



UNIVERSITÀ DI PISA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI

RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

L'Ottimizzazione dei Flussi di Materiali tramite l'Impiego di Mezzi a Guida Autonoma (AGV)

SINTESI

RELATORI

Tutor Accademico: **Prof. Ing. Gino Dini**
*Dipartimento di Ingegneria Civile e
Industriale (DICI)*

Tutor Aziendale: **Alessio Papucci**
*Chief Digital Officer (CDO) &
Advanced Technology Leader*

Tutor Aziendale: **Ing. Kai Kirchen**
Industrialization SCM Operation

Azienda: *Vitesco Technologies Italy*

IL CANDIDATO

Giacomo Solimano
giacomo.soli96@gmail.com

L'Ottimizzazione dei Flussi di Materiali tramite l'Impiego di Mezzi a Guida Autonoma (AGV)

Giacomo Solimano

Sommario

Il seguente elaborato è frutto di un progetto svolto durante un tirocinio formativo di durata sei mesi presso lo stabilimento di Fauglia (PI) di Vitesco Technologies Srl. Il lavoro ha lo scopo di sviluppare un progetto di ottimizzazione dei flussi di materiali da e verso le aree produttive con l'utilizzo di mezzi a guida autonoma (AGV). Nella parte iniziale del progetto, con l'analisi della letteratura, sono state studiate le principali metodologie di mappatura dei flussi di materiale e la tecnologia degli AGV. Nella parte centrale, dopo aver analizzato lo stato AS-IS dei flussi di materiali e dei volumi delle aree produttive interessate alla futura automatizzazione del trasporto, l'elaborato si è focalizzato sulla progettazione dei potenziali scenari TO-BE e sul dimensionamento del numero minimo di veicoli e di stazioni necessarie per soddisfare tutte le movimentazioni richieste. Infine, dopo una valutazione economica dell'investimento, è stata eseguita una simulazione reale riproducendo uno scenario simile alla soluzione futura, da cui sono emerse alcune criticità a fronte delle quali sono state proposte delle azioni di miglioramento.

Abstract

This project is the result of a six-month internship carried out at the Vitesco Technologies Srl plant in Fauglia (PI). The work aims to develop a project to optimize the flows of materials to and from the production areas with the use of autonomous guided vehicles (AGV). At the beginning, the project has studied the main methods of mapping material flow and AGV technology found in literature analysis. The central part of the project has analyzed the current state of the material flows and the volumes involved in the future automations of transport. Then the project has focused on the design of the potential TO-BE scenarios and on the dimensioning of the minimum number of vehicles and stations necessary to satisfy the movements required. At least, after an economic evaluation of the investment, the last activity of the project has been a real simulation that has reproduced a similar case of the future solution. The simulation has pointed out some criticalities for which the project has recommended some improvement actions.

1 INTRODUZIONE

1.1 Vitesco Technologies

Vitesco Technologies, distaccata nell'autunno 2019 dalla divisione *Powertrain* del gruppo Continental, è un fornitore del settore *automotive* che fonda il suo *core business* nello sviluppo di soluzioni per sistemi di trazione elettrica e per motori a combustione interna vantando circa 50 sedi sparse per il globo. In particolare, lo stabilimento di Fauglia (PI) si presenta come leader mondiale nei componenti per sistemi di iniezione, progettando, producendo e commercializzando diverse tipologie di prodotti come elettroiniettori ad alta e bassa pressione, Fuel Rail ed RDU per le principali case automobilistiche del mondo.

1.2 Gli Obiettivi del Progetto

Il progetto di tesi svolto all'interno dell'*Advanced Technology Team* di Vitesco Technologies nasce con l'obiettivo di ottimizzare il flusso di materiali da e verso le aree produttive dello stabilimento. L'esigenza di ottimizzare i trasporti è dovuta al fatto che questi ultimi rappresentano uno spreco secondo i principi della *Lean Production* e, di fatto, un'attività che non aggiunge valore al prodotto e di conseguenza al cliente. Considerando quindi il fine dell'azienda di puntare sull'innovazione tecnologica e sulle tecnologie abilitanti dell'Industria 4.0, si è manifestata la necessità di andare ad automatizzare le attività dedicate al trasporto di materiale, attualmente eseguite manualmente da operatori. Per questo motivo, dopo un'analisi approfondita dei sistemi di movimentazione automatici presenti nel mondo industriale, la scelta dell'azienda è ricaduta sulla valutazione di una potenziale introduzione di veicoli a guida automatica (AGV). Questa soluzione, se implementata permetterà, oltre ad un'ottimizzazione dell'intero flusso, un migliore impiego delle risorse umane in attività a maggior valore e la possibilità di avere una tecnologia flessibile e scalabile in caso di ampliamento di business.

