

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE DII

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DELLA SICUREZZA CIVILE E  
INDUSTRIALE

**Automated Guided Vehicles (AGV) e sicurezza degli operatori:  
norme tecniche e nuovo regolamento macchine per una  
completa valutazione dei rischi**

Relatore: Lorenzo Baraldo

Laureando: Alessandro Tonin

Anno Accademico 2021/2022



# Introduzione

I veicoli a guida automatica (AGV) sono sempre più presenti in svariati settori industriali, soprattutto con l'avvento dell'industria 4.0. Spostano e scaricano materiale in autonomia, senza la necessità dell'intervento umano, con funzioni sempre più evolute nel corso degli anni. Una delle caratteristiche più importanti di questi veicoli è la capacità di muoversi ed integrarsi in spazi nei quali sono presenti anche persone, rendendo critici gli aspetti inerenti alla sicurezza.

L'elaborato presenta nella parte iniziale un inquadramento generale, nel quale viene descritto il funzionamento del veicolo a guida automatica e le principali tipologie di AGV presenti in commercio (prima parte del Capitolo 2). Viene poi trattata l'analisi di una casistica incidentale, al fine di far comprendere maggiormente i vari fattori che hanno portato al permanere di una situazione di non sicurezza che ha portato all'infortunio (Paragrafo 2.5). A seguito di questi aspetti vi è un confronto tra il nuovo regolamento macchine e le norme tecniche relative agli AGV, al fine di meglio identificare i pericoli legati all'interazione uomo macchina per una completa valutazione dei rischi (Capitolo 3). La valutazione dei rischi è poi applicata nella parte finale del presente lavoro ad un caso concreto di veicolo automatico a guida laser (LGV), nella quale vengono analizzati i fattori di pericolo, i relativi possibili scenari di pericolo e le misure preventive e protettive attuate in questo caso specifico, per arrivare alla classificazione del rischio e all'identificazione dei rischi residui, al fine di valutare l'accettabilità del rischio presente (Capitolo 6).



# Sommario

|   |    |
|---|----|
| <b>Inquadramento generale</b> .....   | 1  |
| <b>Capitolo 2</b> .....   | 3  |
| <b>2.1 Storia ed evoluzione degli AGV</b> .....                                 | 3  |
| <b>2.2 Caratteristiche</b> .....  | 4  |
| 2.2.1 <i>Sistema di movimentazione</i> .....                                    | 4  |
| 2.2.2 <i>Sistema di guida</i> .....   | 5  |
| 2.2.2.1 Guida induttiva .....   | 6  |
| 2.2.2.2 Guida ottica .....  | 7  |
| 2.2.2.3 Guida su rotaia (RGV) .....   | 8  |
| 2.2.2.4 Guida inerziale .....   | 8  |
| 2.2.2.5 Guida visiva.....   | 9  |
| 2.2.2.6 Navigazione SLAM.....   | 9  |
| 2.2.2.7 Guida Laser .....   | 10 |
| 2.2.3 <i>Sistema di trasmissione delle informazioni</i> .....                   | 11 |
| 2.2.4 <i>Sistema di gestione della flotta</i> .....                             | 11 |
| <b>2.3 Tipologie</b> .....  | 12 |
| <b>2.4 Vantaggi e svantaggi</b> .....   | 16 |
| <b>2.5 Statistiche incidentali e caso studio</b> .....                          | 17 |
| 2.5.1 <i>Statistiche incidentali ottenute con lo strumento Informo.MO</i> ..... | 18 |
| 2.5.1.1 Investimenti dei lavoratori in ambienti di lavoro .....                 | 21 |
| 2.5.2 <i>Caso studio di un infortunio</i> .....                                 | 22 |
| 2.5.3 <i>L'ultimo giro di giostra</i> .....                                     | 23 |
| <b>Capitolo 3</b> .....   | 33 |
| <b>3.1 Direttiva macchine 2006/42/CE</b> .....                                  | 33 |
| 3.1.1 <i>Panorama normativo</i> .....   | 33 |
| 3.1.2 <i>Direttive di nuovo approccio</i> .....                                 | 35 |
| 3.1.3 <i>Campo di applicazione della Direttiva 2006/42/CE</i> .....             | 36 |
| 3.1.4 <i>Immissione sul mercato e messa in servizio</i> .....                   | 38 |

