

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Analisi Progetto di retrofitting per il magazzino automatico del
Politecnico di Torino



Relatore

Prof. Carlo Rafele

Candidato

Isabella Rota Zumaglini

Anno Accademico 2022/2023

Sommario

Introduzione	5
1 DESCRIZIONE DELL'AZIENDA	7
1.1 La storia dell'azienda	7
1.2 Le competenze	10
1.3 Modello di business	11
2 I SISTEMI DI MATERIAL HANDLING	17
2.1 Generalità	17
2.2 Principi del material handling	18
2.3 Scelta unità di carico	20
2.4 Tipi di imballo	24
3 COMPONENTISTICA MECCANICA E STRUMENTI DI CONTROLLO	25
3.1 Generalità	25
3.2 Convogliatori	27
3.2.1 Convogliatori a rulli	27
3.2.2 Convogliatori a nastro	29
3.3 Sistemi di deviazione	30
3.3.1 Curve	30
3.3.2 Trasferitori a cinghia	31
3.3.3 High Performance Divert (HPD)	31
3.4 Sistemi di controllo	32
3.4.1 Lettori scanner per barcode	33
3.4.2 Lettori di QR-code	33
3.4.3 Sistemi di decodifica RFID	34
3.4.4 Sistemi di pesatura	34
3.4.5 Sensori fotoelettrici	35
3.4.6 Barriere di emergenza fotoelettriche	35
3.5 Magazzini intensivi automatizzati	36
4 CASO STUDIO: MAGAZZINO AUTOMATICO	38
4.1 Introduzione	38

4.2	Unità di carico	39
4.3	Studio logistico “As Is”	40
4.4	Scaffalatura	42
4.5	Magazzino Automatico “Maxi Shuttle”	44
4.5.1	<i>Dimensioni Shuttle</i>	45
4.6	Boxtech	46
4.7	Flusso della macchina	47
5	IL SISTEMA SW DEL MAGAZZINO AUTOMATICO: EASYSTOR	51
5.1	Schema delle componenti del sistema	52
5.1.1	<i>WMS Easystor</i>	53
5.1.2	<i>WCS EASYLOGIC</i>	53
5.2	GESTIONE ORDINE	55
5.2.1	<i>ESECUZIONE MISSIONE DI PRELIEVO</i>	56
5.2.2	<i>Prelievo da Postazione PICKING e KIT</i>	60
6	CASO STUDIO: ESTENSIONE DEL MAGAZZINO AUTOMATICO	62
6.1	Obiettivi dello studio logistico: estensione magazzino	63
6.1.1	<i>Scaffalatura</i>	65
6.1.2	<i>Nuova stazione carico e scarico</i>	67
6.2	Flusso della macchina	69
7	IL SISTEMA SW DEL MAGAZZINO AUTOMATICO: CHANGE REQUEST	72
7.1	Gestione prelievi	72
7.1.1	<i>Gestione prelievi singoli</i>	73
7.1.2	<i>Terza postazione picking</i>	75
7.2	Gestione uscita interi	77
7.3	Acquisizione automatica UDC/UDS	77
8	CONFRONTO PRESTAZIONI: SOLUZIONE ATTUALE -SOLUZIONI PROPOSTE	79
8.1	CALCOLO PRESTAZIONI STATO ATTUALE	81
8.2	CALCOLO PRESTAZIONI per ampliamento magazzino automatico	83
9	ANALISI COMPARATIVA TRA SOLUZIONE ATTUALE E NUOVA PROPOSTA	85
9.1.1	<i>Confronto stazione carico/scarico attuale e soluzione proposta</i>	85
9.1.2	<i>Posizioni a magazzino</i>	86

9.1.3	<i>Logiche gestione prelievo stazioni picking/kitting</i>	87
9.1.4	<i>Prestazioni shuttle</i>	88
10	ANALISI COMPARATIVA	89
11	CONCLUSIONI	97
	<i>Bibliografia</i>	98

Introduzione

*Un grazie particolare alla mia
Azienda e al mio Maestro
di studi, Ing. Gilberto Profili.*

In un mondo in cui si va sempre più verso la digitalizzazione e l'industria 4.0, le aziende devono cercare di innovarsi costantemente e di focalizzare la propria attenzione sull'automatizzazione dei processi produttivi, ma anche dei processi logistici. Queste innovazioni devono portare soprattutto a miglioramenti in termini di efficienza, ma anche ad un risparmio economico in termini di costi del personale [1].

Fondamentale è il concetto di Smart Factory, una nuova idea di azienda in cui tutti i livelli sono interconnessi tramite rete informatica, così da ottenere un unico canale che unisce produzione, logistica, raccolta dati e tutti gli aspetti della gestione aziendale. Da qui nasce l'esigenza di sviluppare l'intralogistica o logistica di stabilimento, termine che è stato coniato per definire i flussi logistici di merci e materiali all'interno dell'area di un'azienda, distinguendoli dal trasporto di merci che avviene fuori dallo stabilimento, definito logistica.

La logistica 4.0. ha portato con sé non solo il consolidamento di numerose tecnologie in magazzino, ma anche nuove tendenze da parte dei consumatori. A sfide che portano continue "Change Request" dovute a variazioni di domanda, evoluzioni dei mercati si affianca l'adeguamento a una supply chain più dinamica e flessibile.

Si parla di logistica elastica, capacità di adeguare, ad esempio, le linee produttive, la zona di ricevimento o il processo di spedizione alla domanda reale di prodotto o alle varie fluttuazioni del mercato.

Uno dei modi per implementare la logistica elastica è l'ammodernamento o il "retrofitting" degli impianti che consente il rinnovo o l'ampliamento successivo degli impianti adattandoli alle condizioni attuali e alle esigenze del mercato. Il nuovo concetto di intralogistica viene quindi pianificato, realizzato e implementato sostituendo i componenti, ampliando gli impianti o modernizzando l'IT.

In questo scenario si inserisce questo lavoro di tesi che si occupa di analizzare l'ammodernamento del magazzino automatico per lo stoccaggio di componenti e materie prime realizzato da Incas S.p.A. per il Politecnico di Torino.

Il lavoro è suddiviso nei seguenti step:

- presentazione dell'azienda per cui lavoro Incas S.p.a e sui sistemi di material handling, stoccaggio e intralogistica;
- analisi dello stato attuale riguardante il magazzino automatico per lo stoccaggio di componenti e materie prime;
- analisi e sviluppo delle change requests relativamente al layout e al sistema gestionale;
- analisi comparativa delle due soluzioni;
- conclusioni.

1 DESCRIZIONE DELL'AZIENDA

1.1 La storia dell'azienda

Incas S.p.A. [2] nasce a Biella nel 1981 occupandosi dei sistemi di pesatura ed etichettatura nel settore dell'imballaggio.

Tra il 1983 e il 1985 l'azienda si dedica allo sviluppo di impianti di monitoraggio della produzione e inizia a offrire sul mercato le prime linee di movimentazione interna.

Nel 1986 viene brevettato il primo sistema di stampa ed etichettatura automatica basato su stampanti di mercato e solo due anni dopo si ha la realizzazione del primo impianto di gestione operativa di magazzino mediante l'uso di terminali a radio frequenza costruiti su una base personal computer. Il secondo brevetto arriva nel 1991 sulla scia del forte sviluppo territoriale nel settore tessile e manifatturiero con la progettazione di un sensore di presenza filo mediante cui è possibile realizzare impianti di controllo capaci di monitorare produzione, rottura e qualità dello scorrimento del filo.

Alla fine degli anni '90 apre la filiale Incas Bologna, specializzata in gestione e monitoraggio delle spedizioni e, con l'inizio del nuovo millennio, viene costituita Incas Spagna come supporto manutentivo focalizzato al mercato iberico. Innovazione, ricerca e sviluppo portano Incas ad essere nel 2008 una delle aziende di riferimento nel settore della Supply Chain Automation.

Nel 2012 l'azienda è in grado di realizzare impianti completi per l'evasione degli ordini, di gestirne la logistica produttiva e di installare magazzini automatici. Il processo di innovazione procede costantemente negli anni successivi, attraverso l'introduzione di dispositivi sempre più all'avanguardia e interfacce user-friendly, nel pieno rispetto dei canoni dettati dall'avvento, nel 2013, della quarta rivoluzione industriale, Industry 4.0.

Esperienza e competenza vengono confermate dalla richiesta di collaborazione di aziende leader nel mercato: a partire dal 2016 il Gruppo FCA, oggi Stellantis [3], sceglie Incas S.p.A. per la fornitura degli impianti di alimentazione dei componenti nelle aree di montaggio; nel 2017 inizia la realizzazione di impianti di movimentazione automatica con impiego di Automated Guided Vehicol (AGV).

Nel giugno 2018 Incas Spa entra a far parte del Gruppo SSI Schäfer [4]. L'Azienda tedesca, leader mondiale per la fornitura di prodotti e soluzioni per l'intralogistica, consentirà di aumentare la flessibilità operativa e offrire un servizio ancora più completo mediante la tecnologia dei sistemi Schäfer e l'esperienza sul territorio italiano del know-how Incas.

Oggi giorno l'esperienza acquisita e la qualità dei servizi offerti rapportati al prezzo di vendita sono requisiti fondamentali per la scelta dell'azienda cui affidare una commessa di lavoro. Incas è riuscita a far fronte alle richieste sempre più impegnative dei clienti, grazie al bagaglio di conoscenze acquisito nel corso degli anni, all'attitudine a sapersi adattare alle esigenze particolari dei suoi clienti e alla bontà dei servizi offerti.

Aspetti fondamentali delle relazioni con i clienti sono la fiducia e la disponibilità, rafforzate grazie ad un servizio di assistenza da remoto post-vendita, il CSS (Customare Service and Support), tramite il quale è possibile risolvere i problemi di funzionamento delle linee senza la necessità di recarsi in loco, grazie all'utilizzo di strumenti SIEMENS [5] dedicati che permettono di eliminare i tempi morti legati agli spostamenti e garantire una rapida risoluzione dei possibili problemi.



Figura 1. 1 - Dati aziendali

La crescita aziendale di Incas S.p.A. è confermata dagli oltre 1.200 impianti installati nel mondo e dal continuo incremento del fatturato negli anni, che nel 2022 si è attestato attorno ai 52 milioni di euro. La versatilità dei servizi offerti e le competenze acquisite hanno fatto sì che i sistemi Incas potessero essere adatti a diversi campi di applicazione, dall'industria del food and beverage al settore automotive, dal tessile al settore dell'alta moda. Nella figura successiva sono riportati solo alcune delle aziende che hanno scelto i servizi e le soluzioni Incas.

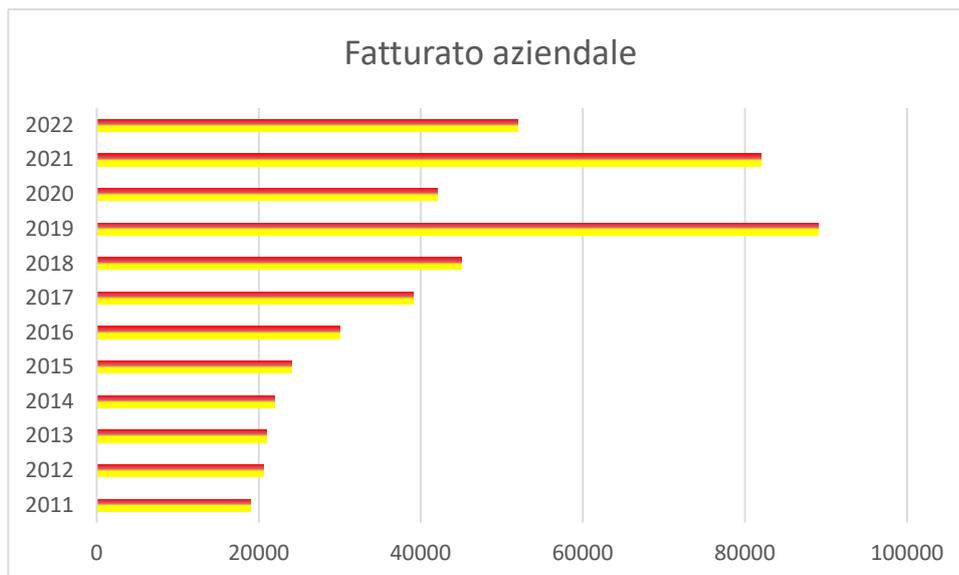


Figura 1. 2 - Fatturato aziendale negli anni



Figura 1. 3 - Elenco di alcuni clienti Incas

1.2 Le competenze

Il Gruppo Incas opera da più di 35 anni in mercati nazionali e internazionali, proponendo soluzioni automatizzate, complete e personalizzate nell'ambito della Supply Chain e consentendo alle aziende di ottimizzare e velocizzare processi e operazioni.

Negli anni sono state acquisite competenze specifiche che consentono di realizzare soluzioni innovative, affidabili, assistite e monitorate nel tempo.

La progettazione di sistemi integrati può riguardare:

- gestione magazzino e picking;
- material handling e sorting;
- gestione delle spedizioni, pianificazione viaggi, tracciabilità dei mezzi e consegne;
- monitoraggio delle linee produttive e tracciabilità della produzione.

Queste attività consentono di far interagire sistemi eterogenei in una nuova struttura funzionale e realizzare soluzioni evolute per rispondere con efficacia ed efficienza alle esigenze del cliente. Il focus sul cliente e la flessibilità progettuale costituiscono i punti di forza dell'azienda e consentono di proporre soluzioni personalizzate. Le attività partono dalla progettazione meccanica, proseguono con il montaggio hardware e l'installazione software, arrivano alla messa in funzione dell'impianto e continuano con il servizio di assistenza, consentendo quindi la realizzazione di soluzioni impiantistiche "chiavi in mano".

La quarta rivoluzione industriale, nota come Industry 4.0 e partita alla fine del 2013, si basa sull'integrazione di nuove tecnologie automatizzate caratterizzate da sistemi complessi, dinamici e capaci di interagire secondo una logica cyberfisica [6].

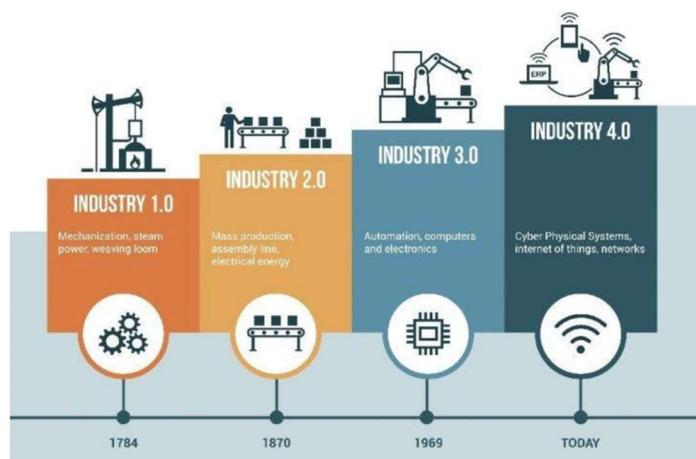
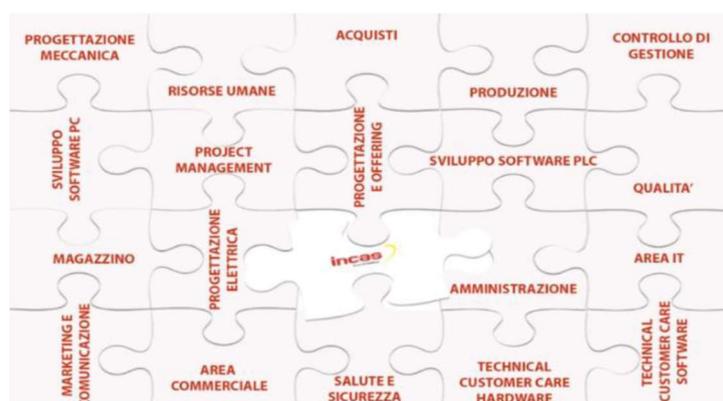


Figura 1. 4 - Evoluzione della realtà industriale

Nasce in questo contesto la necessità da parte delle aziende di utilizzare sistemi flessibili, efficienti e personalizzati per poter seguire in modo opportuno la variabilità del mercato dettata dalle esigenze del consumatore. In questa realtà di grande cambiamento Incas S.p.A. si inserisce a monte della catena logistica mediante soluzioni e strumenti tecnologicamente evoluti ma semplici da utilizzare per l'utente finale. Risulta in tal modo possibile gestire la complessità dei flussi in modo efficace e sfruttare al meglio le risorse investite.

1.3 Modello di business

Per garantire la corretta realizzazione di un progetto in tutti i suoi aspetti, è necessario che tutti i reparti aziendali lavorino in sinergia. Le attività partono dall'area commerciale, in cui si stipula un contratto con



il cliente in relazione alle sue richieste e all'offerta aziendale, passando poi dalla progettazione meccanica ed elettrica, il montaggio dell'hardware, progettazione e installazione del software di controllo per arrivare, infine, alla messa in funzione dell'impianto, seguita da un servizio di assistenza post-vendita.

Figura 1. 5 - Schema delle attività aziendali

È fondamentale che le azioni dei soggetti che partecipano al progetto siano coordinate, quindi ogni attività viene assegnata a un responsabile che ne porta avanti la pianificazione.

Lo scenario complessivo è gestito dal Project Leader, il quale si occupa di:

- gestire il rapporto tra clienti e fornitori;
- definire lo *scheduling* delle attività in funzione delle esigenze del cliente;
- coordinare il personale impiegato nel progetto;
- supervisionare le attività di analisi di dettaglio, installazione, collaudo e messa in funzione dell'impianto;
- verificare lo stato di avanzamento lavori.

Al Project Leader fanno riferimento le seguenti figure:

- responsabile Hardware, coordinatore della progettazione meccanica ed elettrica e delle relative attività di installazione e collaudo;
- responsabile Software Automazione, coordinatore dello sviluppo software PLC e delle relative attività di installazione e collaudo;
- responsabile Software PC, coordinatore delle attività di programmazione software PC e delle relative attività di installazione e collaudo;
- responsabile della Sicurezza, coordinatore della stesura manuali e della sicurezza in cantiere.

Le relazioni tra i reparti aziendali per lo sviluppo di un progetto possono essere schematizzate come da schema:

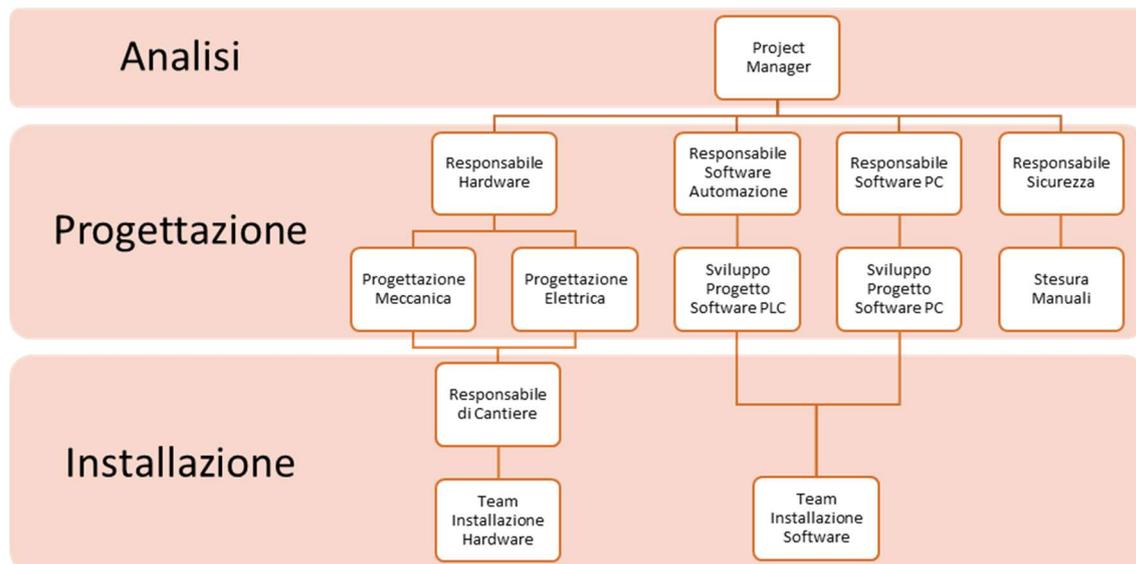


Figura 1. 6 - Organigramma aziendale per la gestione di un progetto

Il flusso di informazioni si sviluppa in modo diverso a seconda della fase in corso; durante la definizione del progetto si sviluppa orizzontalmente in entrambe le direzioni e può essere schematizzato come in Figura 1.7:

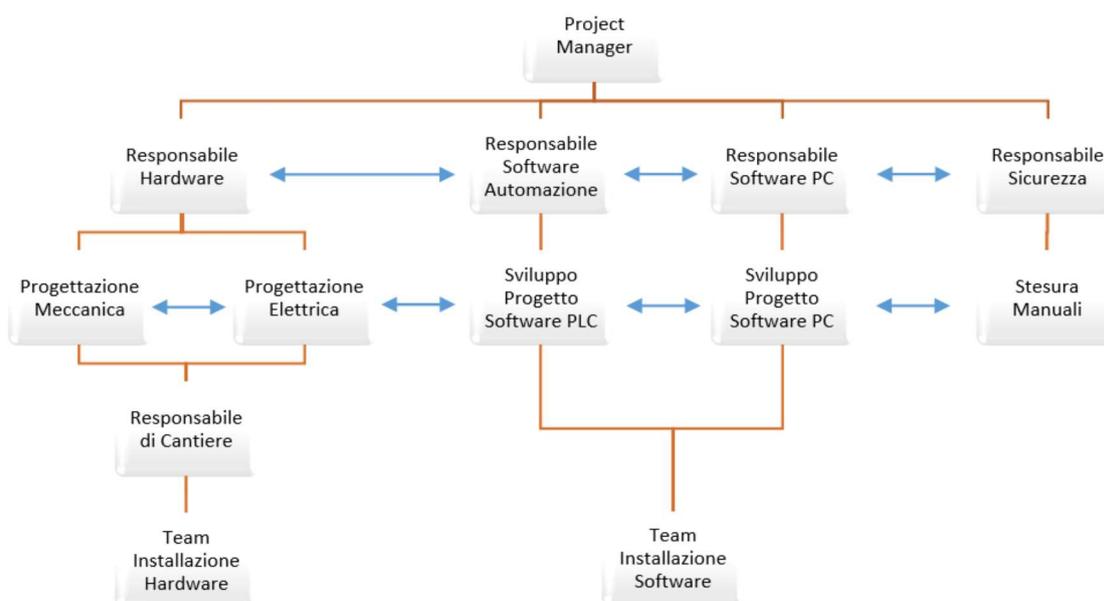


Figura 1. 7 - Flusso di informazioni in fase di progetto

In fase di installazione, invece, il flusso di informazioni può essere così schematizzato (Figura 1.8):

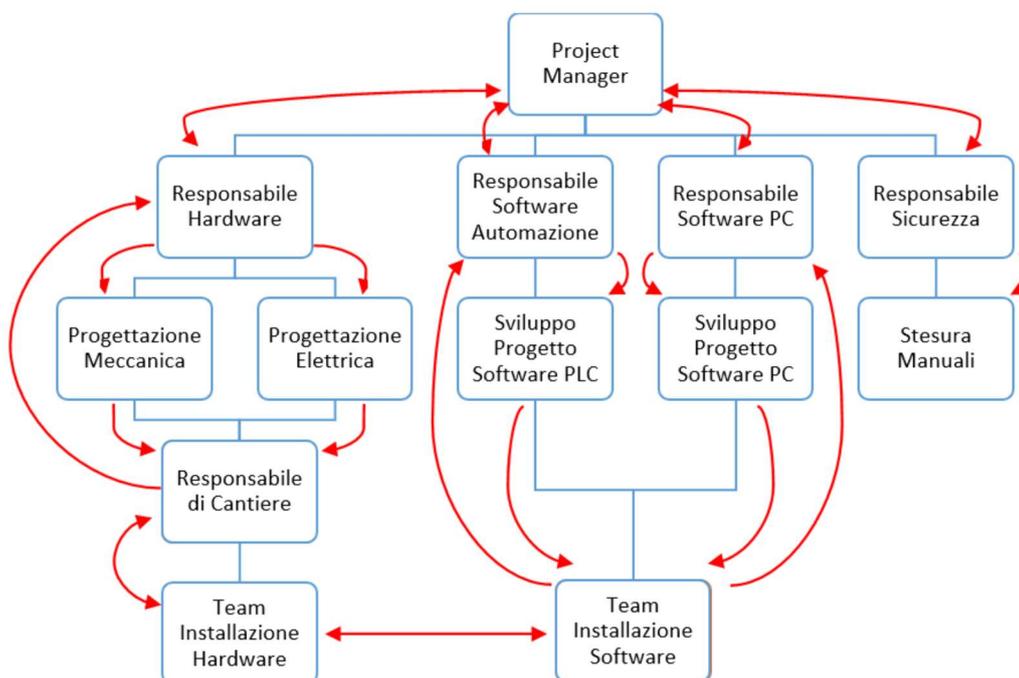


Figura 1. 8 - Flusso di informazioni in fase di installazione

La parte preliminare del progetto viene definita in fase commerciale, in cui si individua una struttura funzionale capace di soddisfare le esigenze del cliente. Al termine della vendita, l'analisi commerciale

viene comunicata al reparto hardware e iniziano tutte le attività progettuali; l'obiettivo è definire le specifiche di dettaglio dell'impianto da realizzare.

Il layout logistico redatto in fase commerciale rappresenta i dati di input per la definizione del layout meccanico, al termine del quale è possibile procedere con l'acquisto delle attrezzature e dei macchinari necessari alla movimentazione.

Alla progettazione meccanica segue quella elettrica, la quale consente di delineare la sensoristica necessaria al funzionamento e l'alimentazione elettrica dei dispositivi interessati per procedere poi con le successive fasi di assemblaggio e cablaggio dei quadri elettrici.

Al termine della progettazione hardware, si procede con lo sviluppo software PLC e PC, rispettivamente: la programmazione PLC (Programmable Logic Controller) si occupa di elaborare il codice capace di gestire i segnali analogici e digitali tra sensori e attuatori nell'impianto, tale attività costituisce il Livello 1 e consente la movimentazione automatica delle singole parti dell'impianto; la programmazione PC può essere caratterizzata da diversi livelli di gestione.

