

Università degli Studio di Modena e Reggio Emilia

Sede di Reggio Emilia

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Gestionale

**ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI INDICATORI
DI PERFORMANCE IN IMPIANTI ASSERVITI DA
VEICOLI A GUIDA LASER: Il caso Elettric80 S.p.A**

Relatore:

Prof. Ing. Andrea Grassi

Correlatore:

Ing. Marco Casarini

Tesi di Laurea di:

Marisa Sgro

Anno Accademico 2009/2010

Sommario

L'automazione e le tecnologie di controllo sempre più avanzate hanno comportato innovazioni tecniche e gestionali nel settore industriale e, in particolar modo nel settore dei trasporti interni dell'immagazzinamento dei materiali. I metodi analitici di progettazione e di gestione che permettono di realizzare un sistema Lgv efficiente sono realizzati considerando i molteplici fattori che influenzano dinamicamente il sistema.

Il presente lavoro di Tesi è stato elaborato a seguito di uno stage di durata di cinque mesi presso Eletttric80 SpA, azienda con grande esperienza nella fornitura di soluzioni logistiche per il fine linea e, in particolare, per lo stoccaggio tramite veicoli a guida laser.

Il progetto parte dall'analisi e dallo studio d'installazioni reali effettuate da Eletttric80 Spa in contesti molto differenti e ha l'obiettivo di comprendere e studiare le complesse dinamiche che influenzano le performance dell'impianto.

Nella prima parte si propone una valutazione qualitativa della reportistica allarmi e missioni disponibile per gli impianti; i fattori risultanti dall'analisi hanno consentito l'elaborazione di un metodo che consenta la determinazione delle cause di inefficienza. A tal proposito sono stati introdotti degli indici per stimare la performance della flotta LGV: tali indici consentono di monitorare il funzionamento dell'impianto e costituiscono una base affidabile sul quale testare l'installazione in fase di collaudo.

Nella parte centrale viene proposta una reingegnerizzazione del database esistente: la valutazione qualitativa, infatti, ha fatto emergere alcune problematiche in merito alla rendicontazione dei dati a livello software ed a fronte di questa nuova esigenza si è ipotizzata una nuova struttura di memorizzazione dei dati che consentisse di garantire l'applicabilità degli indicatori di performance.

Nella parte conclusiva e come ulteriore approfondimento si sono valutati i benefici di questa nuova re-organizzazione sia a beneficio di analisi interne, che come strumento di supporto per il cliente; in ultimo si sono ipotizzati quali nuovi dati fosse interessante mantenere in memoria nel software al fine di valutare futuri indici di valutazione del sistema integrato con i sistemi di stoccaggio.

Introduzione

L'inefficienza del sistema generata da fenomeni di blocco e avarie dei carrelli è un lasso temporale all'interno del quale non viene svolta alcuna attività volta al compimento della movimentazione dei materiali e pertanto dovrebbe essere un parametro da minimizzare. La performance di un impianto asservito da Lgv può essere inficiata da numerosi fattori e data la natura dinamica dei sistemi complessi, come quelli presentati, conoscere in anticipo questi fattori risulta spesso complicato e difficoltoso.

Durante la fase di dimensionamento dell'impianto si cerca di tenere conto di queste problematiche, ma eventuali considerazioni errate si ripercuotono sul funzionamento del sistema complessivo. Il lavoro di tesi condotto presso Elettroc80 ha quindi l'obiettivo di valutare quali sono i fattori che influenzano le performance del sistema e determinare i KPI che consentono di monitorare lo stato.

La tesi è suddivisa in 3 macrosezioni e 6 capitoli:

La prima parte comprende i capitoli 1 e 2. Il primo capitolo è dedicato all'azienda e alla presentazione dei principali sistemi di trasporto ponendo particolare attenzione ai veicoli a guida laser. Nel capitolo 2 viene presentata la letteratura che tratta il problema del dimensionamento della flotta Lgv e alle regole di dispatching e routing.