|                   |   |           |
|-------------------|---|-----------|
| 3.1.5             | <i>Procedura di valutazione di conformità</i> .....   | 39        |
| 3.1.6             | <i>Sorveglianza del mercato</i> .....   | 41        |
| 3.1.7             | <i>Marchatura CE</i> .....  | 42        |
| 3.1.8             | <i>Dichiarazione CE di conformità</i> .....   | 43        |
| 3.1.9             | <i>Fascicolo tecnico</i> .....  | 44        |
| 3.1.10            | <i>Manuale di Istruzioni</i> .....  | 45        |
| 3.1.11            | <i>Requisiti Essenziali di Sicurezza</i> .....  | 46        |
| 3.1.12            | <i>Norme armonizzate</i> .....  | 47        |
| <b>3.2</b>        | <b>Nuovo regolamento macchine</b> .....   | <b>49</b> |
| 3.2.1             | <i>Motivazioni per l'adozione di un nuovo Regolamento</i> .....   | 51        |
| 3.2.2             | <i>Ambito di applicazione, definizioni ed esclusioni</i> .....  | 55        |
| 3.2.3             | <i>Presunzione e valutazione della conformità delle macchine</i> .....  | 57        |
| 3.2.4             | <i>Operatori economici</i> .....  | 58        |
| 3.2.5             | <i>Novità nei requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute</i> .....  | 59        |
| 3.2.6             | <i>Requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute</i> .....   | 63        |
| 3.2.6.1           | <i>Ergonomia</i> .....  | 66        |
| 3.2.6.2           | <i>Protezione dall'alterazione</i> .....  | 67        |
| 3.2.6.3           | <i>Sistemi di comando</i> .....   | 68        |
| 3.2.6.4           | <i>Misure di protezione contro i rischi meccanici</i> .....   | 69        |
| 3.2.6.5           | <i>Informazioni</i> .....   | 70        |
| 3.2.7             | <i>Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per ovviare ai rischi dovuti alla mobilità delle macchine</i> .....     | 71        |
| 3.2.8             | <i>Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per prevenire i pericoli dovuti ad operazioni di sollevamento</i> ..... | 74        |
| <b>Capitolo 4</b> | .....   | <b>77</b> |
| <b>4.1</b>        | <b>EN ISO 3691-4:2020</b> .....   | <b>77</b> |
| 4.1.1             | <i>Introduzione</i> .....   | 77        |
| 4.1.2             | <i>Requisiti di sicurezza e/o misure di protezione e riduzione dei rischi</i> .....   | 78        |
| 4.1.3             | <i>Modalità di funzionamento</i> .....  | 88        |
| 4.1.3.1           | <i>Modalità di funzionamento automatica</i> .....   | 89        |
| 4.1.3.2           | <i>Modalità di funzionamento manuale</i> .....  | 90        |
| 4.1.3.3           | <i>Modalità di manutenzione</i> .....   | 91        |