Il Livello 2, mediante l'opportuna programmazione del sistema di controllo magazzino tramite WCS (Warehouse Control System), prende le decisioni circa la movimentazione dei componenti e consente di definire le modalità e i percorsi con cui eseguire le mission (ovvero gli ordini) del cliente.

La creazione delle mission viene delineata dal Livello 3, costituito dal WMS (Warehouse Management System), in funzione delle informazioni trasmesse dal sistema ERP (Enterprise Resources Planning) del cliente (Livello 4). Il flusso di informazioni tra i vari livelli informatici in fase di funzionamento del sistema segue lo schema sottostante:



Figura 1. 9 - Flusso informativo da gestire con sistemi software

Come si evince dalla figura, i dati in output da ogni livello costituiscono l'input del blocco successivo.

Il WCS rappresenta l'interfaccia logica tra il sistema di gestione magazzino, la sua automazione e le movimentazioni ad esso correlate. Nello specifico si occupa di:

- ricevere dal WMS le richieste di inserimento dei colli in linea e la loro destinazione;
- gestire l'instradamento dei colli lungo l'impianto;
- estrapolare i dati di lavorazione ed etichettatura;
- dialogare con il PLC;
- comunicare al WMS l'aggiornamento dei dati circa la posizione dei colli.

L'architettura software è caratterizzata dalle seguenti informazioni:

1. Il WMS conosce la mappa di magazzino, le giacenze, gli ordini (o mission);
2. Il WCS conosce la suddivisione della movimentazione tra i vari punti decisionali dell'impianto, i possibili percorsi, le regole di percorrenza, quindi collega la movimentazione logica a quella fisica;
3. Il PLC conosce tutti i segnali in input e output provenienti dall'impianto.



Figura 1.10 – Architettura software

Il sistema di controllo software presenta una configurazione gerarchica distribuita. Il WMS costituisce il calcolatore gestionale ed è legato alla pianificazione di approvvigionamento dei materiali. Il WCS rappresenta il calcolatore di processo, si occupa di gestire i flussi di materiali nell'impianto e consente di ottimizzare i processi in termini di costi e tempi. Il PLC è costituito da unità di controllo periferiche e si occupa di coordinare l'attivazione delle singole stazioni operative e di movimentazione in funzione del flusso di materiale programmato dai livelli superiori.

Il software Warehouse Control System consente all'utente di vedere la situazione della movimentazione in tempo reale, secondo i dati che sono rilevati dal PLC, i dettagli di origine e destinazione di ogni unità

in movimento e l'output delle stazioni sulla linea, con la possibilità di intervenire manualmente mediante interventi di ripristino anomalie. L'interfaccia grafica consente all'utente di interagire con i dispositivi software e hardware, di analizzare lo stato delle automazioni e di operare comandi specifici in tempo reale.

Mediante i software Incas SpA è possibile effettuare il riconoscimento colli tramite lettura di barcode, operazioni di pesatura, stampa ed applicazione automatica delle etichette, la gestione dello smistamento finale, consentendo quindi di migliorare l'efficienza del magazzino e le attività degli operatori.

L'installazione di sistemi tecnologicamente avanzati e l'implementazione di moduli software porta all'uso ottimale delle risorse di magazzino mediante:

- automazione delle procedure ripetitive;
- razionalizzazione dei movimenti;
- pronta segnalazione degli errori;
- riduzione dei supporti cartacei;
- disponibilità di efficaci strumenti di controllo e rilevazione statistica.

Per poter gestire le attività la Incas S.p.A. è strutturata con il seguente organigramma [2]:

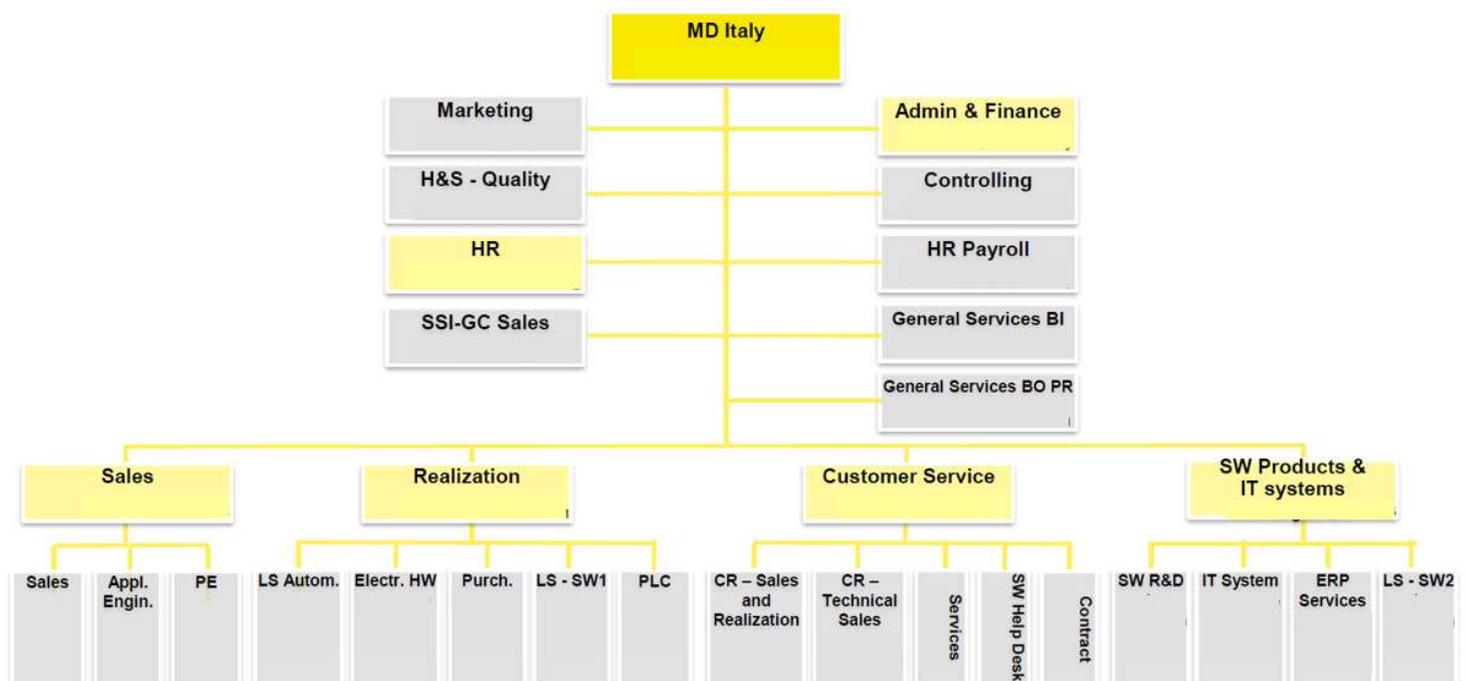


Figura 1.11 – Organigramma aziendale

2 I SISTEMI DI MATERIAL HANDLING

2.1 Generalità

Con il termine Material Handling si indica lo studio della movimentazione e dello stoccaggio di merci, attività fondamentali nel settore industriale moderno. Avere il prodotto giusto nel rispetto dei tempi e delle quantità richieste è fondamentale per una gestione ottimale del processo produttivo.



Figura 2. 1 - Sistema di movimentazione colli su rulliere

I sistemi di material handling sono oggi usati in tutte le fasi del ciclo produttivo. Magazzini automatici, sistemi AGV, robot antropomorfi, nastri trasportatori, reggiatrici, bilance con sistemi di pesatura statici o dinamici sono solo alcuni esempi degli strumenti che mirano ad ottenere prestazioni elevate mediante l'impiego dell'automazione

industriale. In questo contesto, la gestione dell'intralogistica diventa fondamentale per una riduzione dei costi di esercizio aziendale, in quanto con i giusti sistemi di material handling, scelti e adattati in base alle esigenze di movimentazione, si può ridurre il rischio di danneggiamento dei prodotti o che le materie stoccate diventino obsolete a causa di una troppo prolungata permanenza in magazzino. Diventa dunque necessario gestire due aspetti distinti del material handling:

- aspetto fisico, in cui si pone l'attenzione sulla movimentazione, sullo stoccaggio e sull'imballaggio delle unità di carico;
- aspetto logico, corrispondente alla gestione e al controllo dei flussi.

Il material handling può essere dunque suddiviso in:

- Ricevimento materie prime;
- Stoccaggio;
- Picking;
- Movimentazione;
- Spedizione.

Ogni fase deve comunicare con le altre onde evitare fenomeni di discontinuità; dunque, la gestione dell'intralogistica in termini di material handling diventa strumento essenziale di integrazione tra le varie attività aziendali.

2.2 Principi del material handling

La scelta dei sistemi di movimentazione materiali più adeguati va fatta considerando come dato iniziale il layout dell'impianto, così da garantire l'ottimizzazione della gestione del flusso di materiali e persone. È stato stimato che i costi legati ai sistemi di movimentazione interna incidono per il 35% sui costi totali di investimento relativi alla realizzazione di un impianto. I tempi e i costi legati al trasporto interno di merci non danno alcun valore aggiunto alla produzione, è dunque fondamentale ridurre al minimo gli spostamenti di merci. Tale obiettivo va perseguito tramite l'applicazione di 20 principi proposti dal Material handling Institute [7]:

1. Principio della pianificazione, consistente nell'organizzare a priori tutte le attività di movimentazione e stoccaggio, al fine di aumentare l'efficacia della fase progettuale;
2. Principio del sistema, tramite il quale si considera l'intera catena logistica come un unico sistema integrato, standardizzando dunque gli strumenti d'interfaccia tra fornitori e clienti;
3. Principio del flusso dei materiali, consistente nella minimizzazione dei percorsi dei materiali, analizzando opportunamente le operazioni di movimentazione e le attrezzature utilizzate, al fine di diminuire i costi legati alla movimentazione, garantendo allo stesso tempo l'integrità dei prodotti movimentati e migliorando gli aspetti legati alla sicurezza;
4. Principio della semplificazione delle operazioni, secondo il quale bisogna eliminare tutte le operazioni ritenute non necessarie combinando più operazioni nella stessa stazione di lavoro, cercando di trasportare il maggior numero di componenti possibili con la stessa movimentazione;
5. Principio della gravità, suggerisce lo sfruttamento dell'energia potenziale posseduta dai corpi per il loro trasferimento a breve distanza nel caso in cui la differenza di quota lo permetta, ottenendo così un trasferimento poco oneroso dal punto di vista energetico ed economico;
6. Principio dell'utilizzazione volumetrica, consiglia di utilizzare macchinari che sfruttino lo spazio in direzione ortogonale al piano d'appoggio per ridurre la superficie di pavimentazione occupata a parità di volume;

7. Principio dell'unità di carico (UdC), consiste nel cercare di movimentare la quantità maggiore di prodotti possibile contemporaneamente raggruppandoli in unità di carico, così da semplificare la gestione degli stessi;
8. Principio della meccanizzazione, propone l'utilizzo di attrezzature meccanizzate comandate dagli operatori, i quali ridurranno dunque gli sforzi fisici, aumentando di conseguenza la produttività del sistema;
9. Principio dell'automazione, amplia il principio della meccanizzazione proponendo l'utilizzo di sistemi automatizzati, aumentando l'efficienza del sistema e spostando l'operatore a bordo linea, il quale non dovrà più svolgere mansioni poco gratificanti, con la conseguente riduzione del rischio di infortuni sul lavoro;
10. Principio della selezione delle attrezzature, definisce le modalità di scelta degli strumenti di lavoro più opportuni attraverso un'attenta e dettagliata attività di analisi;
11. Principio della standardizzazione, ricerca dei vantaggi ottenibili attraverso la standardizzazione delle attrezzature, soprattutto dal punto di vista della manutenzione e della loro gestione;
12. Principio dell'adattabilità, consiglia l'utilizzo di attrezzature adattabili ad attività differite, così da evitare ove possibile l'utilizzo di molteplici attrezzature specifiche, aumentando la flessibilità dell'impianto;
13. Principio del peso a vuoto, con il quale si cerca di ridurre il rapporto peso/dimensione dell'imballo e del prodotto, riducendo così i costi legati alla loro movimentazione;
14. Principio dell'utilizzazione, riguardante la saturazione di strumenti e operatori, ottimizzando la quantità di lavoro ad essi assegnata;
15. Principio della manutenzione, secondo il quale è consigliabile programmare interventi di manutenzione ordinaria sull'attrezzatura, così da minimizzare il rischio di malfunzionamento e guasto;
16. Principio dell'obsolescenza, consiglia l'aggiornamento continuo della strumentazione utilizzata, in accordo con il progredire dell'innovazione tecnologica, così da ottimizzare costantemente la performance del processo produttivo;
17. Principio del controllo, riguarda l'utilizzo di sistemi di riconoscimento automatico di ciascun componente;

18. Principio della capacità produttiva, evidenzia i vantaggi ottenibili seguendo un'adeguata progettazione della capacità produttiva, relativamente ad ogni livello della produzione, così da ottenere la corretta gestione delle prestazioni dell'impianto;
19. Principio della performance, analisi dei costi relativi alla singola attività, così da poter individuare la soluzione migliore e più vantaggiosa per ognuna di esse;
20. Principio della sicurezza, raccomanda di svolgere qualsiasi attività nel pieno rispetto delle norme di sicurezza, al fine di minimizzare l'incidenza di infortuni e garantire ambienti di lavoro sicuri e idonei.

2.3 Scelta unità di carico

Si definisce unità di carico (UDC) un raggruppamento di materiali disposto in modo tale da poter essere movimentato e trasportato mediante mezzi di trasporto meccanici [8].

Una accurata scelta delle unità di carico da impiegare per i trasporti interni aziendali è condizione essenziale per una ottimizzazione di questi ultimi. Essa infatti contribuisce a ridurre al minimo:

- I costi di trasporto;
- Le riprese dei materiali;
- Lo spazio occorrente per l'immagazzinamento dei materiali;
- I tragitti in officina e nei magazzini, facilitando inoltre le operazioni di immagazzinamento e di scarico e carico dei mezzi di trasporto esterni allo stabilimento.

La movimentazione dei materiali è strettamente legata alle loro caratteristiche, i quali possono essere classificati in tale maniera:

1. A seconda del tipo di materiale da trasportare. Si possono avere trasporti di materiali solidi, liquidi o gassosi;
2. In base al funzionamento, che può essere continuo (elevatori a tazze, trasportatori a rulli o a nastro ecc.) o discontinuo (paranchi, carriponte, AGV ecc.);
3. In base al tipo di energia motrice. Si hanno mezzi di trasporto a movimento manuale o motorizzato;
4. In base al tipo di movimento, verticale o orizzontale, continuo o discontinuo.



Figura 2.2 – Tipologie di pallet

Nell'ambiente manifatturiero l'unità di carico, costituita disponendo i materiali su pallet, può risultare vantaggiosa nei reparti di lavorazione, per i trasporti interni, per l'immagazzinamento, per la spedizione di prodotti finiti: tale convenienza è legata al risparmio che si ottiene riducendo le manipolazioni.

I pallet più utilizzati sono costituiti in legno, normati dall'UNI, che ne definisce le caratteristiche costruttive e le dimensioni. I pallet considerati sono a due e a quattro vie, reversibili o non reversibili, a perdere o a rendere, per uso esterno o interno.

Come molti sviluppi tecnologici, l'uso di piattaforme d'appoggio per la movimentazione delle merci venne sperimentato inizialmente in ambito militare, durante la Seconda Guerra Mondiale, e poi trasferito in campo civile.

La presenza di apposite feritoie per il sollevamento consente una semplice gestione del piano di appoggio mediante l'uso di attrezzature meccaniche e in particolar modo di carrelli elevatori.

Ad oggi non si è ancora arrivati a una completa standardizzazione dei pallet, le sue dimensioni "standard" variano in funzione del continente: negli Stati Uniti la dimensione comunemente usata è 40x80 pollici (corrispondente a circa 1000x1200 mm), in Asia è diffusa la dimensione 1100x1100 mm, in Europa sono generalmente utilizzati componenti con dimensioni 800x1200 mm ("europallet") e 1000x1200 mm ("anglo-saxon pallet").

Il pallet europeo di misura 800x1200 mm è definito "EUR" mentre quello con dimensioni 1000x1200 mm viene chiamato comunemente "Philips". In entrambi i casi sono presenti tre gruppi da tre piedini allineati con base 145x100 mm (laterali) e 145x145 mm (centrali), tali da avere un pallet di altezza 144 mm.

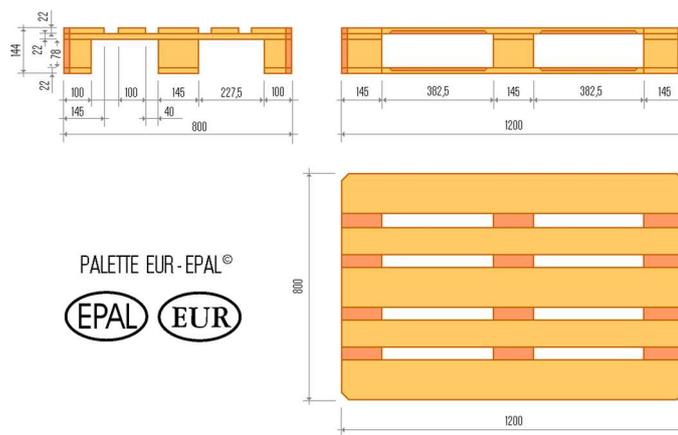


Figura 2.3 – Pallet EUR

Per la formazione di unità di carico costituite da colli parallelepipedi disposti su pallet si ricordano le seguenti regole pratiche:

1. L'altezza dell'unità di carico, pallet compreso, non dovrebbe superare i 2 metri;
2. La superficie del pallet non ricoperta dai carichi deve essere minima;
3. Si devono disporre i colli affacciandoli sulla faccia di maggiori dimensioni;
4. I colli devono essere disposti incrociati, in modo che almeno due colli dello strato superiore appoggino, in parte, su ogni collo dello strato inferiore.

L'euro pallet, di largo impiego in Europa, consente la movimentazione con automezzi di varie dimensioni, soprattutto a causa dell'elevato impiego di trasporto su gomma [9]. La grande diffusione dell'euro pallet ha condizionato il mondo della logistica, il quale ha adattato la sua attrezzatura al formato standard e, in linea generale, si è sviluppato in contenitori di dimensione 600x400 mm: in tal caso il collo è caratterizzato da lati con dimensioni pari a sottomultipli della paletta di carico, quindi è possibile ottenere la saturazione completa della superficie disponibile.



Figura 2.4 – Disposizione colli su pallet

La direttiva della Comunità Europea n°2000/29 del 2000 ha messo in evidenza tematiche relative alla sicurezza sanitaria e all'ecologia. La circolazione dei pallet tra le varie nazioni è consentita solo a seguito del processo preventivo di "fumigazione", mediante cui il legno viene essiccato termicamente o chimicamente per eliminare eventuali parassiti, impedirne la diffusione e salvaguardare il patrimonio forestale mondiale [10].

Il pallet costituisce una base d'appoggio sopraelevata, quindi determina una condizione di isolamento che consente di ridurre il danneggiamento dei colli e delle merci al loro interno. Le unità pallettizzate possono essere caricate manualmente oppure mediante robot e, terminata la fase di carico, generalmente vengono avvolte in pellicole polimeriche per aumentare la stabilità e la protezione dei colli trasportati.

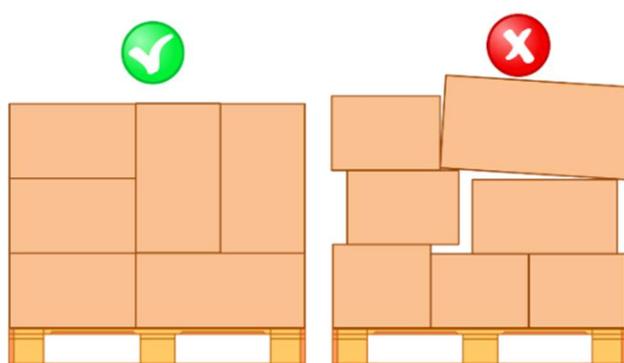


Figura 2.5 – Disposizione colli su pallet corretta (a sinistra) e scorretta (a destra)

Oltre a contenitori e pallet costituenti le unità di carico di cui si è detto, è molto diffuso, nelle aziende, l'impiego di cassette di varie forme e dimensioni, costituite in lamiera, materie plastiche o legno: di solito, tali cassette sono sovrapponibili e quindi utilizzabili non solo per la movimentazione ma anche per lo stoccaggio dei materiali. Le dimensioni in pianta delle cassette sono spesso dei sottomultipli delle dimensioni standard dei pallet, rendendo possibile la costruzione di unità di carico di configurazione regolare, sovrapponendo le cassette sui pallet stessi.

A proposito di contenitori, utilizzati per alimentare i materiali occorrenti lungo le linee di produzione, le case automobilistiche europee hanno costituito un organismo, denominato Odete, il quale ha definito uno standard per le cassette, tale per cui esse siano modulari, movimentabili in pool tra casa automobilistica e fornitori (con risparmi sui costi di trasporto a vuoto), riciclabili, spostabili sia a mano che con presa meccanizzata e pallettizzabili su pallet standard ed impilabili tra loro.

2.4 Tipi di imballo

Per proteggere e stabilizzare le UdC durante il trasporto e lo stoccaggio, vengono impiegati imballaggi specifici in rapporto alla tipologia di prodotto movimentato, alla tipologia di trasporto impiegato e alla destinazione finale del prodotto.

Un esempio è dato dalle unità pallettizzate, le quali, terminata la fase di carico, vengono solitamente avvolte in pellicole polimeriche per aumentarne la stabilità e la protezione.



Figura 2. 6 - Esempio di macchinario avvolgipallet automatico

Tutte le caratteristiche dell'imballaggio vanno definite in fase progettuale in quanto risultano vincolanti circa la scelta della tipologia di trasporti necessari alle attività aziendali. Una decisione sbagliata in fase di progettazione può impattare in maniera estremamente negativa sulla gestione del material handling.

3 COMPONENTISTICA MECCANICA E STRUMENTI DI CONTROLLO

3.1 Generalità

Come descritto nel paragrafo 1.4, la componentistica più adatta alla realizzazione di un impianto viene scelta durante la fase di progettazione meccanica. Quest'ultima rappresenta una fase molto delicata della realizzazione di un impianto, in quanto la movimentazione interna di materiale non apporta alcun valore aggiunto al prodotto, dunque la scelta adeguata dei dispositivi utili alla minimizzazione degli spostamenti senza danneggiare i prodotti movimentati è determinante nel calcolo dei costi complessivi di produzione.

Le caratteristiche principali di un sistema di trasporto sono definite da [11]:

1. Capacità di trasporto C , definita come il rapporto tra la quantità di materiale da movimentare Q e il tempo necessario allo spostamento T :

$$i. C=Q/T [UdCh]$$

2. Zona servita, la quale dipende dal layout dell'impianto e dal percorso dei flussi;
3. Spazio occupato, il quale può esser legato al solo trasportatore o dipendere dalla presenza di accessori necessari al funzionamento.

Capacità, posizione e dimensione del trasportatore incidono in modo rilevante sulla scelta del tipo di sistema più opportuno a svolgere le attività di movimentazione richieste. Altri fattori che intervengono nella scelta dei sistemi di trasporto riguardano le caratteristiche di: materiali (forma, dimensione e caratteristiche della superficie di appoggio), flussi (complessità dei percorsi, frequenza di movimentazione, tipo di flusso, direzione di trasporto), layout di impianto (superficie occupabile, livello di automazione, interazione con altre stazioni operative).

È possibile utilizzare una vasta gamma di sistemi nel campo della logistica industriale. Una prima distinzione può essere effettuata in funzione della cadenza del flusso processato dal macchinario, quindi è possibile delineare:

- Trasportatori continui, in cui le attività di carico, trasporto, scarico impegnano componenti diversi del sistema, quindi avvengono contemporaneamente e la capacità effettiva è vincolata a quella del sistema meno performante;

- Trasportatori discontinui, in cui il funzionamento di tutti i dispositivi necessari alle singole operazioni avviene in modo sequenziale.

Si definisce:

- $T_1 = \text{tempo di carico}$
- $T_2 = \text{tempo di trasporto}$
- $T_3 = \text{tempo di scarico}$
- $T_4 = \text{tempo di ripristino del trasportatore}$

In caso di flusso continuo l'equazione può essere modificata nel seguente modo:

$$C_{fc} = \frac{Q}{\max(T_1, T_2, T_3, T_4)}$$

In caso di flusso discontinuo l'equazione può essere modificata nel seguente modo:

$$C_{fd} = \frac{Q}{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}$$

Oltre alla potenzialità del mezzo di trasporto, nei criteri di selezione può intervenire la necessità di effettuare operazioni particolari, come: gestire le unità di carico in coda mediante sistemi di accumulo intermedio, bypassare alcune stazioni operative, deviare in modo selettivo e prioritario alcuni materiali, garantire operazioni di ricircolo.

Muovere le unità di carico (UdC), collegare celle produttive, alimentare flussi e magazzini in modo opportuno rappresentano attività necessarie per l'ottenimento di una linea produttiva efficiente.

Sul mercato della logistica industriale è disponibile una vasta gamma di sistemi di movimentazione, è dunque compito del progettista scegliere la soluzione più adatta all'applicazione studiata.

Nei paragrafi a seguire si evidenziano quali sono i principali dispositivi utilizzati per il Material Handling.

3.2 Convogliatori

Un convogliatore è un meccanismo per il trasporto di UdC a brevi distanze. Ne esistono di diversi tipi (a rulli, a nastro, a catena etc.), tutti caratterizzati dal montaggio di strutture fisse.

La modularità dei sistemi consente di comporre linee di movimentazioni adattabili alle più svariate esigenze logistiche dell'impianto.

