). Per ogni turno di lavoro sono definite delle pause, comprendenti anche i momenti dedicati alla pulizia della linea (a inizio settimana o a inizio giornata) e alla manutenzione programmata.

Le linee ricevono, ogni prodotto che devono preparare, la distinta base contenente le informazioni sulle quantità da produrre e sui materiali necessari. L'operatore deve quindi effettuare la richiesta per i materiali, che saranno consegnati tramite AGV. Una volta che un pallet è stato svuotato questo viene mandato verso un impilatore posto vicino alla zona di deposito

dei rifiuti: qui verranno preparate delle pile che saranno poi trasferite fuori, vicino al punto di ricarica degli AGV piccoli. Tuttavia, può capitare che non sempre tutti i pezzi presenti su un pallet vengano consumati prima di dover effettuare un cambio d'ordine o di formato: in questo caso si effettua un reso del materiale verso il magazzino di provenienza. Questo comporta che tra i prodotti stoccati vi siano dei pallet già iniziati: per motivi legati alla qualità è stato deciso che questi debbano essere prelevati per primi e che, solo una volta finiti, possano essere inviati quelli pieni. Ogni volta che il formato o l'ordine di confezionamento da produrre sulla linea cambia, si deve eseguire il riattrezzaggio della linea. Ogni linea, per effettuare l'evacuazione dei pallet di prodotto finito, ha un pallettizzatore dotato di tre posizioni (Figura 4): il punto di assemblaggio del pallet, un punto intermedio che serve da buffer e la postazione di uscita da cui verrà prelevato dagli AGV. Inoltre, in uscita dalla linea, si hanno anche i contenitori dell'immondizia: questi vengono prelevati e trasportati tramite gli AGV di tipo P fino alla zona adibita alla loro raccolta in prossimità del punto di spedizione 1.

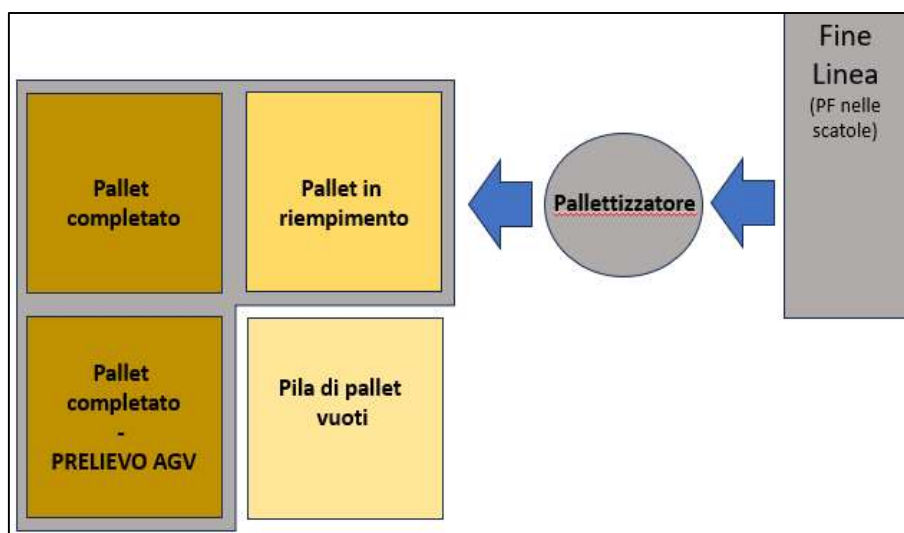


Figura 4 - Schema pallettizzatore al fondo delle linee di confezionamento

L'area 1 contiene linee che possono o effettuare lavorazioni di preparazione dei materiali (SL) o confezionare i prodotti finiti (PF). In quelle in cui vengono confezionati i prodotti finiti il semilavorato, stoccato nel Mag_V in appositi barili, viene consegnato tramite gli AGV piccoli. Una volta svuotato un barile ne viene collegato uno nuovo, mentre quello vuoto viene rimandato al reparto di fabbricazione. Su queste linee si possono avere anche dei cambi nel tipo di semilavorato da adoperare per i vari ordini: in tal caso l'operazione di sostituzione viene effettuata in circa un'ora. Le linee di preparazione dei materiali, le SL, non richiedono l'utilizzo del semilavorato proveniente dalla fabbricazione. Queste presentano comunque diverse tipologie di setup della linea legati ai cambi d'ordine. I beni prodotti su queste linee vengono stoccati nel Mag_S e serviranno come materiali per le linee di confezionamento. In questo reparto i pallet vuoti dei materiali possono essere utilizzati per il trasporto dei prodotti finiti: l'operatore può spostare manualmente la pedana vuota nella zona di accumulo del pallettizzatore, riducendo così le missioni per gli AGV P. Il reparto di fabbricazione di quest'area è posto sopra la zona contenente le linee produttive. Le materie prime necessarie vengono movimentate dal reparto di pesatura tramite AGV di tipo P e, una volta prodotto il semilavorato e stoccato all'interno dei barili, questo viene trasportato dagli stessi AGV verso il Mag_V. Le pedane vuote delle materie prime vengono impilate e rimandate in pesatura tramite gli AGV. All'interno del reparto vi sono diversi centri di produzione indipendenti tra loro: ognuno di essi può essere attivo o spento, avere diversi turni di lavoro, uno specifico tempo di processo e di lavaggio; possono inoltre produrre lotti diversi di semilavorato.

Le linee appartenenti all'area di produzione 2 sono adibite esclusivamente al confezionamento di prodotti finiti. Queste linee vengono servite con pile di pallet vuoti su cui poi posizionare le scatole di prodotto. Quando il loro numero scende al di sotto di una determinata soglia, parte una chiamata automatica al sistema per fare arrivare una nuova pila. Il semilavorato in questo reparto viene fatto arrivare direttamente dalle vasche in fabbricazione tramite appositi tubi e ogni vasca può alimentare una sola linea. Quando una vasca viene svuotata o si deve effettuare un cambio di prodotto, che comporta l'utilizzo di un semilavorato con una ricetta diversa, allora i tubi vanno lavati e sterilizzati: questa operazione complessivamente dura circa un'ora. Nel caso in cui invece vi sia da effettuare un nuovo ordine di produzione che non comporta il cambio del semilavorato, allora si effettua esclusivamente la chiamate per i materiali che differiscono rispetto all'ordine precedente, mentre si rendono al magazzino quelli che non servono più. Le linee di quest'area si differenziano in base a come si vengono fatti arrivare i flaconi in cui andrà il semilavorato; questi possono arrivare:

- tramite flusso teso (FT), ovvero direttamente mediante l'utilizzo di appositi condotti. In questo caso saranno sempre disponibili in linea.
- tramite gli AGV di tipo B (FB), che li prelevano dal magazzino Mag_ B. In questo caso le linee avranno a disposizione lo spazio per ospitare due contenitori contemporaneamente. Una volta che il primo viene svuotato, in automatico il sistema manda una chiamata per il prelievo del vuoto e la richiesta di un pieno.

- Tramite gli AGV di tipo P (FP). Questa modalità è usata esclusivamente da tre linee collocate nella zona 3 (Figura 5). In questo caso i flaconi sono stoccati, al posto che nel Mag_B, nel Mag_S.

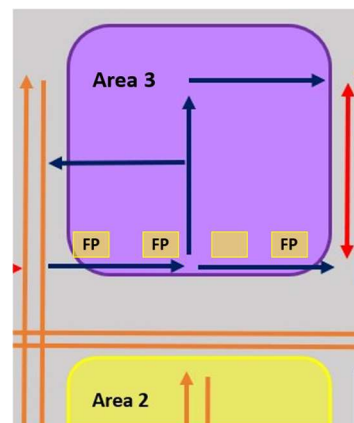


Figura 5 - Posizione linee con alimentazione AC nella UP3

Il reparto di fabbricazione per questo reparto è posizionato in prossimità della zona in cui vi sono le linee di confezionamento, per rendere più agevole il

trasporto del semilavorato. In questo reparto l'approvvigionamento delle materie prime provenienti dalla zona di pesatura è svolto manualmente, senza l'utilizzo di AGV.

L'area 3 ha un funzionamento analogo alla 1 per quanto riguarda la distinzione delle linee (SL/PF) e la gestione delle pedane vuote dei materiali; vi sono tuttavia delle differenze legate al semilavorato utilizzato. In questo reparto il semilavorato da confezionare non è stoccato in barili e arriva dal Mag_S. Il reparto di fabbricazione è posizionato sopra la zona del Mag_P. Anche in questo caso il funzionamento del reparto è analogo a quello dell'area 1.

Finito di descrivere il funzionamento dell'impianto e dei magazzini si passa all'analisi delle logiche delle flotte AGV. I veicoli, quando non sono impegnati in alcuna missione e non devono andare in ricarica, si dirigono verso il parcheggio libero più vicino (vi sono diverse postazioni di sosta nello stabilimento). Le missioni sono assegnate al mezzo libero (non guasto, non in ricarica e non impegnato) della flotta di competenza più vicino al punto di

inizio della stessa. Le missioni sono ordinate in base alla loro priorità: diversi tipi di trasporti hanno infatti valori di priorità iniziali diversi

TIPO MISSIONE	PRIO Area 1	PRIO Area 2	PRIO Area 3	FLOTTA AGV
Return Materiale	3	3	3	3 Flotta P
Return Prodotti Finiti	4	4	4	4 Flotta P
Return Immondizia	3	3	3	3 Flotta P
Call Pila Vuoti	4	4	4	4 Flotta P
Call Flaconi	5	5	5	5 Flotta B
Call Materiale	5	5	5	5 Flotta P
Return Vuoti	3	3	3	3 Flotta P
Return Vuoti Impilati	3	3	3	3 Flotta P
Return Flaconi	5	5	5	5 Flotta B
Return Barili	4	4	4	4 Flotta P

(Tabella 1). Queste, **Tabella 1** - Priorità trasporti AGV

tuttavia, se non sono state ancora assegnate dopo 15 minuti incrementano di uno la loro priorità, fino ad arrivare ad un massimo di 11. Il sistema permette però all'operatore di effettuare delle forzature manuali, assegnando valori diversi di priorità alle missioni richieste, fino ad un massimo di 6. Un altro vincolo del sistema per l'assegnazione delle missioni è legato alla zona di destinazione del pallet (*Tabella 2*): vi sono infatti delle zone specifiche (Mag_V, aree 2 e 3) in cui possono operare un numero limitato di mezzi in

AREE MAX AGV	WIP MASSIMO
Mag_V	3
Area 1	5
Area 3	3

Tabella 2 - Vincoli presenza AGV

contemporanea. Quindi, se si è raggiunto il massimo di veicoli diretti verso quelle aree, la missione non può essere assegnata fino a quando uno degli altri non finisce il trasporto iniziato.

Nei punti di uscita dal Mag_S è presente una logica secondo la quale, se vi è una pedana di materiale disponibile in uno dei punti di prelievo e un AGV sta effettuando un'operazione di reso, allora questo deve poi prelevare il pallet disponibile. Tuttavia, se questo diventa disponibile più o meno nel momento in cui l'AGV sta effettuando il reso, capita che all'AGV venga assegnata un'altra missione e che si debba far arrivare un altro veicolo per il trasporto della pedana. I mezzi avanzano prenotando brevi tratti di percorso, quindi,

succede che agli incroci, o in prossimità dei punti di interfaccia con le linee, alcuni debbano fermarsi per lasciarne passare altri o per permettere la fine delle operazioni di prelievo o scarico dei pallet. Inoltre, può capitare che due AGV provenienti da direzioni diverse che si incontrano ad un incrocio, o si devono passare a fianco, si blocchino: entrambi sembrano vedere il tratto di percorso come 'occupato' e nessuno si muove. In questo caso un operatore dovrà andare a sbloccare manualmente gli AGV per farli riprendere le loro missioni. Vi sono inoltre dei tratti in cui può muoversi un solo mezzo per volta: le strade a senso unico alternato. Questi tracciati sono percorribili in entrambe le direzioni, tuttavia hanno una larghezza sufficiente a contenere un solo AGV. Quindi quando arriva un secondo veicolo che deve entrare in uno di questi tratti, questo deve attendere l'uscita del primo prima di poter impegnare la strada.

3. IL MODELLO DI SIMULAZIONE

Il modello digitale utilizzato per analizzare la situazione dello stabilimento è stato sviluppato con il software 'Plant Simulation Tecnomatix Siemens'. L'obiettivo è quello di individuare i colli di bottiglia e testare delle possibili soluzioni migliorative osservando i flussi di materiale gestiti tramite AGV e valutando in maniera quantitativa i trasporti effettuati. Si è deciso all'inizio della modellazione di effettuare alcune assunzioni semplificative la cui applicazione, dato il tipo di analisi di alto livello richiesto, non ha comportato delle perturbazioni rilevanti dei risultati:

- Assenza di schedulazione: alle linee di produzione viene assegnato un formato da produrre per tutta la durata della simulazione. Inoltre, queste non vengono mai spente se non durante le pause previste oppure se il loro turno, assegnato a inizio simulazione, è terminato. Nella realtà può capitare che le linee vengano spente invece durante il turno di lavoro, ad esempio perché è l'ultimo turno e hanno finito di lavorare le quantità di prodotto richieste. Questa assunzione permette quindi di semplificare l'input di simulazione, richiedendo esclusivamente l'inserimento dei turni di lavoro e il formato desiderato, senza necessitare di una schedulazione valida per tutto il tempo di simulazione.
- Cambi formato e cambi di ordine di produzione sono gestiti a intervalli di tempo: non essendo prevista una schedulazione, per simulare comunque le situazioni di cambio produzione e tutti gli eventi ad esso collegati (resi materiale, immondizia, setup...), sono state impostate

all'interno di un'apposita tabella contenente i dati di setup, degli intervalli di tempo (o un numero di cambi al mese) che definiscono quando far avvenire un cambio. In questo modo è possibile, anche senza schedulazione, simulare una situazione media oppure delle condizioni specifiche di picco.

- Le BOM (Bill Of Material) sono semplificate per categoria di materiale e non per singola referenza. Si è deciso di gestire le distinte basi in maniera macro, ovvero classificando i materiali per categorie (ad esempio 'flaconi') senza entrare nel dettaglio dei singoli codici articolo. La scelta è stata fatta in seguito a delle valutazioni sull'impatto che avrebbe avuto sui risultati e sulla velocità di esecuzione delle simulazioni dei vari scenari.
- Il materiale a magazzino è considerato sempre disponibile: non sono previste delle situazioni in cui il materiale non arrivi in linea perché non presente nei magazzini. Qualsiasi ritardo è esclusivamente legato ai tempi di uscita dal magazzino o agli AGV.
- I reparti di fabbricazione e di confezionamento sono svincolati: le linee di produzione lavorano in maniera svincolata rispetto alle fabbricazioni, considerando i semilavorati sempre disponibili. Si opera dunque secondo una logica push, invece che in pull come avviene realmente nell'impianto.

Il simulatore è stato costruito modellando le varie componenti dell'impianto sul suo layout. Utilizzandolo come base sono state posizionate le strade adoperate dagli AGV e sono stati inseriti i punti di carico e scarico delle linee

produttive, dei magazzini, delle filmatrici e dei reparti di fabbricazione (quando necessario). Sono state create delle classi generali per le linee dei diversi reparti, per le fabbricazioni e per le aree di fiming. Da queste sono state disposte sul layout le singole istanze per ognuna delle classi, rappresentanti le varie linee. All'interno di queste classi le linee non sono state rappresentate nel dettaglio: la produzione è regolata tramite una singola stazione con il tempo ciclo della linea. Si è deciso di semplificare in questo modo le linee poiché le informazioni di interesse per lo studio riguardano il numero di pedane prodotte e l'affidabilità della linea e non i dettagli su come questa operi.