|                   |   |            |
|-------------------|---|------------|
| 4.1.3.4           | Ulteriori requisiti di sicurezza .....                                  | 92         |
| 4.1.4             | <i>Pericoli significativi</i> .....                                     | 93         |
| <b>4.2</b>        | <b>EN 1175:2020</b> .....   | <b>95</b>  |
| 4.2.1             | <i>Ambito</i> .....   | 96         |
| 4.2.2             | <i>Rischi significativi di natura meccanica</i> .....                   | 96         |
| 4.2.3             | <i>Rischi significativi di natura elettrica</i> .....                   | 98         |
| 4.2.4             | <i>Rischi significativi di natura termica ed elettromagnetica</i> ..... | 99         |
| 4.2.5             | <i>Rischi dovuti a materiali/sostanze, ergonomia ed ambiente</i> .....  | 99         |
| 4.2.6             | <i>Rischi dovuti al sistema di controllo</i> .....                      | 101        |
| 4.2.7             | <i>Rischi supplementari</i> .....                                       | 102        |
| <b>4.3</b>        | <b>Norme tecniche e nuovo regolamento</b> .....                         | <b>103</b> |
| <b>Capitolo 5</b> | .....   | <b>105</b> |
| <b>5.1</b>        | <b>Nuovo regolamento macchine e valutazione dei rischi</b> .....        | <b>106</b> |
| <b>5.2</b>        | <b>EN ISO 12100:2010</b> .....  | <b>107</b> |
| 5.2.1             | <i>Strategia per la valutazione e riduzione del rischio</i> .....       | 107        |
| 5.2.2             | <i>Valutazione del rischio</i> .....                                    | 109        |
| 5.2.2.1           | Informazioni per la valutazione del rischio .....                       | 110        |
| 5.2.2.2           | Determinazione dei limiti delle macchine .....                          | 110        |
| 5.2.2.3           | Identificazione del pericolo .....                                      | 111        |
| 5.2.2.4           | Stima del rischio .....   | 112        |
| 5.2.2.5           | Valutazione del rischio .....   | 114        |
| 5.2.3             | <i>Riduzione del rischio</i> .....                                      | 115        |
| 5.2.3.1           | Misure di progettazione intrinsecamente sicure .....                    | 116        |
| 5.2.3.2           | Misure protettive complementari .....                                   | 117        |
| 5.2.3.3           | Informazioni per l'uso .....  | 118        |
| <b>5.3</b>        | <b>UNI ISO/TR 14121-2:2013</b> .....                                    | <b>119</b> |
| 5.3.1             | <i>Strumenti per la stima dei rischi</i> .....                          | 119        |
| 5.3.1.1           | Matrice di rischio.....   | 120        |
| 5.3.1.2           | Metodo grafico .....  | 121        |
| 5.3.1.3           | Metodo numerico .....   | 122        |
| 5.3.1.4           | Metodo ibrido .....   | 123        |

|                                  |  |     |
|----------------------------------|--|-----|
| <b>5.4</b>                       | <b>Valutazione dei rischi per i veicoli AGV</b> .....                                      | 124 |
|                                  | 5.4.1 <i>Strumento adottato per la valutazione dei rischi degli AGV</i> .....              | 126 |
|                                  | 5.4.2 <i>Pericoli individuati per i veicoli AGV</i> .....                                  | 129 |
| <b>Capitolo 6</b>                | .....  | 141 |
| <b>6.1</b>                       | <b>Presentazione della macchina</b> .....  | 142 |
|                                  | 6.1.1 <i>Caratteristiche tecniche</i> .....  | 142 |
| <b>6.2</b>                       | <b>Descrizione del funzionamento</b> .....   | 144 |
|                                  | 6.2.1 <i>Cambio batteria del veicolo</i> .....   | 145 |
| <b>6.3</b>                       | <b>Identificazione delle zone nell'ambiente</b> .....                                      | 146 |
| <b>6.4</b>                       | <b>Dispositivi di sicurezza</b> .....  | 147 |
|                                  | 6.4.1 <i>Pulsanti di arresto di emergenza</i> .....  | 147 |
|                                  | 6.4.2 <i>Dispositivi anticollisione PLS</i> .....  | 148 |
|                                  | 6.4.4 <i>Dispositivi di avvertimento</i> .....   | 150 |
| <b>6.5</b>                       | <b>Analisi dei rischi</b> .....  | 151 |
|                                  | 6.5.1 <i>Considerazioni sull'analisi dei rischi</i> .....                                  | 170 |
|                                  | 6.5.1.1 <i>Mobilità della macchina in rettilineo</i> .....                                 | 172 |
|                                  | 6.5.1.2 <i>Mobilità della macchina in curva</i> .....                                      | 173 |
|                                  | 6.5.1.3 <i>Presenza di carichi o oggetti sospesi nella zona di transito dell'AGV</i> ..... | 174 |
|                                  | 6.5.1.4 <i>Stabilità del carico</i> .....  | 174 |
|                                  | 6.5.1.5 <i>Schiacciamento del piede di un operatore</i> .....                              | 175 |
|                                  | 6.5.1.6 <i>Pericoli di natura informatica</i> .....  | 175 |
| <b>Conclusioni</b>               | .....  | 177 |
| <b>Riferimenti bibliografici</b> | .....  | 179 |