3.2.1 Convogliatori a rulli

I convogliatori a rulli consistono in una serie di rulli metallici montati su apposite strutture portanti. Sono impiegati per il trasferimento e l'accumulo di colli rigidi e dotati di un piano di appoggio regolare per evitare impuntamenti con i rulli sottostanti [12]. A tale scopo, è buona norma prevedere una distanza tra i rulli tale da permettere sempre che le UdC trasportate appoggino almeno su tre di essi.

I rulli utilizzati per questa tipologia di convogliatori possono essere motorizzati, condotti o folli. Uno dei principali fornitori di questa tipologia di dispositivi è rappresentato dalla Interroll, azienda che offre innumerevoli soluzioni nel campo della intralogistica [13]. Si distinguono dunque:

- Convogliatori aventi un rullo motorizzato e rulli condotti;



Figura 3. 1 - Convogliatore a rullo motorizzato [13]

- Convogliatori a rulli non motorizzati
Folli.



Figura 3. 2 - Convogliatori a rullo folle [13]

In tutti i casi, i rulli sono costituiti da un mantello esterno in acciaio inox, il quale ne definisce la classica struttura tubolare. La presenza di cuscinetti a sfera garantisce il moto relativo tra l'asse fisso e il mantello in rotazione. L'alloggiamento dei cuscinetti è solitamente realizzato in tecnopolimero, il che rende il funzionamento del sistema particolarmente silenzioso.



Figura 3. 3 - Cinghie di trasmissione Poly-V [13]

I rulli motorizzati, detti anche motorulli o rollerdrive, e i rulli condotti sono caratterizzati dalla presenza di gole esterne in una delle due estremità, così da permettere la trasmissione della coppia attraverso cinghie di trasmissione Poly-V in gomma, chiuse ad anello, aventi rilievi particolari tali da incastrarsi nelle gole. I rulli vengono dunque collegati a due a due tra loro, ottenendo una trasmissione del moto stabile e silenziosa .



Figura 3. 4 - Collegamento tra motorulli tramite cinghie Poly-V [13]



Figura 3. 5 - Dettaglio rullo motorizzato [13]

Il rullo motorizzato è alimentato da una tensione di 24V e presenta un motore brushless integrato al tubo metallico. Il verso di rotazione del rullo è determinato dalla commutazione della corrente circolante negli avvolgimenti dello statore, comandata elettronicamente da un'apposita scheda che determina anche la velocità di rotazione del motore. Tale velocità deve essere opportunamente regolata per consentire il funzionamento del convogliatore secondo le prestazioni richieste, dunque è necessaria la presenza di un riduttore, posizionato all'interno del

tubolare metallico. L'uso del motore brushless permette il recupero dell'energia altrimenti dissipata in fase di frenata.

I convogliatori a rulli vengono utilizzati prevalentemente per la movimentazione orizzontale, in quanto la presenza di un angolo di inclinazione tra due sezioni successive potrebbe comportare l'impuntamento delle UdC trasportate (per quest'ultima tipologia di trasporto vengono adoperati convogliatori a nastro, descritti nel successivo paragrafo 3.2.2). Vengono inoltre utilizzati per le operazioni di smistamento (sorting), attraverso l'utilizzo di baie di scarico aventi direzione ortogonale o obliqua rispetto alla direzione della linea principale. Tali baie presentano solitamente una differenza di quota tra la parte iniziale (allo stesso livello della linea principale) e quella finale, in modo tale da poter sfruttare sia l'energia cinetica che quella potenziale posseduta dalla UdC deviata, permettendo l'utilizzo di rulli non motorizzati. Inoltre, la più bassa quota alla fine della baia permetterà eventualmente una fase più ergonomica di prelievo dei componenti da parte degli operatori.

3.2.2 Convogliatori a nastro

I trasportatori a nastro vengono impiegati per il trasporto continuo di materiali, specie in pendenza, laddove è importante il rischio di impuntamento dei colli nei rulli. Sono caratterizzati da:

- Un nastro trasportatore;
- Una serie di rulli di supporto;
- Un tamburo motore, con relativo gruppo motore, ed uno di rinvio;
- Una struttura metallica fissa di sostegno

Il trasporto della UdC avviene grazie all'elevato attrito del nastro trasportatore, il quale è messo in moto da un motore elettrico trifase o, in alcuni casi, da un rollerdrive.



Figura 3. 6 - Convogliatore a nastro [13]

L'impiego di nastri trasportatori comporta la riduzione dei vincoli di peso, di superficie di contatto e di differenza di altezza tra tratti differenti. La trasmissione del moto avviene mediante contatto tra tela e motorullo (o tamburo motorizzato), nel momento in cui non si verifica slittamento tra le parti.

3.3 Sistemi di deviazione

Un elemento importante caratterizzante le linee di movimentazione è rappresentato dai sistemi di deviazione, i quali permettono di cambiare la direzione del moto delle UdC secondo le esigenze del trasporto.

I più comuni sistemi di deviazione sono:

- Curve;
- Trasferitori a cinghia;
- High Performance Divert (HPD).

3.3.1 Curve

Sono il sistema di deviazione più economico, costituite da rulli cilindrici doppi o tronco-conici, con conicità tale da assicurare alle UdC una velocità tangenziale costante, oppure da un sistema a nastro [12]. Permettono di collegare elementi rettilinei a rulli o a nastro, ottenendo una deviazione a 90° oppure, combinando 2 curve, si può ottenere un'inversione del senso del trasporto di 180°. Il grosso vincolo di questi sistemi è rappresentato dall'ingombro: necessitano infatti di uno spazio non irrilevante, non sempre disponibile date le esigenze dettate dal layout dell'impianto.



Figura 3. 7 – Curve [13]

3.3.2 Trasferitori a cinghia

Sono costituiti da una struttura posizionata nella parte inferiore di un convogliatore a rulli, formata superiormente da delle "lame" posizionate tra i rulli, su cui scorrono delle cinghie in direzione ortogonale al senso di marcia del convogliatore. La parte inferiore della struttura contiene un motorullo,



Figura 3. 8 - Trasferitori a cinghia [13]

il quale consente la movimentazione delle cinghie. Quando una UdC è posizionata sul trasferitore, il sistema di cinghie si solleva (elettricamente, oppure pneumaticamente), permettendo la deviazione a 90° del fronte di avanzamento del prodotto trasportato.

Si ottiene dunque una deviazione a 90° con un risparmio notevole sull'ingombro del sistema. Il lato negativo è rappresentato dai tempi morti, in quanto il collo si deve arrestare sul trasferitore e può

ripartire solo quando il sollevamento delle cinghie è completato. Inoltre, non è ovviamente possibile accogliere una nuova UdC sul dispositivo finché il sistema di cinghie non si riabbassa. Questo sistema è dunque poco indicato per quegli impianti la cui cadenza dei colli trasportati è molto elevata.



Figura 3. 9 - Deviazione a 90° con trasferitore a cinghia [13]

3.3.3 High Performance Divert (HPD)

Questo dispositivo permette di ottenere un trasferimento continuo delle UdC, senza interruzioni, con angoli di espulsione rispetto alla direzione di avanzamento di 30°, 45° o 90°. La deviazione avviene per mezzo di alcune rotelle, opportunamente allineate. La rotazione delle rotelle è gestita da due motori elettrici, alimentati con una tensione di 24V.

Il primo motore, grazie ad un opportuno sistema di trasmissione, permette il moto rotatorio delle rotelle, che possono così mettere in moto l'UdC. Il secondo motore, attraverso un sofisticato sistema di



Figura 3. 10 - High Performance Divert [13]

ingranaggi, mette in rotazione il gruppo rotelle attorno al proprio asse ortogonale al piano di scorrimento del convogliatore a rulli, permettendo la deviazione del materiale. La regolazione del sistema HPD è affidata ad una scheda elettronica.

Questi sistemi sono molto costosi, ma permettono di ottimizzare il sistema logistico interno di un impianto laddove la cadenza dei colli da movimentare è molto elevata.

3.4 Sistemi di controllo

L'incremento dei livelli di automazione dei sistemi di movimentazione comporta un'implementazione dei sistemi di controllo del flusso di UdC, attraverso l'utilizzo di un'adeguata strumentazione sensoristica. L'obiettivo è quello di ottenere un impianto "intelligente", capace di riconoscere la tipologia di prodotto movimentato ed indirizzarla alla corretta destinazione finale. Si vuole inoltre ottenere la tracciabilità dei dati legati alla movimentazione e alla giacenza dei prodotti in magazzino, così da poter ottenere le informazioni necessarie alla corretta gestione dell'attività produttiva. Un altro importante vantaggio dell'utilizzo di sistemi di controllo è dato dalla possibilità di verificare da remoto il corretto funzionamento dell'intero impianto, così da poter garantire sempre l'attività di assistenza.

I sistemi di controllo di base sono rappresentati da:

- Lettori scanner;
- Lettori di QR-code;
- Sistema di decodifica RFID;
- Sistemi di pesatura;
- Sensori fotoelettrici;
- Barriere di emergenza fotoelettriche.

3.4.1 Lettori scanner per barcode



Figura 3. 11 - Lettore scanner per barcode
Datalogic [14]

Rappresentano la tecnologia più diffusa, affidabile ed economica. Un raggio laser viene impiegato per il riconoscimento di un barcode, posto sull'UdC movimentata. Il fascio laser deve avere direzione ortogonale ai tratti neri del codice a barre. Le tecnologie oggi in commercio permettono la decodifica del codice anche con il prodotto in movimento, contribuendo all'efficienza della catena logistica.



Figura 3. 12- Esempio di lettura di barcode

Generalmente le informazioni contenute nei barcode sono correlate alla provenienza/destinazione dei componenti ed al loro peso. Il riconoscimento dei prodotti è indispensabile per stabilirne il percorso da compiere [14].

3.4.2 Lettori di QR-code



Figura 3. 13 - Lettore di QR-code Datalogic [14]

I dati relativi ai prodotti movimentati possono essere legati ad un QR-code. Per la decodifica di questa tipologia di codice sono necessari dispositivi capaci di acquisire l'immagine dello stesso, così da poterla analizzare ed estrapolare le informazioni in esso contenute. I lettori di QR-code possiedono dunque una fotocamera integrata ed un proprio sistema di illuminazione. Durante il passaggio del prodotto, sono in grado di acquisire parecchie immagini dello stesso codice finché il sistema di gestione non riconosce e acquisisce le informazioni legate ad esso. Questo

Figura 3. 14 - Esempio di QR-code



Questo tipo di dispositivo è adatto anche alla lettura dei codici barcode, dunque è possibile pensare di utilizzarli in quelle applicazioni in cui devono essere riconosciuti sia i codici a barre che i QR-code.

3.4.3 Sistemi di decodifica RFID



Figura 3. 15- Schema di funzionamento della tecnologia

La tecnologia RFID (Radio Frequency Identification) permette l'acquisizione di informazioni tramite radio frequenza: vengono utilizzate delle etichette elettroniche, applicate sui prodotti, chiamate transponder o tag, contenenti tutte le informazioni necessarie alla gestione della movimentazione. Tramite un'antenna di trasmissione/ricezione in radiofrequenza è possibile il riconoscimento delle informazioni legate ad un collo o ad un lotto movimentato.

3.4.4 Sistemi di pesatura

I sistemi di pesatura sono costituiti da una piattaforma metallica, ovvero lo strumento di rilevazione del peso, posta solitamente al di sotto dei convogliatori a rulli e vincolata alla struttura portante dello stesso, capace di rilevare il peso dei prodotti che transitano. Attraverso un pannello di controllo, è possibile visualizzare il peso delle UdC, oltre che effettuare le eventuali operazioni di taratura necessarie.



I sistemi di pesatura moderni permettono il rilevamento dinamico del peso, senza la necessità di arrestare il processo di movimentazione. Abbinando questa tecnologia al rilevamento di barcode o QR code, è possibile associare il peso rilevato al codice letto, così da trasferire tale informazione al sistema di controllo logistico [15].

Figura 3.16 - Sistema di pesatura Eurobil [15]

3.4.5 Sensori fotoelettrici

Un sensore fotoelettrico, anche noto come fotocellula, è un dispositivo utilizzato per rilevare e/o misurare la distanza, assenza o presenza di un oggetto, utilizzando una sorgente ottica, solitamente infrarossa, e un ricevitore fotoelettrico [16].

Nell'ambito del Material Handling, vengono sovente utilizzati per rilevare la posizione delle UdC movimentate.



Figura 3. 17 - Fotocellula Sick [16]

3.4.6 Barriere di emergenza fotoelettriche

Le barriere di emergenza sono usate per la protezione di perimetri e accessi se il rischio è considerato elevato ed è richiesto un dispositivo di sicurezza. Le barriere fotoelettriche di sicurezza multi-raggio utilizzano due o più fasci di luce. Se uno dei fasci di luce viene interrotto, viene inviato un segnale di arresto alla macchina per consentire di bloccare lo stato di pericolo.

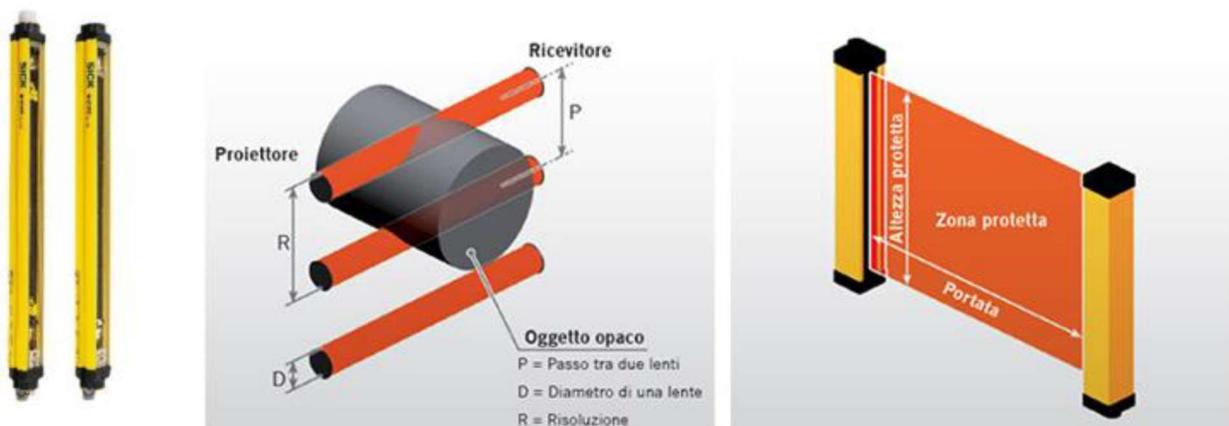
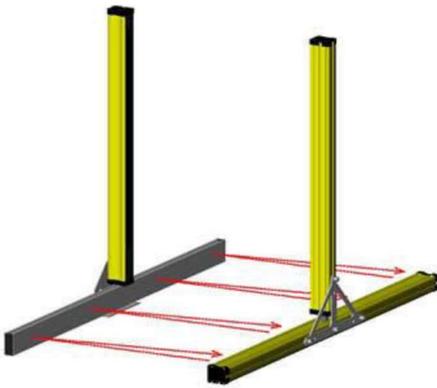


Figura 3. 18 - Barriera di emergenza Sick [16]

In alcune applicazioni, per riuscire ad eseguire il ciclo di lavorazione, è necessario escludere in modo temporaneo ed in sicurezza la barriera di protezione, in modo che essa non mandi in blocco la macchina. Tale funzione è definita Muting ed è indispensabile nel momento in cui un normale ciclo automatico di un macchinario industriale prevede l'attraversamento della barriera da parte di alcune componenti della macchina stessa oppure dal materiale che si sta lavorando, impedendo che questo ne provochi l'arresto.



La funzione viene abilitata per mezzo di due sensori di esclusione che devono essere attivati in modo simultaneo o comunque entro pochi istanti l'uno dall'altro, abbinando quattro fotocellule orizzontali strategicamente posizionate per il riconoscimento del trasporto autorizzato, che deve attraversare la barriera e le fotocellule secondo una sequenza ben definita. Qualora questo non accada, non può attivarsi il muting della barriera e se i raggi della stessa si interrompono, viene attivato il blocco del sistema.

Figura 3.20 - Barriera di emergenza con tecnologia Muting
[16]

3.5 Magazzini intensivi automatizzati

Non esiste una formula per decidere se e quando è vantaggioso avere un magazzino completamente automatico. Ogni azienda ha esigenze proprie ed i suoi obiettivi sono estremamente legati al tipo di produzione. Il magazzino è dunque l'ultima fase di modernizzazione dell'azienda: più alto è il grado di automazione delle linee di produzione e più sarà sentito il problema dell'automazione dei trasporti interni e del magazzino.

Ciò risulta tanto più vero quanto più i prodotti sono a basso costo e dunque l'incidenza dei tempi e quindi dei costi di trasporto può essere sensibile. Le esigenze più comuni che potrebbero consigliare di investire in un magazzino automatico sono:

1. Avere un'alta densità di riempimento, sfruttandone al meglio l'altezza;
2. Ridurre il numero di addetti al trasporto interno ed ottimizzare il flusso delle merci in ingresso e in uscita;
3. Aumentare la qualità e quantità del picking, specialmente se il magazzino è del tipo interoperazionale, asservito alla produzione;
4. Conoscere quantità e disponibilità delle merci in giacenza e il loro grado di movimentazione nel tempo, fissando le regole per un controllo gestionale automatico.

Le possibili tecnologie per lo stoccaggio automatizzato sono:

- **Trasloelevatore** per pallet: un braccio meccanico dotato di forche sposta i pallet. Possono essere semplici o a doppia profondità e si vedono spesso nel settore della grande distribuzione dove vengono gestiti flussi consistenti di pallet completi.
- **Miniload**: una navetta dotata di braccio di presa afferra 1, 2 o 3 colli. Il mercato offre un ventaglio di tecnologie che differiscono tra loro per la tecnica di presa, la gestione con o senza piattaforma, e la capacità del sistema di muoversi in altezza.
- **Multishuttle**: questa tecnologia si adatta bene a prodotti poco pesanti e voluminosi, con una rapidità di spostamento impressionante. È una tecnologia ad esempio molto utilizzata nel settore farmaceutico.
- **Carosello**: in questo caso è il sistema di stoccaggio nella sua interezza a spostarsi per trasferire la cassetta verso il luogo di deposito/raccolta all'inizio della corsia. Le cassette sono spesso utilizzate in "multi-referenza", ossia molteplici tipi di prodotti sono stoccati nella stessa cassetta. Dopo la parametrizzazione da parte dell'addetto, il sistema è in grado di selezionare prodotti che differiscono visivamente in modo da evitare errori di picking a valle della catena di preparazione [17].

4 CASO STUDIO: MAGAZZINO AUTOMATICO

4.1 Introduzione

Questo capitolo rappresenta il fulcro della trattazione, in quanto in esso verrà descritto l'impianto di automazione oggetto di analisi. Verranno esposte le caratteristiche della linea di movimentazione automatica, presentando le finalità dell'impianto, con la descrizione del layout e focalizzando l'attenzione sul "retrofitting" o meglio l'ampliamento del magazzino adattandolo alle condizioni attuali e alle esigenze del mercato.

In particolare il progetto di tale tesi riguarda lo studio di ampliamento del magazzino automatico per lo stoccaggio e la movimentazione di componenti e materie prime installato presso il Politecnico di Torino [18].

Le funzionalità del magazzino automatico consentono:

- Stoccaggio di cassette plastiche e scatole di cartone con supporto di vassoio
- La gestione di una stazione di prelievo manuale per la preparazione di ordini verso la produzione e/o la spedizione.

L'allestimento della stazione di "picking" deve prevedere:

- Minimo di stock di cassette vuote da completare con l'ordine di produzione/evasione per la successiva movimentazione da e verso le isole di lavoro
- Postazione di picking assistita da un sistema "Pick to Light"
- L'organizzazione di una postazione di "kitting" per la preparazione dei kit verso l'assemblaggio.

L'allestimento della postazione deve prevedere:

- Modalità di prelievo assistito "Pick to Light".
- La presenza di una postazione di ingresso manuale
- La presenza di una stazione di ingresso e una di uscita dedicate ad una movimentazione con AGV dotati di rulliera motorizzata.

4.2 Unità di carico

Le unità di carico veicolate sull'impianto saranno composte da cassette industriali plastiche aventi le seguenti caratteristiche:

Lunghezza [mm]	Larghezza [mm]	Altezza [mm]	Peso max [Kg]
600	400	120	50
600	400	220	50
400	300	120	50
400	300	220	50

e vassoio di plastica aventi dimensioni:

Lunghezza [mm]	Larghezza [mm]	Altezza [mm]	Peso max [Kg]
600	400	60	50



Figura 4.1 – Cassette e vassoi plastica

4.3 Studio logistico "As Is"

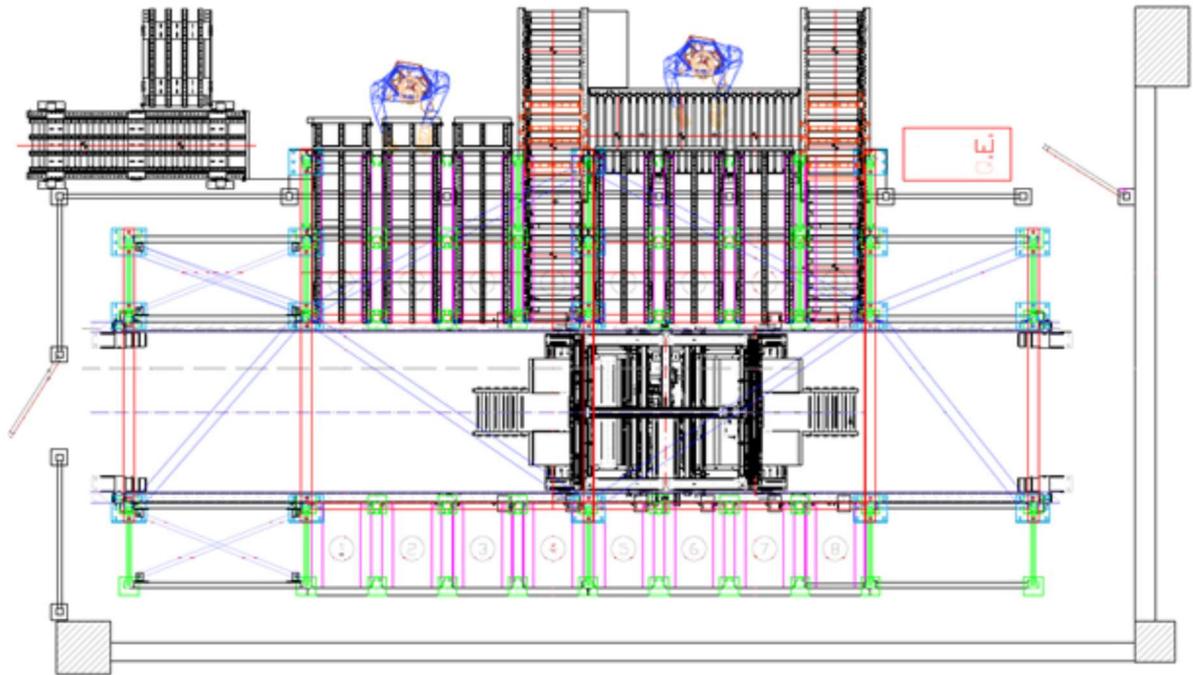


Figura 4.2 – Magazzino automatico

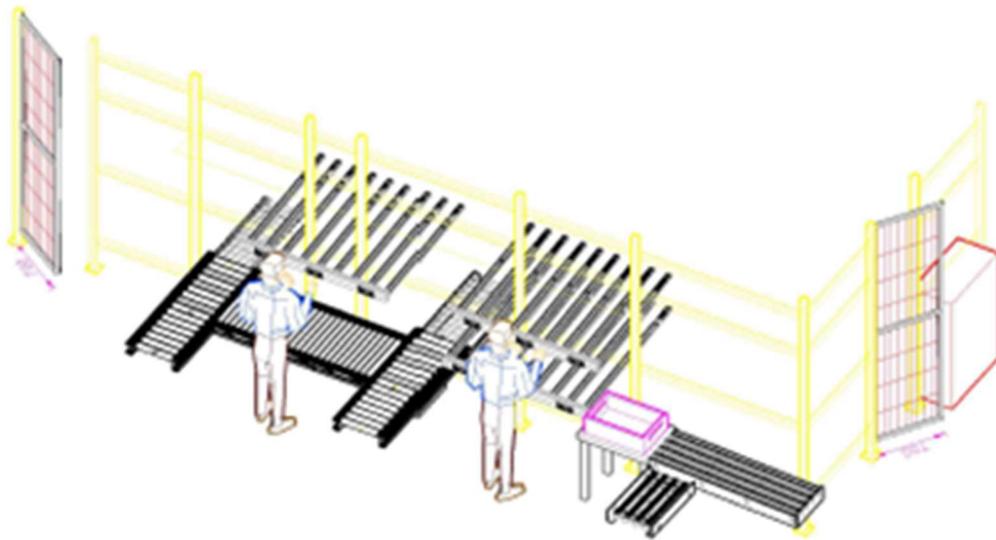


Figura 4.3 – Stazioni picking

Il magazzino installato presso il Politecnico di Torino si compone di:

- Magazzino automatico MAXI Shuttle equipaggiato con dispositivo automatico di presa per il carico a bordo e lo scarico delle UdC (cassette in plastica e scatole di cartone su vassoi)
- Scaffalatura metallica con vani allestiti con guide di appoggio (mensole) per il deposito di cassette in plastica e scatole di cartone su vassoi in materiale plastico
- Convogliatori motorizzati di uscita dal magazzino automatico verso l'area Kitting
- Postazione operatore "Kitting" allestito con singolo livello di modulo a gravità con sistema di prelievo guidato Pick to Light
- Postazione operatore "Picking" allestito con doppio livello di modulo a gravità con sistema di prelievo guidato Pick to Light
- Convogliatore motorizzato per ingresso UdC in magazzino da deposito con AGV
- Convogliatore motorizzato per uscita UdC in magazzino da deposito con AGV
- Convogliatore motorizzato per carico UdC piene con AGV da postazione operatore "Picking"
- Convogliatore a gravità per scarico UdC vuote da AGV
- Quadro elettrico di gestione e controllo impianto automatico
- Reti di protezione e relative porte di accesso
- Software Liv. 1 PLC di gestione e controllo automazione
- Software WCS – middleware di colloquio tra Liv. 1 PLC e Liv. 2 WMS
- Software Liv.2 WMS EASYSTOR di gestione magazzino