Sono state gestite nel dettaglio le logiche per la gestione delle uscite e dei resi dei magazzini, il funzionamento delle aree di fabbricazione del prodotto (semplificato alla luce del focus sul numero di pallet movimentati), le linee di produzione e la gestione degli AGV. Infine, è stata inserita un'interfaccia per rendere più agevole l'utilizzo del modello e la visionatura dei risultati.

3.1 Modellazione magazzini

All'interno del modello sono stati rappresentati e gestiti tre magazzini: il Mag_S, il Mag_B e il Mag_V. Il Mag_P non è stato modellizzato in quanto non rilevante per lo studio effettuato. Tutti i magazzini sono stati considerati delle black-box, in cui sono state implementate esclusivamente alcune logiche di massima non trascurabili per la validità del modello.

Il Mag_S è il magazzino con il funzionamento più complesso, come visto nel capitolo precedente. Questo è stato modellato, come è osservabile nella *Figura 6*, tramite una serie di quattro buffer, l'ultimo dei quali è collegato a

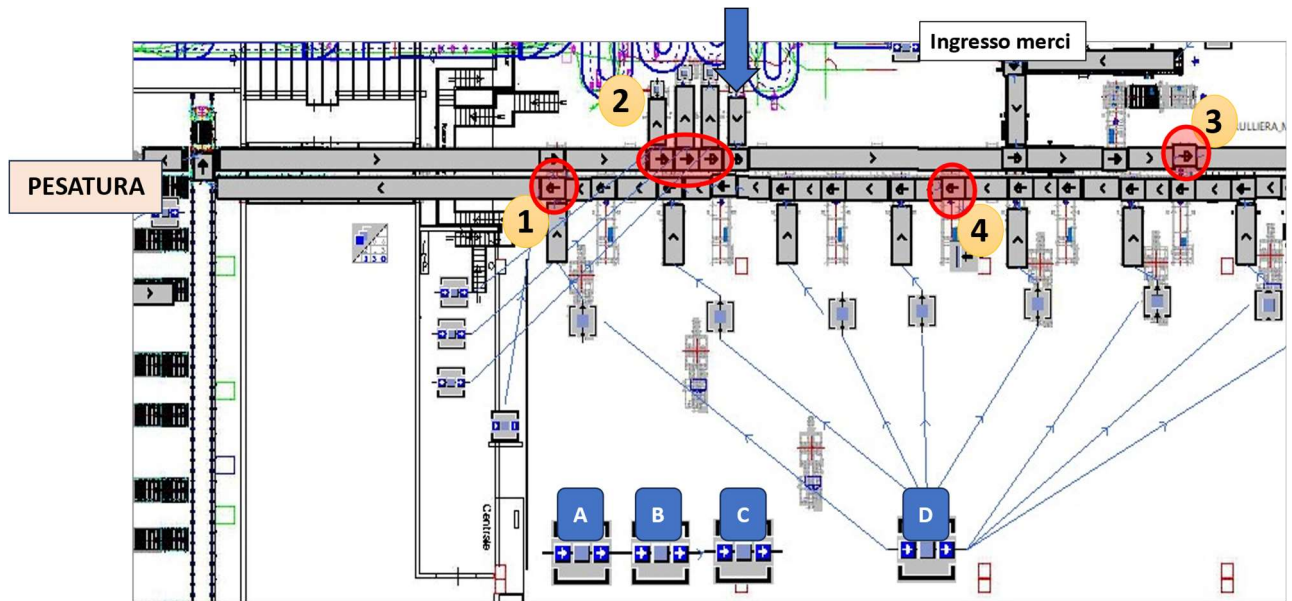


Figura 6 - Modellazione Mag_S

otto stazioni rappresentanti i traslo-elevatori del magazzino. Ad ogni stazione attualmente è stato assegnato un tempo di lavoro pari al tempo medio di una missione di uscita dal magazzino. Non gestendo le referenze dei prodotti nel dettaglio risulta infatti impossibile avere dei tempi precisi legati alla movimentazione di un pallet specifico con una posizione ben definita. Ogni stazione è poi collegata ad un conveyor che permette alle pedane prelevate di entrare sulla rulliera principale. Queste poi possono proseguire verso la pesatura, oppure possono andare verso l'uscita che gli è stata assegnata in base all'area di destinazione (decisione presa nel punto 1). Le uscite sono modellate tramite dei rulli con capienza massima uno a cui si collega una stazione da cui verranno prelevati dagli AGV (punto 2). Nel caso in cui un pallet non abbia posto sulla rulliera di destinazione, questa ricircola (punto 3) fino a quando non riesce ad uscire. La quarta uscita (indicata con una freccia) è il punto di rientro dei resi di materiale provenienti dalle linee. Questi nella realtà rientrano poi nel magazzino, tuttavia avendo deciso di non

trattarlo nel dettaglio, nella simulazione percorrono la rulliera fino al punto 4 e poi vengono distrutti. Dal punto 'Ingresso merci' nella realtà vengono scaricati i pallet dai camion dei fornitori. Nella simulazione si è deciso di non considerare questi movimenti, in quanto considerati non particolarmente impattanti per gli obiettivi dell'analisi effettuata.

I pallet chiamati dal Mag_S vengono creati nel buffer A dove gli vengono assegnati i valori degli attributi che ne specificano la destinazione (area e linea) e il contenuto (tipo e quantità). Appena creati vanno nel secondo buffer, B, in cui aspettano 1 minuto prima di poter passare al buffer successivo. Questo corrisponde al tempo impiegato per il trasferimento delle richieste dal sistema informatico delle linee a quello di gestione del magazzino. Nel buffer C i pallet aspettano che vi siano le condizioni per poter uscire. Vi sono infatti dei vincoli sul numero di pedane che possono circolare sulla rulliera, modificabili tramite la tabella 'WIP_RULLIERA', *Tabella 3*.

	WIP MASSIMO	RESTART	WIP ATTUALE	STATO	DESCRIZIONE
EXITS_01	3	2			vs Area 1
EXITS_02	5	4			vs Area 2
EXITS_03	3	2			vs Area 3
TOTALE	49	39		APERTO	

Tabella 3 - WIP_RULLIERA

Ogni secondo viene lanciato un metodo che verifica se e quali pallet nel buffer C possono uscire. Questo effettua un controllo su tutti gli elementi presenti nel buffer, dal primo che vi è entrato all'ultimo, e per ognuno effettua una serie di controlli. Per prima cosa legge qual è l'uscita di destinazione dell'oggetto: se è diretto verso la pesatura allora verifica che il lo 'STATO' del 'TOTALE' sia 'aperto' e che il suo 'WIP ATTUALE' sia minore del 'WIP MASSIMO'. Se entrambe

le condizioni sono verificate allora il pallet avanza nel buffer D, dove sarà indirizzato in maniera casuale verso il primo traslo-elevatore libero. Nel caso in cui lo 'STATO' sia 'chiuso' il pallet potrà uscire solo nel momento in cui il 'WIP ATTUALE' risulterà inferiore al valore di 'RESTART'. Se invece il pallet ha una destinazione diversa dalla pesatura allora, oltre a controllare i valori del 'TOTALE', verifica che 'WIP ATTUALE' della sua rulliera di destinazione sia minore al suo 'WIP MASSIMO'. I valori dei vari 'WIP ATTUALE' vengono incrementati quando un pallet esce dal buffer D e decrementati nei punti in cui questo lascia la rulliera, ovvero quando esce verso la pesatura dal punto 1 o quando arriva sulla sua stazione di uscita. In questo secondo caso viene anche lanciato un metodo che genera la missione per gli AGV per il prelievo della pedana.

Oltre a modificare i valori massimi e di restart della rulliera è possibile variare altri parametri legati al magazzino, presentati nella *Tabella 4*¹. Tra questi quello considerato più rilevante per le analisi effettuate è legato all'utilizzo delle uscite dedicate (vedi capitolo 4).

	VALORE
Tempo di ritardo informatico [s]	84,9
Tempi uscita dai Traslo [min]	99,7
Velocità delle rulliere [m/min]	17
Utilizzo uscite dedicate	true
Efficienza tecnica rulliera [%]	90
MTTR rulliera [min]	7,1

Tabella 4 - Parametri input Mag_S

I magazzini Mag_V e Mag_B sono gestiti anch'essi come black-box e non presentano logiche aggiuntive. Nel momento in cui avviene una chiamata per un pallet proveniente da uno di questi magazzini, questo viene creato sul buffer del magazzino corrispondente e viene fatto uscire tramite una delle

¹ in Appendice, nella sezione 'Tabelle', queste informazioni sono riportati nella tabella generale '**Parametri vari**'

macro-posizioni di uscita. Quando arriva all'uscita viene generata la missione di trasporto per un AGV della flotta corrispondente. Essendo trattati come black-box le posizioni di uscita non sono gestite in maniera puntuale ma sono state individuate delle posizioni generali posizionate all'interno del magazzino. In base al numero di richieste che i magazzini ricevono queste macro-posizioni sono state quantificate e posizionate in punti baricentrici dei magazzini.

3.2 Modellazione reparti di fabbricazione

I reparti di fabbricazione operano in maniera push, producendo dei lotti di semilavorato senza dettagli sulla tipologia di prodotto specifico. Come input per le fabbricazioni il modello recepisce, tramite tabelle dedicate (esempio *Tabella 5*²), i tempi di lavoro del singolo batch di produzione per le singole postazioni e i turni di lavoro assegnati. In questi reparti il materiale arriva dalla pesatura; per ogni linea viene quindi indicato il numero di pedane di materie prime che devono ricevere e il numero di pallet e la quantità di prodotto finito che producono. In questo modo il modello gestisce il materiale in ingresso e in uscita dai vari reparti, generando le missioni necessarie.

AREA3_FABBRICAZIONE							
	ABILITATO	TURNAZIONE	LOTTO DI PRODUZIONE [kg]	TEMPO PROCESSO [h]	NUM PEDANE MP	PESO PEDANA SL [kg]	NUM PEDANE SL
Area3_Fab_1	true	3 TURNI	212,1	424,3	3	141,4	3
Area3_Fab_2	true	3 TURNI	452,5	466,7	3	226,3	3
Area3_Fab_3	true	3 TURNI	452,5	381,8	3	226,3	3
Area3_Fab_4	true	3 TURNI	452,5	381,8	3	226,3	3
Area3_Fab_5	true	2 TURNI	25,5	169,7	1	25,5	1
Area3_Fab_6	true	2 TURNI	50,9	169,7	1	50,9	1
Area3_Fab_7	true	2 TURNI	56,6	212,1	1	56,6	1
Area3_Fab_8	true	2 TURNI	141,4	254,6	3	141,4	1

Tabella 5 - Area3_Fabbricazione

² in Appendice sono riportate le tabelle con i dati delle fabbricazioni di tutte le aree di produzione

I pallet di prodotto generati dalle fabbricazioni vengono inviati in base all'area di appartenenza:

- I pallet dell'area 1 sono inviati al Mag_V e saranno considerati come materiali dalle linee di confezionamento.
- I pallet dell'area 2 non sono gestiti dal simulatore in quanto non vengono movimentati tramite gli AGV.
- I pallet dell'area 3 sono inviati al Mag_S e saranno considerati come materiali dalle linee di confezionamento.

I reparti sono modellati come segue. Prima di iniziare a produrre un lotto le linee abilitate chiamano i pallet di materie prime dalla pesatura (metodo 'Chiamata_MP'). Ogni linea registra all'interno della tabella 'ChiamataMP', sulla riga corrispondente, il numero di pedane chiamate: quando un pallet viene depositato nel 'Buffer_IN' il numero di chiamate della linea a cui è destinato viene decrementato. Quando sono arrivati i pallet richiesti si avvia il processo di produzione al termine del quale, per le aree 1 e 3, vengono generate delle pedane di semilavorato prodotto in numero pari a quello riportato nella tabella di input della fabbricazione, sotto la colonna 'NUMERO PEDANE PF'. Oltre ai pallet di semilavorato vengono anche generati i vuoti corrispondenti al numero di pedane di materie prime che erano state richieste (colonna 'NUMERO PEDANE MP'). Questi sono diversi dai pallet dei materiali mandati sulle linee e vanno impilati e riportati in pesatura. Il numero di pallet che devono essere impilati prima di generare una missione per portarli indietro è indicato nella tabella '**Parametri vari**' riportata nell'Appendice.

3.3 Modellazione linee di produzione

3.3.1 Gestione dei dati di input

Per gestire le linee di produzione si è deciso di predisporre una serie di tabelle contenenti le informazioni di input utili per la simulazione. Due tabelle sono generali e contengono informazioni su tutte le linee, indipendentemente dall'area di appartenenza. Per ogni reparto vi sono inoltre tre diverse tabelle riportanti informazioni più specifiche per le linee.

Delle tabelle comuni la prima (estratto nella *Tabella 6*) contiene alcune informazioni sulla produzione riguardanti le linee di confezionamento e le filmatrici, tra cui quelle principali sono:

- Il formato prodotto in linea, da cui per le linee dell'area 2 dipende la cadenza di linea. Per le linee non appartenenti all'area 2 la cadenza non dipende dal formato

LINEA	AREA	ABILITATO	TURNAZIONE	AVAILABILITY	FORMATO SCELTO	TIPO FORMATO	PRODUZIONE LORDA [pallet/h]	CADENZA LORDA [colpi/min]	ARRIVO FLACONI	% FILMATRICE 1	% FILMATRICE 2	% FILMATRICE NEW
FILMATRICE 1		true	3 TURNI	95			42,4					
FILMATRICE 2		true	3 TURNI	95			42,4					
FILMATRICE NEW		false	3 TURNI	94			42,4					
Linea_S01	2	true	2 TURNI	90	FormS_08		9,6		FB	20	80	0
Linea_S02	2	true	2 TURNI	90	FormS_05		13,6		FT	20	80	0
Linea_M01	1	true	H24	90	FormM_01	SL		74				
Linea_M02	1	false	H24	86.2	FormM_03	SL		85				
Linea_P01	3	false	3 TURNI	90	FormP_01	SL	0,25	57			100	
Linea_P02	3	false	3 TURNI	90	FormP_02	SL	0,25	57			100	

Tabella 6 - Estratto 'Dati linee' (tabella completa in Appendice)

- Se la linea appartiene all'area 2 viene specificata la tipologia di alimentazione dei flaconi (FB, FT o FP)
- Se la linea produce semilavorati (SL) o prodotti finiti (PF) e, nel secondo caso, la percentuale con cui mandano i prodotti verso le varie filmatrici

- I turni di lavoro della linea ³
- I dati di affidabilità della linea quali l'efficienza tecnica e il MTTR
- Per le filmatrici, la produzione lorda in termini di pallet/ora

Come si può intuire, poiché alcuni dati sono specifici per determinati reparti, non tutte le celle sono sempre compilate. Al suo interno sono state anche inserite delle righe aggiuntive relative a possibili nuove linee future e ad una terza filmatrice, utilizzabili per l'analisi di scenari futuri o migliorativi.

L'altra tabella contenente dati relativi a tutte le linee dell'impianto è quella riguardante i setup⁴ : per ogni linea sono raccolti i dati sulle frequenze ed i tempi di fermata per i diversi tipi di setup da effettuare in base all'area di appartenenza. Non essendo prevista nel modello nessuna forma di schedulazione tutti gli eventi legati al cambio formato, o al cambio dell'ordine di produzione, sono gestiti come fermate di linea che avvengono a intervalli di tempo definiti. Le eccezioni a questa logica sono:

- Il cambio formato per le linee del reparto 2, che dipende dall'esaurimento del semilavorato (assegnato in tonnellate ad ogni linea tramite la tabella)
- Il cambio barile del semilavorato per le linee dell'area 1, che viene effettuato ad ogni esaurimento del barile

³ I dettagli sugli orari di inizio e fine, sulle pause operatore e gli interventi di manutenzione programmata di pulizia legate ai diversi turni sono riportati nelle tabelle '**Turni**' e '**Orari**' presenti in Appendice

⁴ La tabella, '**SETUP_LINEE**', è visionabile in Appendice

- I cambi delle bobine di film delle filmatrici, che avvengono dopo aver lavorato un numero di pallet definito in tabella.