2 ANALISI DELLO STATO AS-IS DEI FLUSSI DI MATERIALE

2.1 Lo Studio dell'AGV Attuale

All'inizio del progetto di tesi è stata effettuata un'esperienza di studio degli AGV, in quanto all'interno dell'azienda viene già utilizzata questa tecnologia in diverse configurazioni. In particolare, lo studio è stato effettuato sull'AGV *pallet truck*, visibile in *Figura 1*, ovvero il dispositivo con la funzione più simile a quello che sarà installato nella nuova configurazione. L'utilità di

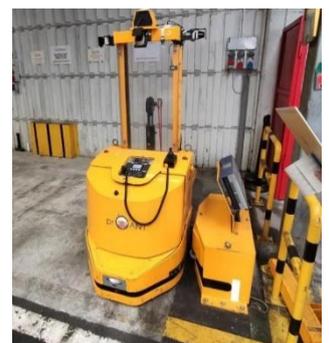


Figura 1: AGV pallet truck attuale

questa attività si è rilevata molto elevata, dato che seguendo i processi che svolge il veicolo, è stato possibile ricavare i punti di forza e debolezza attuali ed aumentare la conoscenza e la consapevolezza della tecnologia per lo sviluppo del nuovo progetto. In particolare, l'AGV ha la funzione di avvicinare al magazzino i pallets vuoti e di prodotto finito che provengono dall'Area Produttiva 3, come mostrato in *Figura 2*. Dopo uno studio iniziale, quindi, sono stati

analizzati i problemi che il processo presenta attualmente e proposte alcune soluzioni da implementare nella nuova soluzione in modo da evitare che le inefficienze presenti non vengano riproposte. Una delle criticità principali di questo processo, di fatto, è rappresentata dalla presenza di una sola stazione di scarico per i pallets da $800 \times 1200 \text{ mm}$ e $1000 \times 1200 \text{ mm}$. Infatti, spesso il movimentatore non fa a tempo a rimuovere il pallet

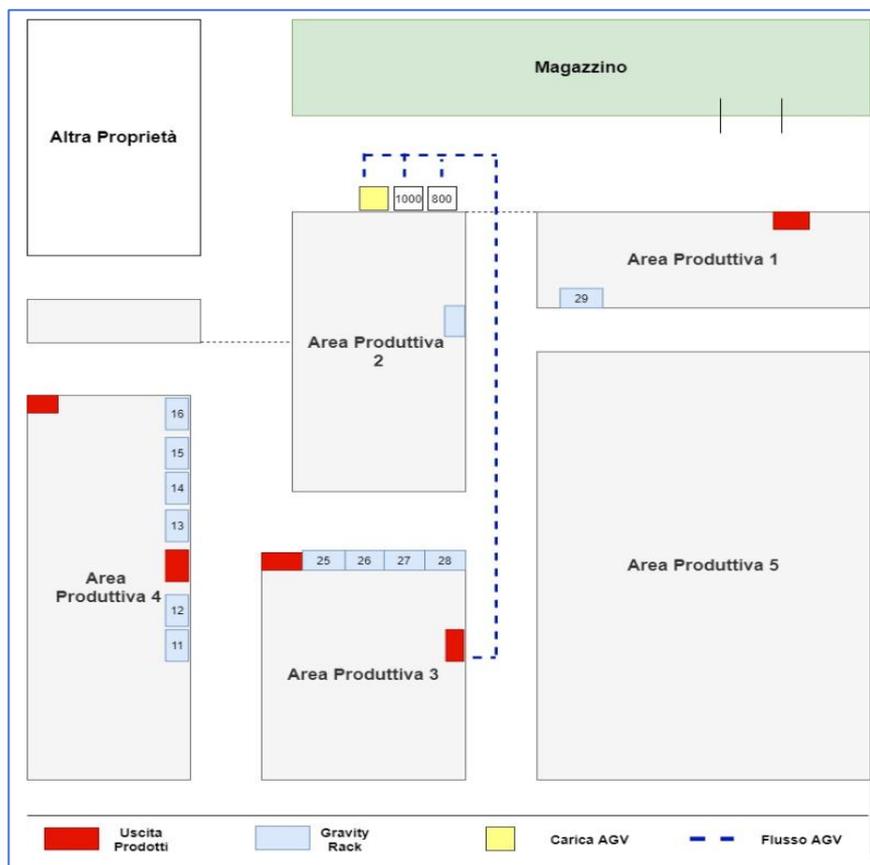


Figura 2: Flusso AGV Attuale

dalla stazione di scarico e ciò costringe l'AGV nella missione successiva ad attendere che la postazione venga liberata, rendendo il veicolo meno performante. La soluzione proposta per la nuova implementazione, quindi, dovrà prevedere un numero maggiore di stazioni di carico e scarico in modo da avere delle postazioni libere anche nel caso in cui una stazione non venga liberata in tempo, permettendo quindi all'AGV di non perdere efficienza.

2.2 La Mappatura delle Movimentazioni dei Materiali

La prima *milestone* del progetto è stata la mappatura delle attività e delle movimentazioni attuali tra il magazzino ed i reparti interessati all'automatizzazione del trasporto, ovvero le Aree Produttive 1,2,3,4 riportate in *Figura 3* nella pagina seguente. L'Area Produttiva 5, invece, è stata esclusa a causa delle dimensioni eccessive dei materiali in ingresso non trasportabili dall'AGV. Ad oggi, il flusso dei materiali tra magazzino ed aree produttive è gestito da quattro squadre a rotazione su tre turni ciascuna composta da tre operatori.