4.4 Scaffalatura

La scaffalatura allestita per il magazzino automatico è stata progettata per ospitare cassette in plastica e vassoi aventi le seguenti caratteristiche:

- Dimensione unità di carico
600 x 400 x 120/220 mm
400 x 300 x 120/220 mm
- Peso max. UDC
50 kg
- Lato inforciamento
400 mm

Il numero di UDS che possono essere stoccate a magazzino dipende dalle campate e dai livelli disponibili, in particolare abbiamo:

- Nr. campate utili
8
- Disposizione carico
 - Monofronte lato parete 3
7 livelli
600 x 400 singola profondità
400 x 300 doppia profondità
 - Monofronte lato operatore
MAX 5 livelli
600 x 400 singola/doppia profondità
400 x 300 doppia/quadrupla profondità

Tenendo conto delle caratteristiche delle UDS e del dimensionamento della scaffalatura, la capacità di stoccaggio risulta:

- Capacità magazzino
600 x 400 x h220= 55 posizioni
600 x 400 x h120= 57 posizioni
300 x 400 x h220= 110 posizioni
300 x 400 x h120= 114 posizioni
- Capacità magazzino max
600 x 400 x h120/220= 112 posizioni
400 x 300 x h120/220= 224 posizioni

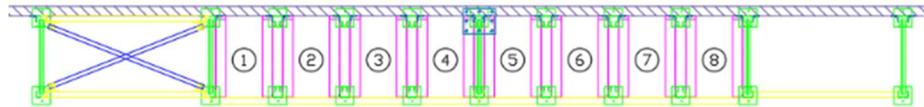
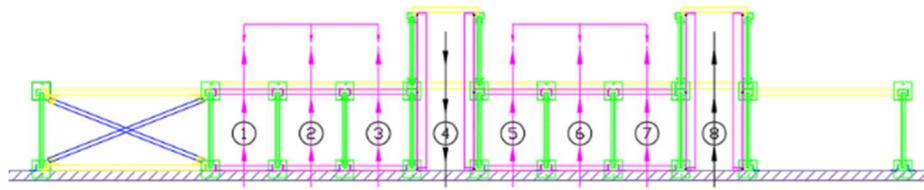


Figura 4.4 – Scaffalatura_campate

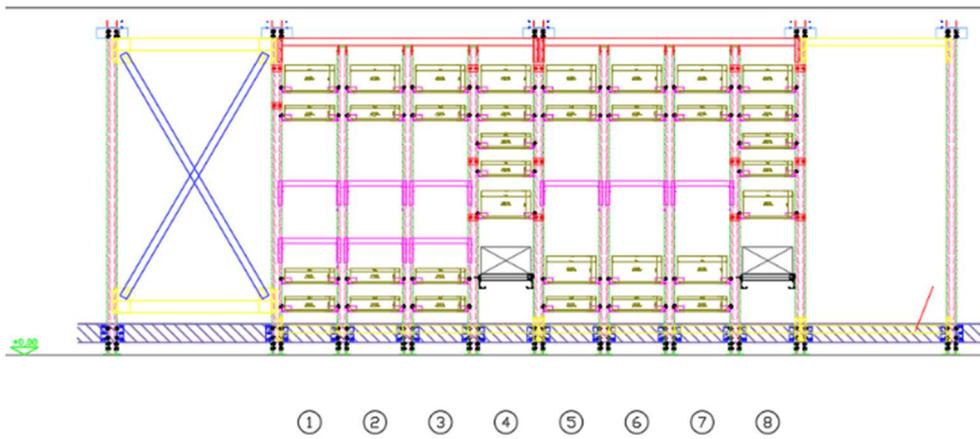


Figura 4.5 – Scaffalaturalivelli

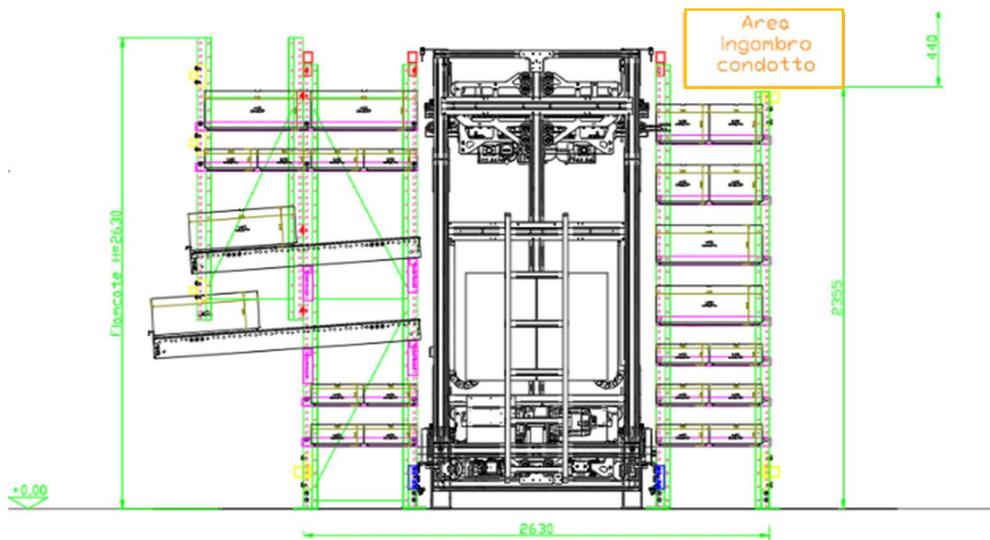


Figura 4.6– Vista frontale Maxi Shuttle

4.5 Magazzino Automatico "Maxi Shuttle"

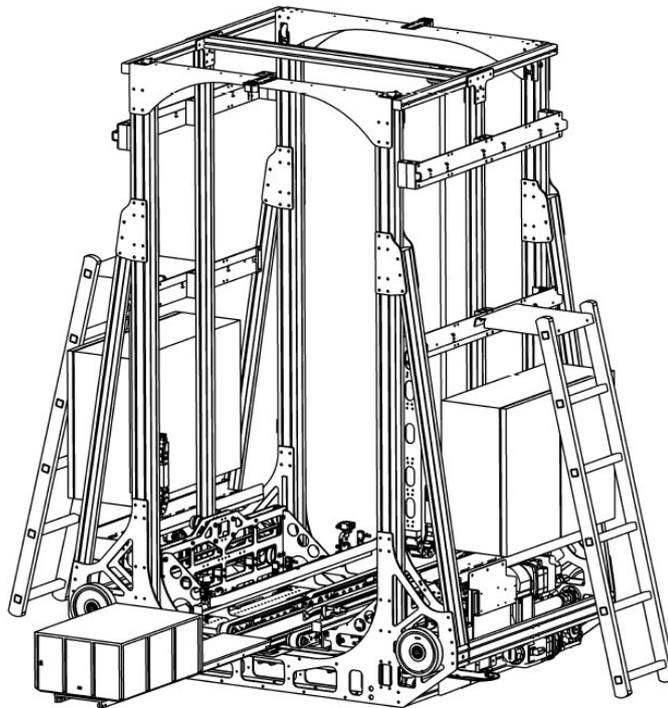


Figura 4.7–Navetta Maxi Shuttle

Lo shuttle MAXI è stato sviluppato per la gestione di magazzini automatici che necessitano di discrete prestazioni non raggiungibili con un normale sistema miniload e di ridurre gli spazi accessori (extracorsa verticali e orizzontali) di un classico magazzino miniload.

MAXI grazie alle ridotte dimensioni e al peso della sua struttura permette la messa a dimora e la movimentazione dei materiali tramite shuttle multilivello e consente di adeguarsi a spazi di installazione ridotti.

Nello specifico il magazzino si trova all'interno di uno stabile esistente con una altezza di 2.795 mm sotto trave e si compone di un singolo corridoio di stoccaggio con l'impiego di 1 shuttle.

4.5.1 Dimensioni Shuttle

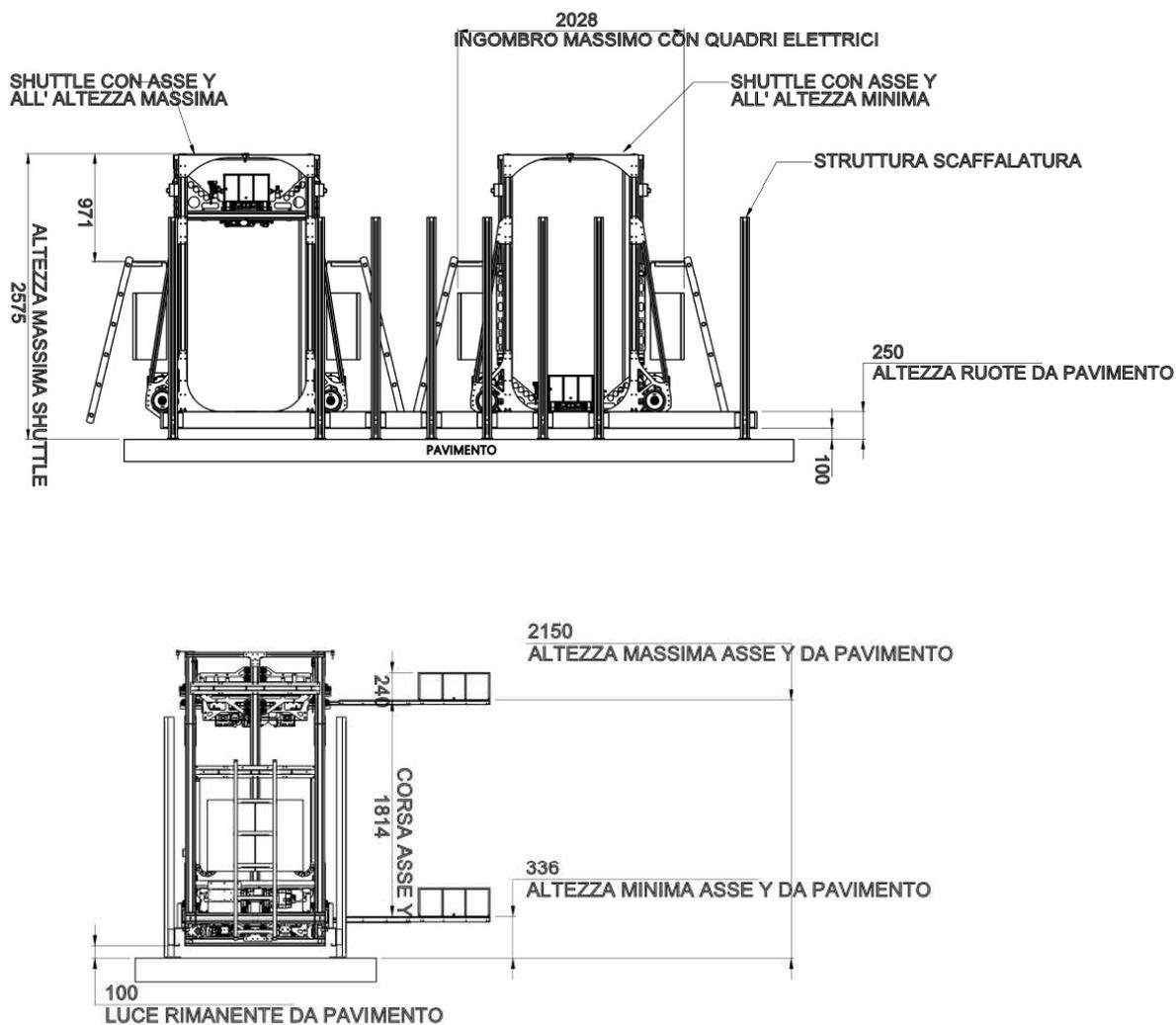


Figura 4.8–Dati tecnici dimensionamento

Il MAXI Shuttle è dotato di un dispositivo di presa telescopico con una capacità di carico in doppia profondità fino a 100 kg u.d.c..

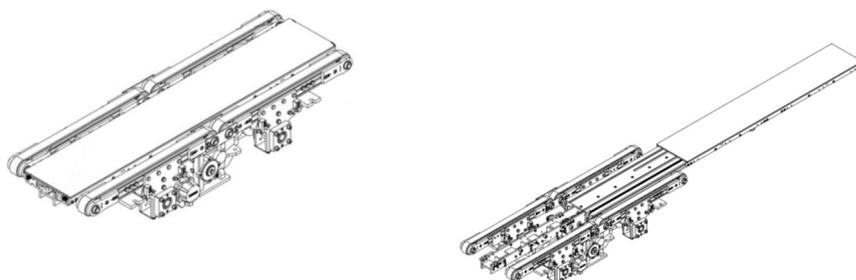


Figura 4.9–Organo di presa telescopico

4.6 Boxtech

I boxtech sono strutture che ospitano i contenitori, aventi piani di appoggio inclinati verso l'operatore per facilitare le operazioni di picking.

Tali strutture sono integrate con il sistema Quick Pick, il quale è costituito da una serie di display e pulsanti per l'utilizzo del sistema di prelievo guidato "Pick to Light".

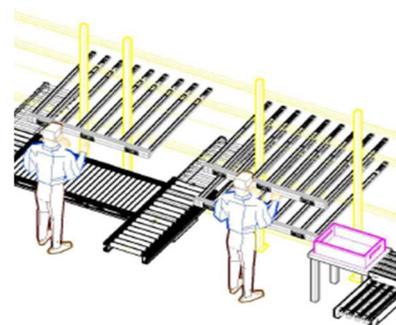


Figura 4.10– Boxtech

Il sistema PtL Pick to Light consente di agevolare il lavoro di prelievo da parte degli operatori attraverso un sistema di moduli luminosi (moduli QP5) che guidano l'operatore indicando sia la baia da cui effettuare il prelievo che la quantità da prelevare.

A fine prelievo l'addetto conferma l'operazione con la pressione del pulsante luminoso.

I principali vantaggi risultano essere:

- Facilità di esecuzione e di conferma
- Alta produttività
- Riduzione degli errori
- Gestione delle attività con le mani libere

- Pulsante principale luminoso a 3 colori, rosso verde e giallo, gestibile da sw applicativo
- Due pulsanti ausiliari
- Display numerico rosso a 5 cifre con possibilità di visualizzare alcuni caratteri
- Due led rossi ausiliari

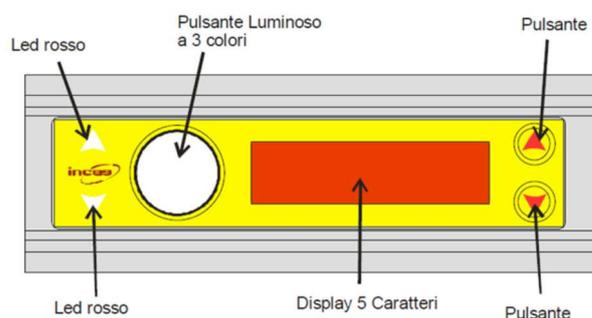


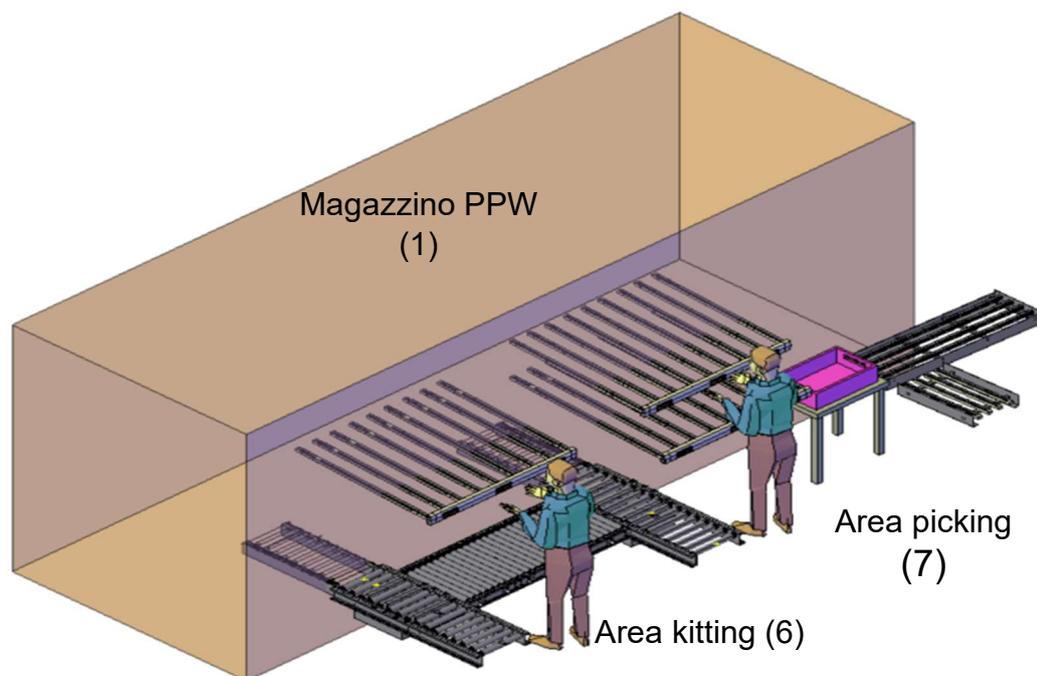
Figura 4.11– Modulo Quick Pick

Tale sistema è usato nelle postazioni operatore di "picking e kitting" che sono allestite con moduli a rullini a gravità e moduli luminosi per l'utilizzo del sistema di prelievo guidato.

4.7 Flusso della macchina

Il magazzino si compone delle seguenti aree (vedere immagini 3D a seguire):

1. Magazzino di stoccaggio cassette (Pick & Place Wagon - PPW)
2. Uscita motorizzata da magazzino verso AGV o operatore area kitting
3. Uscita a gravità da magazzino verso area kitting
4. Uscita a gravità da magazzino verso area picking
5. Punto di prelievo cassetta da parte dell'AGV (OUT AGV)
6. Punto di lavoro operatore area kitting (singolo piano a gravità)
7. Punto di lavoro operatore area picking (due piani a gravità; avranno lunghezze differenti per facilitare le operazioni di picking)
8. Punto di scambio cassette (pieni/vuoti) area picking da/verso aree esterne al progetto
9. Punto di ingresso manuale cassette verso il magazzino di stoccaggio
10. Punto di scarico cassetta, sulla linea, da parte dell'AGV (IN AGV)
11. Navetta di interfaccia tra magazzino di stoccaggio e punti di IN/OUT cassette da/verso altre aree



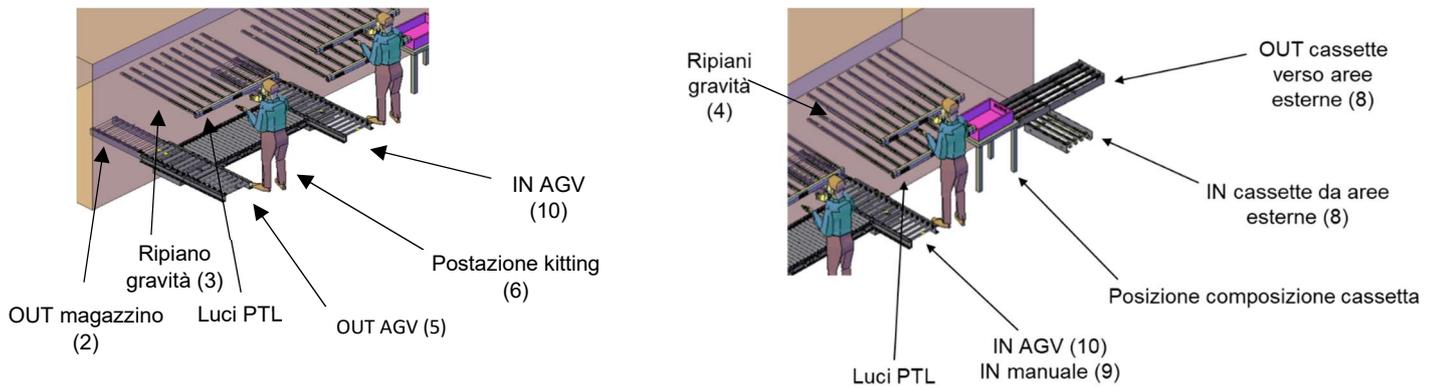


Figura 4.12– Magazzino in immagini 3D

In particolare la macchina risulta divisa in due aree di lavorazione, ognuna avente una propria funzione:

- Area1 è adibita alle attività di picking/kitting, carico e scarico dei contenitori dal magazzino automatico;
- Area 2 è adibita allo stoccaggio dei contenitori all'interno dei vani del magazzino automatico.



Figura 4.13– Suddivisione aree magazzino

Gli operatori, nella zona 2, provvedono a depositare un contenitore per volta, con il materiale, sulla linea di movimentazione, il quale giunge in prossimità della postazione di controllo sagoma: se conforme, prosegue a valle e viene preso in carico a bordo dello shuttle che provvede a depositarlo nel rispettivo vano della scaffalatura. Nel caso di non conformità, il contenitore indietreggia per poter essere verificato; una volta controllato potrà essere nuovamente inserito in linea.

- Quando giunge un ordine di prelievo, lo shuttle preleva dal vano il contenitore desiderato e lo deposita sulla linea di movimentazione: a tal punto, in funzione dalle informazioni ricevute dal software gestionale, il contenitore può giungere al termine della linea per essere prelevato oppure può deviare in



Figura 4.14– Area 1-Zona 2

corrispondenza della postazione di kitting. Il materiale necessario per lo svolgimento delle attività di kitting è contenuto all'interno di contenitori, ubicati su una struttura sovrastante a tale postazione.

Terminate le attività, il contenitore viene nuovamente trasferito verso lo shuttle.

Anche gli operatori, nella zona 1, provvedono a depositare un contenitore per volta, con il materiale, accompagnandolo sulla linea di movimentazione, il quale giunge al termine della stessa, restando in attesa di essere prelevato. Inoltre, quando giunge un ordine di prelievo, l'operatore provvede ad allestire un contenitore: una volta terminata tale attività, il contenitore viene accompagnato sulla linea di movimentazione. Eventuali contenitori vuoti possono essere sul tratto di trasporto flow rack, sovrastante la linea di movimentazione.

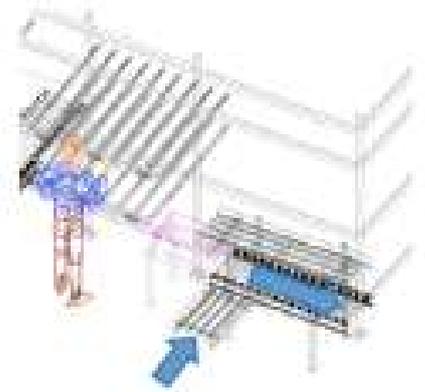


Figura 4.15– Area 1-Zona 1

L'area 2 invece è costituita da un'unica zona, la quale è adibita allo stoccaggio dei contenitori all'interno dei vani della scaffalatura in funzione delle informazioni ricevute dal WMS, mediante lo shuttle.

Alcuni possibili flussi:

- Ingresso cassette a magazzino, dall'esterno, per stoccaggio:
 - IN MANUALE cassetta composta in area picking: 9 -> 11 -> 1
 - IN AGV: 10 -> 11 -> 1
- Uscita cassette da magazzino verso operatore per operazioni di picking (piani a gravità):
 - Area kitting: 1 -> 11 -> 3
 - Area picking: 1 -> 11 -> 4
- Uscita cassette da magazzino di stoccaggio verso AGV:
 - OUT AGV: 1 -> 11 -> 2 -> 5
- Uscita cassette verso area kitting: (6)
 - Uscita cassette verso area kitting per preparazione kit: 1 -> 11 -> 2 -> 6
 - con rientro a magazzino della cassetta appena composta: 6 -> 9 -> 11 -> 1
 - con prelievo da parte dell'AGV della cassetta appena composta: 6 -> 9 -> 11 -> 2 -> 5
- Composizione cassetta area picking (7):
 - con prelievo cassetta vuota da punto di scambio con aree esterne (8-rulliera alta)
 - con rientro a magazzino della cassetta appena composta: 9 -> 11 -> 1
 - con prelievo da parte dell'AGV della cassetta appena composta su punto di scambio con aree esterne (8-rulliera bassa)

5 IL SISTEMA SW DEL MAGAZZINO AUTOMATICO: EASYSTOR

Il progetto è gestito da un sistema SW che si occupa sia della gestione del magazzino automatico, sia delle movimentazioni di collegamento.

I moduli software di base adottati per lo specifico progetto sono i seguenti:

- EASYSTOR gestione operativa di magazzino
- EASYLOGIC strato di interfaccia fra Easystor e l'automazione

Eventuali altri moduli del sistema Easystor potranno essere eventualmente integrati in funzione delle esigenze. Ad esempio:

- PERFORMER cruscotto avanzato di andamento, modulo statistico e misuratore di performance
- PAMS monitoraggio continuo del sistema e invio automatico di segnalazioni di anomalie al centro di assistenza per prevenire possibili malfunzionamenti dell'impianto.

5.1 Schema delle componenti del sistema

Nello schema sottostante sono riportati i blocchi principali che costituiscono il sistema software e hardware alla base del magazzino.