Le tabelle specifiche per le tre aree raccolgono i dati riguardanti: le performance di linea legate al formato lavorato, i materiali disponibili su una singola pedana in base al formato e le fabbricazioni (discusse precedentemente).

Le tabelle riguardanti le performance, '**AREAX_PERF_FORMATO**'⁵ (Tabella 7), riportano informazioni diverse in base alle esigenze del reparto. In ognuna, per ogni coppia 'linea-formato', sono comunque presenti:

- Il numero di prodotti finiti che possono essere contenuti su un pallet per poter dimensionare correttamente il numero di pedane in uscita dalle linee
- Il numero di prodotti finiti per scatola per poter gestire correttamente il consumo di scatole legato alla produzione
- La quantità di semilavorato o materia prima consumato per il singolo prodotto finito per poter gestire correttamente i consumi e gli eventi di setup (vedi il paragrafo precedente).

AREA1_PERF_FORMATI				
LINEA-FORMATO	CADENZA LORDA [colpi/min]	QTA PF [kg]	PF per SCATOLA	PF per PALLET
Linea_M01-FormM_01	74			15360
Linea_M02-FormM_02	85			20000
...
Linea_M12-FormM_10	144	0,014	212	10182
Linea_M12-FormM_19	144	0,021	212	10182
Linea_M13-FormM_04	71	0,01	356	19245

Tabella 7 - Estratto '**AREA1_PERF_FORMATI**'

⁵ Le tabelle complete sono visionabili nell'Appendice (X=numero identificativo del reparto)

L'ultima tipologia di tabella adoperata per la gestione dei dati di input riguarda le informazioni legate ai materiali utilizzati per i formati prodotti, denominata come '**AREAX_MAT_FORMATI**' ⁵ (Tabella 8). Ogni componente arriva in linea su un pallet proveniente dal magazzino. Ogni pedana, tuttavia, contiene un numero diverso di elementi a seconda del formato e del tipo di componente trasportato. Nel caso delle aree 1 e 3, dove vengono prodotti sia semilavorati che prodotti finiti, i materiali delle distinte basi delle due tipologie di prodotto sono differenziate tramite l'utilizzo di due colori diversi nelle intestazioni delle tabelle.

Area1_MAT_FORMATI									
FORMATO	MAT_M1	MAT_M2	MAT_M3	MAT_M4	MAT_M5	MAT_M6	MAT_M7	MAT_M8	MAT_M9
FormM_01	45255	72408	537401	27747	21722	0	693	1485	283
FormM_02	56569	70711	271529	16971	28284	509117	693	1485	283
FormM_03	56569	70711	452548						283
FormM_04	66185	42426	537401	24042	24042	0	424	0	283
FormM_05	39598	84853	339411	25456	27153	0	693	1485	283
FormM_06	53740	84853	305470						283
FormM_07	56569	233345	407294	22627	28284	0	453	0	283
FormM_08	53740	233345	155563	19799	22627	0	453	0	283

Tabella 8 - Estratto '**AREA1_MAT_FORMATI**'

3.3.2 Modellazione delle linee di produzione

Si è deciso di non modellare le linee in dettaglio, per evitare di aumentare la complessità aggiungendo elementi che non portano del valore aggiunto per lo studio svolto. Ogni linea è stata quindi rappresentata come un'unica stazione, il cui tempo di lavoro è pari al tempo impiegato per completare un pallet di prodotto del formato assegnato. Non rappresentando tutte le componenti delle linee si è pensato ad un modo alternativo per simulare il consumo del materiale richiesto. Inoltre, non inserendo la schedulazione, sono state predisposte delle stazioni per gestire gli eventi legati ai cambi formato, ordini di produzione e riattrezzaggi. Nella *Figura 7* un esempio della modellazione di una linea di produzione.

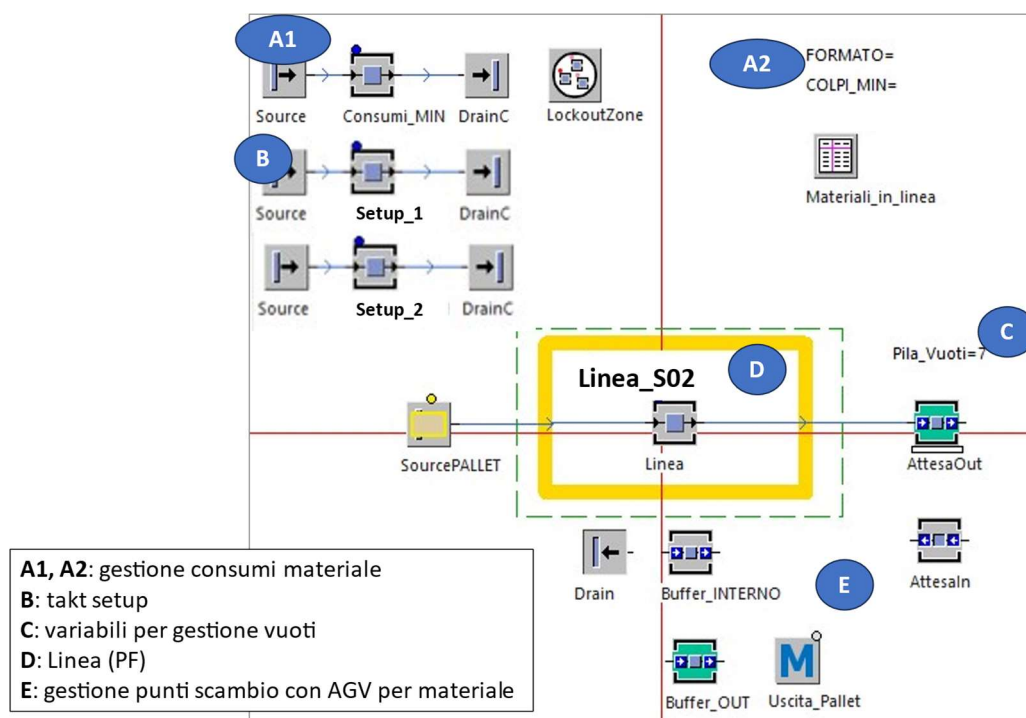


Figura 7 - Esempio modellazione di una linea di produzione

Gli oggetti A1 e A2 servono per gestire i consumi di materiale durante la produzione e le eventuali attese derivanti dalla loro mancanza. Per ogni linea viene specificato il formato che dovrà produrre, la cadenza con cui viene prodotto e i materiali richiesti dalla sua distinta base. Quando la linea è attiva la stazione 'Consumi_min' fa diminuire ogni minuto le quantità dei prodotti registrate nella tabella 'Materiali_in_linea' (Tabella 9). Quando la disponibilità di materiale, colonna 'QTA', è inferiore a quanto verrebbe consumato in un minuto allora la stazione si blocca e mettendo in stop anche la stazione rappresentante la linea, 'Linea' (D). Così facendo si possono evidenziare le situazioni in cui la produzione si è fermata a causa della mancanza di materiale, registrato come 'Attese'.

MATERIALE	QTA	PALLET CHIAMATI	CONSUMO AL MINUTO
SEMILAVORATO	900		84,9
MAT_S1	7050	1	212,1
MAT_S2	10055	1	35,4
MAT_S3	2012250	1	212,1
MAT_S4	3137250	1	212,1

Tabella 9 - Esempio tabella 'Materiali_in_Linea' della Linea_S02

Le stazioni della sezione B variano in base all'area produttiva di appartenenza della linea e servono per simulare gli eventi di riattrezzaggio e di cambio formato o ordine di produzione. Ad inizio simulazione, tramite la tabella 'SETUP_LINEE', le linee attive leggono quali tipi di setup dovranno effettuare e con quale cadenza. Ognuna di queste stazioni, una volta trascorso l'intervallo di tempo previsto, fa avanzare il pallet di prodotto lavorato in linea e la mette nello stato di 'Setup' per la durata prevista da quella specifica operazione. Nel caso in cui l'operazione da svolgere non sia un riattrezzaggio ma sia un

cambio formato, o un cambio ordine di produzione, allora saranno anche generate delle missioni di reso dei materiali e di immondizia, secondo le percentuali inserite nella tabella 'Parametri vari'. Si è deciso di gestire il numero di pedane di reso di materiale tramite delle percentuali per poter riprodurre questa tipologia di missione nella maniera più accurata possibile, avendo deciso di utilizzare pallet sempre pieni in arrivo dai magazzini.

La variabile del punto C, 'Pila_Vuoti', viene utilizzata per gestire le chiamate delle pile di pallet vuoti da utilizzare per i prodotti finiti nelle linee dell'area 2. Quando il loro valore scende al di sotto di una soglia preimpostata si genera una missione del tipo 'Call Pila Vuoti'.

La linea (D), come anticipato, ha un tempo ciclo pari al tempo necessario per completare un pallet. Una volta finito il pezzo lavorato viene mandato al pallettizzatore, che ha tre posti disponibili. Nel caso in cui non vi sia spazio per fare avanzare la pedana la linea si blocca, fermando anche il consumo di materiale. Il pallettizzatore è modellizzato dall'oggetto 'Attesa_Out', da cui viene generata una chiamata per una missione di 'Return Prodotti Finiti' ogni volta che vi entra un pallet.

Infine, gli elementi del punto E modellizzano i punti di carico e scarico degli AGV ('Bufer_out' e 'Attesa_In') e le postazioni di buffer interno della linea. Qui vengono gestite le chiamate del materiale durante la simulazione e la "produzione" di pallet vuoti. Le prime chiamate di materiale sono fatte in automatico all'inizio della simulazione. All'arrivo di un pallet viene aggiornata la quantità disponibile in linea e viene attivato il metodo 'Uscita Buffer', dopodiché il pallet viene spostato nel buffer interno. Il metodo lanciato aspetta che passi il tempo previsto per lo svuotamento del pallet di materiale,

calcolato come la quantità presente sulla pedana diviso la quantità consumata ogni minuto. Trascorso il tempo previsto la pedana vuota viene posta nel 'Buffr_Out' da cui viene generata una richiesta per il prelievo del vuoto.

Sono state predisposte due modalità per gestire la chiamata dei materiali in linea durante la simulazione. Questo perché nella realtà è un'operazione gestita manualmente dagli operatori e quindi non utilizza una logica fissa. Si è deciso quindi di modellare il sistema inserendo la possibilità di selezionare quale tipo di logica fare utilizzare al modello. Il primo dei due metodi di gestione prevede che il materiale sia chiamato con un certo tempo di anticipo (parametrizzato in base all'area di appartenenza della linea nella tabella 'Parametri vari', estratto nella *Tabella 10*) rispetto al momento di

	VALORE
Chiamata Materiale senza logica anticipo	true
Anticipo chiamata Materiale AREA 1 [min]	63,6
Anticipo chiamata Materiale AREA 2 [min]	84,9
Anticipo chiamata Materiale AREA 3 [min]	63,6

Tabella 10 - Estratto tabella 'Parametri vari'

esaurimento del materiale disponibile. Quando la quantità di materiale presente in linea scende al di sotto del valore calcolato viene generata una chiamata per quel materiale. La seconda metodologia utilizzabile è di tipo kanban: quando arriva un pallet di materiale viene immediatamente generata una missione per la successiva pedana dello stesso componente. Le due logiche sono alternative tra loro, quindi si può scegliere di attivare o meno la prima, la seconda sarà gestita di conseguenza (valore 'true/false' nella prima riga dell'estratto riportato).

3.4 Gestione delle flotte AGV

Il funzionamento delle flotte di AGV presenta alcune approssimazioni rispetto a quello che avviene nello stabilimento.

La prima differenza dal sistema reale riguarda la gestione delle batterie degli AGV. Ai mezzi utilizzati, quando sono scarichi, viene direttamente sostituita la batteria esaurita con un'altra. Tuttavia, i livelli di carica delle varie batterie disponibili in stabilimento non sono regolari: quelle più nuove o appena rigenerate hanno una tenuta migliore di quelle più vecchie. Per questo motivo si è deciso di gestire il cambio delle batterie assegnando ad ogni mezzo un numero di cambi da effettuare al giorno. Questo è inserito all'interno di una tabella annidata all'interno della tabella '**Dati AGV**' (Tabella 11), contenenti i

	QTA	VELOCITA' [m/s]	T PRELIEVO/DEPOSITO [s]	AVAILABILITY	MTRR [min]	BATTERIA	T CAMBIO BATTERIA [min]	NUM CAMBI AL GIORNO
Flotta P	15	1	40	99	5	true		10 TAB FLOTTA P
Flotta B	4	1	70	99	5	true		10 TAB FLOTTA b

Tabella 11 - Dati AGV

dati relativi alle performance degli AGV delle due flotte. I valori utilizzati sono stati ricavati analizzando i dati storici delle sostituzioni fatte dai mezzi utilizzati nell'impianto. Quando il valore della colonna 'BATTERIA' della tabella di input è impostato come 'true', allora ad ogni AGV sarà assegnato un tempo di durata della batteria: un valore casuale compreso tra la sua durata massima e la sua metà. Questo valore diminuisce nel corso della simulazione e, quando diventa inferiore ad un valore di soglia, al mezzo non è più possibile assegnare alcuna missione. Terminato l'eventuale trasporto in corso l'AGV viene mandato nell'area di ricarica della flotta di appartenenza.

L'altra semplificazione presente riguarda la gestione dei mezzi agli incroci (Figura 8). Ad ogni incrocio vi è una logica di 'prenotazione' per cui, quando un mezzo lo ha già impegnato, nessun altro AGV può transitarvi finché il primo non è uscito dall'area di



Figura 8 - Esempio incrocio

interesse. Nella realtà succede talvolta che più mezzi si blocchino, ognuno aspettando che l'altro transiti. In quel caso bisogna attendere l'intervento manuale di un operatore. Nel modello, se si verifica una situazione analoga, il sistema in automatico dopo cinque minuti, forza un mezzo a passare, sbloccando la situazione.

Sul modello sono indicati, per ogni elemento che utilizza gli AGV, un singolo punto di carico e scarico. Nella realtà le linee presentano un numero variabile di punti di scambio con gli AGV; tuttavia, data la loro vicinanza, si è valutato che per lo scopo del lavoro fosse sufficiente individuare un unico punto intermedio su cui operare.

3.5 Interfaccia utente

Per permettere un più facile utilizzo del modello sviluppato è stata predisposta un'interfaccia utente (Figura 9) che permette di modificare rapidamente alcuni parametri e semplifica l'accesso alle varie tabelle di dati di input adoperate per la simulazione. Sono anche presenti dei bottoni che consentono l'accesso al modello, sia nella versione 2D che nella versione 3D,

e ai risultati registrati durante una simulazione. Gli output di simulazione sono raccolti in grafici e tabelle accessibili tramite i rispettivi bottoni.