# Capitolo 1

## Inquadramento generale

I veicoli a guida automatizzata in grado di eseguire operazioni automatiche e spostarsi senza guidatore sono sempre più diffusi nel contesto industriale del nostro paese. Essi spostano e scaricano materiale in autonomia e senza l'intervento umano, con una forza e precisione molto superiori a quelle di un normale lavoratore.

Attualmente questi veicoli sono normati dalla norma tecnica di tipo C EN ISO 3691-4:2020, la quale specifica i requisiti di sicurezza e i mezzi per la loro verifica dei carrelli industriali senza conducente, requisiti che rispettano i Requisiti Essenziali di Salute e Sicurezza presenti nell'allegato I della Direttiva Macchine.

Negli ultimi anni, gli sviluppi tecnologici nell'ambito della robotica, delle macchine a mobilità autonoma, dell'Internet Of Things (IOT), delle macchine auto-apprendenti (ML) e delle telecomunicazioni hanno reso la attuale Direttiva Macchine inadatta a gestire la sicurezza di queste nuove tecnologie, rendendola in qualche modo obsoleta.

Il 21 aprile 2021 si è concluso l'iter di revisione della Direttiva Macchine ed in quella data la Commissione Europea ha presentato la proposta di un nuovo Regolamento Macchine. La Commissione Europea, mediante questo nuovo regolamento, vuole tra le altre cose adeguare e normare le nuove tecnologie che si sono sviluppate negli anni, stabilendo tutta una serie di Requisiti di Salute e Sicurezza che devono essere rispettati dai fabbricanti.

Il presente lavoro di tesi ha come obiettivo proprio quello di mettere assieme il nuovo Regolamento Macchine e le norme tecniche inerenti ai veicoli a guida autonoma, al fine di una corretta valutazione dei rischi.

Il lavoro è suddiviso in diversi capitoli, posti in una determinata successione al fine di giungere alla valutazione dei rischi per i veicoli AGV con tutti gli strumenti per farlo.

Dopo una breve introduzione, il capitolo 2 propone un inquadramento generale, nel quale viene descritto il funzionamento del veicolo a guida autonoma e le principali tipologie di AGV presenti in commercio. Nella parte finale del medesimo capitolo viene trattata l'analisi di una casistica incidentale, al fine di far comprendere maggiormente i vari fattori che hanno portato al permanere di una situazione di non sicurezza che ha portato all'infortunio e per dare maggiore consapevolezza dell'importanza del tema trattato.

Nel capitolo successivo, il capitolo 3, viene inizialmente descritta l'attuale Direttiva Macchine, per poi passare a tutte le novità introdotte dal nuovo Regolamento macchine, con un focus per quanto riguarda i Requisiti Essenziali di Salute e Sicurezza (RESS) inerenti ai veicoli AGV.

Il capitolo 4 presenta invece le norme tecniche degli AGV, con il quale si stabiliscono i requisiti di sicurezza da rispettare per tale tipologia di veicoli, secondo le norme di tipo C vigenti. Al termine del suddetto capitolo è presente una breve trattazione relativa al confronto fra norme tecniche e nuovo Regolamento Macchine.

Il capitolo 5 tratta inizialmente il tema in generale della valutazione dei rischi, al fine di meglio comprenderne le varie sfaccettature. A seguito della trattazione generale si passa al metodo di valutazione dei rischi scelto in questo elaborato per analizzare gli AGV. Punto focale del capitolo 5 è una checklist presentata al Paragrafo 5.4.2 nella quale sono presenti tutti i pericoli trovati per i veicoli a guida autonoma, pericoli inseriti grazie allo studio approfondito del nuovo Regolamento Macchine e delle norme tecniche applicabili.