La sezione centrale comprende i capitoli 3 e 4. Il capitolo 3 viene presentato il perché della necessità di monitorare le performance degli impianti ed i criteri con il quale definire gli indicatori di performance. Nel capitolo 4, invece, viene riportato il metodo ed i risultati della valutazione qualitativa condotta sugli impianti analizzati e relativa al monitoraggio dei dati di allarme e delle missioni effettuate.

La parte conclusiva è composta dai capitoli 5 e 6. Nel capitolo 5 vengono illustrate le problematiche incontrate durante l'analisi qualitativa e viene proposto un nuovo modello di rendicontazione dei dati al fine di garantire un'analisi delle performance standardizzata per gli impianti. Utilizzando la nuova proposta di registrazione dati sono stati definiti degli indici con il quale monitorare l'andamento dell'impianto.

Infine, nel capitolo 6, si sono forniti gli spunti per un ulteriore approfondimento: integrare il software con dei parametri di magazzino al fine di fornire una valutazione integrata del sistema complessivo.

Capitolo 1 Presentazione dell'azienda

Premessa

Il primo capitolo è dedicato all'azienda presso la quale ho svolto il mio stage: Eletttric80 S.p.A. Dopo una breve introduzione, sono citate le date fondamentali della storia dell'impresa. Sono illustrati il Sistema Freeway™, i diversi tipi di LGV ed infine le differenti tipologie di isole di pallettizzazione robotizzate. In questo capitolo si descrivono anche i sistemi di trasporto dei materiali all'interno di un'azienda. Sono elencati i diversi tipi di impianti normalmente utilizzati, sottolineandone le caratteristiche di flessibilità e automazione.

1.1 Cenni storici



Figura 1.3.1-1 Visione aerea degli stabilimenti produttivi (Viano, Reggio Emilia)

Eletttric80 è un fornitore globale di soluzioni per il fine linea. Oggigiorno la tecnologia aiuta le aziende a tagliare i costi e a movimentando i prodotti in magazzino in modo veloce ed economico e con un alta percentuale di efficienza. L'esperienza di anni nel settore gli ha consentito di capire quali siano le sfide che molte aziende devono

affrontare nel campo della movimentazione delle merci, e partendo da queste esigenze hanno sviluppato un approccio sistematico ormai sperimentato e sostenuto da continui investimenti in ricerca e sviluppo.

La tecnologia Freeway, su cui è basata la proposta aziendale, è una filosofia unica e innovativa per la logistica del fine linea, che fornisce ai clienti un forte margine di competitività.

Il sistema di movimentazione proposto è altamente flessibile e utilizza robot di palettizzazione, veicoli a guida laser, fasciatori robotizzati ad alta velocità e un sistema di controllo palette. L'intero processo è gestito centralmente da un sistema di gestione magazzino di ultima generazione.

Elettric80 nasce nel 1980 a Viano quale azienda fornitrice di software applicati alla logistica e alle movimentazioni, che progetta e installa impianti in diversi settori merceologici. In meno di dieci anni acquista un forte posizionamento sul mercato dei sistemi di fine linea ad alto contenuto innovativo. Dal 1991 è proprietaria della licenza svedese NDC per la tecnologia laser applicata ai veicoli di movimentazione delle merci negli stabilimenti industriali, un know-how, per quegli anni, assolutamente rivoluzionario rispetto ai sistemi di guida in uso. Nel '92 alla Costerplast, produttrice di componenti plastici per il settore farmaceutico e cosmetico, è funzionante il primo impianto al mondo di movimentazione con carrelli a guida laser integrato in un sistema operante 24 ore su 24. Due anni dopo nasce Freeway®, il primo sistema di palettizzazione robotizzata e di movimentazione a terra con veicoli a guida laser totalmente integrato, in grado di gestire l'asservimento delle materie prime alle linee di produzione, la palettizzazione robotizzata dei prodotti, il trasporto a magazzino, la fasciatura, l'etichettatura e la relativa tracciabilità, collegandosi all'host aziendale tramite PC di supervisione. La comparsa sul mercato di una giovane realtà con queste peculiarità non poteva passare inosservata. Così, prima la Sasib, nel 1999 e poi la svizzera SIG, nel 2001 hanno detenuto il pacchetto di maggioranza della società. Dunque, come molte altre aziende italiane, Elettric 80, in questi anni, ha visto il passaggio del suo pacchetto azionario ai grandi gruppi industriali e multinazionali.