Tutte le possibili movimentazioni effettuate dagli operatori, il cui trasporto dovrà essere automatizzato, sono riportate in *Figura 3*. Dalla mappatura, per ovvi motivi, sono stati esclusi tutti i flussi che avvengono all'interno delle aree produttive dato che sono esclusi dallo *scope* del progetto.

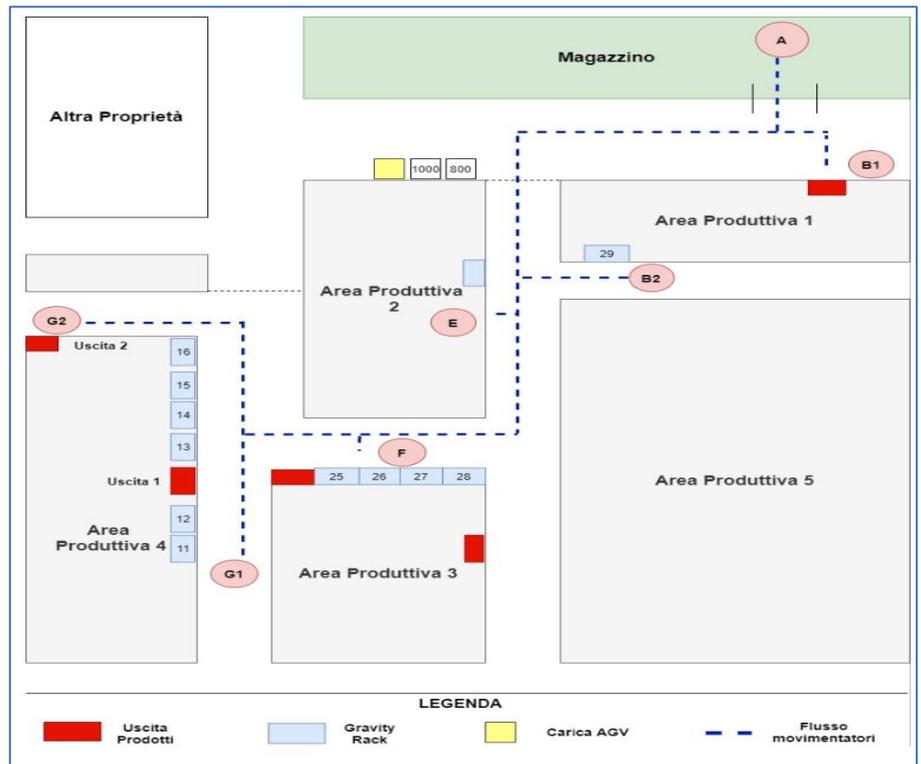


Figura 3: Le Movimentazioni Attuali

2.3 La Stima dei Volumi

Dopo la mappatura dei flussi, uno step fondamentale del progetto è stata la stima dei volumi di ogni area produttiva, convertiti poi in movimentazioni totali per turno, riassunti nella seguente *Tabella 1*. Questo dato risulterà indispensabile per calcolare il numero minimo di AGV necessari per soddisfare tutte le richieste delle aree produttive, dato che la massima capacità di carico di un veicolo risulta di 1 pallet per ogni missione. La stima dei volumi ha previsto sia la valutazione di tutte le movimentazioni *in – bound*, ossia dal magazzino verso le aree produttive, sia *out – bound*, ovvero dalle aree produttive verso il magazzino.

AREA PRODUTTIVA	DESCRIZIONE	$\frac{\text{Movimentazioni}}{\text{Turno}}$ IN INGRESSO	$\frac{\text{Movimentazioni}}{\text{Turno}}$ IN USCITA
Area Produttiva 1	Estensione Area Produttiva 3 dove avviene la produzione di Fuel Rail	17 Pallets (KLT, Packaging)	17 Pallets (Prodotti Finiti, Vuoti)
Area Produttiva 2	Effettuati fori passanti all'interno dell'iniettore con foratura a elettroerosione e foratura laser	1 Pallet (KLT)	1 Pallet (Vuoti)
Area Produttiva 3	Produzione Fuel Rail ed Assemblaggio RDU	37 Pallets (KLT, Packaging)	6 Pallets (Prodotti Finiti, Vuoti)
Area Produttiva 4	Assemblaggio Iniettori XL5, XL3, XL3-Long, Deka VII e Pre-Assemblaggio RDU	33 Pallets (KLT)	31 Pallets (Prodotto Finito) da Uscita 1
			31 Pallets (Prodotto Finito) da Uscita 2

Tabella 1: La Stima dei Volumi

3 LA PROGETTAZIONE DELLO STATO TO-BE

3.1 Agilox: La Soluzione Proposta da Vitesco

Durante il progetto di tesi non è stata necessaria un'attività di ricerca e selezione di un fornitore di AGV, dato che il management di Vitesco Technologies ha già identificato una precisa tecnologia che vorrebbe rendere uniforme in tutti i suoi stabilimenti. Infatti, la progettazione del sistema futuro è stata effettuata anche in base alle specifiche del veicolo selezionato e in funzione delle sue caratteristiche. La soluzione proposta dall'azienda rappresenta l'innovativo sistema IGV, *Intelligent Guided Vehicle*, denominato *Agilox*. Questa tecnologia rappresenta un'evoluzione in confronto ai veicoli a guida automatica standard, dato che in questo caso non si parla di AGV, ma bensì di **aAGV**, ovvero *autonomous automatic guided vehicle*. La differenza tra AGV e aAGV sta principalmente ad indicare la capacità di quest'ultimo di riformulare il percorso e la sequenza di determinate missioni sulla base degli input che riceve dall'esterno, potenzialità non presente negli AGV standard.