La valutazione dei rischi è poi applicata nella parte finale del presente lavoro, al capitolo 6, ad un caso concreto di veicolo automatico a guida laser (LGV), nella quale vengono analizzati i fattori di pericolo, i relativi possibili scenari di pericolo e le misure preventive e protettive attuate in questo caso specifico, per arrivare alla classificazione del rischio e all'identificazione dei rischi residui, al fine di valutare l'accettabilità del rischio presente.

# Capitolo 2

## I veicoli AGV

Con il termine Veicolo a guida automatizzata (AGV) generalmente si intende un sistema di trasporto a guida automatizzata o autonoma in grado di eseguire operazioni automatiche e spostarsi senza guidatore, mediante onde radio, bande sul pavimento, telecamere, magneti o laser. Tali veicoli, diffusi anche in ambito civile, sono prevalentemente utilizzati nel contesto industriale, dove sono in grado di movimentare materie prime e prodotti finiti senza l'intervento umano, operando in ambienti dinamici con presenza anche di personale grazie ai vari sensori dei quali sono dotati.

Con l'avvento dell'industria 4.0, gli AGV hanno un ruolo sempre più fondamentale nelle aziende, caricando, spostando e scaricando materiale in autonomia e senza l'intervento umano, con una forza e precisione nettamente superiori a quelle di un normale lavoratore.

### 2.1 Storia ed evoluzione degli AGV

Gli AGV sono stati introdotti negli anni '50 dalla Barrett Electronics Corporation, un'azienda manifatturiera con sede negli Stati Uniti, la quale ha introdotto nel mercato un semplice carrello senza conducente in grado di seguire un cavo percorso da corrente sul pavimento anziché una rotaia. I primi AGV introdotti sul mercato avevano una tecnologia di tracciamento molto semplice e basilare, basata quasi esclusivamente sul seguire strisce colorate sul pavimento grazie a sensori ottici che comunicavano con il motore del veicolo. Al fine di garantire la protezione delle persone e del veicolo si utilizzavano interruttori meccanici, dispositivi di arresto di emergenza e paraurti.

Negli anni successivi questa nuova tecnologia è stata introdotta anche in Europa, al punto che una società belga, Egemin, è diventata negli anni '70 uno dei maggiori player in questo mercato. Nel frattempo, anche Wagner Fördertechnik di Reutlingen, parte di Egemin dal 1970, ha lanciato sul mercato il suo primo veicolo senza conducente, divenendo molto famoso negli anni '80 e '90. Nel 1976 è stato introdotto Mailmobile, un AGV prodotto da Lear Siegler Inc., in grado di distribuire la posta in grandi edifici, leggendo una striscia fluorescente invisibile a terra.

Successivamente, è stato introdotto il doppio cavo (uno sul soffitto e uno nel pavimento) ai fini della movimentazione e di lì a poco anche la guida tramite binari magnetici è diventata un metodo assai diffuso nelle aziende. Sempre negli anni '70 Volvo ha sviluppato un veicolo comandato da 280 computer; al giorno d'oggi è invece sufficiente un singolo computer dotato di un software in grado di controllare e gestire un AGV o una flotta di essi.

Nel corso degli anni la tecnologia è diventata sempre più sofisticata e le nuove innovazioni nell'ambito dell'elettronica e dell'informatica hanno permesso la realizzazione di sensori in grado di permettere una sempre maggior precisione e capacità di controllo del veicolo.

Negli anni '90 vi è l'introduzione della navigazione mediante laser, grazie ai numerosi progressi tecnologici, in particolare nei settori dell'informatica e degli scanner. L'uso di laser (Laser Guided Vehicle) ha reso le linee guida fisiche in breve tempo obsolete.