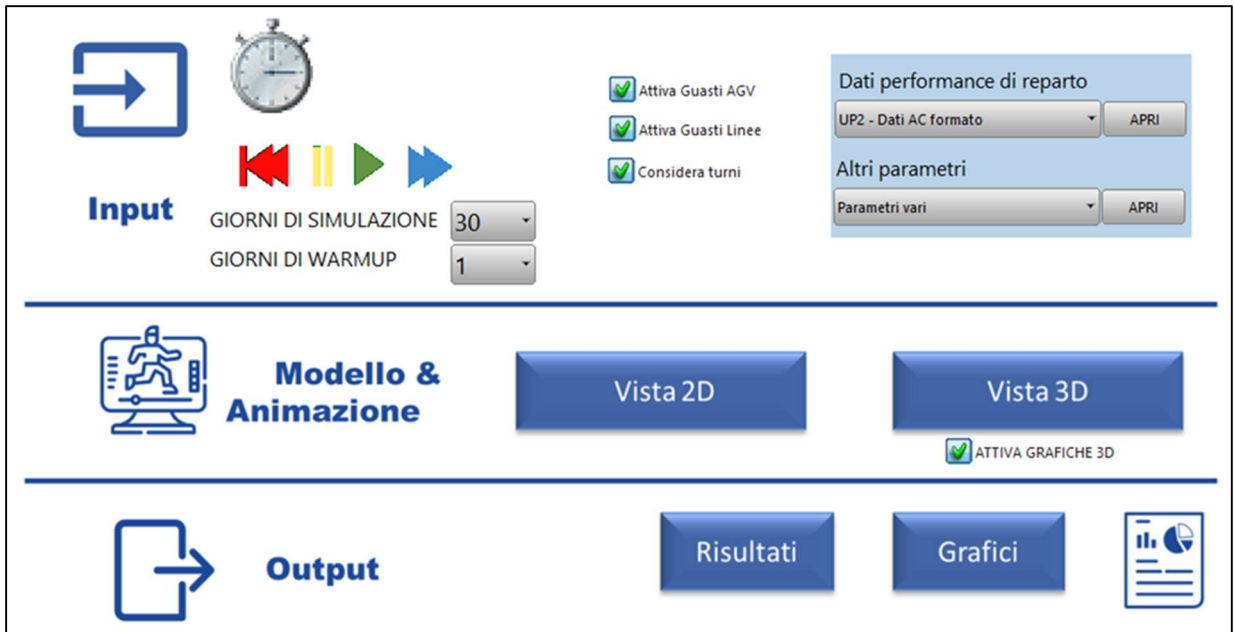


Figura 9 - Interfaccia utente del modello

Gli output raccolti riguardano le performance dei diversi elementi dell'impianto: le linee di produzione, le filmatrici e gli AGV.

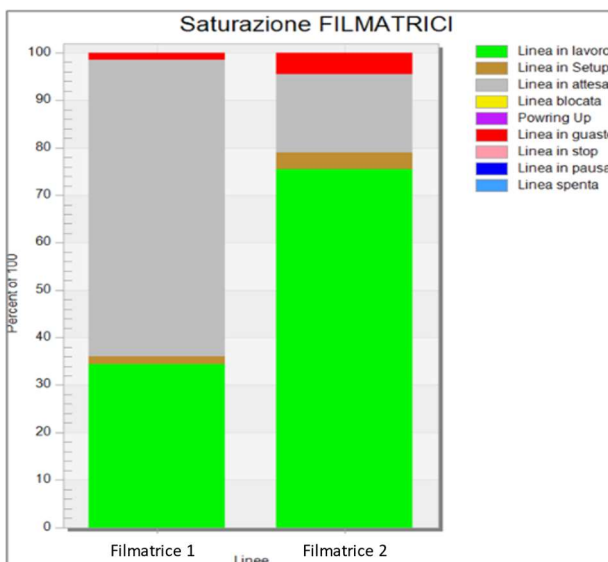


Figura 10 - Esempio grafico saturazione filmatrici

Per quanto riguarda le filmatrici i dati raccolti riguardano il loro livello di saturazione, ovvero la percentuale di tempo in cui lavorano o aspettano (Figura 10), e il numero di pedane di prodotti finiti prodotti, per valutare la produttività dell'impianto.

Più numerose sono le informazioni collezionate riguardanti le linee di produzione. Anche per queste i dati sono stati raccolti in grafici dei livelli di saturazione, raggruppando le linee in base all'area di appartenenza. Nei grafici vengono riportate solo le linee attive di ogni reparto; quindi, se una linea è stata disabilitata a inizio simulazione questa non comparirà all'interno di nessun grafico. I grafici delle saturazioni per le linee sono disponibili in due formati: il primo rappresenta anche le percentuali di tempo in cui la linea è spenta o in pausa; il secondo invece presenta le percentuali relative solo al tempo effettivo di accensione della linea

(Figura 11). Sono inoltre visionabili due tabelle di tracking riguardanti rispettivamente le fermate delle linee dovute alla mancanza di materiale e i tempi di fermo per i setup effettuati (Figura 12). In entrambe le tabelle viene

SATURAZIONE LINEE AREA 1	100%
SATURAZIONE LINEE AREA 2	100%
SATURAZIONE LINEE AREA 3	100%

Figura 12 - Accesso da interfaccia ai due formati dei grafici di saturazione delle linee di produzione

sempre riportato il giorno e l'ora di inizio del fermo, la linea e la durata dello stop o del setup. Nel caso della tabella di tracking delle fermate viene poi inserito il materiale a cui è legato il fermo, mentre nell'altra viene inserita la



Figura 11 - Accesso da interfaccia alle tabelle di tracking delle linee

tipologia di setup eseguita. Riguardo all'analisi delle fermate delle linee sono inoltre disponibili due grafici, uno in minuti e l'altro in ore, in cui viene rappresentato tramite un istogramma, il tempo totale di stop della linea durante la

simulazione e la flotta responsabile del trasporto del materiale in ritardo.

Per gli AGV, oltre ai grafici sulla saturazione dei mezzi delle flotte, sono raccolte le informazioni su: il numero di trasporti effettuati e la loro tipologia; il numero

e il tempo di attesa agli incroci; il tempo impiegato per completare una missione (dal momento della sua assegnazione ad uno specifico veicolo al suo completamento e dal momento dell'effettuazione della richiesta). Particolarmente rilevanti sono i dati riguardanti il numero e la durata delle missioni dai quali si possono fare delle valutazioni su quali sono i trasporti più frequenti e quali impegnano per più tempo un mezzo. Queste informazioni, insieme a quelle sulle linee di produzione (tempi di attesa e motivi di stop della produzione), servono per valutare quali possono essere i colli di bottiglia, le loro cause e le possibili soluzioni.

Sono inoltre analizzati i tempi di uscita dei pallet dal Mag_S, considerati a partire dal momento in cui sono prelevati da un traslo a quello in cui sono caricati su un AGV. Tale analisi è stata effettuata solo per questo magazzino poiché risulta essere quello più saturo, dovendo rifornire le linee di tutti i reparti produttivi. I tempi sono utilizzati per calcolarne il valore medio sono raccolti su un'istogramma che permette di osservare immediatamente i valori più frequenti, quelli massimi e minimi.

Infine, vi sono le informazioni raccolte riguardante gli AGV. Partendo dai grafici abbiamo vengono distinte tre tipologie:

- i grafici di saturazione, riportanti i dati di saturazione di ogni veicolo raggruppati per flotta di appartenenza;
- i grafici a istogramma, utilizzati per mostrare la durata media di una missione da quando viene assegnata a quando viene portata a termine e i tempi impiegati nel Mag_S per una pedana per uscire dal

magazzino (dal momento in cui è caricata su un traslo al momento in cui arriva sulla baia di uscita);

- i grafici a linee, utilizzati per valutare visivamente il numero di missioni orarie eseguite da ogni flotta e la loro tipologia (es. 'Return Prodotti Finiti'), il numero di chilometri percorsi da ogni mezzo nel corso della giornata e il numero di cambi batteria effettuati.

Dal punto di vista delle tabelle sono disponibili:

- una tabella di tracking di tutti i trasporti eseguiti durante la simulazione dagli AGV di entrambe le flotte, con il dettaglio dei punti di carico e scarico, del mezzo assegnato e della sua flotta di appartenenza, i tempi impiegati dal pallet ad uscire dal Mag_S (se era proveniente da lì) e quelli richiesti per portare a termine la missione;
- una tabella di tracking delle fermate dei mezzi agli incroci, con i dettagli sull'incrocio osservato e sul tempo impiegato ad attraversarlo;
- una tabella riportante i momenti di cambio batteria dei singoli AGV;
- due tabelle di conteggio di tutti i trasporti effettuati, all'ora e al giorno, distinti per tipologia di missione e flotta deputata alla sua esecuzione.

Tramite interfaccia è inoltre possibile accedere ad un report HTML scaricabile, in cui sono riportati i dati di input della simulazione lanciata e alcuni degli output disponibili, ritenuti più rilevanti.

All'interno del modello sono inoltre disponibili ulteriori tabelle riportanti i dati adoperati per la costruzione dei grafici descritti precedentemente e altre

informazioni considerate utili in vista di eventuali analisi più approfondite (es. il numero di pallet presenti contemporaneamente in linea e quando questi superano un determinato valore limite).

4. DESCRIZIONE DEGLI SCENARI ANALIZZATI E RISULTATI DI

SIMULAZIONE

La simulazione replica il comportamento medio dell'impianto quando è operativo, senza considerare giorni di chiusura (ipotizzando quindi che sia attivo sette giorni su sette). L'analisi fatta è di alto livello, per cui si è ritenuto sufficiente la valutazione del rendimento medio, senza la necessità di considerare i dettagli dei momenti di riapertura e di chiusura o di aggiungere la complessità della gestione della schedulazione degli ordini.

Per effettuare una validazione del modello sono state effettuate diverse simulazioni, con condizioni iniziali differenti per quanto riguarda il numero di linee attive. Per tutte le simulazioni eseguite si è deciso di assegnare ad ogni linea il formato che risultava essere più problematico (ad esempio quello con la cadenza maggiore) ⁶. Per l'esecuzione dei test si è deciso di effettuare delle simulazioni della durata di un mese, di cui i primi due giorni di warmup. Questa scelta è stata fatta a seguito dell'osservazioni sui tempi impiegati dal modello per operare a pieno regime e sul tempo richiesto affinché, eventuali effetti residui legati al warmup iniziale, si stabilizzassero.

Un primo test è stato effettuato prendendo come riferimento i dati del mese di maggio. Dalle estrazioni ricevute relative ad una giornata tipo lavorativa, sono stati impostati i turni di lavoro alle linee e, dalle informazioni del mese, sono stati ricavati gli input riguardanti la gestione degli AGV (ad esempio il

⁶ I dati di input utilizzati per lo scenario AS_IS sono quelli riportati nelle tabelle in Appendice.

numero di cambi batteria giornalieri). Il secondo test è stato effettuato utilizzando solo il 60% delle linee, scelte in maniera casuale, di ogni reparto. Infine, si è osservato tramite un terzo test, il comportamento del modello nella situazione in cui tutte le linee di tutti i reparti fossero accese, seppur con turni di lavoro differenti (sia in questo scenario che nel secondo sono stati mantenuti i turni di lavoro assegnati guardando i dati del mese di maggio). Per ogni simulazione si è verificato: la produzione giornaliera di pallet di prodotti finiti, la durata dei trasporti effettuati dalle flotte di AGV per ogni tipologia di missione, i livelli di saturazione delle filmatrici e il rendimento delle linee. I risultati ottenuti hanno confermato che il modello si comporta mediamente come lo stabilimento reale.

Tra le simulazioni di validazione effettuate si è deciso di utilizzare l'ultima come scenario as-is con cui confrontare i risultati degli scenari successivi, poiché rappresenta la peggiore condizione di lavoro possibile. Si è osservato che le linee, soprattutto quelle dell'area 2, che sono quelle che producono il maggiore numero di pallet di prodotti finiti (*Tabella 12*), sono spesso ferme a causa della mancanza di materiale (*Figura 13*), trasportati dalla flotta P.

	PALLET PF PRODOTTI	PALLET AREA 2	PALLET AREA 1	PALLET AREA 3
MEDIA	1101	961	113	27
MAX	1164	1017	127	31
MIN	1047	904	65	17

Tabella 12 - Produzione Scenario 0 (as-is)

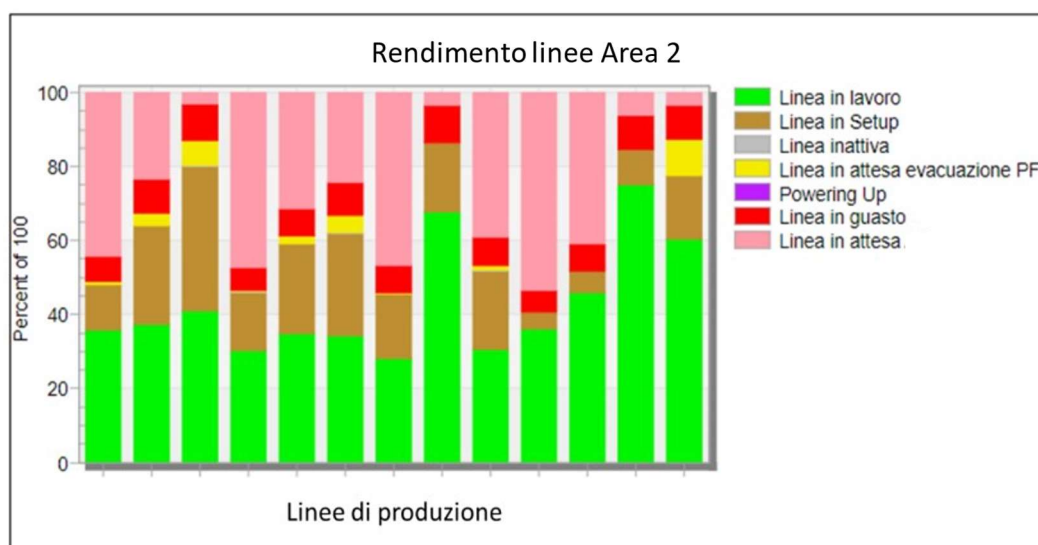


Figura 13 - Rendimento linea area 2 (Scenario 0)

Tale flotta risulta saturata, indicando che non riesce a smaltire il quantitativo di missioni generato dalle linee. Per comprendere le cause è stato osservato il comportamento dei mezzi della flotta e dei magazzini che contengono i materiali, in particolare il Mag_S in quanto è quello principale. In questo modo è stato possibile individuare due fenomeni che potrebbero spiegare parte di questi ritardi. Il primo riguarda i tempi di uscita dei pallet dal Mag_S: osservando gli istogrammi sui tempi di uscita dal magazzino e i dati riportati nella tabella di tracking dei trasporti si è notato che, nonostante il tempo medio trascorso tra il prelievo da parte del traslo e l'arrivo sulla baia di uscita non sia particolarmente alto, ci sono un numero di osservazioni non trascurabili in cui questo tempo ha durate molto elevate, come è possibile osservare nella *Figura 14*. Questo è probabilmente imputabile al fatto che, essendo le uscite dedicate ed avendo solo due posti disponibili mentre le pedane che possono circolare sulla rulliera per l'area 2 sono cinque, alcuni pallet possono ricircolare per molto tempo. Può accadere infatti che, mentre una pedana uscita in precedenza stia circolando sulla rulliera, una di quelle

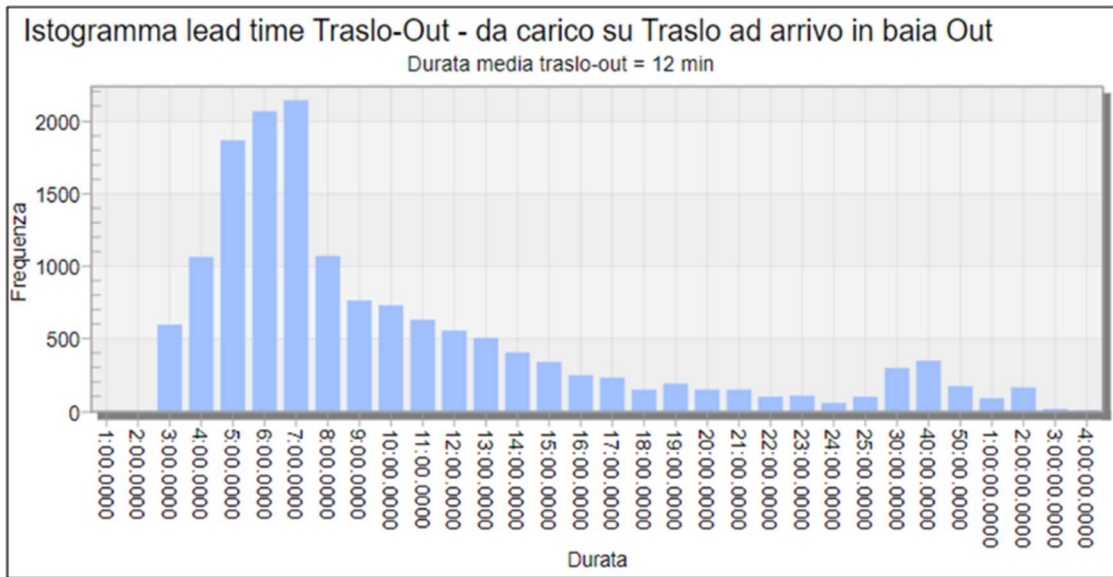


Figura 14 - Tempi di uscita dal Mag_S (Scenario 0)

sulla baia sia prelevata da un AGV, permettendo così l'uscita dal magazzino di un'altra pedana. Quest'ultima uscendo potrebbe trovarsi davanti a quella uscita in precedenza sulla rulliera: in questo modo sarebbe quella più recente ad andare sulla baia di scarico, mentre l'altra continuerebbe a circolare.