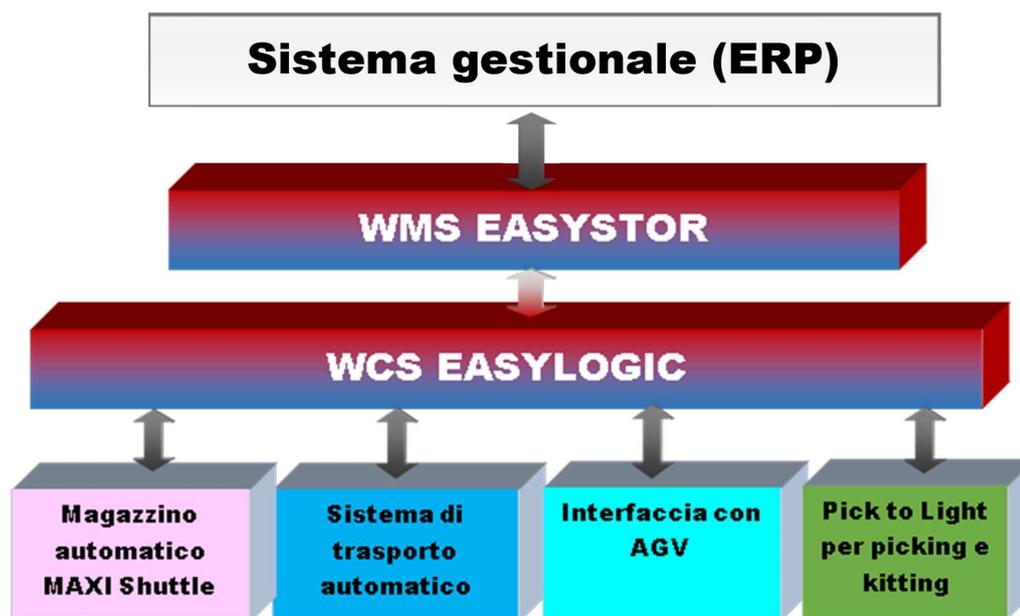


Figura 5.1 – SW: componenti sistema

Per una configurazione ottimale del sistema le giacenze vengono suddivise in:

- UDC (Unità di carico): cassetta contenente prodotti non ancora prelevati per gli ordini ma che sono stoccati nel magazzino
- UDS (Unità di spedizione): cassetta contenente gli articoli prelevati. Gli articoli possono essere prelevati dall'area kitting o dall'area picking.

Dopodichè sono stati definiti dei vani per identificare aree specifiche del magazzino. In questo modo si puo' risalire in quale posizione si trova una determinata UDC o UDS e quale materiale contiene.

E' l'operatore che inserisce manualmente a sistema le UDC o le UDS. Quando la cassetta vuota arriva sul Vano Picking l'operatore inserisce il codice dell'UDS e compone l'ordine richiesto. La stessa procedura viene eseguita quando la cassetta arriva nel Vano Kit.

5.1.1 WMS Easystor

Easystor è il sistema gestionale di magazzino. Collegato al sistema gestionale del cliente ed integrato con altri sotto-moduli, consente una gestione dinamica del magazzino attraverso un costante monitoraggio delle condizioni dello stock e di giacenza dei diversi articoli.

L'utilizzo di Easystor porta ad un uso ottimale delle risorse di magazzino grazie a:

- automazione delle procedure e delle movimentazioni;
- razionalizzazione dei trasferimenti di materiali;
- pronta segnalazione degli errori e delle anomalie;
- disponibilità di efficaci strumenti di controllo e rilevazione statistica.

Easystor è progettato per intervenire sulle seguenti problematiche:

- destinazione automatica materiali in ingresso;
- gestione dinamica delle locazioni di magazzino;
- massimo sfruttamento dello spazio disponibile;
- ottimizzazione dei percorsi di trasferimento materiali;
- uscita guidata dei materiali secondo principio F.I.F.O. ed altri ottimizzanti;
- integrazione ed interfacciamento con architetture preesistenti;
- elaborazione di statistiche di base.

5.1.2 WCS EASYLOGIC

Easylogic rappresenta lo strato di interfaccia logica/fisica tra i sistemi informatici superiori e l'automazione delle movimentazioni.

Questo strato di interfaccia risolve il problema della comunicazione con i dispositivi di automazione di campo (PLC potenzialmente eterogenei), realizzando una semplificazione degli strumenti e delle logiche di movimentazione dei materiali.

EASYLOGIC dispone di un'interfaccia grafica tramite la quale gli utenti possono interagire con il software ed i vari dispositivi HW e consente di vedere lo stato delle automazioni ed eventualmente operare comandi specifici.

Alcuni esempi di macro-funzionalità di EASYLOGIC:

- Sinottico schematico delle linee di trasporto su rulli o nastri con indicazione dello stato delle stazioni e delle informazioni necessarie riguardante le UdM presenti;
- Visualizzazione della distribuzione delle UdC all'interno del magazzino automatico, informazioni del contenuto di ogni ubicazione, ecc.
- Impostazione dei parametri di lavoro di alcuni componenti dell'impianto quali ad esempio i criteri di pallettizzazione in funzione delle dimensioni dei colli;
- Gestione degli scanner per l'identificazione delle UdC in transito;
- Stampa e applicazione automatica di etichette.

Nello specifico Il livello ERP/MES (Politecnico) gestisce la pianificazione delle esigenze produttive (piano lavoro) e delle distinte base associate. Ad ogni lancio di produzione viene inviato al magazzino (WMS) la lista delle distinte base (d.B.) con il dettaglio dei componenti e relative quantità. La singola distinta deve essere attivata manualmente o tramite un aggancio automatico all'arrivo di un AGV o di un evento produttivo esterno purché segnalato automaticamente.

Il WMS gestisce la distinta dividendo le eventuali missioni di prelievo manuale da quelle automatiche. Queste ultime sono attivate tramite WCS che invia i comandi al PLC, governando tutta la movimentazione automatica.

5.2 GESTIONE ORDINE

In seguito alle richieste provenienti dalla produzione viene emessa una lista degli ordini da prelevare. Questi ordini vengono inseriti manualmente dall'operatore, generando una missione di prelievo.

Le missioni su Easystor si suddividono in "Missioni di prelievo" e "Missioni di trasferimento".

Le prime riguardano i prelievi necessari a far fronte alla richiesta di un ordine. Coinvolgono una UDC e un articolo specifico. Possono anche prevedere il prelievo di un articolo con lotto specifico. Quando la missione viene evasa, il sistema esegue uno scarico dall'UDC considerata della quantità espressa sulla missione di prelievo stessa. Quindi all'UDC in questione, per l'articolo ed eventualmente il lotto specifico, viene sottratto il numero di pezzi richiesto dalla missione stessa. In caso l'UDC non abbia più quantità dopo aver eseguito il prelievo, essa rimane ancora presente a sistema, ma sotto la sezione delle "Udc vuote".

In contemporanea, l'Uds (Unità di Spedizione) utilizzata per raccogliere il materiale prelevato viene caricata della stessa quantità dello stesso articolo (con un certo lotto, se presente).

In questo impianto le missioni di prelievo sono impiegate per gestire i prelievi veri e propri della merce dalle due postazioni presenti. Inoltre, non essendo presenti dei palmari predisposti al picking, le missioni di prelievo non sono assegnate ad uno specifico operatore, ma sono assegnate direttamente ad una postazione piuttosto che all'altra (a seconda della tipologia di ordine: KIT o PICK).

Le seconde invece rappresentano delle missioni solamente di spostamento della cassetta, quindi non vi sono variazioni sul contenuto dell'UDC ma solamente degli spostamenti logici (da un vano ad un altro) della cassetta. Tutti i dati della cassetta (articoli, lotti, quantità) rimangono inalterati e comunque sempre collegati al codice UDC. In questo tipo di missioni non vi è indicazione dell'Uds di raccolta, poiché non impiegata in questo tipo di missione.

Le missioni di trasferimento sono state implementate per generare di conseguenza i corrispettivi movimenti per lo Shuttle e quindi per far arrivare la merce ai vani adibiti al prelievo da parte dell'operatore. Anche per le missioni di trasferimento non vi sono dei palmari utili a guidare l'operatore nello spostamento della merce, quindi in questi casi la missione di trasferimento è sempre destinata al traslo.

5.2.1 ESECUZIONE MISSIONE DI PRELIEVO

Quando un ordine viene attivato, il sistema, a seconda della tipologia di ordine (KIT oppure PICK), esegue la ricerca specifica del materiale all'interno del Maxi Shuttle. Se la ricerca va a buon fine, l'ordine diventa prelevabile. Questo passaggio genera delle conseguenze a cascata.

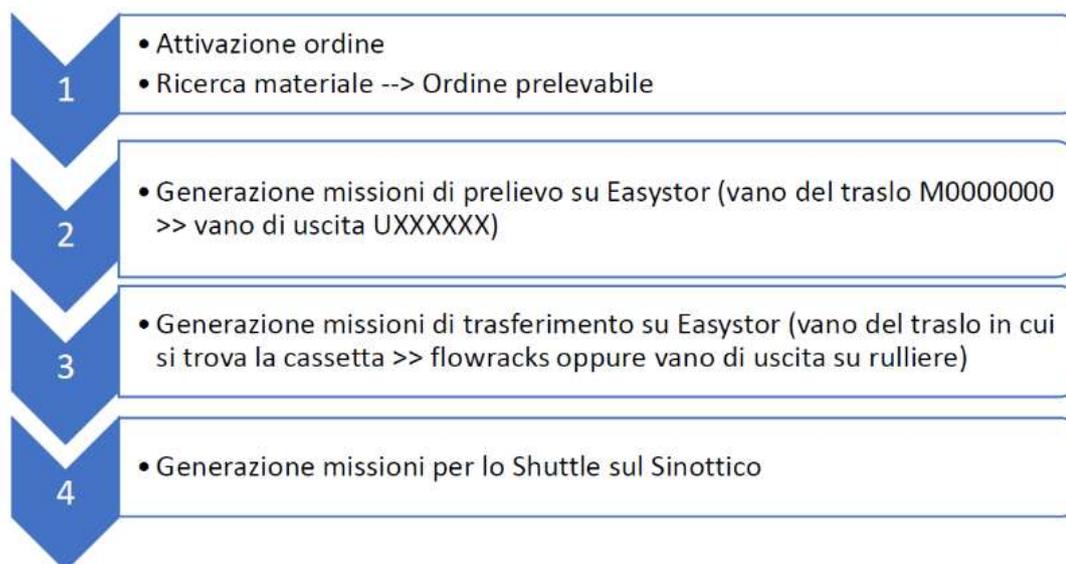


Figura 5.2– Flusso missioni di prelievo

Su Easystor vengono generate le missioni di prelievo che servono a soddisfare l'ordine attivato. Il termine "missioni di prelievo" vale per entrambe le tipologie, sia KIT che PICK, perché si tratta in ogni caso di prelievi di merce dalle cassette.

Le missioni di prelievo indicano fundamentalmente quale articolo, quale cassetta e quale quantità sono necessari per soddisfare un ordine. La missione indica anche da dove la merce deve essere prelevata.

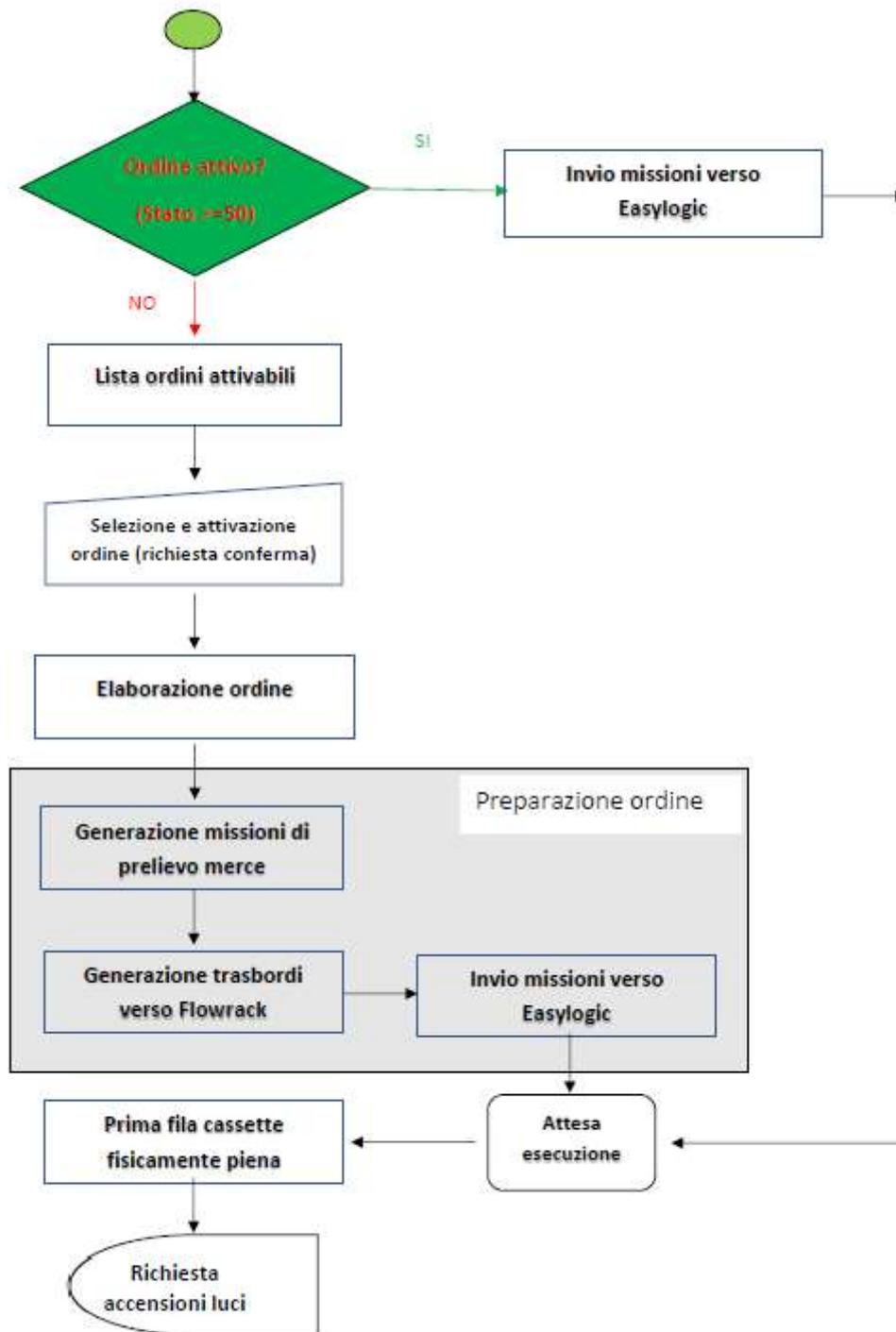


Figura 5.3– Flowchart preparazione ordine

Vediamo l'esempio sottostante. Abbiamo filtrato le missioni di prelievo "Evase" per l'ordine 5041.

Missioni prelievo (5 / 5) X

ID Missione	Tipo Missione	Stato Missione	Codice Articolo	Descrizione Articolo	UDX Mittente	Ordine
355	P	E	<u>0001</u>	Articolo Politecnico 0001	3002	5041
357	P	E	<u>0001</u>	Articolo Politecnico 0001	4009	5041
359	P	E	<u>0001</u>	Articolo Politecnico 0001	4020	5041
361	P	E	<u>0002</u>	Articolo Politecnico 0002	4017	5041
363	P	E	<u>0003</u>	Articolo Politecnico 0003	4012	5041

Ordine	Numero Riga...	Quantità Movimentata	Quantità Spostata	Causale	Vano Mittente	Vano Destinazione
5041	1	1	1	SCAORD	F0100103	XXXXXXXX
5041	1	1	1	SCAORD	F0100105	XXXXXXXX
5041	1	1	1	SCAORD	F0100303	XXXXXXXX
5041	2	3	3	SCAORD	F0100305	XXXXXXXX
5041	3	1	1	SCAORD	F0100103	XXXXXXXX
		7	7			

Figura 5.4– Videata missioni prelievo

Per soddisfare questo ordine il sistema ha generato le 5 missioni di prelievo che vediamo e che mostrano:

- codice e descrizione articolo
- UDC di prelievo
- numero riga dell'ordine che si soddisfa (le prime 3 missioni soddisfano la riga 1 dell'ordine)
- la quantità di merce da prelevare dall'UDC
- il vano in cui si deve trovare l'UDC per poter eseguire il prelievo corrente
- il vano di destinazione della missione di prelievo.

A questo punto il sistema va a generarsi le missioni di trasferimento delle cassette. Ad esempio per la cassetta 3002 il sistema genera la missione che dal traslo porta la cassetta sul flowrack richiesto dalla missione di prelievo.

Una volta generate le missioni di trasferimento, Easystor deve comunicare a Easylogic i movimenti da eseguire e lo fa sotto forma di attività legate alle cassette. Ad ogni cassetta viene comunicata l'attività che deve eseguire, ossia un certo punto specifico che deve raggiungere. Nell'esempio, alla cassetta verrà comunicato di raggiungere il flowrack F0100103.

Appena possibile (e con il Sinottico in automatico, come vedremo) Easylogic tradurrà questa attività in due o più movimenti fisici per lo Shuttle, che si potranno leggere dall'elenco presente sul Sinottico (sezione "Missioni Traslo").

Lo Shuttle andrà ad eseguire fisicamente tali movimenti. Se i movimenti vanno correttamente a buon fine, la cassetta 3002, ad esempio, sarà finita dal vano in cui si trovava all'interno del magazzino nel vano F0100103 (lo scopo dell'attività) e di conseguenza la relativa missione di trasferimento (che chiedeva lo spostamento della cassetta 3002 dal vano M0000000 al F0100103) verrà registrata dal sistema come evasa, ossia eseguita.

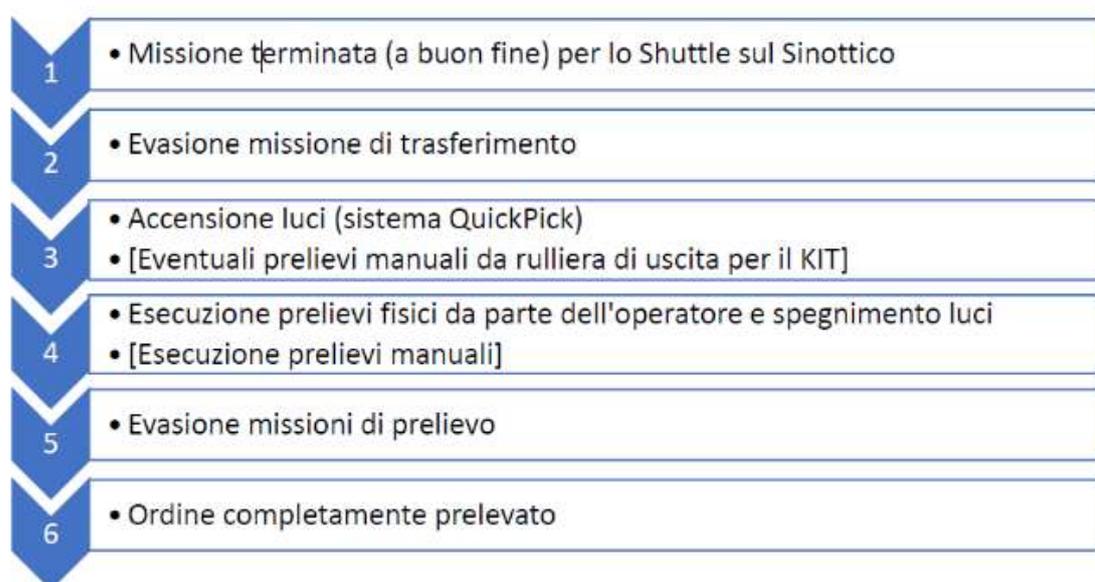


Figura 5.5- Flusso per evasione ordine

Per i KIT si possono avere due tipologie di missioni di prelievo:

- prelievo attraverso le luci (questo caso copre tutti i casi della postazione di Picking);
- prelievo dalla rulliera di uscita dell'impianto (prelievi definiti "prelievi manuali").

Attraverso il sistema delle luci (quindi prelevando la merce dalle UDC, mettendola nell'UDS e poi pigiando il bottone che si è acceso) oppure attraverso il prelievo manuale si vanno ad evadere le missioni di prelievo.

Quando tutte le missioni di prelievo di un certo ordine risultano evase, l'ordine corrispettivo risulta completamente prelevato.

5.2.2 Prelievo da Postazione PICKING e KIT

Dopo aver attivato l'ordine, le UDC da cui prelevare gli articoli giungono nelle postazioni di prelievo, i flowrack. Vi sono 3 vani flowrack per la postazione Kitting e 6 vani flowrack per la postazione Picking. In ogni vano ci stanno più cassette a seconda della loro dimensione.

L'operatore può comporre un'ordine per volta per postazione, solo quando avrà terminato tutti i prelievi richiesti sarà possibile gestire altri ordini.

Per iniziare il picking l'operatore deve recuperare una cassetta vuota da utilizzare come UDS. La cassetta scelta va posizionata sulla posizione di picking e viene battezzata inserendo il codice nel box apposito "Uds in prelievo".

Per accendere le luci, un'UDS deve essere presente nel box "Uds in prelievo" e le cassette chiamate per riempire la fila più prossima all'operatore devono essere arrivate ai flowrack.

Le luci con le quantità da prelevare si accendono. Nel caso in cui vi siano più cassette in coda nel vano del flowrack l'operatore deve prima completare i prelievi della prima fila dopodiché può rimuovere le cassette e metterle in linea cosicché le cassette successive possono avanzare.

Per ogni fila di cassette l'operatore deve prelevare gli articoli richiesti, premere sui pulsanti a fianco delle luci e poi premere anche il pulsante con la scritta "FINE".

Solo ora è possibile premere il pulsante "Scarico Flow Racks", per rimuovere logicamente le cassette dai vani di prelievo, dopodiché si possono rimuovere fisicamente anche le cassette dai flowrack e rimetterle in magazzino.

Il prelievo dei KIT può essere eseguito anche manualmente. Questo tipo di prelievo riguarda merce presente in cassette multi-referenza e/o multi-lotto, per le quali è necessario un controllo da parte dell'operatore sulla merce corretta da prelevare (ad esempio per cassette con divisori, contenenti più tipologie di prodotto).

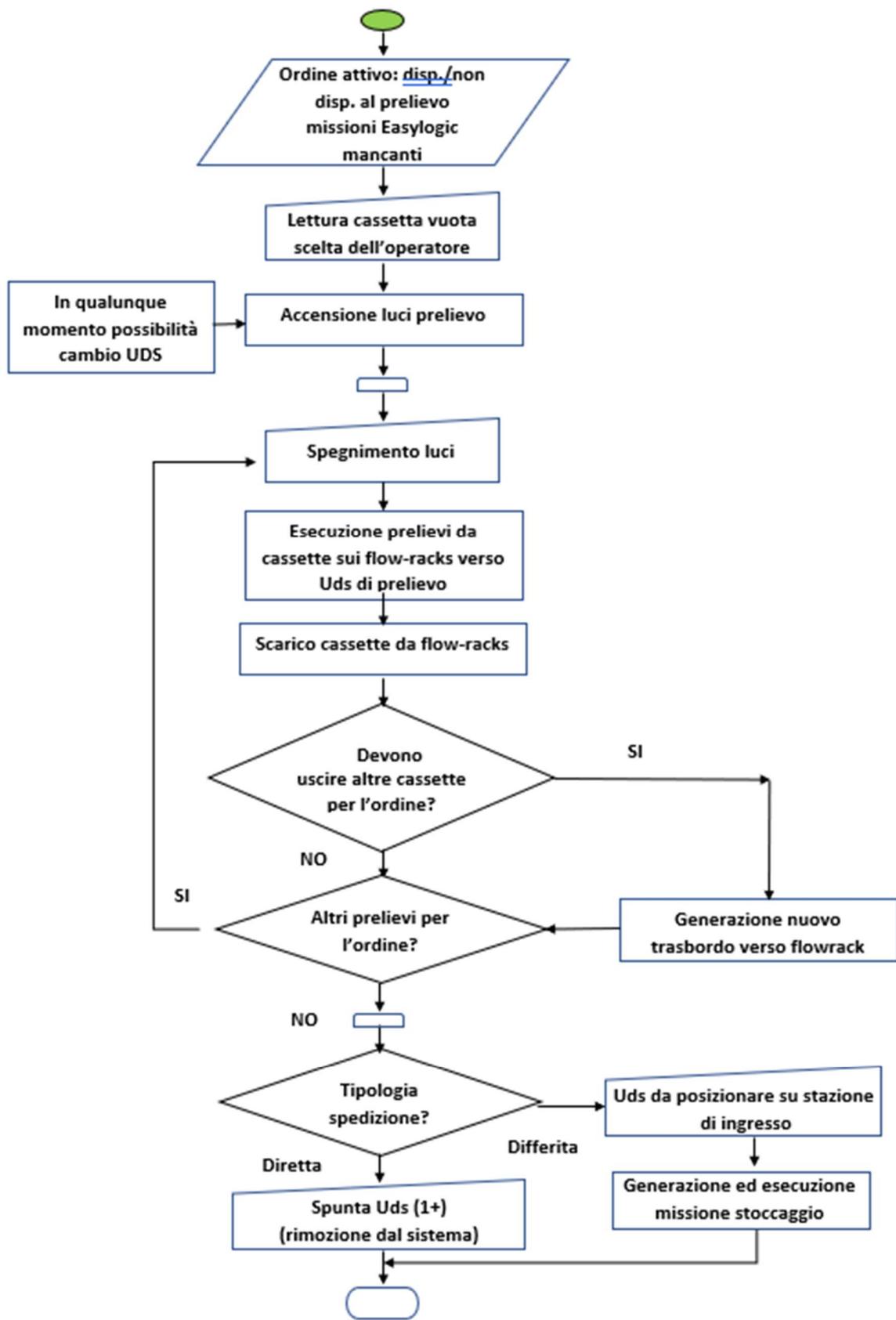


Figura 5.6– Flowchart missioni di prelievo

6 CASO STUDIO: ESTENSIONE DEL MAGAZZINO AUTOMATICO

Il "retrofitting" del magazzino consente il rinnovo o l'estensione successiva degli impianti adattandoli alle condizioni attuali e alle esigenze del mercato [4].

Vi sono diverse soluzioni di retrofitting che si adattano alle esigenze dell'azienda e contribuiscono ad accelerare, migliorare e potenziare le prestazioni dell'intralogistica esistente.

Modernizzazione degli impianti e del sistema di controllo:

Nel caso in cui la tecnologia seriale, gli azionamenti che richiedono un'estesa manutenzione, gli elevati consumi energetici e i vecchi sistemi di controllo fossero obsoleti è possibile modernizzare gli azionamenti e i sistemi di controllo e sostituire i componenti obsoleti con nuove unità ad alta efficienza ("green logistics") e si possono migliorare le prestazioni fino al 30%.