Oggi, il vecchio modello di magazzino statico è stato completamente stravolto, grazie all'automazione e quindi grazie anche agli AGV, i quali sono dotati di numerosi sensori di monitoraggio, tracciabilità e connettività, con i quali i magazzini stanno diventando sempre più degli ambienti intelligenti e dinamici. Se nei primi anni dalla loro creazione i veicoli automatici erano nati come sostituti dei trasportatori orizzontali, oggi non esistono limiti alle loro applicazioni, differenziandosi per aspetto, tecnologia e impieghi possibili.

## **2.2 Caratteristiche**

Ai fini della corretta movimentazione, un AGV è dotato di quattro componenti fondamentali:

- Il sistema di movimentazione;
- Il sistema di guida;
- Il sistema di trasmissione delle informazioni;
- Il sistema di gestione della flotta;

### *2.2.1 Sistema di movimentazione*

Il sistema di movimentazione, composto da motori e sistema di sterzo, permette al veicolo di muoversi ed eseguire le operazioni di carico e scarico di materiali.

I motori elettrici, associati alle ruote timone del veicolo, ne permettono il movimento. All'aumentare del numero dei motori a disposizione aumenta la complessità nel controllo del sistema, ma anche la capacità del veicolo di compiere manovre difficili e particolari.

Il sistema di sterzo si differenzia in base al tipo di sterzo, che può essere singolo, doppio, differenziale o ad azionamento composto. Il sistema più semplice è senza ombra di dubbio quello singolo, nel quale vi è un'unica ruota timone collocata frontalmente a direzionare il veicolo, mentre le altre ruote sono libere di muoversi e direzionate dall'unica ruota atta a stabilire la direzione di marcia. Nel sistema a doppio timone, le due ruote sterzanti sono distribuite nella parte anteriore e posteriore del veicolo, mentre le due ruote libere possono essere disposte e ruotate su entrambi i lati. Il sistema più complesso è costituito dal differenziale (Figura 2.1), nel quale le due ruote timone sono poste sull'asse centrale, accompagnate da almeno due ruote libere poste sul fronte e retro dell'AGV, al fine di garantire stabilità ed equilibrio, ma anche di aumentare la capacità di carico e migliorare il controllo dei movimenti.

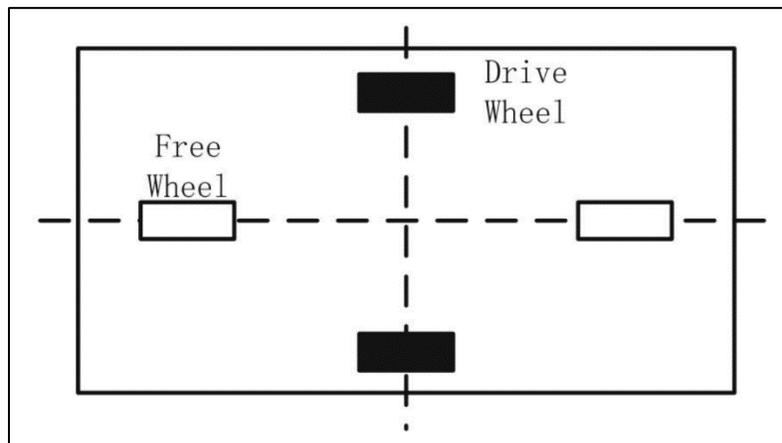


Figura 2.1 Sistema differenziale (Fonte: Wang, To, Xu, 2018)