La seconda osservazione fatta riguarda i tempi impiegati nelle missioni di scarico dei pallet dei prodotti finiti verso la seconda filmatrice. Qui, infatti, vi sono momenti, che si ripetono ciclicamente, in cui si forma una coda, comprendente circa la metà degli AGV della flotta P, davanti alla filmatrice due. Non essendo disponibile un buffer a monte particolarmente capiente (ha infatti solo due posti) della filmatrice, gli AGV sono costretti ad aspettare il loro turno. In questo modo i mezzi risultano impegnati, senza però effettivamente fare qualcosa di produttivo. Tale situazione è riscontrabile, oltre che osservando le entità sul modello (*Figura 15*),



Figura 15 - Esempio coda alla filmatrice 2

anche tramite i grafici e le tabelle riportanti il numero di missioni orarie svolte, per tipologia (*Figura 16*).

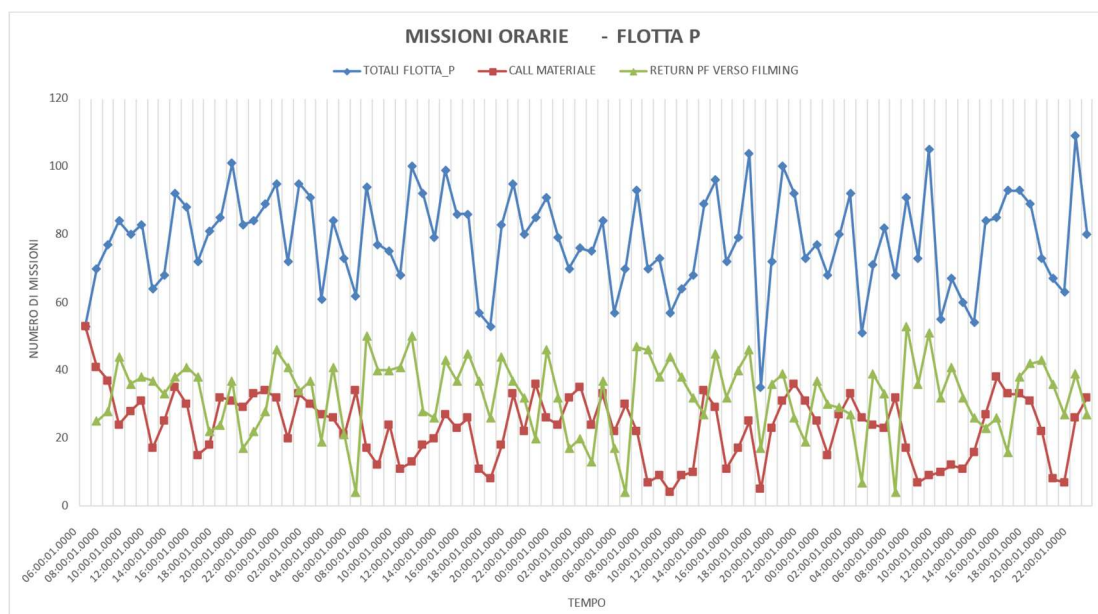


Figura 16 - Estratto numero missioni orarie della flotta P (Scenario 0)

Tramite questi risultati si può osservare un susseguirsi di picchi e crolli che si alternano tra le missioni per il trasporto dei prodotti finiti e quelle per la consegna dei materiali in linea. Alla luce di queste osservazioni si è deciso di impostare per prima cosa degli scenari che analizzino, in maniera indipendente l'una dall'altra, delle possibili soluzioni per i due colli di bottiglia ipotizzati.

Il primo scenario simulato pone come obiettivo la valutazione di un possibile miglioramento a seguito dello svincolamento delle uscite dal Mag_S. Mantenendo invariati i dati di input riguardanti le linee, viene disattivata la logica che impone alle tre uscite della rulliera del magazzino di poter ospitare solo pallet destinati ad una specifica area. In questo scenario le pedane di materiale si posizioneranno sulla prima uscita disponibile. Questa soluzione tende a cercare di utilizzare in maniera più efficiente soprattutto l'uscita

destinata all'area 3, la quale, data la minore frequenza di richiesta di materiali, talvolta risulta vuota, mentre le altre sono intasate. Analizzando i risultati si è osservato che questa soluzione non porta nessun miglioramento della produzione. Nonostante il materiale sia disponibile prima sulle uscite del Mag_S la flotta P, essendo satura, non riesce comunque a rispondere in maniera più rapida alle richieste di materiale delle linee. Si può dedurre che il vero collo di bottiglia siano le filmatrici, nello specifico la seconda, davanti alla quale gli AGV rimangono spesso fermi in coda senza poter essere impiegati in nuove missioni.

Il secondo scenario analizza una delle possibili soluzioni al problema individuato. In questo caso si ipotizza l'uso di una nuova filmatrice, posizionata vicino alla filmatrice 1, con le stesse caratteristiche di quelle già in uso. Verso questa nuova filmatrice vengono inviati metà dei pallet destinati alla filmatrice 2, dimezzandone così il carico di lavoro. Nello specifico le linee che producono prodotti finiti appartenenti alle aree 1 e 3 invieranno metà dei loro pallet verso la filmatrice 2 e metà verso la 'NEW'. Le linee dell'area 2 sono state così gestite: quelle che inviavano tutti i loro PF verso la filmatrice 1 continuano ad operare nello stesso modo; quelle che usavano sia la 1 che la 2 manderanno il 20% alla 1, il 40% alla 2 e il restante alla 'NEW'. In questo scenario risulta subito significativo miglioramento della produttività: in media si produce il 16,4% di pallet in più al giorno (*Tabella 13*).

	PALLET PF PRODOTTI	PALLET AREA 2	PALLET AREA 1	PALLET AREA 3
MEDIA	1282	1128	125	28
MAX	1345	1177	146	31
MIN	1164	1062	78	17

Tabella 13 - Produzione Scenario 2 (nuova filmatrice)

Questo incremento è dovuto principalmente ad un maggiore rendimento delle linee dell'area 2, che da sole contribuiscono a circa l'80% delle pedane in più prodotte. Questo miglioramento è osservabile dai grafici nella *Figura 17*, dove si nota che la porzione di tempo di attesa delle linee, specialmente per le aree 1 e 2, si è notevolmente ridotta.

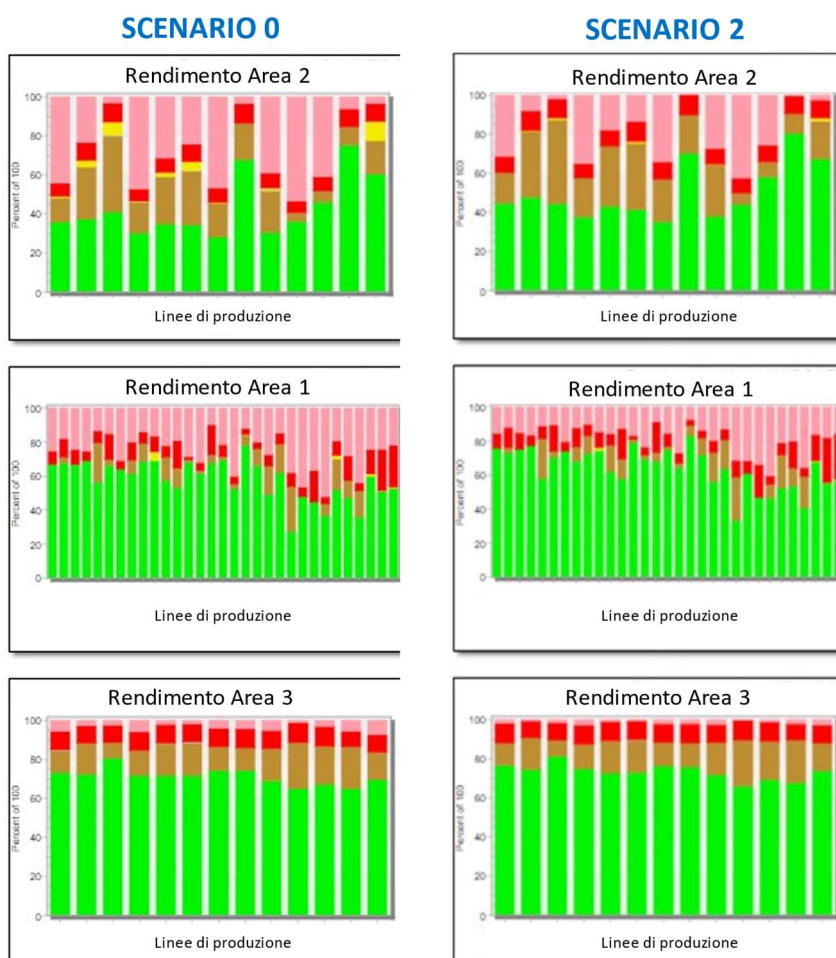


Figura 17 - Confronto rendimenti linee degli scenari 0 e 2

Analizzando la durata media delle missioni, dal momento dell'assegnazione dell'AGV e dal momento dell'effettuazione della richiesta, tramite le tabelle di tracking delle missioni si nota che i trasporti dei prodotti finiti sono divenuti più veloci del 36.4%, (*Tabella 14*). In seguito al migliore utilizzo degli AGV della flotta P si è riscontrata una diminuzione del tempo intercorso fra il momento

in cui viene effettuata una richiesta di materiale in linea e il suo arrivo (*Tabella 15*); e nella riduzione dei tempi di uscita dei pallet dal Mag_S (*Figura 18*).

Tipo missione	Durata media assegnazione AGV - fine missione [min]	
	Scenario 0	Scenario 2
Return Prodotti Finiti	11,8	7,5

Tabella 15 - Confronto durata media da assegnazione AGV a fine missione

Tipo missione	Durata media richiesta - fine missione [min]	
	Scenario 0	Scenario 2
Call Materiale	11,0	9,1

Tabella 14 - Confronto durata media dalla richiesta a fine missione

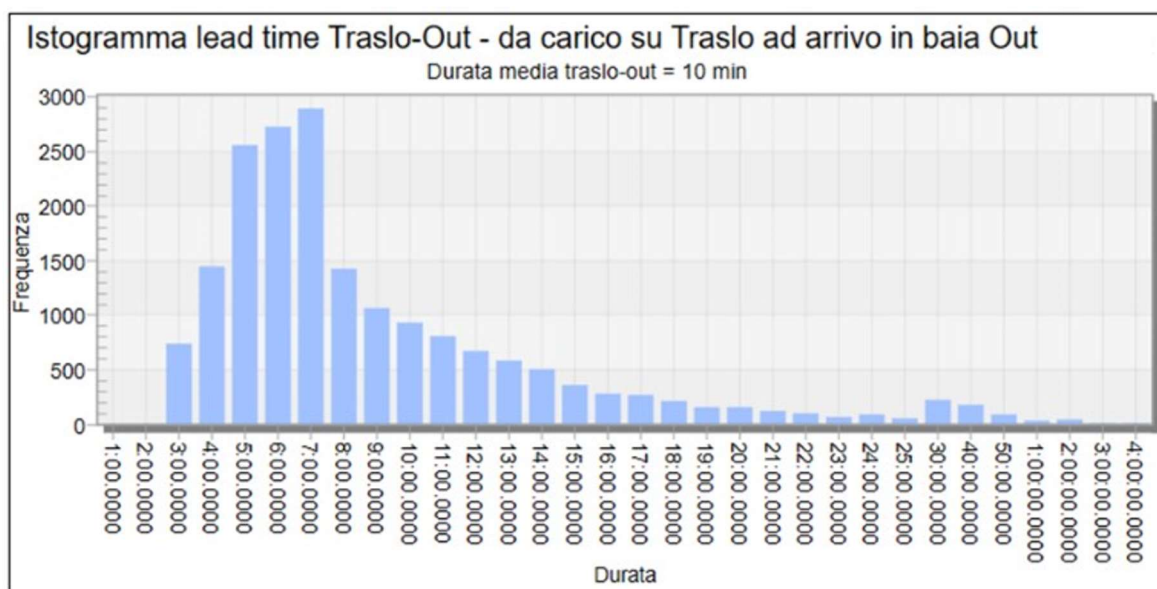


Figura 18 - Tempi di uscita dal Mag_S (Scenario 2)

Nonostante gli evidenti miglioramenti si evidenzia una criticità nei livelli di saturazione delle filmatrici, infatti risultano essere tutte sottoutilizzate (meno del 50% di utilizzo) (*Figura 19*).

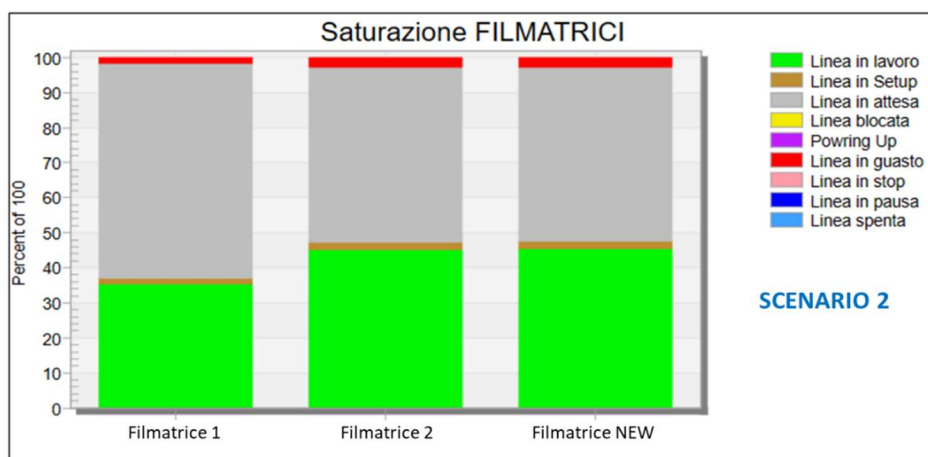


Figura 19 - Saturazione filmatrici (Scenario 2)

In seguito alle osservazioni fatte sui livelli di saturazione delle filmatrici, e in un'ottica di risparmio dei costi, si è deciso di analizzare un terzo scenario in cui, invece di utilizzare una filmatrice aggiuntiva, si raddoppia lo spazio disponibile a monte di quelle esistenti. Osservando i risultati si osserva che non vi sono stati miglioramenti significativi: né per la produttività (*Tabella 16*) né per le attese in coda degli AGV (*Tabella 17*).