Le espansioni aumentano l'efficienza:

L'espansione dei sistemi esistenti è un'altra parte integrante delle soluzioni di retrofitting. Un miglioramento sostenibile dell'efficienza può essere ottenuto implementando ulteriori file di magazzino o percorsi di trasporto. Modificare i percorsi di trasporto esistenti, sostituire i componenti o convertire le scaffalature serve ad aumentare lo spazio disponibile.

Ottimizzazione dei processi attraverso la modernizzazione dell'IT:

Anche la modernizzazione del panorama dei sistemi IT mediante la sostituzione dell'hardware del server e del client, l'aggiornamento del sistema operativo o delle banche dati, la modifica o l'ampliamento degli attuali processi IT o l'implementazione di una modifica della release fornisce un importante contributo all'ottimizzazione dei processi.

6.1 Obiettivi dello studio logistico: estensione magazzino

Oggetto di questo studio è l'implementazione di una serie change requests necessarie per migliorare la gestione del magazzino attuale nonché per adeguarlo a future richieste del mercato.

Sostanzialmente si propone l'ampliamento del magazzino e l'aggiunta di una stazione adibita al carico e scarico delle cassette da e verso il magazzino.

L'estensione sostenibile del sistema comporta un miglioramento delle prestazioni complessive per ora e aumenta le posizioni di stoccaggio di oltre il doppio rispetto la situazione attuale.

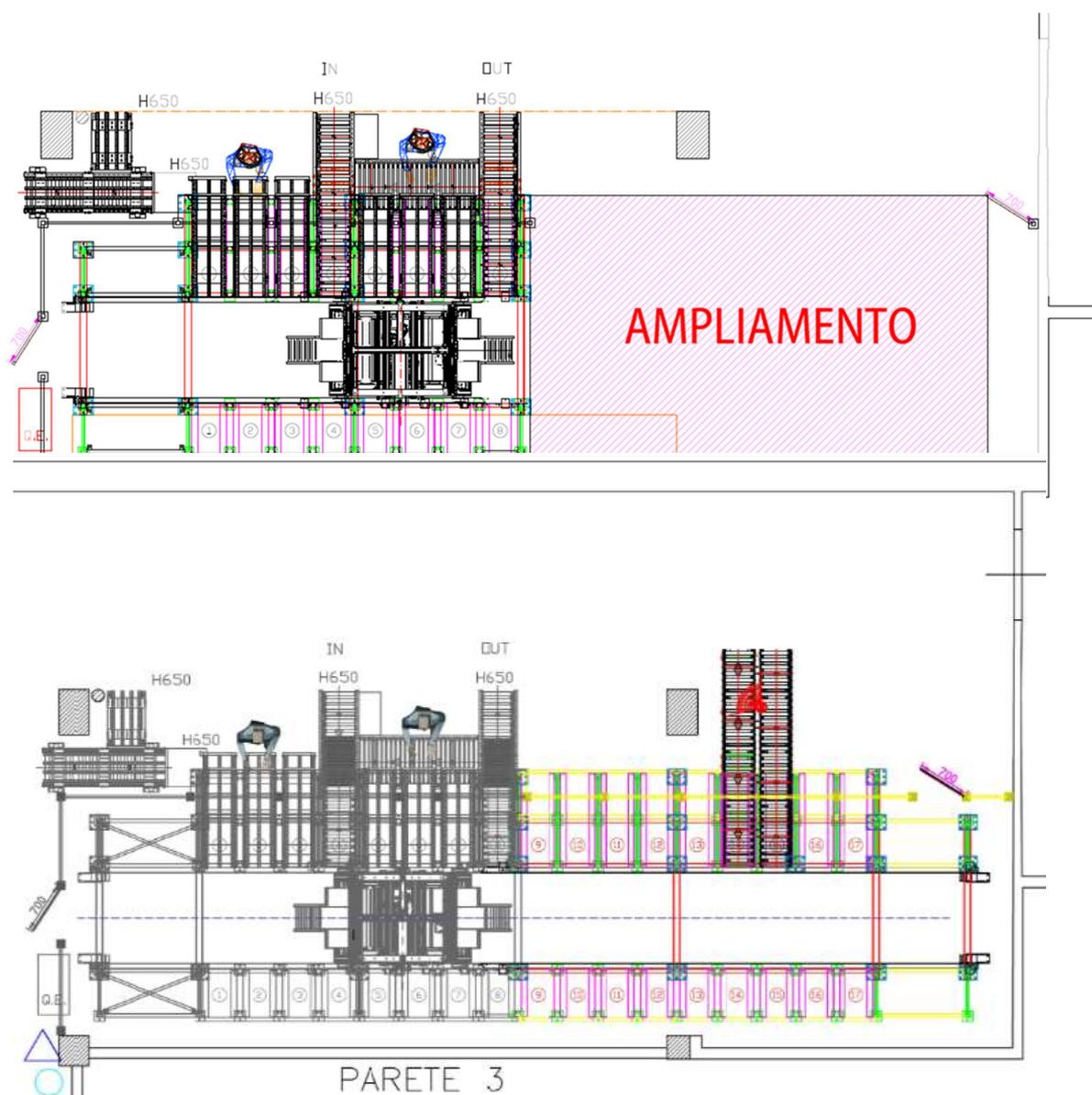


Figura 6.1– Estensione magazzino

L'ampliamento proposto riguarda:

- Estensione magazzino automatico MAXI Shuttle che consente di aggiungere 9 campate passando da 8 a 17 campate complessive.
- Convogliatori motorizzati di uscita dei colli interi dal magazzino automatico con prelievo AGV o manuale
- Convogliatore motorizzato per ingresso UdC in magazzino da deposito con AGV o manuale
- Aggiornamento quadro elettrico di gestione e controllo impianto automatico
- Aggiunta reti di protezione
- Aggiornamento software Liv. 1 PLC di gestione e controllo automazione
- Aggiornamento software WCS – middleware di colloquio tra Liv. 1 PLC e Liv. 2 WMS
- Aggiornamento Software Liv.2 WMS EASYSTOR di gestione magazzino

6.1.1 Scaffalatura

L'estensione del magazzino è stata progettata per allungare la scaffalatura pur mantenendo le stesse caratteristiche.

Le caratteristiche delle unità di stoccaggio non variano, e sono:

- Unità di carico cassette in plastica/vassoi con scatole
- Dimensione unità di carico 600 x 400 x 120/220 mm
400 x 300 x 120/220 mm
- Peso max. UDC 50 kg
- Lato inforcaamento 400 mm

Avendo allungato il corridoio di stoccaggio, il numero delle campate aumenta mentre i livelli restano invariati, per cui abbiamo:

- **Nr. campate utili** **17**
- Disposizione carico
 - Monofronte lato parete 3 7 livelli
600 x 400 singola profondità
400 x 300 doppia profondità
 - Monofronte lato operatore MAX 5 livelli
600 x 400 singola/doppia profondità
400 x 300 doppia/quadrupla profondità

L'allungamento consente un aumento delle UDS stoccate a magazzino, con il seguente risultato:

- Capacità magazzino 600 x 400 x h220= 55 posizioni
600 x 400 x h120= 57 posizioni
300 x 400 x h220= 110 posizioni
300 x 400 x h120= 114 posizioni
- **Capacità magazzino max** 600 x 400 x h120/220= 293 posizioni
400 x 300 x h120/220= 586 posizioni

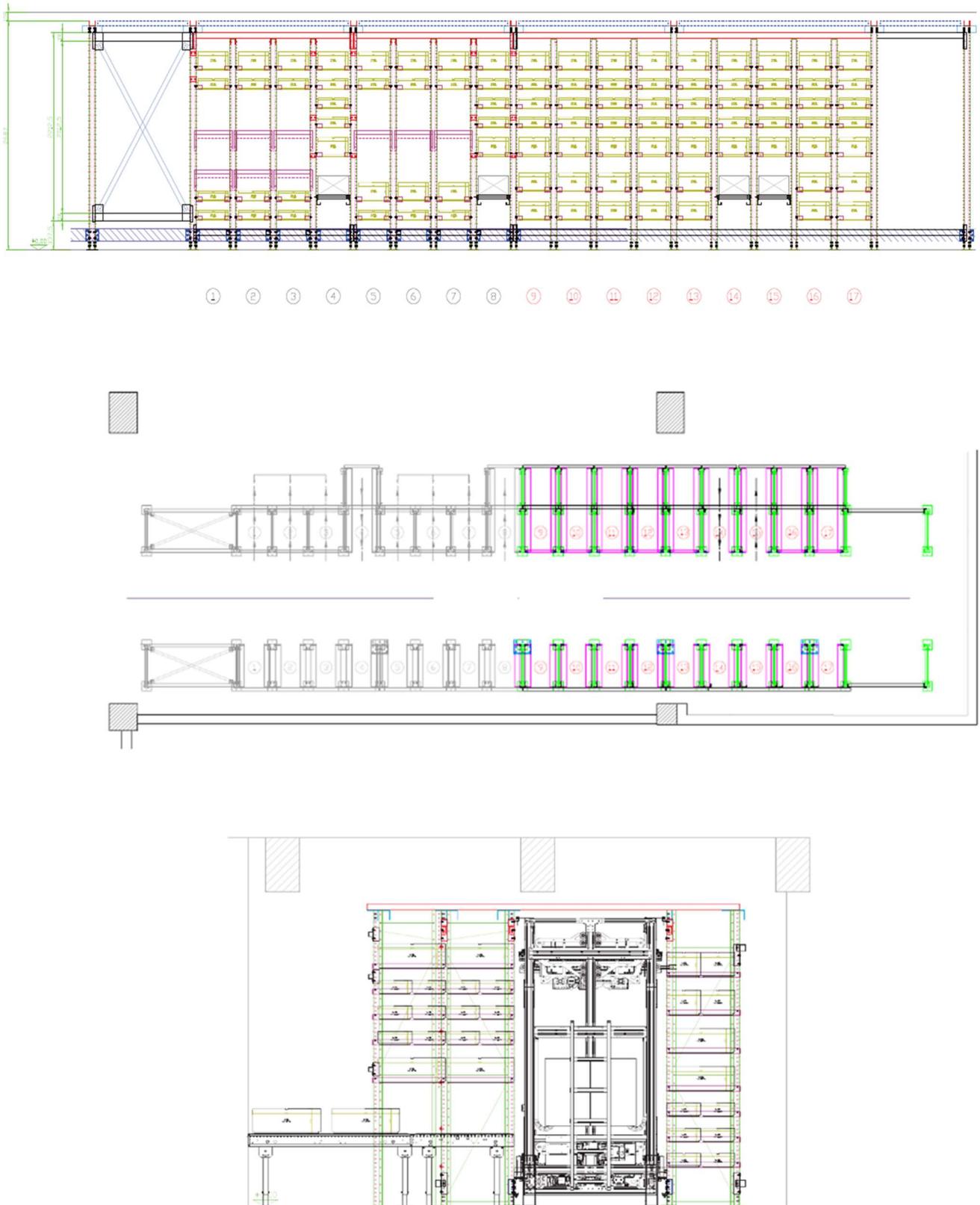


Figura 6.2– Estensione scaffalatura magazzino

6.1.2 Nuova stazione carico e scarico

L'allungamento del magazzino consente di creare nuovi spazi in cui inserire la nuova stazione di carico e scarico dei colli interi. In questo modo si vengono a creare due stazioni, quella attuale in cui verranno eseguite solo le attività di preparazione dei kit e quella nuova che verrà adibita al solo carico e scarico delle cassette intere da e verso il magazzino.

La configurazione attuale presenta alcuni limiti dettati dagli spazi disponibili ridotti. La rulliera di ingresso come quella di uscita sono composte da tre tratti a singola posizione e di conseguenza possono ospitare ognuna un solo collo vedi posizioni A1-A2-A3. La stessa configurazione è valida anche per la rulliera di uscita con B1-B2-B3.

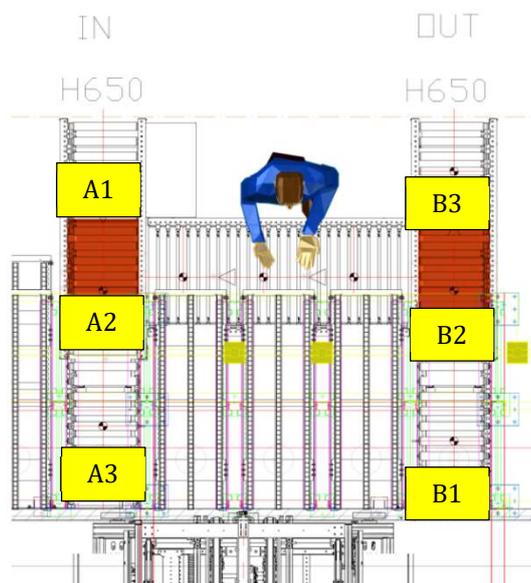


Figura 6.3– Localizzazione UDC

La posizione A3 è occupata dal collo, che avendo superato il controllo sagoma è in attesa di essere prelevato dallo shuttle. La navetta quindi carica una cassetta per volta, a prescindere dalla dimensione, e la va a depositare nel vano libero.

Volendo si possono caricare due colli a bordo della navetta ma con questa configurazione non risulta essere la soluzione ottimale perché :

- dopo il primo carico la navetta deve restare in attesa che il secondo collo passi il controllo sagoma;

- vengono caricati solo colli mono formato per cui è necessario avere una sequenza di due colli con le stesse dimensioni.

Per ovviare a queste limitazioni si propone una nuova stazione adibita esclusivamente alle sole attività di carico e scarico del magazzino.

La nuova stazione verrà creata con tratti a settori in modo che la navetta sarà in grado di caricare /scaricare due cassette per volta, andando così ad ottimizzare il tempo ciclo. L'importante sarà avere un treno di cassette da caricare aventi tutte lo stesso formato.

La divisione della rulliera a settori consente di migliorare i tempi ciclo poiché:

- si riduce lo spostamento delle cassette da un tratto all'altro;
- lo shuttle può prelevare e depositare 2 cassette in contemporanea, questo aspetto si vedrà meglio nel calcolo delle prestazioni del tempo ciclo.

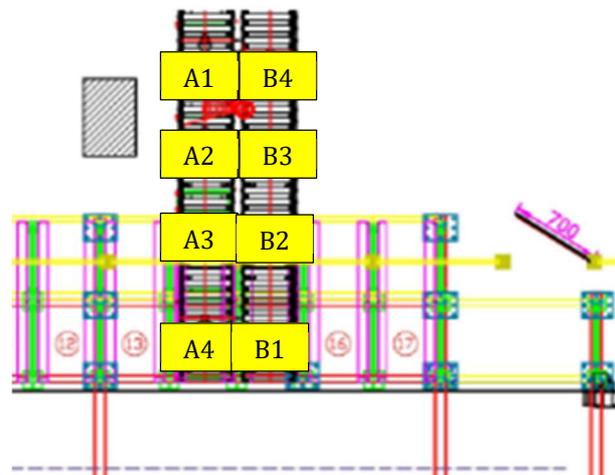


Figura 6.4– Nuova stazione: localizzazione UDC

6.2 Flusso della macchina

Il flusso del magazzino resta praticamente identico con l'aggiunta di due nuovi tratti:

12. Ingresso motorizzato verso magazzino
13. Punto di carico cassetta da parte dell'AGV o da parte di operatore
14. Punto di carico cassetta da parte di operatore
15. Uscita motorizzata da magazzino
16. Punto di prelievo cassetta da parte dell'AGV
17. Punto di prelievo cassetta da parte operatore

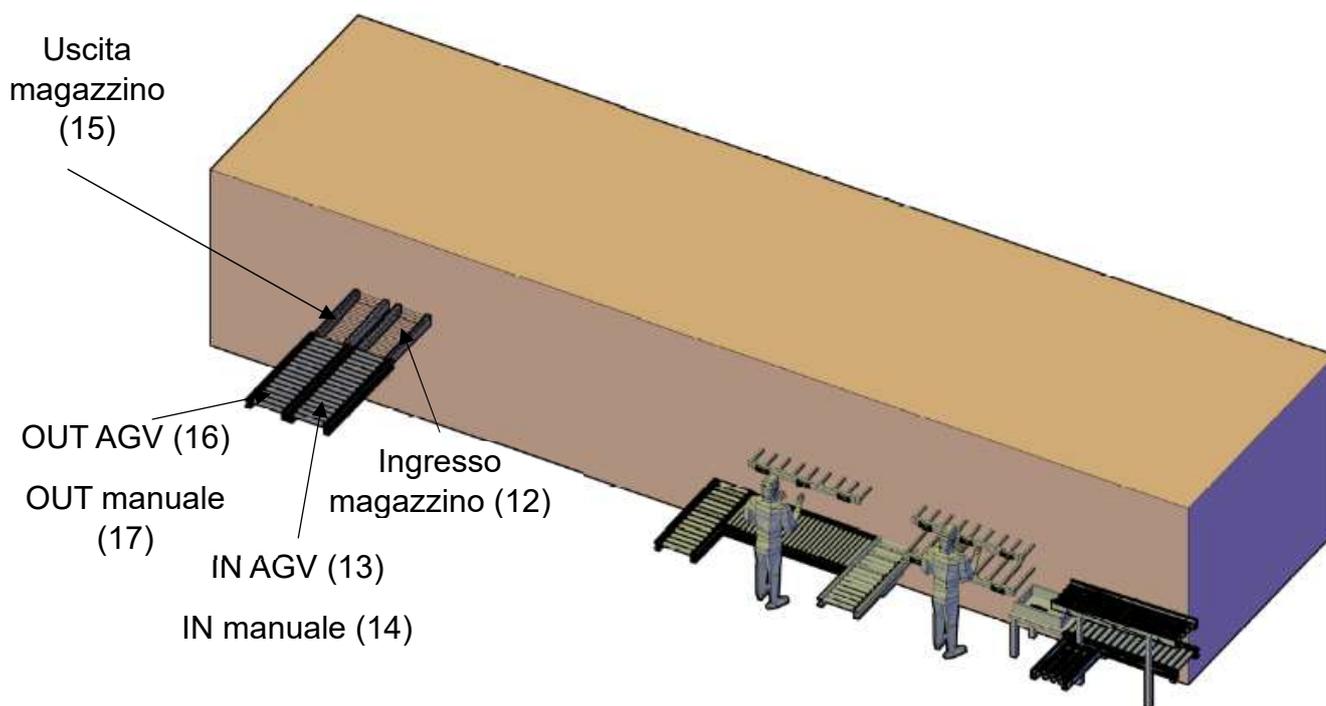


Figura 6.5– Flussi nuovo magazzino

In particolare è stata aggiunta una nuova zona, zona 3, adibita al carico e scarico dei contenitori interi dal magazzino automatico.

I contenitori vengono depositati uno per volta sulla linea di movimentazione tramite AGV o manualmente dall'operatore. Il contenitore giunge in prossimità della postazione di controllo sagoma: se conforme, prosegue a valle per essere preso in carico a bordo dello shuttle che provvede a depositarlo nel rispettivo vano della scaffalatura. Nel caso di non conformità, il contenitore indietreggia per poter essere verificato; una volta controllato potrà essere nuovamente inserito in linea.

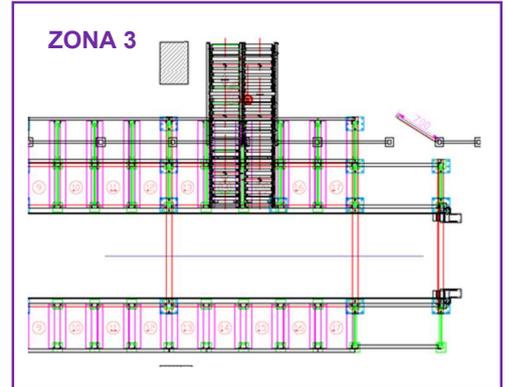


Figura 6.6– Zona carico e scarico

Quando giunge un ordine di prelievo di contenitore intero, lo shuttle preleva dal vano il contenitore desiderato e lo deposita sulla linea di movimentazione per poi essere prelevato dall'operatore o tramite AGV.

L'aggiunta di questa nuova zona consente l'ingresso e l'uscita dei contenitori interi dall'esterno verso il magazzino e viceversa. Questa soluzione consente di adibire la zona 2 esclusivamente alle attività di picking e conseguentemente viene migliorata la produttività riducendo i tempi di attesa.

Alcuni possibili flussi:

- Ingresso cassette a magazzino, dall'esterno, per stoccaggio:
 - IN MANUALE cassetta composta in area picking: 14 -> 11 -> 1
 - IN AGV: 13 -> 11 -> 1
- Uscita cassette da magazzino verso operatore per operazioni di picking (piani a gravità):
 - Area kitting: 1 -> 11 -> 3
 - Area picking: 1 -> 11 -> 4
- Uscita cassette da magazzino di stoccaggio verso AGV:
 - OUT AGV: 1 -> 11 -> 15 -> 16
 - Uscita cassette verso area kitting per preparazione kit: 1 -> 11 -> 2 -> 6
 - con rientro a magazzino della cassetta appena composta: 6 -> 9-> 11 -> 1
 - con prelievo da parte dell'AGV della cassetta appena composta: 6 -> 9->11 -> 2 -> 5
- Composizione cassetta area picking (7):
 - con prelievo cassetta vuota da punto di scambio con aree esterne (8)
 - con rientro a magazzino della cassetta appena composta: 9 -> 11 -> 1
 - con prelievo da parte dell'AGV della cassetta appena composta su punto di scambio con aree esterne (8)

7 IL SISTEMA SW DEL MAGAZZINO AUTOMATICO: CHANGE REQUEST

In questo paragrafo si propongono alcune soluzioni migliorative relative alla gestione sw del magazzino, in particolare si propone:

- Modifiche logica della Gestione prelievi;
- Modifica logica uscita Interi;
- Acquisizione automatica UDC/UDS.

7.1 Gestione prelievi

La gestione attuale del picking viene eseguita con la preparazione di un ordine per volta. In base alla lista degli ordini da preparare caricata sul WMS vengono prelevate a magazzino le cassette necessarie e depositate sui vani del flowrack. Il flowrack puo' contenere anche piu' file di cassette, il cui numero dipende dalle dimensioni della singola cassetta. L'operatore guidato dalle luci preleva il materiale necessario alla composizione di un ordine.

In questa gestione l'operatore dopo avere effettuato il prelievo degli articoli richiesti dalla cassetta non puo' rimuoverla ma deve aspettare di avere terminato il prelievo in tutte le cassette presenti nella prima fila.

Nel caso in cui sui vani del flowrack siano presenti piu' file di cassette l'operatore dopo avere seguito la procedura di prelievo per la prima fila puo' rimuovere le cassette rimettendole in linea e dopodichè puo' fare avanzare la fila successiva. A completamento dei prelievi sui flowrack l'UDS contenete l'ordine richiesto verrà collocata in posizione specifica in attesa di essere prelevata.

Per velocizzare le operazioni di picking ed eliminare i tempi morti si propongono due modifiche, in particolare:

- 1) Gestire il prelievo per singola cassetta;
- 2) Creazione di una terza postazioni di picking.

7.1.1 Gestione prelievi singoli

La modifica proposta riguarda la gestione del prelievo da parte di Easystor sulla singola cassetta.

La miglioria proposta nasce dalla necessità di iniziare a operare sulle cassette man mano che esse arrivano sulle uscite del picking.

Per tutte le postazioni di picking si prevede di eseguire il prelievo sulla prima cassetta e far avanzare la seconda, dopo che la prima cassetta è stata rimossa seguendo le procedure richieste, che non cambiano rispetto alla precedente gestione. A differenza della situazione attuale in cui le luci si accendono tutte insieme all'arrivo dell'ultima cassetta ora è possibile l'accensione individuale all'arrivo di ogni cassetta. Questa modifica consente all'operatore di rimuovere la cassetta appena ha eseguito il prelievo richiesto e di far avanzare la cassetta successiva senza attendere la fine di tutti i prelievi.

Vedasi a seguire il Flow chart con i punti principali da eseguire per i prelievi.

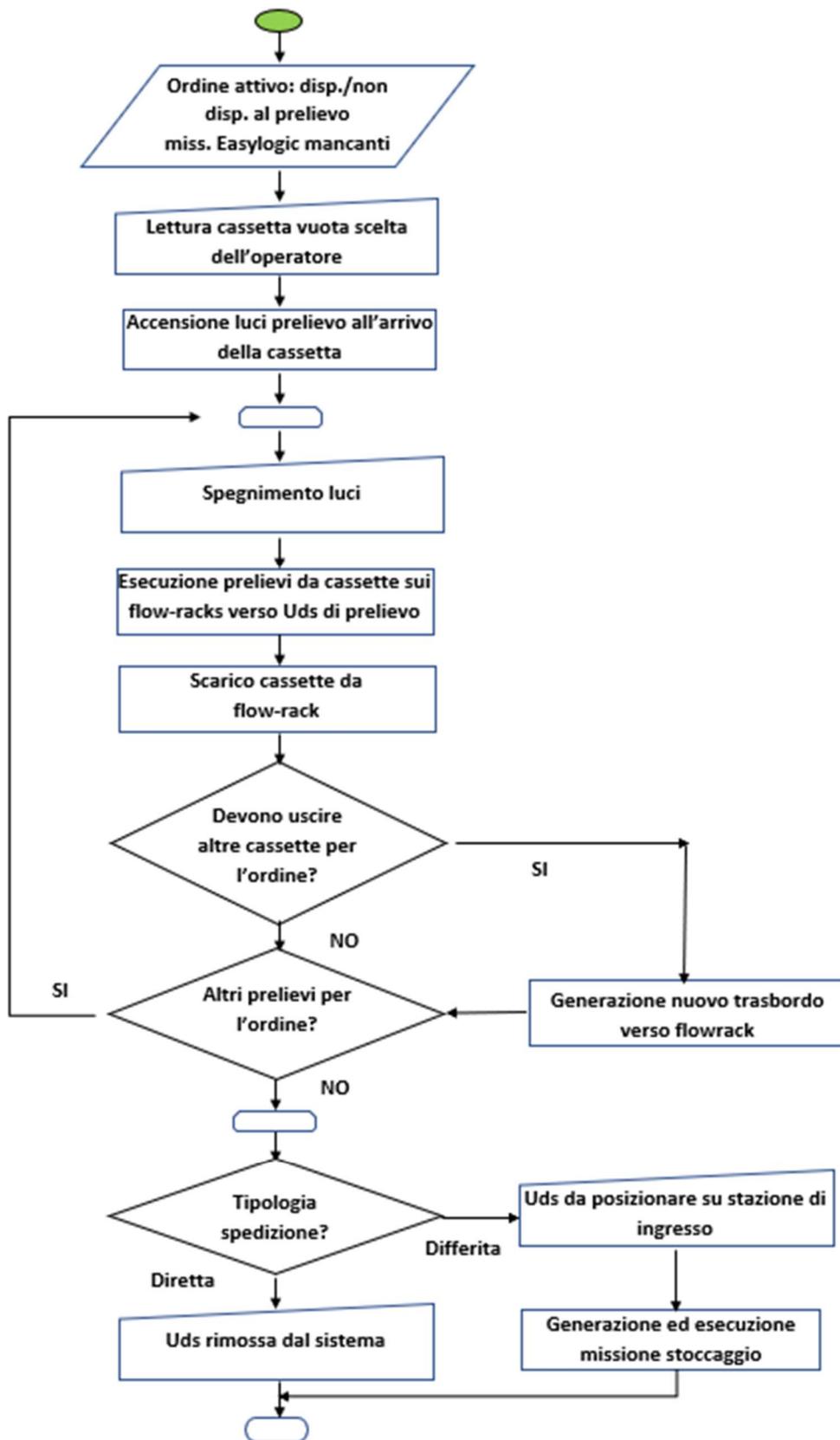


Figura 7.1–flowchart missioni di prelievo modificato

7.1.2 Terza postazione picking

La modifica proposta nasce dall'esigenza di gestire più ordini in contemporanea. Attualmente è possibile gestire un ordine per postazione per cui un ordine nella postazione di Picking e un ordine nella postazione Kitting.