Queste esperienze vissute in una dimensione più tesa al world business hanno permesso all'azienda di acquisire un bagaglio forte che, senza intaccarne l'identità e la filosofia originaria, ha arricchito le competenze organizzative e gestionali e ha favorito una forte

crescita in termini di uomini e di fatturato, senza mai smettere di perseguire l'eccellenza tecnologica e l'innovazione continua dei prodotti. Nel medesimo anno ottiene la certificazione del sistema di gestione per la qualità secondo lo standard ISO9001/1994 dai Lloyd's Register Quality Assurance.



Figura 1.3.1-2 Certificato di conformità allo standard ISO 9001/2000.

Ma il cuore di Elettric80 è sempre rimasto italiano ed a gennaio del 2004 l'imprenditore reggiano, e ora Presidente Enrico Grassi, ha riacquisito il pacchetto di controllo di Elettric80 dal gruppo SIG, insieme a uno degli antichi co-fondatori, Vittorio Cavarani (Direttore Tecnico) e a Johan Castegren, Amministratore Delegato di Elettric80, proveniente da NDC. Oggi insieme detengono l'81% delle azioni, mentre il 19% è tuttora nelle mani di SIG. Nel 2005 si è celebrato il 25° anniversario della sua fondazione; subito dopo, in ottica di un potenziamento della rete commerciale e di assistenza sono state aperte filiali negli Stati Uniti, vicino a Chicago e una in Svezia, a Goteborg. Dopo soli due anni anche in Gran Bretagna, Polonia, Australia.

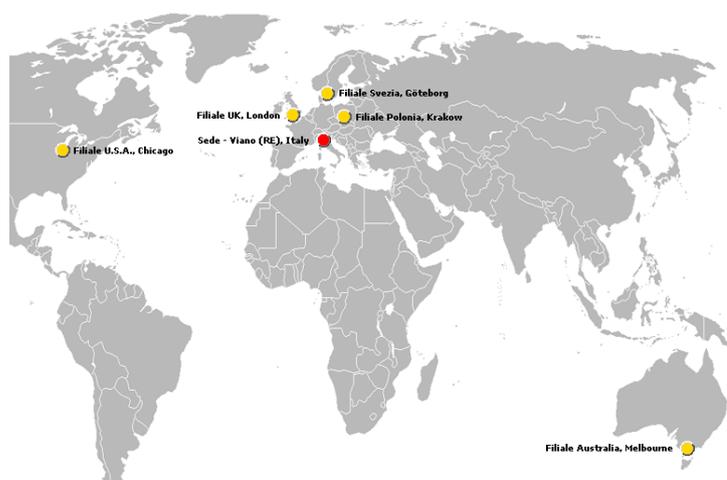


Figura 1.3.1-3 Filiali di E80 nel mondo

Oggi Elettroc80 è uno dei pochi costruttori, a livello mondiale, che detiene il totale know-how del sistema: robot, LGV, supervisione. E i livelli di efficienza degli impianti forniti si aggirano attorno al 99%. Ora che l'aquila, simbolo della Elettroc80, è tornata a volare prevedono di arrivare a un fatturato di 70 milioni di euro nell'arco del prossimo anno. I piani di sviluppo sono fortemente incentrati sulle risorse umane, e sulla crescita professionale: 145 su 165 sono laureati o diplomati. Inoltre si continua ad investire in ricerca e innovazione. Dal 1997 sono iscritti nell'Albo dei Laboratori di Ricerca del Ministero della Ricerca Scientifica, perché per loro la ricerca è passione oltre che sviluppo. E' la ferma convinzione che chi punta sulla tecnologia raggiunge il massimo dell'efficienza sotto ogni aspetto che è il motore dell'azienda.