	PALLET PF PRODOTTI	PALLET AREA 2	PALLET AREA 1	PALLET AREA 3
MEDIA	1129	987	114	27
MAX	1212	1061	129	31
MIN	1075	929	65	17

Tabella 16 - Produzione Scenario 3 (buffer aggiuntivo)

Tipo missione	Durata media assegnazione AGV - fine missione [min]	
	Scenario 0	Scenario 3
Return Prodotti Finiti	11,8	11,1

Tabella 17 - Confronto durata media da assegnazione AGV a fine missione

Dati i risultati ottenuti si è voluto testare un quarto scenario in cui sono state modificate le percentuali di pallet diretti alle due filmatrici esistenti. Si è deciso di passare da una divisione 20%-80% ad una 50%-50% per tutte le linee dell'area 2 che seguivano quelle percentuali. La decisione di operare solo sulle linee dell'area 2 è legata al fatto che sono quelle che contribuiscono a più dell'80% dei pallet di prodotto finito completati al giorno. L'obiettivo è quello di assicurare una distribuzione più uniforme delle pedane verso le due filmatrici agendo sui flussi più impattanti. Osservando gli output si notano immediatamente dei miglioramenti nella produzione (*Tabella 18*): in media si è riusciti a produrre il 10,4% in più rispetto alla situazione attuale.

	PALLET PF PRODOTTI	PALLET AREA 2	PALLET AREA 1	PALLET AREA 3
MEDIA	1216	1068	121	28
MAX	1288	1134	137	33
MIN	1147	1013	75	17

Tabella 18 - Produzione Scenario 4 (redistribuzione PF area 2)

I rendimenti delle linee risultano anche migliori: le attese nell'area 3 sono quasi nulle e la percentuale di tempo nell'area 2 di attesa per l'evacuazione dei prodotti finiti è dimezzata (Figura 20).

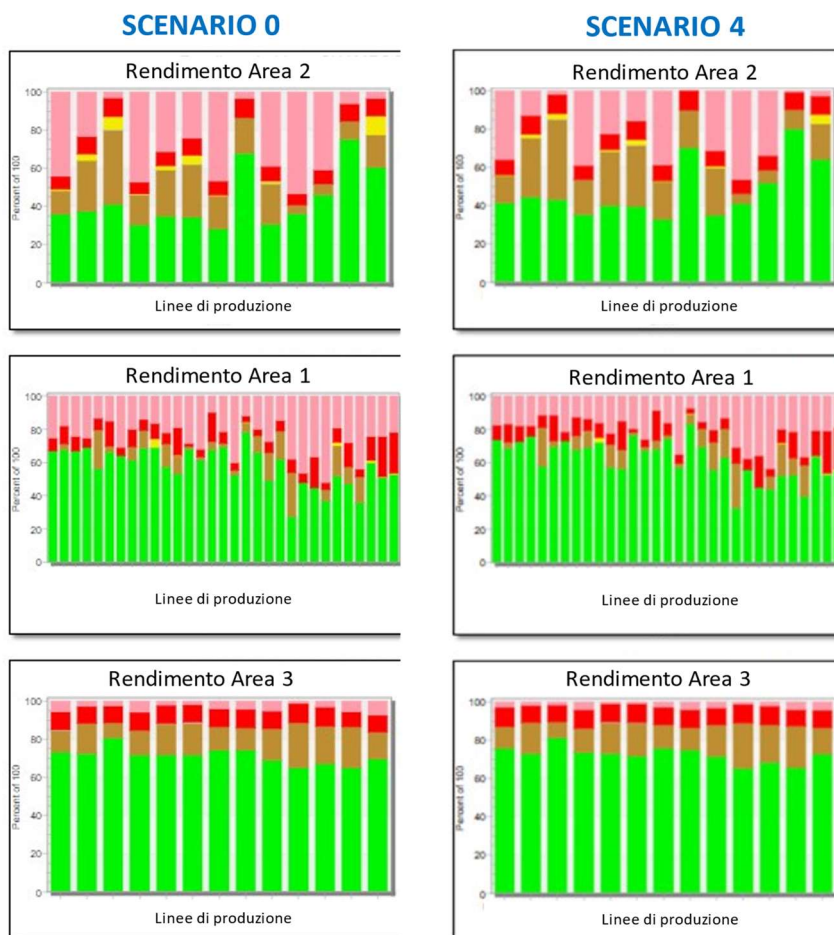


Figura 20 - Confronto rendimenti linee scenario 0 e 4

Anche i livelli di saturazione delle filmatrici sono migliorati (Figura 21), infatti si è arrivati ad avere entrambe le postazioni saturate al 60%, migliorando quindi effettivamente la produttività di circa il 10%.

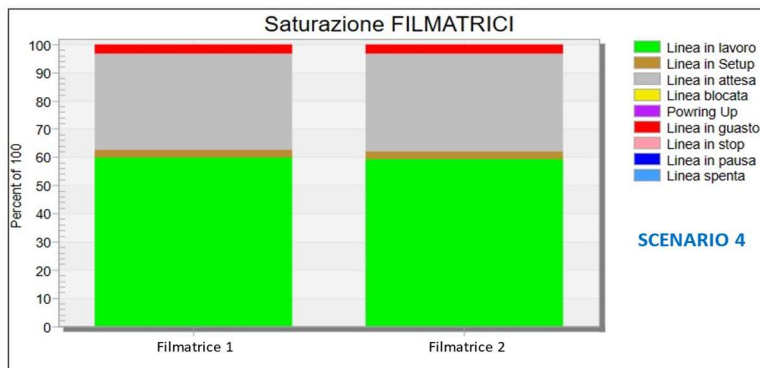


Figura 21 - Saturazione filmatrici (Scenario 4)

In seguito alle valutazioni dei primi quattro scenari si è deciso di fare un ulteriore confronto tra le due migliori soluzioni trovate: l'utilizzo di una nuova filmatrice (scenario 2) e la redistribuzione dei pallet di prodotto finito (scenario 4).

Confrontando i risultati si può osservare che la soluzione con una filmatrice aggiuntiva presenta dei miglioramenti maggiori rispetto a quella in cui sono stati redistribuiti i pallet. A questo punto ci si è voluti concentrare sui livelli di saturazione delle filmatrici. Con le linee attuali le filmatrici nello scenario 2 risultano sottoutilizzate, mentre nello scenario 4 i livelli sono più uniformi e più elevati. Poiché l'azienda ha intenzione di aggiungere due nuove linee nell'area 2, si è deciso di fare due ulteriori simulazioni, 2_b e 4_b, per valutare l'effetto delle soluzioni individuate in seguito all'aggiunta prevista.

Dai risultati dei due scenari aggiuntivi si nota immediatamente che, mentre nello scenario con una filmatrice aggiuntiva l'inserimento di due linee nuove è stato seguito da un aumento della produzione (*Tabella 19*), nell'altro scenario non si è verificato nessun aumento significativo (*Tabella 20*).

	PALLET PF PRODOTTI	PALLET AREA 2	PALLET AREA 1	PALLET AREA 3
MEDIA	1309	1156	124	28
MAX	1406	1245	141	33
MIN	1202	1096	76	17

Tabella 20 - Produzione Scenario 2_b

	PALLET PF PRODOTTI	PALLET AREA 2	PALLET AREA 1	PALLET AREA 3
MEDIA	1230	1082	120	28
MAX	1287	1133	134	33
MIN	1127	983	71	17

Tabella 19 - Produzione Scenario 4_b

Nello scenario 2_b si sono potuti osservare dei miglioramenti nei livelli di saturazione delle filmatrici del 2-3% (Figura 22), mentre la situazione è rimasta invariata con l'altra soluzione.

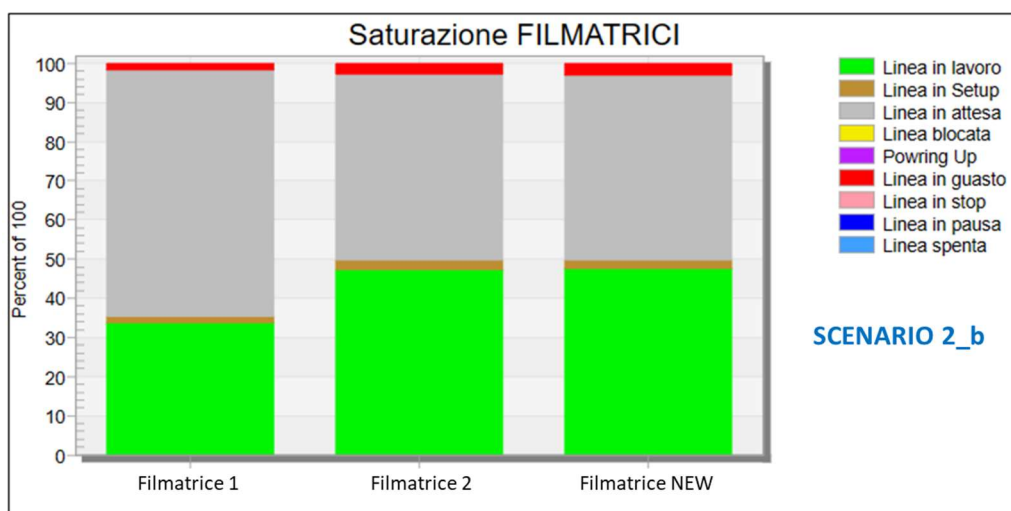


Figura 22 - Saturazione filmatrici (Scenario 2_b)

Si può dunque affermare che la redistribuzione dei pallet di prodotto finito, così come è stata ipotizzata per lo sviluppo dello scenario osservato, non è sufficiente per gestire il carico di lavoro aggiunto dalle due nuove linee di produzione.

È interessante osservare che, nello scenario 2_b, sono aumentate significativamente le attese in linea dovute ai mezzi della Flotta B. Si potrebbe quindi dover fare delle valutazioni su possibili modifiche da apportare alla gestione dei flaconi provenienti dal Mag_B (Figura 23).

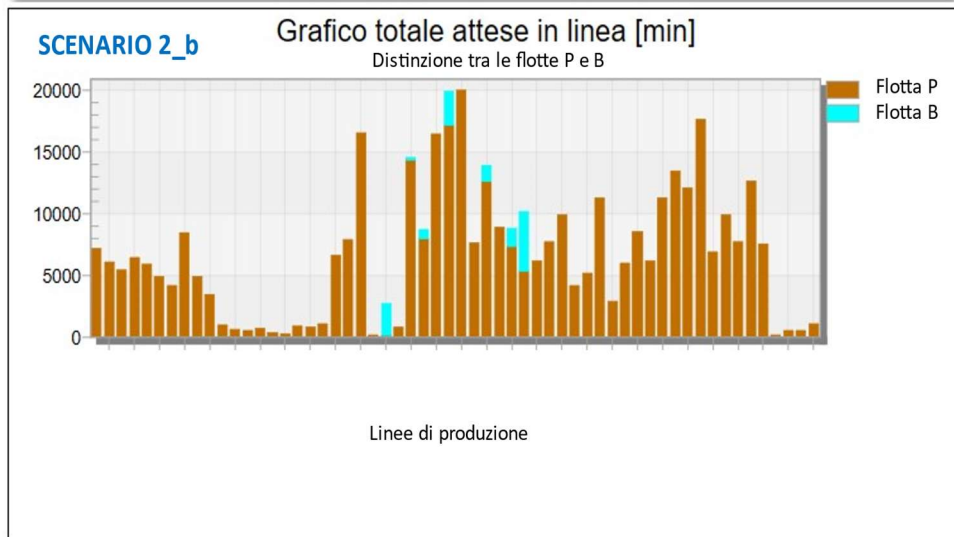
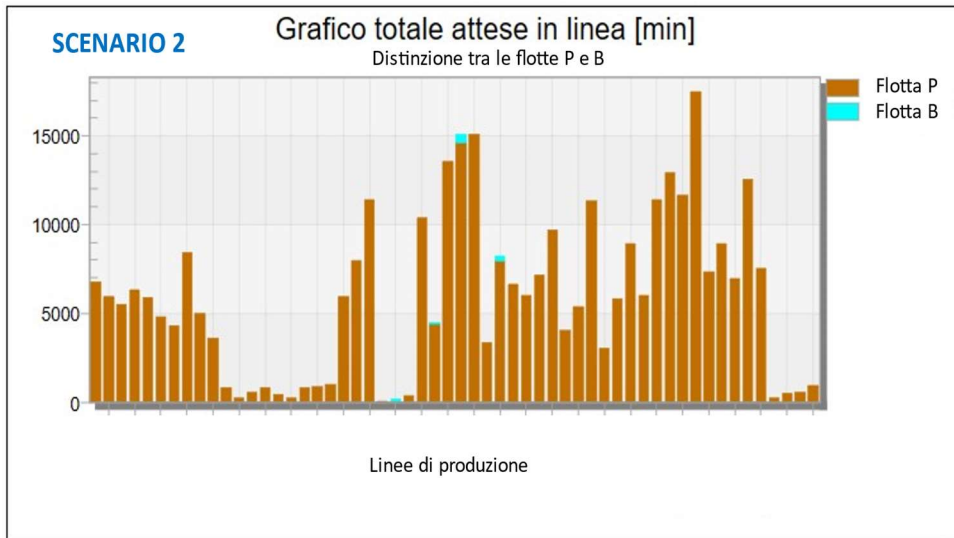


Figura 23 - Confronto attese totali in linea Scenario 2 e 2_b

5. CONCLUSIONI

L'industria della cosmesi è un'industria che richiede la produzione di grandi volumi di beni ed è quindi fondamentale che gli impianti produttivi possano operare nella maniera più efficiente ed efficace possibile. È importante coordinare al meglio tutti gli elementi necessari alle operazioni di produzione e capire come individuare e ridurre gli effetti degli eventuali colli di bottiglia.

Lo studio effettuato tramite lo sviluppo di un simulatore ha permesso di determinare con precisione uno dei maggiori colli di bottiglia dello stabilimento analizzato: le filmatrici. Osservando le missioni svolte dagli AGV, i rendimenti delle linee e le saturazioni delle filmatrici sono stati evidenziati vari elementi che hanno portato all'individuazione del problema. È stato possibile notare, infatti, che le linee (quando tutte attive contemporaneamente) riscontrano importanti periodi di fermo dovuti alla mancanza dei materiali in linea. Allo stesso tempo gli AGV della flotta P risultano saturi oltre il 90% mentre le filmatrici passano un quantitativo di tempo non indifferente in attesa di pallet da lavorare. Nello specifico si è potuto osservare come l'utilizzo delle due stazioni di filming fosse grandemente sbilanciato verso la seconda filmatrice. In aggiunta a queste osservazioni, analizzando i dati sulle missioni effettuate, si è riscontrato che le missioni con il più alto tempo di svolgimento (misurato dal momento dell'assegnazione del veicolo alla fine del trasporto) sono proprio quelle riguardanti lo scarico dei pallet di prodotto finito alle filmatrici. Inoltre, si è notato che il numero di trasporti svolti per la consegna dei pallet di materiale in linea e quelli per i prodotti finiti tendono ad avere degli andamenti altalenanti, nei quali al picco di uno corrisponde il crollo dell'altro.

Una volta individuato la causa principale delle inefficienze riscontrate sono stati valutati diversi scenari migliorativi. Tra questi due sono quelli che hanno registrato dei miglioramenti significativi delle performance dell'impianto.