La postazione Kitting, composta da un solo piano con tre vani flowrack, non viene modificata e si continua a gestire un solo ordine per volta mentre la modifica proposta riguarda la postazione Picking.

La postazione Picking è composta da due livelli ognuno avente 3 vani flowrack. Attualmente viene gestito un solo ordine sui due livelli. L'operatore prima di iniziare un nuovo ordine deve prima effettuare tutti i prelievi necessari poi deve rimuovere tutte le cassette dai flowrack dopodiché può lanciare il nuovo ordine.

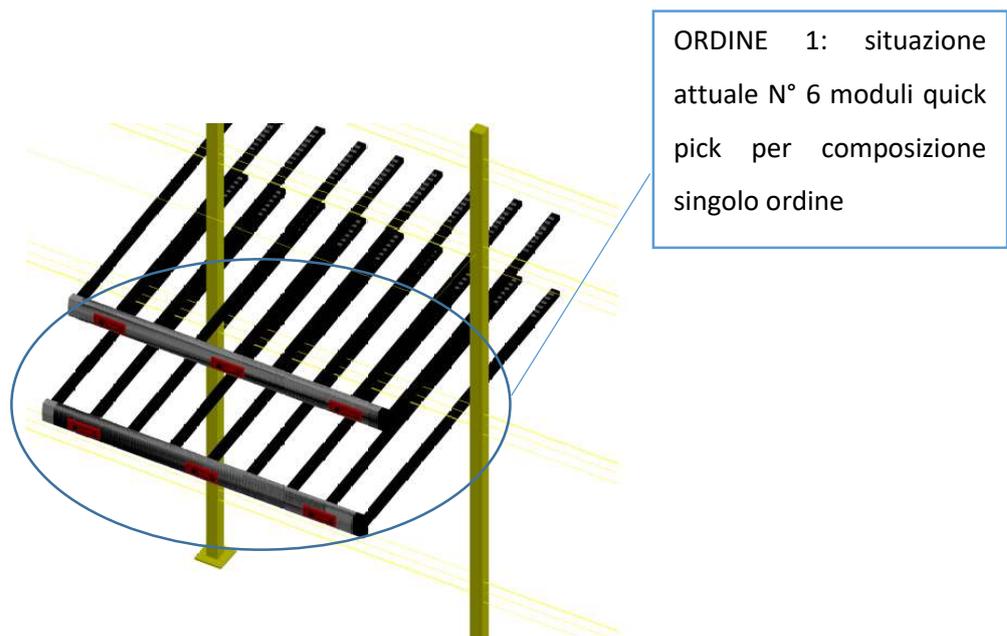


Figura 7.2–Postazione picking attuale

Al fine di velocizzare le operazioni, si separerà la gestione delle 6 rulliere della zona picking su due livelli in modo che possano essere gestiti ordini separati per ogni livello. Ciò consentirà di iniziare a preparare un ordine in coda in un livello mentre l'altro livello esegue le operazioni manuali.

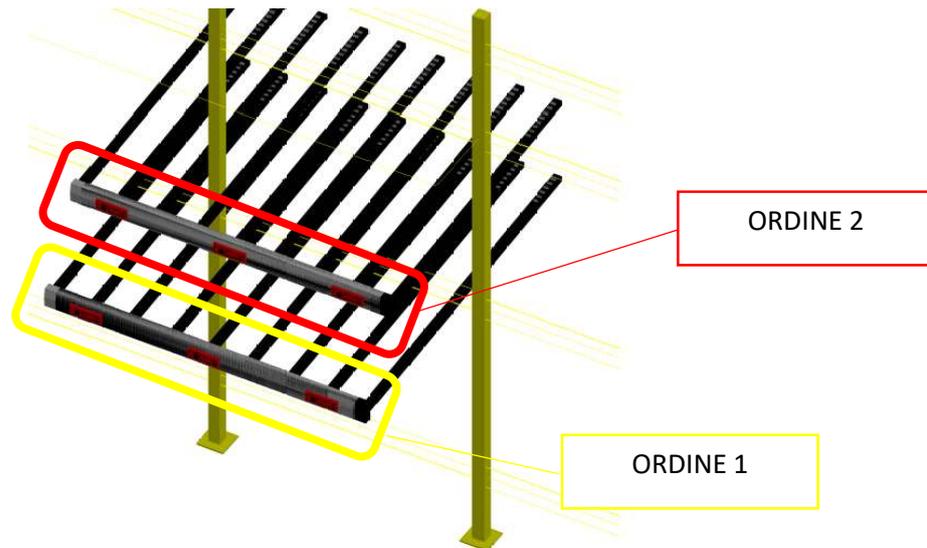


Figura 7.3–Nuova configurazione postazione picking

Con questa configurazione l'operatore può gestire in contemporanea due ordini, uno per livello. Ne consegue che se l'operatore non ha completato gli spostamenti del materiale per l'ordine in corso, si può trovare con materiale di un altro ordine sull'altro livello di picking. Per questo motivo, che in realtà è un vantaggio in termini di riduzione di tempi di attesa.

Questa configurazione consente anche di lavorare con due operatori, in questo caso ogni operatore seguirà un livello e si eseguirà in parallelo l'evasione dei due ordini.

7.2 Gestione uscita interi

Attualmente la gestione di uscita delle cassette intere viene gestita sui flowrack seguendo l'iter di un picking, l'UDC viene travasata completamente in un'altra cassetta.

Con la creazione di una nuova stazione è possibile fare uscire le cassette intere nel tratto di uscita dedicato, potendo così prelevare la cassetta senza più travasarla.

Si noti che per interi si intendono le cassette per cui non è stato effettuato nessun prelievo.

Nel caso in cui un ordine sia composto da prelievi di articoli sfusi e da prelievi di cassette intere, è necessario che l'operatore, dopo aver prelevato tutti gli sfusi, confermi la fine delle attività per quella postazione per poi recarsi nella nuova postazione di uscita colli interi.

Dalla nuova postazione richiama l'ordine e il sistema provvede a fare uscire tutte le cassette intere previste.

7.3 Acquisizione automatica UDC/UDS

Il presente capitolo propone l'utilizzo delle pistole laser per l'identificazione delle cassette.

La proposta è quella di migliorare le prestazioni e ridurre gli errori durante l'identificazione delle cassette al fine di raggiungere i seguenti obiettivi:

- notevole incremento della produttività e dell'efficienza;
- maggiore controllo sulla correttezza delle transazioni effettuate.

Il puntatore laser è un oggetto maneggevole di dimensioni contenute che, grazie all'emissione di un fascio rettilineo e sottile di luce laser a bassa intensità di potenza, illumina superfici sia vicine che distanti. È uno strumento ergonomico, veloce, capace di letture a distanza, letture angolate e letture sotto trasparenze.



Figura 7.4–Pistola laser [14].

I lettori manuali svolgono unicamente la funzione di leggere il codice a barre e trasmetterlo al computer a cui sono collegati tramite USB, rete, ethernet, Wireless. Sono dotati di un solo pulsante da premere dopo aver puntato il codice.

Tutte le cassette che vengono gestite dal magazzino sono dotate di etichette di identificazione riportante un codice a barre, l'operatore attualmente legge il codice e lo inserisce a sistema manualmente tramite tastiera. Questa operazione viene eseguita durante:

- la fase di carico cassette a magazzino;
- in fase di picking per la creazione dell'UDS.

Per automatizzare queste operazioni si è pensato di dotare le tre postazioni operatore di lettori laser:

- nuova stazione carico/scarico cassette;
- stazione picking;
- stazione kit.

L'operatore tramite il lettore scansiona il codice a barre ed in automatico viene inserito nel sistema.

L'UDC caricata avanza nella stazione di controllo dove viene verificata, tramite il laser presente sulla linea, la corrispondenza del tipo di UDC dichiarata.

L'esito di tale controllo viene tracciato sulla postazione PC. Se tutto ok la cassetta procede verso il magazzino automatico altrimenti ritorna alla stazione di controllo.

La creazione dell'UDS avviene sempre leggendo il codice a barre della cassetta vuota che da UDC diventa UDS. Questa operazione viene eseguita in fase di picking o kitting.

Le UDC invece che escono dal magazzino per essere prelevate intere vengono indirizzate sulla stazione di uscita interi.

Mediante la pistola laser sparando il codice UDC presente sulla stazione il sistema recupera le informazioni e trasforma il codice UDC in codice UDS.

8 CONFRONTO PRESTAZIONI: SOLUZIONE ATTUALE -SOLUZIONI PROPOSTE

In questo capitolo analizziamo le prestazioni ottenute nelle due soluzioni ossia del magazzino allo stato attuale e del magazzino ampliato, così come è stato descritto precedentemente.

Il tempo di ciclo è l'indicatore di base che determina il numero di unità di carico che è possibile movimentare in un magazzino automatico in un determinato arco di tempo [19].

Possiamo definire il tempo di ciclo come il tempo che uno shuttle impiega per prelevare un contenitore dalla testata, depositarlo sulla scaffalatura, estrarne un altro e consegnarlo (sulla stessa testata o all'altra estremità della corsia). Ovvero, è la somma di tempi di valore costante (indipendenti dalla posizione delle merci) e dei tempi variabili relativi alle traslazioni.

I tempi sono direttamente correlati ai dati tecnici della macchina (accelerazioni, velocità, tempi di posizionamento ecc.) e delle distanze da percorrere in ciascun caso [20].

Cominciando dai diversi tempi del ciclo, è possibile calcolare il tempo medio del ciclo di uno shuttle, ossia un valore statistico con cui si può avere un'idea approssimativa della capacità di movimentazione che si ottiene in magazzino.

Il sistema, in entrambe le soluzioni proposte, può lavorare in due modi differenti:

- In modalità doppio ciclo, dove ogni corsa comprende una fase di stoccaggio, una corsa a vuoto, ed una di ritiro;
- In modalità singolo ciclo, dove vi è una fase di stoccaggio e il ritorno della macchina nella posizione iniziale ed una fase di ritiro del materiale dalla locazione.

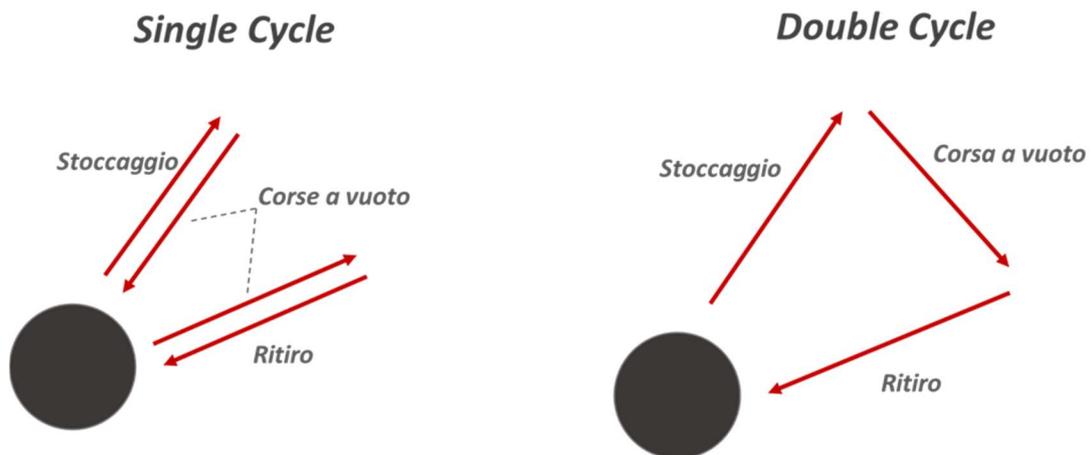


Figura 8.1– Tipologia cicli di lavoro

Con ciclo semplice si intende l'entrata e l'uscita separate della merce dalle scaffalature. Durante la movimentazione per lo stoccaggio, lo shuttle preleva solo le unità di carico della testata e le deposita sulle scaffalature per poi tornare senza carico al punto di ingresso del magazzino. Nella fase di estrazione, lo shuttle preleva la merce dall'ubicazione e la trasferisce fino all'uscita del magazzino automatico. Il ciclo semplice è la normale movimentazione di una grossa quantità di merce che lo shuttle deve solo riporre (senza prelevare nulla). Tuttavia, è poco pratico quando le operazioni di stoccaggio e di estrazione si incrociano.

Il ciclo combinato è la movimentazione di uno shuttle quando, partendo dalla testata della corsia, deposita un contenitore in un'ubicazione della scaffalatura e, dopo un piccolo spostamento, preleva un carico in un altro vano della scaffalatura e lo porta fino al trasportatore in uscita. Come è evidente, in questo caso la gestione è molto più efficiente, poiché si compiono due azioni con un'unica movimentazione, aumentando di conseguenza il rendimento del magazzino. Grazie al ciclo combinato, si riducono i movimenti e, quindi, si velocizzano i flussi.

Le prestazioni dei trasloelevatori sono definite mediante la norma F.E.M. 9.851.

Definite le prestazioni dei trasloelevatori (velocità, accelerazioni, etc.) la norma FEM permette di identificare le posizioni nella scaffalatura per cui calcolare la durata dei suddetti cicli FEM. In realtà il modo di procedere è il seguente: dato il layout della scaffalatura mediante la simulazione dei cicli FEM è possibile dimensionare correttamente le velocità e le accelerazioni delle macchine.

Analizziamo ora il calcolo delle prestazioni per le nostre due soluzioni.

8.1 CALCOLO PRESTAZIONI STATO ATTUALE

Analizziamo ora il ciclo del magazzino allo stato attuale, i dati principali da tenere in considerazione sono i seguenti:

Lunghezza magazzino	3,6 mt
Altezza magazzino	2,7 mt
Tipologia stoccaggio	Singola e doppia profondità
Velocità rulliere	0,3 m/s
Velocità massima shuttle asse x	4 m/s
Accelerazione massima shuttle asse x	1,5 m/s ²
Velocità massima shuttle asse y	0,8 m/s
Accelerazione massima shuttle asse y	1,6 m/s ²
Velocità nastri	0,3 m/s
Tempo operativo forca telescopica singola prof.	7 s
Tempo operativo forca telescopica doppia prof.	10 s

Alcune considerazioni da tenere presente:

- Lo shuttle preleva sul tratto di ingresso un singolo contenitore per volta poiché la postazione dopo il controllo sagoma è singola.
- A bordo dello shuttle sono consentite solo cassette mono formato;
- La forca telescopica carica a bordo solo 1 cassetta per volta e la deposita, mentre ne carica due durante il prelievo;
- La scaffalatura è in doppia profondità per le cassette da 600mm ma può raggiungere la quadrupla profondità per le cassette da 300mm ma quest'ultima non viene considerata nel calcolo del tempo ciclo;
- L'ingresso e l'uscita si trovano sul lato lungo del magazzino e conseguentemente le coordinate asse x sono diverse;
- I flowrack presenti sul lato lungo del magazzino vengono considerati come semplice deposito su scaffalatura. Lo shuttle deposita il contenitore richiesto per il prelievo sul flowrack e l'operatore una volta finito preleva manualmente il contenitore;

Le prestazioni teoriche dei sistemi MS proposti, in considerazione di un ciclo FEM standard, sono di 67 cicli/ora per macchina con un tempo per singolo ciclo di 53,5sec, pari a 67 cassette IN /134 cassette OUT. Se invece consideriamo il ciclo singolo il tempo impiegato per un singolo deposito è 19,3 sec con 186 cassette stoccate/h mentre il tempo di prelievo è 17,4 sec con 207 prelevate in un'ora.

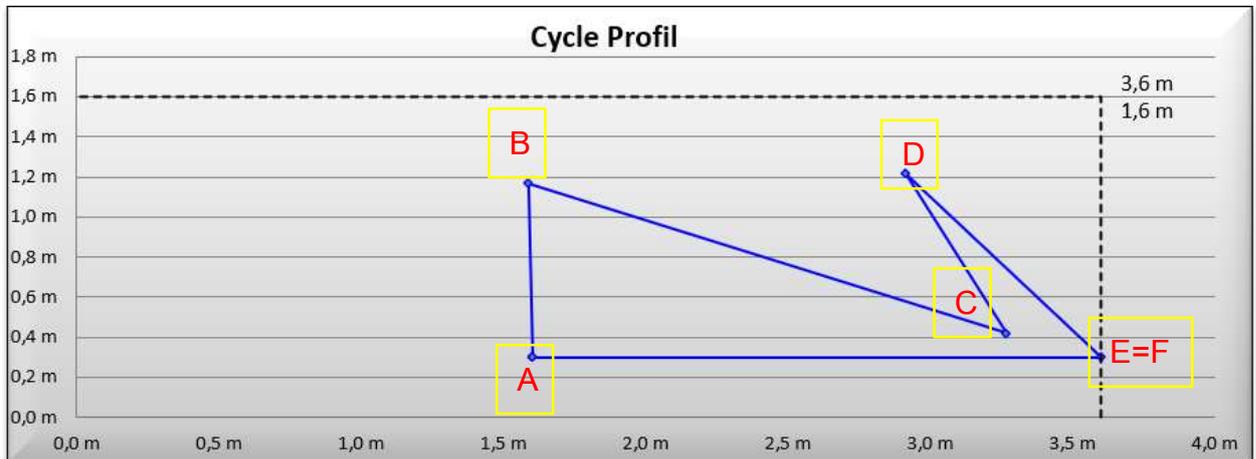


Figura 8.2– Ciclo FEM magazzino attuale

Il punto A corrisponde al punto di prelievo della cassetta da parte dello shuttle.

Lo shuttle non utilizza le forche telescopiche perché la cassetta avanza tramite rulliera e tappetino presente nella culla.

B è il punto di stoccaggio rispettivamente in doppia profondità.

Il punto C e D corrispondono al prelievo del contenitore da parte dello shuttle rispettivamente in singola e doppia profondità.

Ed Infine i punti E e F sono il deposito dei contenitori sulla rulliera di uscita. La forca telescopica porta due cassette per volta ma il deposito sulla rulliera di uscita avviene singolarmente.

8.2 CALCOLO PRESTAZIONI per ampliamento magazzino automatico

Esaminiamo ora le prestazioni in seguito all'ampliamento del magazzino automatico, così come proposto nella nuova soluzione. I dati principali da tenere in considerazione sono:

Lunghezza magazzino	8,4 mt
Altezza magazzino	2,7 mt
Tipologia stoccaggio	Singola e doppia profondità
Velocità rulliere	0,3 m/s
Velocità massima shuttle asse x	4 m/s
Accelerazione massima shuttle asse x	1,5 m/s ²
Velocità massima shuttle asse y	0,8 m/s
Accelerazione massima shuttle asse y	1,6 m/s ²
Velocità nastri	0,3 m/s
Tempo operativo forca telescopica singola prof.	7 s
Tempo operativo telescopica doppia prof.	10 s

Valgono le stesse considerazioni fatte in precedenza con l'eccezione del carico delle cassette a bordo della navetta. In questa soluzione sono stati aggiunti due nuovi tratti uno per il carico cassette a magazzino e l'altro per lo scarico colli interi. Con questa soluzione la navetta può caricare e scaricare in contemporanea 2 contenitori ottimizzando i tempi di carico e scarico.

Le prestazioni teoriche dei sistemi MS proposti, in considerazione di un ciclo FEM standard, sono di 59 doppi cicli/ora per macchina con un tempo impiegato per singolo ciclo di 61,5 sec, pari a 118 cassette IN /118 cassette OUT. Se invece consideriamo il ciclo singolo il tempo impiegato per un singolo deposito è 17,9 sec con 201 cassette stoccate/h mentre il tempo di prelievo è 22,3 sec con 162 cassette prelevate in un'ora.

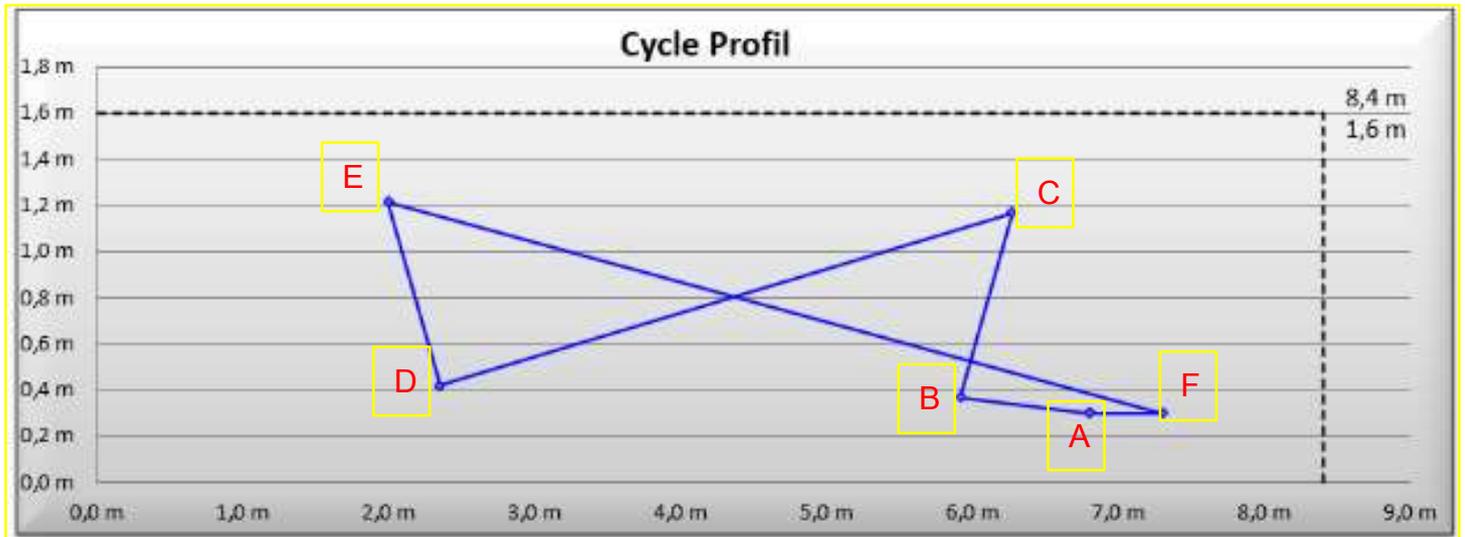


Figura 8.3– Ciclo FEM magazzino esteso

Il punto A corrisponde al punto di prelievo delle due cassette da parte dello shuttle.

Lo shuttle non utilizza le forche telescopiche perché la cassetta avanza tramite rulliera e tappetino presente nella culla.

B e C sono i punti di stoccaggio rispettivamente in singola e doppia profondità.

I punti D e E corrispondono al prelievo del contenitore da parte dello shuttle rispettivamente in singola e doppia profondità.

Ed Infine il punto F è il deposito dei due contenitori sulla rulliera di uscita.

Si può notare che avendo allungato la corsia dello shuttle e avendo aggiunto un ingresso che consente la movimentazione di due cassette il numero di cassette movimentate è aumentato passando da 201 a 236 cassette/h.

9 ANALISI COMPARATIVA TRA SOLUZIONE ATTUALE E NUOVA PROPOSTA

9.1.1 Confronto stazione carico/scarico attuale e soluzione proposta

Analizziamo ora le principali differenze tra le due stazioni.

Nella stazione attuale la cassetta viene caricata sul tratto A1 manualmente o tramite AGV, dopodichè viene trasferita nella posizione A2. Nel trasferimento viene verificata la conformità della cassetta (controllo lettura barcode e controllo sagoma). Se risulta non conforme la cassetta indietreggia nella posizione A1 mentre se conforme avanza nella posizione A3 per poi essere prelevata dallo shuttle. Nel tratto di ingresso per cui abbiamo tre posizioni distinte per le cassette, di cui due lavorate dal sistema ed una in attesa di lavorazione.

Nella stazione di uscita invece abbiamo tre posizioni disponibili e su ognuna puo' sostare una cassetta. Lo shuttle deposita la prima cassetta su B1 che viene poi trasferita su B2 e poi su B3. Quando la posizione B1 si libera lo shuttle deposita una altra cassetta, la quale verrà trasferita su B2 dove sosterà fino a quando si libera la posizione B3 e così fino a riempire tutto il tratto di uscita.