3.2 Il Confronto tra Agilox e l'AGV Attuale

In seguito, nel *T-Chart* mostrato in *Tabella 2*, viene effettuato un confronto qualitativo tra l'AGV attualmente installato all'interno dello stabilimento sopra descritto, e il potenziale nuovo veicolo identificato dall'azienda, riportato in *Figura 4*.

AGV Attuale	Drivers	AGV Agilox
✓	Sicurezza	✓
✗	Autonomia nelle decisioni	✓
✗	Condivisione della conoscenza	✓
✗	Sistema di controllo decentralizzato	✓
✓	Navigazione naturale	✓
✗	Riallineamento automatico	✓
✗	Identificazione carico con video camera barcode – QR code	✓
✗	Movimentazione in tutte le direzioni	✓
✓	Monitoraggio e controllo dell'intera flotta	✓
✗	Possibilità di integrazione con gestionali aziendali (Es. SAP e MES)	✓
✓	Missioni esterne	✗

Tabella 2: Confronto AGV Attuale ed Agilox



Figura 4: Rappresentazione Agilox

Dalla *Tabella 2* si può notare che Agilox rappresenta una tecnologia molto più innovativa in confronto a quella attuale, ma presenta la criticità di non poter eseguire le missioni all'esterno, fattore che risulterà determinante per la progettazione dello stato TO-BE.

3.3 La Valutazione degli Scenari Futuri

Dopo aver studiato i processi ed i volumi delle aree interessate all'automatizzazione del trasporto riportate nel *Capitolo 2* e identificato la tecnologia da implementare è stato possibile progettare un potenziale stato futuro del nuovo flusso di materiali.

In seguito alla valutazione dei vincoli legati alla sicurezza, sono state identificate diverse ipotesi in merito al percorso che gli AGV dovranno seguire nello stabilimento per raggiungere tutte le aree produttive. La prima soluzione studiata è stata quella di valutare il passaggio dei veicoli da un percorso esterno, mostrato con un tratto rosso in *Figura 5*, in modo da avere una corsia dedicata per gli AGV ed evitare il traffico intenso del corridoio principale che affianca l'Area Produttiva 2 e l'Area Produttiva 5. Questa soluzione però, nonostante

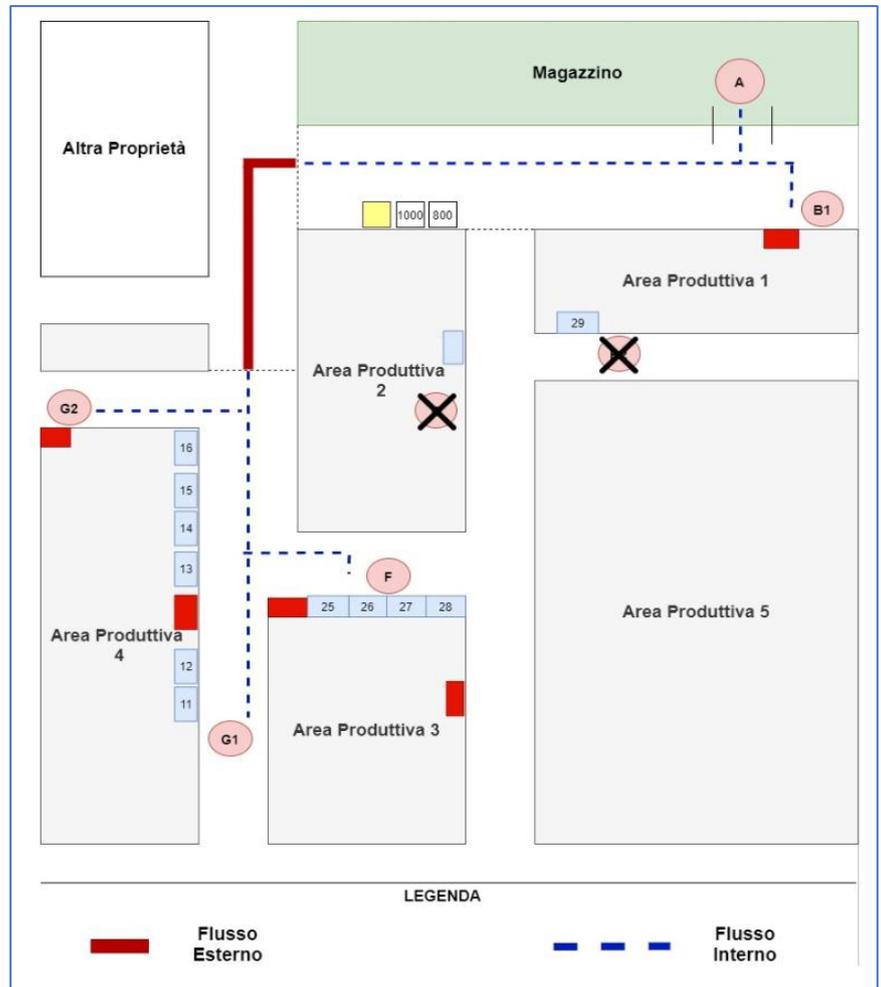


Figura 5: Lo Scenario Esterno

fosse la più efficiente per il nuovo sistema, non è stata approvata a causa di tre vincoli, spiegati in *Tabella 3*.