La prima soluzione individuata, e anche quella comportante i costi maggiori, prevede l'aggiunta di una terza filmatrice posta vicino alla 1. Nello specifico si è previsto di mandare metà dei pallet destinati alla filmatrice 2 (quella più satura) a quella nuova, lasciando invariati i flussi con destinazione la filmatrice 1. In questo modo è stato possibile migliorare la produttività dello stabilimento, riducendo le attese in linea e i tempi richiesti per i trasporti dei pallet di prodotti finiti. Questa soluzione, tuttavia, comporta un grande sottoutilizzo dei macchinari per il filming. Nonostante la distribuzione del carico di lavoro sia più uniforme rispetto alla situazione attuale, si evidenzia un aumento della percentuale globale di attesa delle filmatrici, con un livello di saturazione nettamente inferiore al 50%.

La seconda soluzione invece non prevede dei costi per la sua applicazione: si tratta infatti di redistribuire i flussi dei prodotti finiti tra le filmatrici già presenti nell'impianto. In questo caso non è stata svolta un'analisi di dettaglio per definire la configurazione ottimale di invio dei prodotti finiti ma si è deciso di seguire una logica più generale. Sono state modificate solo le percentuali di invio delle linee appartenenti al reparto produttiva responsabile dei maggiori volumi di produzione. Tra queste si è deciso che quelle che avevano come destinazione anche la filmatrice 2 avrebbero inviato le pedane al 50% verso ogni filmatrice. Questa modifica da sola è bastata ad uniformare il carico di lavoro, e quindi i livelli di saturazione, delle stazioni di filming nonché ad aumentare la produttività dell'impianto. Sebbene questa soluzione porti dei

miglioramenti un po' inferiori rispetto alla precedente occorre sottolineare che non comporta costi. Inoltre, si potrebbe valutare la possibilità di ricercare delle combinazioni più ottimali delle percentuali di invio dei pallet verso le filmatrici, analizzando nel dettaglio i flussi e i volumi produttivi delle singole linee di tutti i reparti.

Sebbene entrambe le soluzioni trovate siano ugualmente valide quando applicate alla situazione attuale, quando vengono applicate in uno scenario di ampliamento del numero di linee di produzione le differenze nei miglioramenti riscontrati diventano più evidenti. Osservando infatti i risultati ottenuti simulando l'aggiunta di due linee all'area 2 si è visto che, mentre la prima soluzione permette di avere un ulteriore aumento del numero di pallet di prodotti finiti completati, la seconda non riesce a migliorare ulteriormente i propri risultati. Nel caso della prima soluzione si riscontra un lieve aumento della saturazione delle stazioni di filming, pur rimanendo sotto il 50%, mentre nella seconda le filmatrici non variano dal valore di saturazione registrato nello scenario senza ampliamento. Occorre evidenziare come in entrambi i casi si riporti un evidente aumento delle attese dovute alla mancanza di materiali trasportati dalla Flotta B, soprattutto con la prima soluzione. Questo potrebbe indicare una necessità, in vista dell'ampliamento, di aumentare il numero di esemplari di tale flotta o di verificare le logiche di gestione e chiamata di tali pedane.

In conclusione, entrambe le soluzioni trovate sono considerate valide in un'ottica di aumento della produzione, anche se la prima presenta in maniera immediata una capacità migliore di adattarsi ad una situazione con più linee di produzione. Ciò non esclude la possibilità che anche la seconda possa

riscontrare dei miglioramenti a seguito di un'analisi più di dettaglio sulla gestione dei flussi di pallet da mandare alle due filmatrici. È importante inoltre sottolineare anche il fatto che, con una buona probabilità, in entrambi i casi si potrebbero avere ulteriori miglioramenti utilizzando degli AGV più performanti (eventualmente aumentando anche il numero di esemplari). Altra possibile modifica che potrebbe portare alla riduzione delle attese per i materiali riguarda l'aumento dei pezzi di materiale che possono essere contenuti su ogni pallet: durante il lavoro si è osservato infatti che vi sono alcuni formati che paiono particolarmente problematici poiché hanno un numero di elementi per pedana estremamente basso rispetto alla velocità con cui vengono consumati.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kumar, S., 2005, Exploratory analysis of global cosmetic industry: major players, technology and market trends
- [2] Azadeh, K., De Koster, R., Roy, D., 2019, Robotized and automated warehouse systems: review and recent developments
- [3] Lynch, L., Coleman, J., Newe, T., Walsh, J., Clifford, J., Toal, D., 2018, Automated Ground Vehicle (AGV) and sensor technologies - a review
- [4] Ganesharajah, T., Hall, N., G., Skriskandarajah, C., 1998, Design and operational issues in AGV-served manufacturing systems
- [5] Kuhl, M., E., Bhattathiri, S., S., Bhisti, R., Li, M., P., 2022, Warehouse digital twin: simulation modeling and analysis techniques
- [6] Lee, D., Song, S., Lee, C., Noh, S., D., Yun, S., Lee, H., 2021, Digital twin applications for design and operation of AGVs in shop floor
- [7] Lichtenstern, I., Kerber, F., 2022, Data-based digital twin of an automated guided vehicle system
- [8] Jeon, S., M., Schuesslbauer, S., 2020, Digital Twin application for production optimization
- [9] Glorieux, E., Young, J., 2022, Multi-disciplinary simulation-based digital twins for manufacturing systems

APPENDICE

	VALUE	VALORI
CONDIZIONI DI INIZIO SIMULAZIONE		
Materiale in linea AREA 1 a inizio simulazione	NO	SI/NO
Materiale in linea AREA 2 a inizio simulazione	NO	SI/NO
Materiale in linea AREA 3 a inizio simulazione	NO	SI/NO
LOGICHE DI GESTIONE AGV		
Chiamata Materiale senza logica anticipo	true	true/false
Anticipo chiamata Materiale AREA 1 [min]	63,6	n [min]
Anticipo chiamata Materiale AREA 2 [min]	84,9	n [min]
Anticipo chiamata Materiale AREA 3 [min]	63,6	n [min]
Attesa massima AGV per traffico [min]	7,1	n [min]
Aggiorna PRIO AGV ogni 15 min	true	true/false
Valore massimo PRIO trasporti	11	n
GESTIONE MOVIMENTAZIONE PALLET IMPILATI		
Ritorno pallet vuoti verso impilatore, impilati a N	7,1	n
Impilaggio pedane vuote MATERIE PRIME AREA 1	8,5	n
Impilaggio pedane vuote MATERIE PRIME AREA 3	8,5	n
% Rientro pallet Materiale ogni cambio formato	100	%
% Invio Immondizia ogni cambio formato	100	%
% Rientro pallet Materiale ogni cambio ordine di produzione	80	%
TEMPI LEGATI ALL'USCITA DAL MAG_S		
Tempo di ritardo informatico [s]	84,9	n [sec]
Tempi uscita dai Traslo [min]	99,7	n [sec]
Velocità delle rulliere [m/min]	17	n [m/min]
Utilizzo uscite dedicate	true	true/false
Efficienza tecnica rulliera [%]	90	%
MTRR rulliera [min]	7,1	n [min]

Tabella A - Parametri vari

NOME	UTILIZZA ORARI	INIZIO ATTIVITA	FINE ATTIVITA
H24	false	06:00	06:00
1 TURNO	true	06:00	13:15
2 TURNI	true	06:00	20:30
3 TURNI	true	06:00	03:30

Tabella B - Turni

	INIZIO TURNO	FINE TURNO	PAUSE
AREA1	03:30	06:00	3:30-3:55;4:00-4:10
	06:00	13:15	8:30-8:45;10:50-11:00; 9:30-10:00;13:00-13:15;6:00-7:00
	13:15	20:30	13:15-13:25;15:20-15:30;18:15-18:30;20:00-20:25
	20:30	03:30	23:00-23:10;1:30-1:45; 21:00-21:30
AREA2	03:30	06:00	3:30-3:55;4:00-4:10
	06:00	13:15	8:45-9:00;10:50-11:00;6:00-7:00;13:00-13:15
	13:15	20:30	13:15-13:25;15:20-15:30;18:15-18:30;20:00-20:25
	20:30	03:30	23:00-23:10;1:30-1:45
AREA3	03:30	06:00	3:30-3:55;4:00-4:10
	06:00	13:15	8:45-9:00;10:50-11:00;13:00-13:15;6:00-7:00
	13:15	20:30	13:15-13:25; 15:20-15:30;18:15-18:30; 20:00-20:25
	20:30	03:30	23:00-23:10;1:30-1:45

Tabella C - Orari

AREA1_FABBRICAZIONE							
	ABILITATO	TURNAZIONE	LOTTO DI PRODUZIONE [kg]	TEMPO PROCESSO [h]	NUM PEDANE MP	PESO PEDANA SL [kg]	NUM PEDANE SL
Area1_Fab_1	true	3 TURNI	0	9,9	7	283	0
Area1_Fab_2	true	3 TURNI	1414	9,9	7	283	7
Area1_Fab_3	true	3 TURNI	566	9,9	6	283	3
Area1_Fab_4	true	3 TURNI	849	9,9	7	283	0
Area1_Fab_5	true	2 TURNI	2546	9,9	10	283	13
Area1_Fab_6	false	2 TURNI	0	9,9	7	283	0
Area1_Fab_7	true	2 TURNI	71	9,9	1	283	0
Area1_Fab_8	true	2 TURNI	849	9,9	7	283	4

Tabella D - AREA1_FABBRICAZIONE

AREA2_FABBRICAZIONE					
	ABILITATO	TURNAZIONE	LOTTO DI PRODUZIONE [kg]	TEMPO PROCESSO [h]	NUM PEDANE MP
Area2_Fab_1	true	3 TURNI	28284	5,7	7
Area2_Fab_2	true	3 TURNI	28284	5,7	6
Area2_Fab_3	true	3 TURNI	28284	5,7	7
Area2_Fab_4	true	3 TURNI	28284	5,7	7
Area2_Fab_5	true	2 TURNI	28284	5,7	6
Area2_Fab_6	true	2 TURNI	28284	5,7	7
Area2_Fab_7	false	2 TURNI	0	5,7	6
Area2_Fab_8	false	2 TURNI	0	5,7	7

Tabella E - AREA2_FABBRICAZIONE

AREA3_FABBRICAZIONE							
	ABILITATO	TURNAZIONE	LOTTO DI PRODUZIONE [kg]	TEMPO PROCESSO [h]	NUM PEDANE MP	PESO PEDANA SL [kg]	NUM PEDANE SL
Area3_Fab_1	true	3 TURNI	212,1	424,3	3	141,4	3
Area3_Fab_2	true	3 TURNI	452,5	466,7	3	226,3	3
Area3_Fab_3	true	3 TURNI	452,5	381,8	3	226,3	3
Area3_Fab_4	true	3 TURNI	452,5	381,8	3	226,3	3
Area3_Fab_5	true	2 TURNI	25,5	169,7	1	25,5	1
Area3_Fab_6	true	2 TURNI	50,9	169,7	1	50,9	1
Area3_Fab_7	true	2 TURNI	56,6	212,1	1	56,6	1
Area3_Fab_8	true	2 TURNI	141,4	254,6	3	141,4	1

Tabella F - AREA3_FABBRICAZIONE

AREA1_MAT_FORMATI									
FORMATO	MAT_M1	MAT_M2	MAT_M3	MAT_M4	MAT_M5	MAT_M6	MAT_M7	MAT_M8	MAT_M9
FormM_01	45255	72408	537401	27747	21722	0	693	1485	283
FormM_02	56569	70711	271529	16971	28284	509117	693	1485	283
FormM_03	56569	70711	452548						283
FormM_04	66185	42426	537401	24042	24042	0	424	0	283
FormM_05	39598	84853	339411	25456	27153	0	693	1485	283
FormM_06	53740	84853	305470						283
FormM_07	56569	233345	407294	22627	28284	0	453	0	283
FormM_08	53740	233345	155563	19799	22627	0	453	0	283
FormM_09	56569	70711	226274	19799	25456	0	453	0	283
FormM_10 (M08)	42426	59397	219203	22627	21722	0	693	1485	283
FormM_10 (M10)	22627	226274	0	22627	21722	0	693	1485	283
FormM_10				22627	21722	0	693	1485	283
FormM_11	45255	56569	509117	22627	21722	0	693	1485	283
FormM_12	56569	70711	254558	22627	25456	0	594	2036	283
FormM_13	56569	113137	254558	25456	28284	509117	693	1485	283
FormM_14	66185	56569	155563	22627	16971	0	424	0	283
FormM_15	50912	169706	254558	28284	28284	339977	693	1485	283
FormM_16				17330	33941	0	849	0	283
FormM_17				17330	33941	0	849	0	283
FormM_18				11133	23759	0	509	0	283
FormM_19				11766	16971	0	693	1485	283
FormM_20				42426	45255	0	297	0	283
FormM_21				54306	28284	305470	297	0	283
FormM_22				28284	56569	0	990	0	283
FormM_23				28284	20195	28284	990	0	283
FormM_24				76978	64607	0	990	0	283
FormM_25				70711	33941	0	990	0	283
FormM_26				70711	33941	0	990	0	283
FormM_27				25456	21213	0	693	1485	283
FormM_28				31113	28284	0	990	0	283
FormM_29				19686	24268	0	693	1485	283
FormM_30				19686	24268	0	693	1485	283
FormM_31				27747	21722	0	693	1485	283
FormM_32				12219	0	0	693	1485	283
FormM_33				12219	0	0	693	1485	283
FormM_34				12219	0	0	693	1485	283
FormM_35				12219	0	0	693	1485	283
FormM_36				12219	0	0	693	1485	283
FormM_37				12219	0	0	693	1485	283
FormM_38				12219	0	0	693	1485	283
FormM_39				12219	0	0	693	1485	283

Tabella G - AREA1_MAT_FORMATI

AREA2_MAT_FORMATI					
FORMATO	MAT_S1	MAT_S2	MAT_S3	MAT_S4	MAT_S5
FormS_01	14663	3055	113137	113137	1697
FormS_02	14663	1833	113137	113137	1697
FormS_03	14663	2596	113137	113137	2828
FormS_04	14663	1833	113137	113137	2828
FormS_05	11540	2342	106066	159099	2121
FormS_06	11540	1131	106066	159099	2121
FormS_07	11540	1131	42426	42426	1697
FormS_08	14663	1833	42426	42426	2828
FormS_09	14663	3055	42426	42426	2828
FormS_10	14663	2885	49497	49497	2121
FormS_11	8485	1697	28284	28284	1697
FormS_12	3394	849	29698	29698	990
FormS_13	14663	3055	113137	113137	2121
FormS_14	14663	1833	113137	113137	2121
FormS_15	30547	1901	42426	59397	1697
FormS_16	33941	3666	93338	93338	2828
FormS_17	33941	3666	0	0	2121
FormS_18	14663	1426	84853	84853	1697
FormS_19	14663	1544	84853	84853	2828
FormS_20	33941	2342	63640	63640	2121
FormS_21	33941	990	63640	63640	2121
FormS_22	6517	1782	0	0	1909
FormS_23	22910	2546	0	0	1909
FormS_24	0	27521	0	0	28284

Tabella H – AREA2_MAT_FORMATI

AREA3_MAT_FORMATI						
FORMATO	MAT_P1	MAT_P2	MAT_P3	MAT_P4	MAT_P5	MAT_P6
FormP_01	1414214	453	61094			
FormP_02	1414214	453	91641			
FormP_03	1414214	453	61094			
FormP_04	1414214	453	162917			
FormP_05	1414214	453	61094			
FormP_06	1414214	453	47518			
FormP_07	1414214	453	61094			
FormP_08	1414214	453	61094			
FormP_09						3666
FormP_10				636	453	16495
FormP_11				636	453	8870
FormP_12				636	453	22808
FormP_13					453	9051
FormP_14				424	453	8960
FormP_15				424	453	8004
FormP_16				636	453	8870