1.2 I sistemi di trasporto

Ogni azienda ha al suo interno un sistema di trasporto dei materiali; esso serve per la movimentazione della materia grezza, dei semilavorati o dei prodotti finiti tra i vari centri di lavoro dello stabilimento oppure nei magazzini. Questi sistemi di trasporto si classificano in base a due aspetti fondamentali: il grado di automazione ed il livello di flessibilità.

Un sistema con elevato grado di automazione è un impianto in grado di funzionare autonomamente senza l'intervento dell'operatore umano. Per sistema di trasporto ad elevato livello di flessibilità si intende un sistema in grado di poter servire i diversi centri dello stabilimento, scegliendo di volta in volta il percorso migliore, senza prevedere interventi di modifica della sua struttura. Sistemi a bassa flessibilità sono detti "trasportatori rigidi" in quanto i percorsi sui quali possono effettuare il trasporto non possono mai variare, a meno che non vi siano interventi di natura fisica sulla struttura del trasportatore. Questi dispositivi collegano quindi in modo fisso alcuni punti dello stabilimento senza la possibilità di raggiungerne, in alcun modo, altri. In questa categoria vi sono, tra i tanti, i trasportatori a nastro, quelli a tapparella, quelli a rulli ed anche i convogliatori aerei a catena; questi esempi sono tutti del tipo ad alta automazione in quanto non necessitano dell'intervento umano per svolgere il loro lavoro.

- ✓ minore lead time, per merito della maggiore efficienza del trasporto;
- ✓ minori scorte, grazie ad una migliore gestione dei materiali;
- ✓ maggiore facilità di controllo della produzione, in quanto si conosce sempre dove si trovano i materiali in fase di movimentazione;
- ✓ migliori condizioni di lavoro, in quanto i veicoli automatici, per funzionare, necessitano sempre di un ambiente ordinato ed in buone condizioni.

Quest'ultimo vantaggio può però anche essere interpretato come uno svantaggio. Un'azienda che utilizza veicoli AGV, infatti, deve sempre avere una pavimentazione in ottime condizioni e, più in generale, un buon ambiente di lavoro. Il mantenimento di questi requisiti richiede però una maggiore spesa per la manutenzione dello stabilimento, rispetto ad imprese che usano sistemi di trasporto "tradizionali".

Altri punti deboli sono:

- ✓ personale addestrato, per interagire con il sistema e risolvere eventuali piccole anomalie;
- ✓ basse pendenze sulle quali possono operare le navette;
- ✓ elevatissimi costi d'investimento, dovuto alla maggiore complessità del sistema rispetto agli altri.

Fra quelli sopra elencati, il costo elevato dell'impianto, dovuto alla complessità del sistema e all'elevato livello tecnologico, potrebbe essere un problema ma facendo riferimento ad aziende che fanno fronte a grandi produzioni, la gravità delle perplessità d'investimento si riducono. I carrelli a guida automatica possono svolgere tutte le funzioni che può svolgere un tradizionale carrello elevatore. Nella stragrande maggioranza dei casi, gli AGV sono equipaggiati con le stesse forche e gli stessi meccanismi di sollevamento dei "muletti" tradizionali. Ne consegue che anch'essi possono sollevare il proprio carico fino ad un'altezza massima di sette metri.

In sostituzione alle normali forche, i carrelli a guida automatica possono essere equipaggiati di rulliere, lunghi perni, oppure di altri tipi di meccanismi di presa. Ciò permette loro di poter movimentare ogni tipo di carico. Ad esempio possono trasportare enormi rotoloni di carta, infilati mediante perni, oppure possono movimentare casse di bottiglie, adagiandole su delle rulliere.