VINCOLI	DESCRIZIONE
Qualità	La presenza di un tratto esterno allo scoperto che, in caso di agenti atmosferici, potrebbe danneggiare i prodotti finiti o la materia prima in ingresso alle linee
Tecnico	Agilox, nonostante sia un veicolo molto all'avanguardia, ancora non presenta una configurazione che permette di svolgere le sue attività all'esterno e su superfici non industriali
Gestionale	Questa nuova configurazione non permette l'accesso all'Area Produttiva 2 e il flusso inbound all'Area Produttiva 1

Tabella 3: Vincoli Scenario Esterno

Per ovviare i primi due vincoli dello scenario analizzato, è stata valutata l'idea di realizzare un tunnel dedicato ai veicoli, in modo da isolarli dall'esterno ed avere una nuova pavimentazione adatta alla tecnologia scelta, ma il preventivo dell'infrastruttura rendeva l'investimento completamente fuori budget. Perciò, dopo aver scartato lo scenario precedente, l'unico percorso rimanente è risultato quello interno, mostrato in *Figura 6*, con il passaggio dei veicoli dal corridoio principale che affianca le Aree Produttive 1, 2 e 5. Nel nuovo scenario l'attenzione si è focalizzata inizialmente sui vincoli legati alla sicurezza. Infatti, anche nella soluzione interna è stato necessario escludere

l'automatizzazione del trasporto di materiali da e verso le Aree Produttive 1 e 2 a causa di problemi riguardanti questo argomento. Di fatto, la presenza di stazioni dedicate nel corridoio principale provocherebbe dei blocchi del veicolo per le