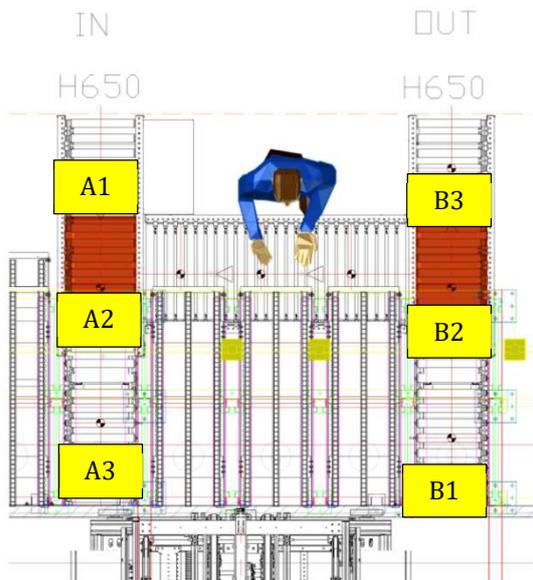


Figura 9.1– Stazione carico/scarico attuale

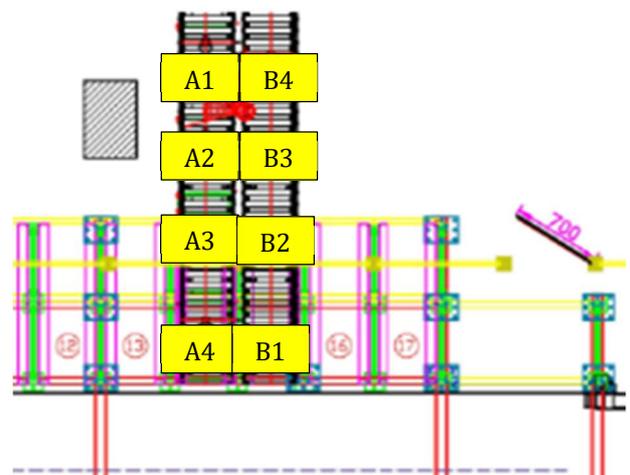


Figura 9.2– Nuova stazione carico/scarico

Analizziamo ora la nuova stazione di ingresso e uscita cassette. Come nella precedente descrizione la cassetta viene caricata sul tratto A1 manualmente o tramite AGV, dopodiché viene trasferita sul tratto A2. Nel trasferimento viene verificata la conformità della cassetta (controllo lettura barcode e controllo sagoma). Se conforme procede nella posizione A3 altrimenti torna indietro nella posizione A1. Da A3 la cassetta viene trasferita su A4 per poi essere prelevata dallo shuttle. Il tratto di ingresso può quindi ospitare 4 cassette, una in più rispetto la soluzione attuale.

Nella stazione di uscita la cassetta viene depositata dallo shuttle su B1 ed avanza fino al tratto B4, quando il tratto B1 risulta libero lo shuttle può depositare una altra cassetta la quale avanza fino al tratto B2 e così fino a riempire tutti i tratti. Riassumendo la stazione di uscita può ospitare un totale di 4 cassette.

In conclusione con la nuova stazione avremmo un aumento delle posizioni sulle stazioni di ingresso ed uscita del 33%.

9.1.2 Posizioni a magazzino

L'estensione del magazzino proposta comporta un allungamento sull'asse x mentre l'asse y resta invariato. I livelli quindi restano uguali mentre il numero delle campate aumenta e di conseguenza il numero delle cassette stoccate.

Soluzione attuale

- Nr. campate 8
- Disposizione carico
 - Monofronte lato parete 3 7 livelli
 - Monofronte lato operatore MAX 5 livelli
- Capacità magazzino max
 - 600 x 400 x h120/220= 112 posizioni
 - 400 x 300 x h120/220= 224 posizioni

Soluzione proposta

- **Nr. campate utili** 17
 - Monofronte lato parete 3 7 livelli
 - Monofronte lato operatore MAX 5 livelli

- **Capacità magazzino max** 600 x 400 x h120/220= 293 posizioni
400 x 300 x h120/220= 586 posizioni

Per quanto riguarda le campate abbiamo un incremento del 112% mentre il numero delle cassette a stock cresce del 162%.

9.1.3 Logiche gestione prelievo stazioni picking/kitting

Le stazioni di picking/kitting non subiscono variazioni a livello fisico ma cambiano le logiche di lavorazione.

La stazione di kitting nella soluzione "AS IS" serviva sia per la composizione dei kit che per l'ingresso e l'uscita delle cassette a magazzino. Nella nuova configurazione invece il suo unico scopo è la composizione dei kit con il prelievo dei materiali dalle cassette presenti sui flowrack.

Per la sola stazione del picking invece si è proposto di raddoppiare la gestione degli ordini in contemporanea. La gestione attuale prevede di gestire un solo ordine sui due livelli dei flowrack, mentre con la nuova logica si propone di gestire un ordine per livello. In questo modo gli ordini elaborati contemporaneamente raddoppiano.

Un'altra modifica proposta riguarda entrambe le stazioni. Sia nella stazione Picking che in quella Kitting i flowrack vengono scaricati in contemporanea. L'operatore può rimuovere le cassette presenti in affaccio sulla prima fila solo dopo che ha effettuato tutti i prelievi richiesti. La Change request proposta per questo punto prevede la rimozione della singola cassetta una volta effettuato il prelievo. La miglioria proposta nasce dalla necessità di iniziare a operare sulle cassette man mano che esse arrivano sulle uscite del picking.

Le change requests proposte sulle logiche di prelievo delle due stazioni consentono di migliorare l'operatività degli operatori riducendo i tempi di prelievo.

Si stima che i tempi di prelievo possano ridursi in complessivo del 25%.

9.1.4 Prestazioni shuttle

Esaminando i tempi ciclo delle due soluzioni proposte vediamo che lo shuttle attualmente installato presso il Politecnico impiega un tempo ciclo di 53,5sec movimentando 67 cassette IN e 134 OUT. Nella versione allungata il tempo impiegato dallo shuttle per completare un ciclo intero è di 61,5sec con un numero di cassette movimentate pari a 118 cassette IN e 118 cassette OUT.

Il tempo ciclo aumenta perché nella nuova soluzione la lunghezza del magazzino passa da 3,6mt a 8,4mt ma cambia il numero di cassette movimentate, poiché nella soluzione attuale abbiamo in entrata un prelievo singolo. Nella nuova soluzione lo shuttle preleva due cassette per volta per cui abbiamo un complessivo di 236 cassette/h contro le 201 cassette/h della soluzione attuale che corrisponde a un incremento del 17%.

Per entrambe le soluzioni i dati presi in esame sono:

- velocità asse X: 4mt/sec
- velocità asse y: 0,8mt/sec

Con questi dati si può notare che lo shuttle attuale non arriva alla velocità di regime poiché la sua corsa è troppo corta mentre lo shuttle allungato arriva alla velocità di regime dopo 5,3mt. Anche se volessimo aumentare la velocità sull'asse x i tempi per entrambe le soluzioni restano invariati. Per aumentare la velocità è necessario aumentare la corsa x dello shuttle.

10 ANALISI COMPARATIVA

L'obiettivo di questo capitolo è proporre una veloce comparazione dei valori con macchine simili presenti sul mercato e successivamente di analizzare l'impatto derivante da un possibile aumento di alcuni valori cinematici sulla macchina attuale e su quella ampliata.

In particolare nella tabella n°1 sono riportate, per un raffronto, le caratteristiche cinematiche, dimensionali e l'efficienza di alcune macchine simili, ovvero del Maxi Shuttle oggetto del presente studio nella versione attuale, nella versione ampliata e di due altre macchine simili disponibili sul mercato. Si può notare che i valori attribuiti alle velocità e alle accelerazioni nel presente studio, confrontati con quelli reali di macchine esistenti, possono forse essere considerati compatibili con la funzionalità delle macchine.

TABELLA N° 1

CASA COSTRUTTRICE	MODELLO	L	H	Vx	Vy	Ax	Ay	Cassette/	
		(m)	(m)	(m/min)	(m/min)	(m/sec ²)	(m/sec ²)	ora	
[21] GHEBHARDT	StoreBiter MLS	150 MAX	3	240	48	1,5	2		
[22] SCHAEFER	Navette	150 MAX	3	150	260	1,8	2,5		
INCAS	Maxi Shuttle	3,6	MIN	2,7	240	48	1,5	1,6	199
			MAX	4	360	84	2,7	2,8	211
INCAS oggetto del presente studio	Maxi Shuttle AMPLIATO	8,4	MIN	2,7	240	48	1,5	1,6	227
			MAX	4	360	84	2,7	2,8	247

Tabella 10.1–valori cinematici

Ci si propone ora di determinare l'efficienza dell'apparecchiatura attuale (L=3,6) e di quella ampliata (L=8,4) in termini di tempo medio di un ciclo (t/ciclo in sec/ciclo) e conseguente numero di cassette movimentate (cassette/h) dovuto all'aumento dei seguenti parametri:

- L lunghezza del corridoio
- H ampliamento in altezza
- Vx velocità massima asse X
- Vy velocità massima asse Y
- Ax accelerazione asse X
- Ay accelerazione asse Y

A tale scopo si ricorre al programma di calcolo fornito dalle case costruttrici. Il programma permette di ottenere, introdotti i valori delle variabili suddette, il tempo del ciclo standard definito nelle norme FEM.

Nel presente studio i valori di dette caratteristiche verranno aumentati, rispetto ai valori standard, in proporzioni variabili.

Il computo è puramente teorico e viene effettuato senza considerare l'impatto sulla corretta funzionalità dell'impianto: la ricerca non considera eventuali effetti negativi di carattere tecnico causati dai detti incrementi quali vibrazioni, rumorosità, stabilità nella movimentazione delle cassette, costi per la manutenzione e per la potenza installata, ecc...

I valori del tempo medio per ciclo (t/ciclo) e quantità di cassette movimentate all'ora (cassette/h) così ottenuti verranno riportati nelle tabelle n°2,3,4 e 5.

I valori attribuiti ai detti parametri con tutte le 64 combinazioni dei fattori nelle due versioni sono riportati qui di seguito:

- L (m) = 3,6 8,4
- Altezza (m) = 2,7 4
- Vx (m/min) = 240 360
- Vy (m/min) = 48 84
- Ax (m/sec²) = 1,5 2,7
- Ay (m/sec²) = 1,6 2,8

Con approccio DoE, nella tabella n°2 e 3 sono stati riportati rispettivamente i risultati delle prove relative alla macchina Maxi Shuttle attuale e alla versione Maxi Shuttle ampliata.

TABELLA N° 2

Prova	Fattori						Risposta	
	L	H	Vx	Vy	Ax	Ay	t/ciclo	cassette/h
1	3,6	2,7	240	48	1,5	1,6	53,5	202
2	3,6	4	240	48	1,5	1,6	54,3	199
3	3,6	2,7	240	48	1,5	2,8	53	204
4	3,6	4	240	48	1,5	2,8	54,1	200
5	3,6	2,7	240	48	2,7	1,6	52,3	207
6	3,6	4	240	48	2,7	1,6	52,3	207
7	3,6	2,7	240	48	2,7	2,8	51,7	209
8	3,6	4	240	48	2,7	2,8	52,6	205
9	3,6	2,7	240	84	1,5	1,6	53,3	203
10	3,6	4	240	84	1,5	1,6	53,8	201
11	3,6	2,7	240	84	1,5	2,8	52,8	205
12	3,6	4	240	84	1,5	2,8	53,4	202
13	3,6	2,7	240	84	2,7	1,6	52	208
14	3,6	4	240	84	2,7	1,6	52,4	206
15	3,6	2,7	240	84	2,7	2,8	51,1	211
16	3,6	4	240	84	2,7	2,8	51,7	209
17	3,6	2,7	360	48	1,5	1,6	53,5	202
18	3,6	4	360	48	1,5	1,6	54,3	199
19	3,6	2,7	360	48	1,5	2,8	53	204
20	3,6	4	360	48	1,5	2,8	54,1	200
21	3,6	2,7	360	48	2,7	1,6	52,3	207
22	3,6	4	360	48	2,7	1,6	53,4	202
23	3,6	2,7	360	48	2,7	2,8	51,7	209
24	3,6	4	360	48	2,7	2,8	52,6	205
25	3,6	2,7	360	84	1,5	1,6	53,3	203
26	3,6	4	360	84	1,5	1,6	53,8	201
27	3,6	2,7	360	84	1,5	2,8	52,8	205
28	3,6	4	360	84	1,5	2,8	53,4	202
29	3,6	2,7	360	84	2,7	1,6	52	208
30	3,6	4	360	84	2,7	1,6	52,4	206
31	3,6	2,7	360	84	2,7	2,8	51,1	211
32	3,6	4	360	84	2,7	2,8	51,7	209

Tabella 10.2– complessivo lunghezza 3,6mt

TABELLA N° 3

Prova	Fattori						Risposta	
	L	H	Vx	Vy	Ax	Ay	t/ciclo	cassette/h
33	8,4	2,7	240	48	1,5	1,6	61,5	234
34	8,4	4	240	48	1,5	1,6	62,5	230
35	8,4	2,7	240	48	1,5	2,8	61	236
36	8,4	4	240	48	1,5	2,8	61	236
37	8,4	2,7	240	48	2,7	1,6	59	244
38	8,4	4	240	48	2,7	1,6	59,2	243
39	8,4	2,7	240	48	2,7	2,8	58,6	246
40	8,4	4	240	48	2,7	2,8	58,6	246
41	8,4	2,7	240	84	1,5	1,6	61,3	235
42	8,4	4	240	84	1,5	1,6	61,3	235
43	8,4	2,7	240	84	1,5	2,8	61	236
44	8,4	4	240	84	1,5	2,8	61	236
45	8,4	2,7	240	84	2,7	1,6	58,8	245
46	8,4	4	240	84	2,7	1,6	58,9	244
47	8,4	2,7	240	84	2,7	2,8	58,2	247
48	8,4	4	240	84	2,7	2,8	58,2	247
49	8,4	2,7	360	48	1,5	1,6	61,5	234
50	8,4	4	360	48	1,5	1,6	61,5	234
51	8,4	2,7	360	48	1,5	2,8	61	236
52	8,4	4	360	48	1,5	2,8	61	236
53	8,4	2,7	360	48	2,7	1,6	59	244
54	8,4	4	360	48	2,7	1,6	59,2	243
55	8,4	2,7	360	48	2,7	2,8	58,6	246
56	8,4	4	360	48	2,7	2,8	58,6	246
57	8,4	2,7	360	84	1,5	1,6	61	235
58	8,4	4	360	84	1,5	1,6	61	235
59	8,4	2,7	360	84	1,5	2,8	61	236
60	8,4	4	360	84	1,5	2,8	61	236
61	8,4	2,7	360	84	2,7	1,6	58,8	245
62	8,4	4	360	84	2,7	1,6	58,9	244
63	8,4	2,7	360	84	2,7	2,8	58,2	247
64	8,4	4	360	84	2,7	2,8	58,2	247

Tabella 10.3– complessivo lunghezza 8,4mt

Per facilitare una lettura più immediata dei valori ottenuti, si è ritenuto utile ordinare le tabelle n°2 e n°3 secondo un ordine crescente dell'efficienza nelle tabelle n°4 e n°5. Il confronto fra i valori dell'efficienza ottenuti dalla combinazione dei sei parametri suddetti permetterà di rilevarne l'impatto sulle prestazioni.

TABELLA N° 4

Prova	Fattori						Risposta	
	L	H	Vx	Vy	Ax	Ay	t/ciclo	cassette/h
2	3,6	4	240	48	1,5	1,6	54,3	199
18	3,6	4	360	48	1,5	1,6	54,3	199
4	3,6	4	240	48	1,5	2,8	54,1	200
20	3,6	4	360	48	1,5	2,8	54,1	200
10	3,6	4	240	84	1,5	1,6	53,8	201
26	3,6	4	360	84	1,5	1,6	53,8	201
1	3,6	2,7	240	48	1,5	1,6	53,5	202
17	3,6	2,7	360	48	1,5	1,6	53,5	202
22	3,6	4	360	48	2,7	1,6	53,4	202
12	3,6	4	240	84	1,5	2,8	53,4	202
28	3,6	4	360	84	1,5	2,8	53,4	202
9	3,6	2,7	240	84	1,5	1,6	53,3	203
25	3,6	2,7	360	84	1,5	1,6	53,3	203
3	3,6	2,7	240	48	1,5	2,8	53	204
19	3,6	2,7	360	48	1,5	2,8	53	204
11	3,6	2,7	240	84	1,5	2,8	52,8	205
27	3,6	2,7	360	84	1,5	2,8	52,8	205
24	3,6	4	360	48	2,7	2,8	52,6	205
8	3,6	4	240	48	2,7	2,8	52,6	205
14	3,6	4	240	84	2,7	1,6	52,4	206
30	3,6	4	360	84	2,7	1,6	52,4	206
21	3,6	2,7	360	48	2,7	1,6	52,3	207
6	3,6	4	240	48	2,7	1,6	52,3	207
5	3,6	2,7	240	48	2,7	1,6	52,3	207
13	3,6	2,7	240	84	2,7	1,6	52	208
29	3,6	2,7	360	84	2,7	1,6	52	208
23	3,6	2,7	360	48	2,7	2,8	51,7	209
7	3,6	2,7	240	48	2,7	2,8	51,7	209
16	3,6	4	240	84	2,7	2,8	51,7	209
32	3,6	4	360	84	2,7	2,8	51,7	209
15	3,6	2,7	240	84	2,7	2,8	51,1	211
31	3,6	2,7	360	84	2,7	2,8	51,1	211

Tabella 10.4– complessivo lunghezza 3,6mt per ordine crescente

TABELLA N° 5

Prova	Fattori						Risposta		
	L	H	Vx	Vy	Ax	Ay	t/ciclo	cassette/h	
34	8,4	4	240	48	1,5	1,6	62,5	230	
33	8,4	2,7	240	48	1,5	1,6	61,5	234	
49	8,4	2,7	360	48	1,5	1,6		234	
50	8,4	4	360	48	1,5	1,6		234	
41	8,4	2,7	240	84	1,5	1,6	61,3	235	
42	8,4	4	240	84	1,5	1,6		235	
57	8,4	2,7	360	84	1,5	1,6		235	
58	8,4	4	360	84	1,5	1,6		235	
35	8,4	2,7	240	48	1,5	2,8	61	236	
36	8,4	4	240	48	1,5	2,8		236	
43	8,4	2,7	240	84	1,5	2,8		236	
44	8,4	4	240	84	1,5	2,8		236	
51	8,4	2,7	360	48	1,5	2,8		236	
52	8,4	4	360	48	1,5	2,8		236	
59	8,4	2,7	360	84	1,5	2,8		236	
60	8,4	4	360	84	1,5	2,8		236	
38	8,4	4	240	48	2,7	1,6		59,2	243
54	8,4	4	360	48	2,7	1,6			243
37	8,4	2,7	240	48	2,7	1,6	59	244	
53	8,4	2,7	360	48	2,7	1,6		244	
46	8,4	4	240	84	2,7	1,6		58,9	244
62	8,4	4	360	84	2,7	1,6			244
45	8,4	2,7	240	84	2,7	1,6	58,8	245	
61	8,4	2,7	360	84	2,7	1,6		245	
39	8,4	2,7	240	48	2,7	2,8	58,6	246	
40	8,4	4	240	48	2,7	2,8		246	
55	8,4	2,7	360	48	2,7	2,8		246	
56	8,4	4	360	48	2,7	2,8		246	
47	8,4	2,7	240	84	2,7	2,8	58,2	247	
48	8,4	4	240	84	2,7	2,8		247	
63	8,4	2,7	360	84	2,7	2,8		247	
64	8,4	4	360	84	2,7	2,8		247	

Tabella 10.5- complessivo lunghezza 8,4mt per ordine crescente

Dall'analisi dei dati emerge che:

Lunghezza (L)

Si può facilmente dedurre, come era ampiamente prevedibile, che è evidente l'aumento dell'efficienza conseguente all'ampliamento di lunghezza della macchina. Esso è dovuto soprattutto al sistema di funzionamento che permette per ogni ciclo la movimentazione di 4 (quattro) cassette nella versione ampliata (tabella n°5) da raffrontare alle 3 (tre) cassette nella versione attuale (tabella n°4).

Altezza (H)

Si osserva che l'aumento dell'altezza determina, nella versione attuale, un leggero decremento dell'efficienza per alcune combinazioni dei valori cinematici (tabella n°4) e non ha nessuna influenza nella versione ampliata (tabella n°5).

Velocità in direzione orizzontale (Vx)

Non si rileva, nelle due versioni, pressochè nessun effetto sul valore dell'efficienza.

Velocità in direzione verticale (Vy)

Si può riscontrare un lieve incremento (max 5%) dell'efficienza in corrispondenza di valori maggiori di Vy.

Accelerazione in direzione orizzontale (Ax) e (Ay)

In entrambe le macchine si rileva una netta distribuzione dei valori massimi dell'efficienza per i valori più elevati di Ax e Ay (aumento di circa il 5% per un incremento dell'80% delle accelerazioni).

I valori massimi dell'efficienza, in entrambe le macchine, si discostano di circa il 5% dai valori minimi e sono stati ottenuti, come prevedibile, nelle combinazioni in cui sono stati attribuiti i valori maggiori alle grandezze cinematiche.

Alcune spiegazioni dei risultati ottenuti potrebbero essere le seguenti: le norme F.E.M., allo scopo di permettere un raffronto fra le efficienze delle varie macchine, definiscono un ciclo standard basato su frazioni delle dimensioni massime delle macchine e sul numero di cassette movimentate. I tratti percorsi dallo Shuttle sono pertanto frazioni delle dimensioni in altezza e in lunghezza delle macchine. Il percorso medio dello shuttle è composto, fra la partenza e l'arrivo, di quattro/cinque percorsi e quindi di cinque/sei accelerazioni e decelerazioni.

Dall'applicazione delle formule integrate del moto uniformemente accelerato nel ciclo standard si può rilevare che le velocità massime V_x e V_y attribuite non sono sempre raggiungibili in tali brevi tratti; in altri termini la macchina non fa sempre in tempo ad arrivare alle velocità massime.

Quanto sopra è anche dimostrato dall'esame delle tabelle n° 4 e n° 5 dalle quali si può dedurre che le velocità massime hanno un trascurabile impatto sull'efficienza.

La macchina inoltre impiega circa un minuto per completare un ciclo completo. Le $3/4$ soste per i carichi e/o gli scarichi delle cassette richiedono mediamente più di 30 secondi ossia oltre la metà del tempo necessario per l'intero ciclo. Pertanto, il tempo per gli spostamenti, aggirandosi intorno ai rimanenti 30 secondi, non può subire una significativa riduzione in valore assoluto anche con gli incrementi percentuali notevoli delle grandezze cinematiche.

11 CONCLUSIONI

In questa trattazione è stato analizzato il settore dell'intralogistica industriale, evidenziando i punti chiave del Material Handling, quali sono le tecnologie attualmente disponibili per la gestione della movimentazione di materiale in termini di componentistica hardware e software e come Incas S.p.a. occupi un ruolo di rilievo nel suddetto settore. In particolare, è stato descritto il magazzino automatico per lo stoccaggio di componenti e materie prime realizzato da Incas S.p.A. per il Politecnico di Torino.

Attraverso un'attenta analisi sono state definite le caratteristiche di movimentazione dell'impianto, rappresentanti la base per lo sviluppo di possibili interventi migliorativi e l'eventuale modifica delle logiche del software di gestione.

L'osservazione del sistema, l'analisi dei dati e il confronto con il personale aziendale hanno permesso di sviluppare alcune proposte di ottimizzazione della soluzione attuale.

Le change requests proposte riguardano modifiche sia meccaniche che software.

A livello meccanico si è analizzata l'estensione del magazzino esistente implementando ulteriori posizioni di stoccaggio e aggiungendo una nuova stazione dedicata al carico/scarico cassette intere.

Mentre a livello software la miglioria proposta riguarda la modifica della gestione dei prelievi, nonché della gestione degli ordini. Inoltre si è proposto per ogni stazione operatore l'introduzione delle pistole laser per facilitare il lavoro degli operatori e ridurre di conseguenza gli errori.

In particolare le soluzioni proposte comportano miglioramenti alle prestazioni logistiche con i seguenti benefici:

- aumento posizioni di stoccaggio;
- miglioramento prestazioni;
- abbattimento degli errori;
- ottimizzazione processi;
- incremento dell'efficienza del personale

Bibliografia

- [1] Wikipedia, «Industria 4.0,» [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/Industria_4.0.
- [2] Incasgroup, «Chi siamo,» [Online]. Available: www.incasgroup.com.
- [3] STELLANTIS. Available: <https://www.stellantis.com>
- [4] SSI SCHAEFER, [Online]. Available: www.ssi-schaefer.com
- [5] SIEMENS, [Online]. Available: www.new.siemens.com
- [6] D. Aparo Sviluppo Software PLC per la movimentazione automatica di bancali per CEMB S.p.A., 2020
- [7] F. Caron, G. Marchet e R. Wagner, "Material handling e simulazione", Milano: CUSL, 1995.
- [8] G. Filannino Studio per l'implementazione di sistemi intralogistici automatizzati in un impianto per la produzione di cassette, 2020
- [9] EUR-Lex, [Online]. Available: eur-lex.europa.eu.
- [10] E. pallet, «Direttiva della Comunità Europea n°2000/29,» Febbraio 2020. [Online].
- [11] J. M. Moore, Progettazione e layout degli impianti, Franco Angeli, 1993.
- [12] A. Monte, "Elementi di impianti industriali", Torino: Edizioni libreria Cortina, 2003.
- [13] INTERROLL, Sito: <https://www.interroll.it/azienda>
- [14] DATALOGIC, Sito: <https://www.datalogic.com>
- [15] EUROBIL, Sito: <https://www.eurobil.it>
- [16] SICK, Sito: <https://www.sick.com>
- [17] Generix Group, «Come automatizzare la catena logistica». [Online]. Available: www.generixgroup.com.
- [18] Politecnico di Torino, [Online]. Available: www.polito.it.
- [19] Snichelotto, tempo ciclo di un sistema di trasloelevatori multi-profondità
- [20] Tone Lerher & Banu Y. Ekren & Goran Dukic & Bojan Rosi, "Travel time model for shuttle-based storage and retrieval systems", Int J Adv Manuf Technol (2015) 78:1705–1725;
- [21] GEBHARDT Intralogistics Group | Next Generation Intralogistics: STOREBITER MLS
- [22] SCHAEFER <https://www.schaefer.com>