I veicoli AGV possono inoltre essere equipaggiati con un robot industriale; in tal modo i carrelli sono in grado di svolgere lavorazioni sui pezzi durante il loro trasferimento da

un punto ad un altro. Navette così equipaggiate possono essere anche utilizzate in sistemi di produzione a punto fisso (layout a punto fisso) per svolgere lavorazioni attorno al prodotto; un esempio è la verniciatura degli aeromobili per il trasporto civile.

Possiamo quindi sintetizzare che, tra i sistemi di trasporto sopraelencati, il migliore è sicuramente quello mediante Automated Guided Vehicle (AGV), ma esso risulta anche essere il più costoso tra tutti quelli utilizzabili.

1.3 Sistema Freeway™

Il principale punto di forza di Elettric 80 consiste nella creazione di un sistema integrato con robot di palettizzazione e veicoli robotizzati a guida laser altamente flessibile: il Sistema Freeway™. Tale dispositivo prevede l'utilizzo di moduli di identificazione dei prodotti ed acquisizione dati; l'insieme viene gestito via software integrando il fine linea e la logistica di magazzino.

L'immagine sottostante mostra un generico Sistema Freeway™ completo ed installato in uno stabilimento; i numeri cerchiati fanno riferimento alla spiegazione riportata sotto alle figure.



Figura 1.3.1-1 - Sistema FreeWay

Come si nota dall'immagine, i prodotti finiti escono dalla zona di produzione, per entrare in quella di stoccaggio. Sul fine linea è installato un robot Fanuc utilizzato per la pallettizzazione dei prodotti. Procedendo sulla rulliera, i pallets completi incontrano un robot fasciatore che li avvolge in una pellicola trasparente. I pallets pieni e fasciati sono così prelevati dai LGV che li trasportano nel magazzino di prodotto finito. Contemporaneamente altri veicoli riforniscono di pallet vuoti i robot Fanuc. I carrelli automatici servono inoltre per prelevare il materiale dal magazzino e disporlo sulle rulliere tramite le quali sarà caricato sui camion.

Questo è un esempio di un Sistema Freeway™ generico, che non richiede presidio umano. Il sistema è infatti in grado di funzionare in modo completamente autonomo. Le informazioni vengono gestite automaticamente dal sistema, grazie ad una rete di computer connessi tra loro ed ai trasmettitori radio dei veicoli.

I prodotti di Elettric 80 nascono per essere integrati tra loro nel Sistema Freeway™, permettendo la completa automatizzazione del fine linea. Con gli LGV e i Robot Elettric 80 non sono necessarie modifiche all'edificio e agli impianti, si ottengono costi di manutenzione ridotti, una rapida redditività dell'investimento, il miglioramento immediato delle prestazioni complessive, il controllo in tempo reale di tutti i dati di carico, maggiore sicurezza sul lavoro, installazione e avviamento semplificati, ottimizzazione dello spazio e apertura alla futura espansione.

1.3.1 Isole di Pallettizzazione Robotizzate

Le “Isole di Pallettizzazione Robotizzate” sono dei fine linea in cui i prodotti, provenienti dalla linea di produzione, vengono ordinati e pallettizzati automaticamente da un robot. Nella maggior parte dei casi si tratta di un tratto di rulliera contenete dispositivi per l'ordinamento del prodotto (barriere e paletti automatici, ecc.); questi elementi servono per far sì che i prodotti siano orientati nel modo in cui si devono trovare sul pallet. Sopra questa parte di trasportatore opera un robot in grado di afferrare i prodotti e disporli sul pallet.

La serie di immagini sottostanti mostra i vari tipi di “Isole di Pallettizzazione Robotizzate” prodotte da Elettric 80 S.p.A..



Figura 1.3.1-1 Esempio di Pallettizzatore

Ad asservimento manuale: equipaggiato con magazzino palette caricabile con transpallet manuale o elettrico. Con la stessa attrezzatura si possono prelevare in uscita i pallet pieni consegnati su un tratto di rulliera folle.