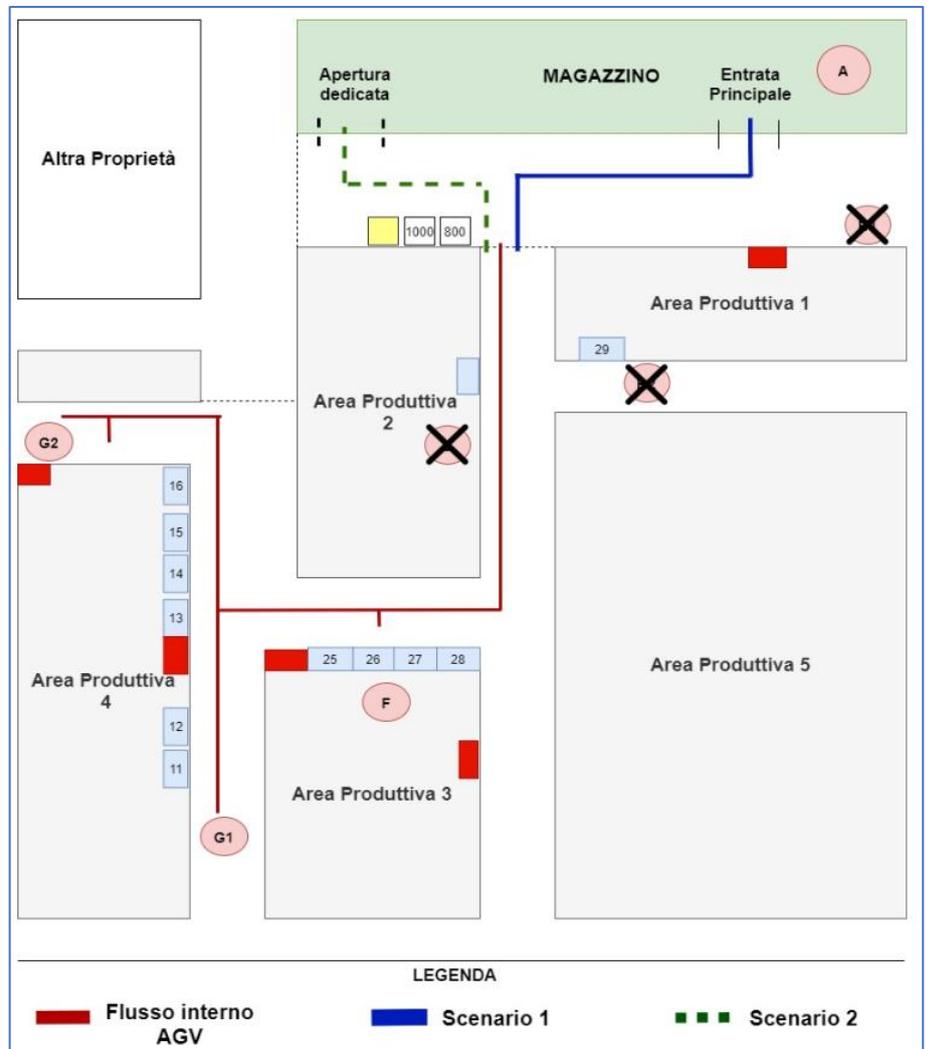


Figura 6: Gli Scenari Interni

fasi di carico e scarico che andrebbero ad ostruire l'unica via di evacuazione in caso di incendio. Superati i vincoli legati alla sicurezza, lo studio dei tragitti interni allo stabilimento è proseguito con la valutazione di due percorsi differenti mostrati sempre in *Figura 6*. Le due soluzioni presentano un percorso identico dall'interno dello stabilimento in poi, ma cambiano il tragitto per l'accesso al magazzino attraversando una superficie asfaltata necessariamente da ripavimentare. Nel primo scenario, identificato con un tratto continuo blu, per entrare ed uscire dal magazzino verrebbe utilizzata l'entrata principale, ovvero l'apertura già presente attualmente, mentre nel secondo, rappresentato con un tratteggio verde, l'idea sarebbe quella di aprire un passaggio dedicato per la movimentazione dei veicoli Agilox.

Le due soluzioni presentano entrambe vantaggi e svantaggi, riportati in *Tabella 4*; infine dopo aver valutato i costi ed i benefici dei due scenari proposti, la scelta effettuata è stata quella di proseguire

SCENARIO 1		SCENARIO 2	
VANTAGGI	SVANTAGGI	VANTAGGI	SVANTAGGI
<ul style="list-style-type: none"> Utilizzo apertura attuale 	<ul style="list-style-type: none"> Presenza Contro- Flusso entrata attuale Ripavimentazione maggiore 	<ul style="list-style-type: none"> Assenza del Contro-Flusso entrata attuale Ripavimentazione minore 	<ul style="list-style-type: none"> Apertura dedicata per il passaggio

Tabella 4: I due Scenari a Confronto

con il secondo scenario: aprire un'apertura dedicata al passaggio dei veicoli dato che i costi della ripavimentazione della prima soluzione erano troppo superiori a quelli della seconda.

3.4 Il Dimensionamento del *Fleet Management*

Per effettuare la stima dei veicoli necessari per soddisfare le movimentazioni richieste è stato utilizzato un *Capacity Template*, tool presente all'interno dell'azienda in grado di fornire in output sia il numero di AGV minimi per soddisfare la capacità richiesta sia la saturazione dei veicoli identificati. Per effettuare il dimensionamento dei veicoli è stato necessario inserire nel modello sia la stima totale aggregata dei viaggi per turno con le relative distanze tra le aree di partenza e destinazione, sia alcuni fattori correttivi basati sul traffico dei percorsi individuati. Infine, integrate le caratteristiche di Agilox necessarie al modello, come la velocità media e i tempi di ricarica, il *Capacity Template* ha elaborato l'output visibile in *Tabella 5*. La soluzione, di fatto, conferma la necessità di almeno **2 veicoli** per soddisfare tutte le richieste di materiale e presenta una saturazione del **87%**, che permette ai veicoli di assorbire eventuali picchi di missioni.

PARAMETRI	VALORI
AGV Efficiency	99%
AGV Charging Rate	8%
Number of vehicles needed	2
Capacity utilization	87%

Tabella 5: Output Capacity Template

3.5 Il Dimensionamento del Numero di Stazioni

Nella progettazione dello stato TO-BE, una delle principali sfide da superare è stata quella di stimare quante stazioni di carico e scarico sono necessarie in ogni area dello stabilimento in cui i veicoli dovranno compiere le loro missioni. Lo studio iniziale del pallet AGV, di fatto, è risultato utile come *lesson learned*, infatti ha permesso di capire che è indispensabile avere più di una stazione in ogni area. Questa valutazione ha portato a procedere con la seguente metodologia: nella nuova configurazione, supponendo la presenza costante di un operatore nell'area del magazzino ed un altro nelle aree produttive 3 e 4 per dare continuità a tutto il flusso, il numero di stazioni disponibili dovrà essere in grado di coprire l'assenza di un operatore per un tempo pari almeno alla sua pausa. Perciò, dopo aver stimato una pausa

prolungata massima di quaranta minuti, è stato possibile risalire al numero di movimentazioni di ogni reparto in quell'arco temporale e ricavare un numero di stazioni buffer, visibili nella *Tabella 6*, che consentissero lo scarico e il carico del veicolo anche senza la presenza di un operatore nelle vicinanze. Naturalmente, in parallelo alla valutazione precedente, è stata effettuata anche un'analisi tecnica sullo spazio richiesto e disponibile per le stazioni in tutte le aree individuate e sullo spazio necessario alle manovre degli AGV. Di fatto, lo spazio nei corridoi nelle vicinanze delle stazioni consente tutte le manovre ad Agilox, che necessita al massimo $2,1\text{ m}$ per girare su sé stesso, mentre lo spazio occupato dall'area delle stazioni viene riassunto

AREA	STAZIONI DI ARRIVO	STAZIONI DI PARTENZA	SPAZIO RICHIESTO DALLE STAZIONI (m^2)
Warehouse	6	6	64
Area Produttiva 3	4	1	6,6
Area Produttiva 4 (Uscita 1)	3	3	7,7
Area Produttiva 4 (Uscita 2)	0	3	3,8