Tabella I – AREA3_MAT_FORMATI

AREA1_PERF_FORMATI				
LINEA-FORMATO	CADENZA LORDA [colpi/min]	QTA PF [kg]	PF per SCATOLA	PF per PALLET
Linea_M01-FormM_01	74			21722
Linea_M02-FormM_02	85			28284
Linea_M02-FormM_03	85			28284
Linea_M03-FormM_04	71			24042
Linea_M04-FormM_01	74			21722
Linea_M05-FormM_05	76			27153
Linea_M05-FormM_06	76			28284
Linea_M06-FormM_07	76			28284
Linea_M06-FormM_08	76			22627
Linea_M07-FormM_09	85			21722
Linea_M08-FormM_10	71			21722
Linea_M08-FormM_11	71			21722
Linea_M09-FormM_12	71			25456
Linea_M09-FormM_13	71			28284
Linea_M09-FormM_14	71			16971
Linea_M09-FormM_15	71			28284
Linea_M10-FormM_10	57			2263
Linea_M23-FormM_16	71		255	12728
Linea_M23-FormM_17	71		255	12728
Linea_M24-FormM_18	85		255	7331
Linea_M12-FormM_10	144	0,014	212	10182
Linea_M12-FormM_19	144	0,021	212	10182
Linea_M13-FormM_04	71	0,01	356	19245
Linea_M14-FormM_20	71	0,003	399	19143
Linea_M14-FormM_21	71	0,004	399	19143
Linea_M15-FormM_22	71	0,011	240	20195
Linea_M16-FormM_14	59	0,016	238	11404
Linea_M17-FormM_23	71	0,004	255	12473
Linea_M19-FormM_24	71	0,008	305	14968
Linea_M19-FormM_25	71	0,007	305	14968
Linea_M19-FormM_26	71	0,008	305	14968
Linea_M19-FormM_27	71	0,014	212	10182
Linea_M20-FormM_28	71	0,013	305	14968
Linea_M20-FormM_29	71	0,018	255	12219
Linea_M20-FormM_27	71	0,014	212	
Linea_M21-FormM_04	71	0,008	356	17106
Linea_M21-FormM_28	71	0,013	305	14968
Linea_M22-FormM_05	156	0,017	255	12219
Linea_M22-FormM_30	156	0,018	255	12219
Linea_M22-FormM_01	156	0,013	255	12219
Linea_M22-FormM_31	156	0,018	255	12219
Linea_M25-FormM_02	127	0,017	255	12219
Linea_M25-FormM_12	127	0,016	255	40503
Linea_M11-FormM_01	134	0,011	255	12219
Linea_M11-FormM_11	134	0,016	255	12219
Linea_M28-FormM_01	127	0,013	255	12219
Linea_M28-FormM_31	127	0,018	255	12219
Linea_M26-FormM_08	255	0,016	212	10182
Linea_M26-FormM_07	255	0,016	212	10182
Linea_M26-FormM_09	255	0,016	212	10182
Linea_M27-FormM_13	71	0,016	305	146538
Linea_M27-FormM_15	71	0,02	305	14663
Linea_M29-FormM_32	127		102	6517
Linea_M29-FormM_33	127		102	6517
Linea_M30-FormM_34	49		102	2749
Linea_M30-FormM_35	49		51	2749
Linea_M30-FormM_36	49		51	2749
Linea_M18-FormM_37	113		255	12219
Linea_M18-FormM_38	113		255	12219
Linea_M31-FormM_39	49		102	2749

Tabella L - AREA1_PERF_FORMATO

AREA2_PERF_FORMATI				
LINEA-FORMATO	CADENZA LORDA [colpi/min]	PF per SCATOLA	PF per PALLET	QTA PF [ml]
Linea_S09-FormS_05	212	8	1324	566
Linea_S09-FormS_07	127	8	815	990
Linea_S08-FormS_16	170	8	2444	283
Linea_S08-FormS_17	170	8	2444	283
Linea_S03-FormS_19	156	8	713	1061
Linea_S03-FormS_18	156	8	950	707
Linea_S01-FormS_08	212	8	1867	283
Linea_S01-FormS_10	212	8	2206	354
Linea_S06-FormS_11	141	8	1222	566
Linea_S06-FormS_12	99	8	509	1414
Linea_S06-FormS_13	170	8	2036	354
Linea_S07-FormS_15	212	8	1697	495
Linea_S04-FormS_01	255	8	2206	354
Linea_S02-FormS_01	255	8	2206	354
Linea_S02-FormS_03	255	8	1629	424
Linea_S02-FormS_05	212	8	1324	566
Linea_S05-FormS_20	212	8	1400	566
Linea_S10-FormS_22	64	8	1629	354
Linea_S11-FormS_22	64	8	1629	354
Linea_S12-FormS_23	170	17	5431	127
Linea_S13-FormS_24	141	8	611	354
Linea_S_NEW_01-FormS_05	212	8	1324	566
Linea_S_NEW_02-FormS_15	212	8	1697	495

Tabella M – AREA2_PERF_FORMATO

AREA3_PERF_FORMATI				
LINEA-FORMATO	CADENZA LORDA [colpi/min]	PF per SCATOLA	PF per PALLET	QTA PF [g]
Linea_P01-FormP_01	57	68	19007	15,6
Linea_P02-FormP_02	57	68	19007	9,2
Linea_P03-FormP_03	35	42	5091	16
Linea_P04-FormP_04	99	85	20365	9,3
Linea_P05-FormP_05	34	35	8485	15,6
Linea_P06-FormP_06	57	45	12671	15,8
Linea_P07-FormP_07	57	45	12671	15,6
Linea_P08-FormP_08	57	45	12671	15,6
Linea_P09-FormP_09	25	76	4888	15,6
Linea_P10-FormP_10	49	339	20365	37,6
Linea_P12-FormP_11	49	170	10182	15,6
Linea_P11-FormP_12	57	339	27153	23,3
Linea_P13-FormP_13	99	119	9266	80,5

Tabella N – AREA3_PERF_FORMATO

LINEA	AREA	TEMPO CAMBIO	NUMERO PALLET	TEMPO CAMBIO	NUMERO PALLET
		BOBINA SUP. [min]	BOBINA SUP.	BOBINA [min]	BOBINA
FILMATRICE 1		15	350	5	100
FILMATRICE 2		15	350	5	100
FILMATRICE NEW		15	350	5	100

Tabella O.1 - SETUP_LINEE (Sezione FILMATRICI)

LINEA	AREA	TEMPO CAMBIO	TEMPO CAMBIO	INTERVALLO CAMBIO	TEMPO CAMBIO	CAMBIO FORMATO	CAMBIO ORDINI
		BARILE [min]	TIPO SL [h]	TIPO SL [gg]	FORMATO [h]	MENSILI	GIORNALIERI AREA1
Linea_M01	1						
Linea_M02	1				3		4
Linea_M03	1						
Linea_M04	1						
Linea_M05	1				21		4
Linea_M06	1				3		4
Linea_M07	1						
Linea_M08	1				7		4
Linea_M09	1				7		4
Linea_M10	1						
Linea_M21	1	10	1		6	7	7
Linea_M11	1	10	1		6	3	10
Linea_M18	1					3	5
Linea_M20	1	10	1		3	7	5
Linea_M19	1	10	1		6	7	4
Linea_M28	1	10	1		6	7	6
Linea_M26	1	10	1		3	2	10
Linea_M22	1	10	1		6	7	7
Linea_M15	1	10	1		6		3
Linea_M12	1	10	1		3	7	1
Linea_M25	1	10	1		6	1	6
Linea_M14	1	10	1		6	14	1
Linea_M27	1	10	1		3	7	6
Linea_M16	1	10	1		6		1
Linea_M29	1					3	1
Linea_M17	1	10	1		6		2
Linea_M30	1					3	1
Linea_M13	1	10	1		6		5
Linea_M23	1						
Linea_M24	1						
Linea_M31	1					3	1

Tabella O.2 - SETUP_LINEE (Sezione AREA 1)

LINEA	AREA	TEMPO	TEMPO	TONNELLATE SL	CAMBIO ORDINI
		LAVAGGIO [min]	STERILIZZAZIONE [min]	ASSEGNATE	GIORNALIERI AREA2
Linea_S01	2	35	35	12	
Linea_S02	2	35	35	12	
Linea_S03	2	35	35	12	
Linea_S04	2	35	35	12	
Linea_S05	2	35	35	12	
Linea_S06	2	35	35	12	
Linea_S07	2	35	35	12	
Linea_S08	2	35	35	12	
Linea_S09	2	35	35	12	
Linea_S10	2	35	35	12	
Linea_S11	2	35	35	12	
Linea_S12	2	35	35	12	
Linea_S13	2	35	35	12	
Linea_S_NEW_01	2	35	35	12	
Linea_S_NEW_02	2	35	35	12	

Tabella O.3 - SETUP_LINEE (Sezione AREA2)

LINEA	AREA	TEMPO CAMBIO	INTERVALLO CAMBIO	TEMPO CAMBIO	INTERVALLO	TEMPO CAMBIO	CAMBIO FORMATO
		SEMILAVORATO [h]	SEMILAVORATO [h]	ORDINE [min]	CAMBIO ORDINI [h]	FORMATO AREA3 [h]	MENSILI AREA
Linea_P01	3	2	24			7	5
Linea_P02	3	2	24			14	6
Linea_P03	3	2	24			7	4
Linea_P04	3	2	24			7	8
Linea_P05	3	2	24			14	9
Linea_P06	3	2	24			7	6
Linea_P07	3	2	24			14	7
Linea_P08	3	2	24			7	7
Linea_P09	3			40	24	7	5
Linea_P10	3			40	24	14	6
Linea_P12	3			40	24	7	8
Linea_P11	3			40	24	14	9
Linea_P13	3			40	24	14	4

Tabella O.4 - SETUP_LINEE (Sezione AREA 3)

LINEA	AREA	ABILITATO	TURNAZIONE	AVAILABILITY	FORMATO SCELTO	TIPO FORMATO	PRODUZIONE LORDA [pallet/h]	CADENZA LORDA [colpi/min]	ARRIVO FLACONI	% FILMATRICE 1	% FILMATRICE 2	% FILMATRICE NEW
FILMATRICE 1		true	3 TURNI	95			42,4					
FILMATRICE 2		true	3 TURNI	95			42,4					
FILMATRICE NEW		false	3 TURNI	94			42,4					
Linea_S01	2	true	2 TURNI	90	FormS_08		9,6		FB	20	80	0
Linea_S02	2	true	2 TURNI	90	FormS_05		13,6		FT	20	80	0
Linea_S03	2	false	2 TURNI	90	FormS_19		18,5		FT	20	80	0
Linea_S04	2	true	H24	90	FormS_01		9,8		FT	20	80	0
Linea_S05	2	true	H24	90	FormS_20		12,9		FB	20	80	0
Linea_S06	2	true	1 TURNO	90	FormS_12		9,8		FB	100	0	0
Linea_S07	2	true	H24	90	FormS_15		10,6		FB	20	80	0
Linea_S08	2	true	H24	90	FormS_16		5,9		FB	20	80	0
Linea_S09	2	true	3 TURNI	90	FormS_05		13,6		FT	100	0	0
Linea_S10	2	true	2 TURNI	90	FormS_22		14,1		FP	20	80	0
Linea_S11	2	false	1 TURNO	90	FormS_22		8,5		FP	20	80	0
Linea_S12	2	true	3 TURNI	90	FormS_23		11,3		FB	20	80	0
Linea_S13	2	true	3 TURNI	90	FormS_24		10,2		FP	20	80	0
Linea_S_NEW_01	2	false	2 TURNI	90	FormS_05				FB	20	80	0
Linea_S_NEW_02	2	false	2 TURNI	90	FormS_15				FB	20	80	0
Linea_M01	1	true	H24	90	FormM_0 SL			74				
Linea_M02	1	false	H24	86.2	FormM_0 SL			85				
Linea_M03	1	true	H24	88.3	FormM_0 SL			71				
Linea_M04	1	true	2 TURNI	92.1	FormM_0 SL			74				
Linea_M05	1	true	H24	91.5	FormM_0 SL			76				
Linea_M06	1	false	3 TURNI	82.3	FormM_0 SL			76				
Linea_M07	1	true	H24	92.5	FormM_0 SL			85				
Linea_M08	1	false	3 TURNI	86.7	FormM_1 SL			71				
Linea_M09	1	true	2 TURNI	92.9	FormM_1 SL			71				
Linea_M10	1	false	3 TURNI	89.3	FormM_1 SL			57				
Linea_M11	1	true	2 TURNI	91	FormM_1 SL		1,07	134			100	
Linea_M12	1	true	3 TURNI	80.2	FormM_1 PF		1,2	144			100	
Linea_M13	1	true	3 TURNI	97	FormM_0 SL		0,31	71			100	
Linea_M14	1	true	3 TURNI	94	FormM_2 PF		0,31	71			100	
Linea_M15	1	false	1 TURNO	80.4	FormM_2 PF		0,3	71			100	
Linea_M16	1	false	2 TURNI	90.4	FormM_1 SL		0,44	59			100	
Linea_M17	1	true	2 TURNI	91.8	FormM_2 PF		0,48	71			100	
Linea_M18	1	true	2 TURNI	96	FormM_3 PF		0,79	113			100	
Linea_M19	1	true	H24	94.3	FormM_2 PF		0,4	71			100	
Linea_M20	1	true	3 TURNI	91	FormM_2 PF		0,4	71			100	
Linea_M21	1	true	H24	92.8	FormM_0 SL		0,35	71			100	
Linea_M22	1	false	2 TURNI	87.2	FormM_0 PF		1,07	156			100	
Linea_M23	1	false	3 TURNI	90	FormM_1 PF		0,47	71			100	
Linea_M24	1	true	1 TURNO	70	FormM_1 PF		0,98	85			100	
Linea_M25	1	true	H24	93	FormM_0 PF		0,89	127			100	
Linea_M26	1	true	2 TURNI	90.3	FormM_0 PF		2,12	255			100	
Linea_M27	1	true	3 TURNI	82	FormM_1 PF		0,04	71			100	
Linea_M28	1	true	2 TURNI	93.3	FormM_3 PF		0,89	127			100	
Linea_M29	1	false	3 TURNI	82	FormM_3 PF		1,65	127			100	
Linea_M30	1	true	2 TURNI	69.1	FormM_3 PF		1,53	49			100	
Linea_M31	1	false	1 TURNO	69.1	FormM_3 PF		1,53	49			100	
Linea_P01	3	false	3 TURNI	90	FormP_01 SL		0,25	57			100	
Linea_P02	3	false	3 TURNI	90	FormP_02 SL		0,25	57			100	
Linea_P03	3	false	3 TURNI	90	FormP_03 SL		0,59	35			100	
Linea_P04	3	true	2 TURNI	90	FormP_04 SL		0,41	99			100	
Linea_P05	3	false	3 TURNI	90	FormP_05 SL		0,34	34			100	
Linea_P06	3	true	H24	90	FormP_06 SL		0,38	57			100	
Linea_P07	3	false	3 TURNI	90	FormP_07 SL		0,38	57			100	
Linea_P08	3	true	H24	90	FormP_08 SL		0,38	57			100	
Linea_P09	3	false	3 TURNI	90	FormP_09 PF		0,44	25			100	
Linea_P10	3	true	2 TURNI	90	FormP_10 PF		0,21	49			100	
Linea_P11	3	true	H24	90	FormP_12 PF		0,18	57			100	
Linea_P12	3	true	1 TURNO	90	FormP_11 PF		0,41	49			100	
Linea_P13	3	true	2 TURNI	90	FormP_13 PF		0,91	99			100	

Tabella P - SET_LINEE