### 2.2.2 Sistema di guida

Il sistema di guida è il sistema che permette al veicolo di trasportare da un punto ad un altro del locale il materiale. Esistono differenti tipologie di guida, che classificano e distinguono i vari tipi di AGV. I veicoli possono essere inizialmente suddivisi in due macrocategorie: veicoli a percorso fisso e veicoli a percorso variabile. I veicoli a percorso fisso richiedono l'installazione sul pavimento dove transitano di una traccia (linea guida), la quale richiede un costo fisso iniziale (bilanciato dal costo inferiore di tale tipologia di carrelli rispetto a quelli a percorso variabile). Le linee fisiche installate a pavimento possono essere solitamente riferite ad un nastro magnetico,

fasce di colore dipinte, cavo induttivo percorso da corrente, o binari (più facilmente in passato, oggi in disuso). I più costosi veicoli a percorso variabile richiedono necessariamente una maggiore capacità di calcolo, a vantaggio però di una maggior flessibilità, per la quale è sufficiente la presenza solamente di alcuni punti fissi di riferimento rilevati dal sistema che permettono la corretta orientazione in fase di movimentazione. Quest'ultima categoria permette la creazione di un percorso virtuale (digitale) memorizzato all'interno del software del veicolo. Nei prossimi sottoparagrafi vengono spiegati con maggior chiarezza i seguenti sistemi a percorso fisso:

- Guida induttiva;
- Guida ottica;
- Guida su rotaia.

Sistemi di guida a percorso variabile spiegati nei sottoparagrafi successivi:

- Guida inerziale;
- Guida visiva;
- Navigazione SLAM;
- Guida laser;

### 2.2.2.1 Guida induttiva

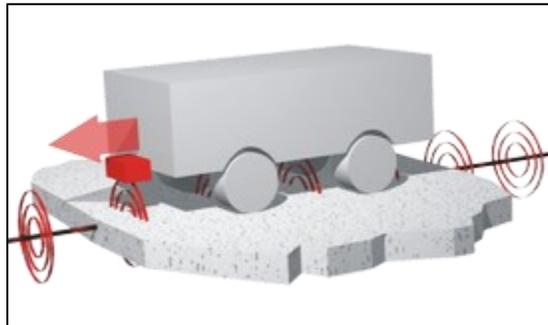
Sul pavimento viene posto un cavo percorso da corrente, isolato tramite un rivestimento isolante in plastica e posizionato all'interno di una scanalatura nel pavimento. La scanalatura viene ricoperta mediante una resina sintetica, sotto la quale è presente uno strato di gomma che permette piccoli spostamenti del cavo elettrico. Il filo conduttore viene percorso solitamente da corrente alternata inferiore a 400 mA e a bassa tensione (minore di 40 V), ad una frequenza superiore a 1 KHz ed inferiore a 15 KHz. La corrente che percorre il cavo genera un campo magnetico, rilevabile dall'AGV con sensori magnetici e che può quindi seguirlo e percorrere il percorso prestabilito. Il sensore che rileva la linea sul pavimento misura l'errore destro e sinistro di posizionamento, correggendo di volta in volta la traiettoria da seguire. Al fine di ridurre eventuali interferenze dovute a campi magnetici esterni, è necessario che non vi siano dispositivi che generano campi magnetici ad una distanza inferiore a tre metri dalla canalina.

Il sistema di guida induttiva (Figura 2.2) ha come vantaggio un'elevata accuratezza nella tracciabilità e controllabilità del veicolo, ma tra gli svantaggi ha l'elevato costo di implementazione, manutenzione del nastro magnetico (nel tempo può danneggiarsi) e soprattutto la scarsa facilità nella modifica del layout del percorso.

Al fine di definire un nuovo percorso per il robot è infatti necessario predisporre una nuova canalina con un cavo magnetico nel terreno, operazione poco pratica e poco veloce da eseguire.

Tali difficoltà rendono il sistema poco flessibile ed implementabile solamente in alcuni contesti produttivi particolari.

Risulta infatti applicabile con ottimi risultati qualora il veicolo debba percorrere lo stesso percorso attorno ad un circuito periodicamente, ad esempio nel caso della produzione di automobili, dove i robot spostano i vari componenti da una stazione ad un'altra.



*Figura 2.2 funzionamento di un sistema di guida induttiva (Fonte: Crane Tech Solutions, 2022)*

#### 2.2.2.2 Guida ottica

Nel caso della guida ottica il veicolo a guida automatizzata è in grado di seguire dei riferimenti preimpostati posti sul pavimento, mediante dispositivi ottici.