Tabella 6: Dimensionamento Stazioni Agilox

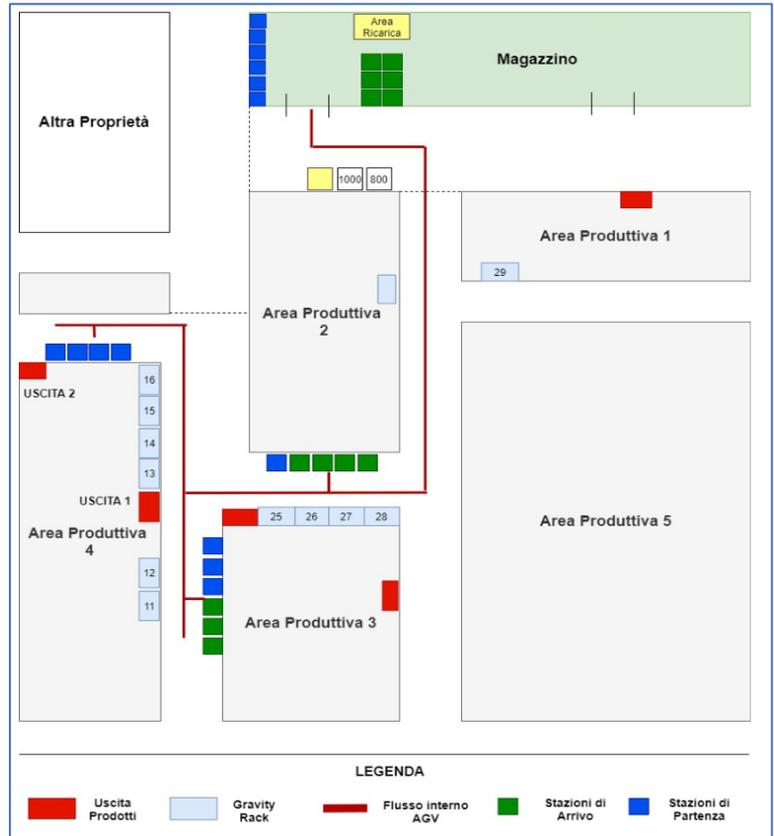


Figura 7: Il Layout Futuro con Stazioni

in *Tabella 6*, considerando il vincolo che tra una stazione e l'altra in serie è necessario lasciare almeno 10 cm . Il layout futuro è osservabile in *Figura 7*.

4 LA VALUTAZIONE DELL'INVESTIMENTO

Vitesco, nel caso in cui effettui uno sforzo monetario per l'acquisto della flotta di AGV, essendo un organismo di persone e beni che mira al raggiungimento di un fine economico, si aspetta un recupero dell'investimento che può essere garantito dal minor costo legato del personale impiegato in questo processo. Nel *future state*, infatti, l'obiettivo è quello di snellire il personale facendo affidamento non più su tre movimentatori per turno, ma solo su due insieme ai due veicoli Agilox, in modo da impiegare il personale restante in attività a maggior valore aggiunto.

4.1 Il Valore Attuale Netto

Per la stima del VAN, I costi¹ dell'investimento iniziale sono riportanti in *Tabella 7* e la stima dei flussi di cassa differenziali (*Ct*) tra soluzione attuale e quella futura sono mostrati in *Tabella 8*. La durata dell'investimento è stata definita di sei anni, come l'ammortamento dell'AGV, mentre il tasso di attualizzazione è stato fissato al 15%. Nell' *Equazione 1* viene mostrata la formula utilizzata per la stima nella quale, inseriti tutti i dati, conferma un VAN maggiore di zero e un guadagno sull'investimento iniziale pari al 77%, dimostrando la convenienza dello stesso.

$$VAN_0 = -I_0 + \sum_{t=1}^{t=6} \frac{Ct}{(1+0,15)^t}$$

Equazione 1: Valore Attuale Netto

ID	COSTO INVESTIMENTO INIZIALE (I_0)
1	Costo di implementazione del sistema: <ul style="list-style-type: none"> • 2 Veicoli Agilox • Software Fleet Management • Project Management Fornitori • Test In Stabilimento • Formazione • Equipaggiamenti Aggiuntivi
2	Costi per la Ripavimentazione della Superficie
3	Costi per l'Integrazione con l'AGV Attuale

Tabella 7: Costi Investimento Iniziale

SOLUZIONE ATTUALE		SOLUZIONE FUTURA	
VOCI DI COSTO	N° OPERATORI	VOCI DI COSTO	N° VEICOLI
• Salario Movimentatori	4	• Energia Elettrica • Manutenzione Agilox • Aggiornamenti Software	2