Ad asservimento automatico: pensato per lavorare in accoppiamento con i carrelli LGV. Viene alimentato con singole palette prelevate nello stesso punto, ma ad un livello inferiore, da cui vengono prelevato le palette piene. I pallet pieni vengono forniti dai veicoli LGV, che ne provocano anche l'evacuazione.

Caratteristica comune alle isole è l'interfaccia uomo/macchina realizzata da un PC industriale per ogni isola. Tale soluzione rende l'utilizzo del sistema particolarmente semplice, ed estremamente ricco di funzionalità.

Il PC di bordo permette:

- ✓ Tutte le operazioni di impostazione e correzione dati necessari alla conduzione dell'impianto.
- ✓ Lay-out animato della macchina.
- ✓ Database per la registrazione della produzione e dei fermi macchina.
- ✓ Creazione in automatico degli schemi di palettizzazione, mentre la macchina sta lavorando.
- ✓ Consultazione on-line dei manuali di uso e manutenzione e degli schemi elettrici.
- ✓ Collegamento via modem con la sede per assistenza a distanza.
- ✓ Possibilità di connessione in rete Ethernet per esportare i dati di produzione e i fermi macchina verso il sistema informativo del cliente.

I primi tre sistemi riportati nella figura precedente, Eagle, Portale Monolinea e Multilinea, hanno i seguenti vantaggi:

- ✓ Ingombro estremamente ridotto.
- ✓ Componenti delle massima qualità che garantiscono un'elevata affidabilità.
- ✓ Interfaccia uomo/macchina di facile utilizzo.
- ✓ Tempi di installazione e avviamento estremamente ridotti.
- ✓ Costi di manutenzione bassissimi.

Tali dispositivi, adatti ad essere installati a ridosso della linea di confezionamento, possono essere considerati un prolungamento della stessa ed essere gestiti dallo stesso operatore.

Il robot antropomorfo Fanuc è un sistema ad alte prestazioni sia in termini di velocità, sia di portata. Fanuc è utilizzabile su un'unica linea con alte cadenze, oppure su diverse linee (max. 4) ove sia necessario movimentare più prodotti in contemporanea a media cadenza. E' disponibile in 3 diverse taglie (100 kg, 250 kg e 400 kg), che si differenziano per la capacità di carico al polso, e per la conseguente velocità. Caratteristica principale è la sua versatilità con un'area di lavoro che copre 360°, utilizzabili sia per l'ingresso dei cartoni, delle falde e delle palette sia per l'uscita del prodotto palettizzato. I punti di forza di questo tipo di isola sono:

- ✓ Velocità elevate.
- ✓ Elevata capacità di carico.
- ✓ Estrema versatilità nella stesura del lay-out.
- ✓ Prodotto industriale estremamente affidabile.
- ✓ Interfaccia uomo/macchina di facile utilizzo.
- ✓ Costi di manutenzione contenuti.

1.3.2 I Diversi tipi di AGV

La guida dei veicoli automatici all'interno dello stabilimento può avvenire con vari sistemi. I più semplici sono quelli a percorso fisso, tra quali segnaliamo:

- Guida ottica: si basa su una striscia fotosensibile continua applicata al pavimento; un sensore ottico a bordo del carrello è in grado di "leggerla" e seguirla.

- Guida induttiva: utilizza un cavo multipolare incassato nel pavimento; il cavo, percorso da un segnale elettrico, ha un campo magnetico che è rilevato dalle antenne presenti sui veicoli.
- Guida meccanica: i carrelli si muovono su rotaia.