Tabella 8: I Flussi di Cassa Differenziali

5 IL CASO APPLICATIVO: LA SIMULAZIONE IN STABILIMENTO

Dopo aver progettato lo stato TO-BE è stata effettuata una simulazione reale del nuovo flusso. Di fatto, è stato riprodotto il contesto reale che dovrà essere implementato, riorganizzando l'area in magazzino e le Aree Produttive 3 e 4 con stazioni di arrivo e di partenza di pallets. Oltre ad una nuova disposizione fisica degli spazi, anche i movimentatori sono stati riorganizzati come mostrato nella *Tabella 9*. Infatti, mentre attualmente i tre movimentatori presenti si auto-ottimizzano aiutandosi a vicenda ed eseguendo in modo coordinato tutte le loro mansioni in ogni area dello stabilimento, nella configurazione futura, automatizzando solo l'attività del trasporto dei materiali, sarà sempre necessaria una presenza fissa di un operatore in magazzino ed uno alle aree produttive 3 e 4 affinché venga garantita una continuità del flusso per le attività a monte e a valle del processo. La riproduzione di uno scenario simile a quello che potenzialmente potrà essere sviluppato ha permesso di capire quali fossero le criticità teoricamente imprevedibili della soluzione TO-BE ipotizzata. Infatti, riorganizzando il personale affinché ogni operatore esegua autonomamente le sue attività nell'area di sua

INFORMAZIONI SIMULAZIONE
Durata: 2h
1 Operatore dedicato all'Area Magazzino
1 Operatore dedicato alle Aree Produttive 3 e 4
1 Operatore dedicato alla Movimentazione

Tabella 9: Disposizione Operatori nella Simulazione

¹ Per motivi di riservatezza aziendale i dati sui costi sono stati omessi dalla Sintesi.

competenza senza l'aiuto di nessun collega, è emerso che il soggetto dedicato all'area del magazzino non è in grado di eseguire tutte le mansioni a causa di un sovraccarico di compiti. Questo fatto è dovuto principalmente a due attività che richiedono molto tempo, come il *Repackaging* e l'*applicazione dei cartellini Kanban* ai KLT evidenziate in *Figura 8*. Queste attività, iper-saturando la risorsa, non permettono un flusso continuo di tutto il processo e di conseguenza

l'alimentazione regolare del materiale alle linee. Per risolvere questo problema, quindi, è stata coinvolta una società di consulenza specializzata in MTM, *Methods-Time Measurement*, per riuscire a rendere queste attività più

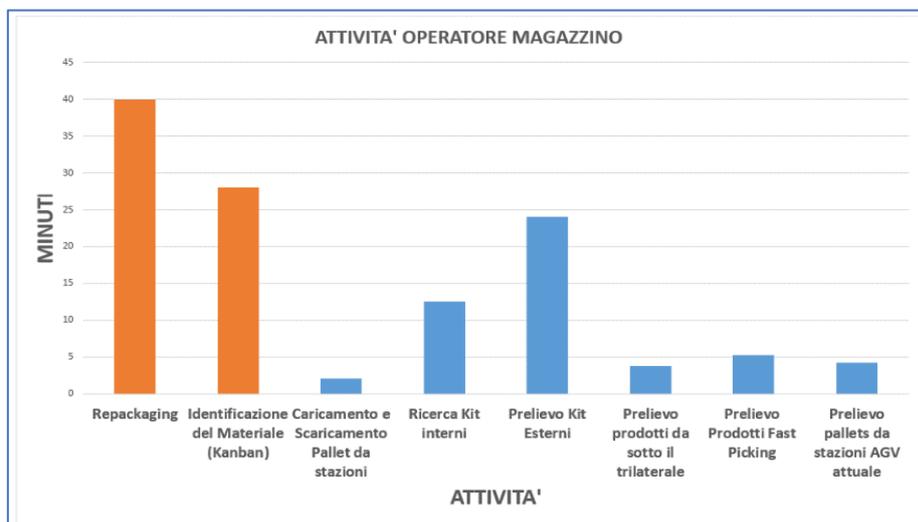


Figura 8: Durata Attività Operatore Magazzino

lineari e bilanciate in modo da permettere un miglior bilanciamento all'intero flusso.

6 CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Grazie al lavoro svolto all'interno di Vitesco Technologies è stato possibile raggiungere lo scopo che l'azienda si era prefissata. Infatti, lo sviluppo di un progetto di automatizzazione del flusso di materiali da e verso le aree produttive è risultato un punto di partenza strategico per l'ottimizzazione del *muda* del trasporto di materiali tra i reparti e la valorizzazione del personale risparmiato in questo impiego in nuovi progetti a maggior valore. Le *milestones* di mappatura e stima delle movimentazioni dei flussi attuali, del dimensionamento del nuovo sistema e della valutazione economica dell'investimento sono state raggiunte nei tempi pianificati e la simulazione effettuata, non prevista inizialmente, ha permesso di riscontrare delle criticità che teoricamente non sarebbero state prevedibili. Riguardo i potenziali sviluppi futuri, oltre al problema già affrontato dalla società di consulenza, la sfida principale rappresenta quella di estendere l'automatizzazione del trasporto anche alle aree produttive 1 e 2, escluse dallo scenario futuro a causa di problemi tecnici o di sicurezza, in modo da ottenere un flusso automatizzato per tutti i reparti. Infine, un potenziale sviluppo sarebbe la condivisione del *know-how* acquisito da questo progetto anche in altri stabilimenti di Vitesco in modo da sviluppare quest'ultimo con una base di conoscenza già solida e sperimentata.