Il punto debole di questi sistemi di guida a percorso fisso sta nel fatto che i tragitti non possono essere facilmente modificati e nemmeno espansi. A causa di ciò il grado di flessibilità per questi impianti, sebbene più alto di quello dei “trasportatori rigidi”, non è elevato. Vi sono però anche sistemi di guida a percorso variabile. Essi sono senza dubbio i più flessibili in quanto i percorsi possono essere modificati o espansi semplicemente intervenendo sul software del computer centrale. È però necessario sottolineare anche che tali sistemi sono più complessi e perciò con costi più elevato. Tra questi tipi di sistemi figurano:

- Guida con riferimento cartesiano: il carrello si muove su una griglia cartesiana, ove dei sensori ne rilevano la posizione ed un giroscopio ne determina la direzione.
- Guida inerziale: la direzione del veicolo è determinata da un giroscopio mentre la distanza viene rilevata tramite il numero di rotazioni delle ruote.
- Guida con telecamera: la telecamera rileva l’ambiente e mediante essa il computer sceglie il percorso.
- Guida laser (LGV): una testa laser rotante emette un raggio, esso rimbalza contro dei riflettenti e torna al veicolo; in base ai raggi riflessi il computer del carrello calcola la sua posizione.

I sistemi con guida mediante telecamera sono in fase di studio. Questa tecnologia rappresenta sicuramente il futuro dei sistemi di trasporto.

Tutti questi tipi di guida richiedono l’installazione di un computer centrale fisso, il quale comunica mediante radio, piuttosto che con infrarossi, con le navette in movimento nello stabilimento. Le informazioni nel sistema sono trasmesse in tempo reale e le esigenze di trasporto possono essere soddisfatte non appena esse emergono.

Applicazioni dei sistemi AGV

Un sistema di trasporto mediante Automated Guided Vehicle può essere installato in ogni tipo d’impresa purché il layout del suo stabilimento sia adeguato. Quest’ultimo

deve, infatti, avere spazio sufficiente per il passaggio dei carrelli tra le diverse stazioni di lavoro. Il luogo in cui può operare questo tipo d'impianto non deve presentare condizioni ambientali critiche; nello stabilimento non vi deve essere troppa umidità e la temperatura deve rimanere a livelli normali.

L'applicazione di un impianto di AGV risulta molto utile all'interno dei magazzini tradizionali, ossia non serviti da trasloelevatori. Una "flotta" di navette a guida automatica può facilmente sostituire tutti i carrelli elevatori e quindi anche tutti gli operatori umani; nonostante l'investimento iniziale, se utilizzato su più anni, questo impianto permette un notevole risparmio, grazie all'abbattimento del costo della manodopera necessaria a servire il magazzino.

Sistemi di Automated Guided Vehicle risultano molto utili in aziende con sistemi di produzione del tipo Flexible Manufacturing Systems (FMS) oppure Flexible Assembly System (FAS). L'elevato grado di automazione di questi impianti di produzione si concilia perfettamente con l'utilizzo di AGV. Il computer centrale del FMS può comunicare direttamente con l'elaboratore del sistema di trasporto, rendendo così ottimale l'interazione dei due sistemi.

L'immagine qui a lato mostra un veicolo di un sistema di trasporto Laser Guided Vehicle. Come si può notare sullo sfondo è presente un robot Fanuc che esegue operazioni di pallettizzazione. Ciò significa che l'azienda, a cui si riferisce l'immagine, ha integrato i LGV con un sistema di pallettizzazione automatica. Ciò permette la diminuzione dei costi di manodopera.

1.3.2.1 Veicoli a guida laser - LGV

Il sistema di trasporto automatico più flessibile ed innovativo è quello che usa carrelli a guida automatica AGV lungo una serie di percorsi. AGV, il cui l'acronimo sta per Automatic Guided Vehicle, identifica dei veicoli utilizzati principalmente in campo industriale per la movimentazione di prodotti all'interno di uno stabilimento. Esistono comunque anche veicoli atti a lavorare all'esterno, anche se molto meno utilizzati. Tra questi sistemi, attualmente i più diffusi sono quelli a guida induttiva: carrelli trasportatori ad azionamento elettrico e con calcolatore a bordo si muovono lungo percorsi determinati per induzione elettromagnetica da un cavo metallico incassato nel pavimento. Il primo carrello AGV fu costruito da Barret Electronics nel 1950. Negli anni 60' e 70' i controllori di bordo furono prima transistorizzati quindi sostituiti da