I dispositivi ottici dell'AGV (Figura 2.3) sono in grado di riconoscere e quindi seguire una striscia riflettente posizionata sul pavimento, mediante solitamente l'utilizzo di un raggio di luce polarizzata riflesso dalla striscia sul pavimento e rilevato dal veicolo.

Qualora l'AGV fosse dotato di telecamere, tali dispositivi sono in grado di riconoscere e seguire dei riferimenti posti a terra, solitamente un nastro colorato. Il veicolo è in grado di seguire la giusta traiettoria grazie all'individuazione della propria posizione relativa ad intervalli di tempo regolari e ben definiti.



Figura 2.3 Esempio di AGV a guida ottica (Fonte: Formall, 2022)

### 2.2.2.3 Guida su rotaia (RGV)

Gli RGV (Figura 2.4) sono veicoli dove il carrello si muove su rotaia. Consentono di trasportare grandi quantità di merci pesanti su lunghe distanze a basso costo con alta efficienza. Il sistema richiede però un elevato costo di investimento iniziale ed è però poco flessibile, è difficile cambiare il layout del percorso sul breve periodo a causa dell'installazione delle rotaie, le quali non sono facilmente spostabili.

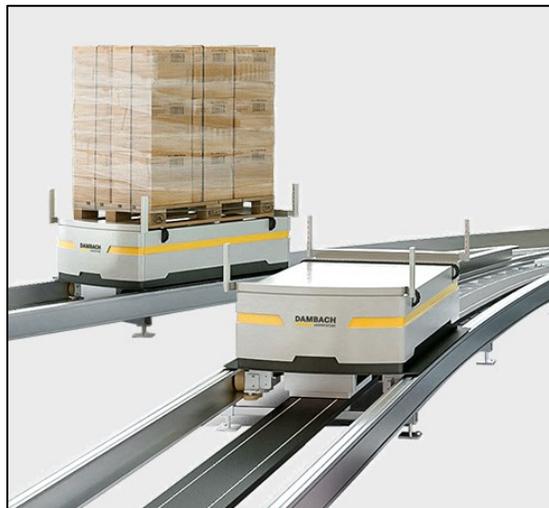


Figura2.4 Esempio di RGV (Fonte: Materialfluss LT, 2019)

### 2.2.2.4 Guida inerziale

Il sistema di guida inerziale per gli AGV è basato sul controllo del movimento del veicolo mediante un confronto fra il movimento rilevato dai motori, le informazioni derivanti dal giroscopio e da 1 o 2 antenne magnetiche.

La guida inerziale comprende quindi una parte magnetica e una giroscopica. Vengono utilizzati dei magneti posizionati nel pavimento in determinati punti al fine di individuare dei punti specifici, come la zona di carico/scarico. Il giroscopio dell'AGV, che misura la velocità angolare del sistema in una terna di riferimento inerziale, serve invece durante il tragitto per identificare la corretta direzione del veicolo, abbinato ad un encoder che permette di contare i giri eseguiti dalle ruote e di conseguenza la distanza totale percorsa dal veicolo in ogni punto. Grazie alle placche magnetiche nel pavimento è possibile ottenere la posizione assoluta del veicolo, correggendo così le derive inevitabili relative al calcolo della posizione e dell'orientamento del mezzo stesso.

#### 2.2.2.5 Guida visiva

Gli AGV Vision-Guided, ovvero a guida con telecamera, hanno il vantaggio di poter essere utilizzati senza la necessità di apportare modifiche all'ambiente o all'infrastruttura nella quale operano. Il loro funzionamento sfrutta delle telecamere, con le quali registrano e memorizzano le caratteristiche del percorso. Una volta registrate le immagini a 360 gradi (il lavoratore addetto guida il veicolo lungo tutto il tragitto al fine di raccogliere per tutto il tempo delle immagini per costruire la mappa 3D dell'ambiente) l'AGV a guida visiva le utilizza per ricostruire una mappa 3D, che consente al veicolo di seguire un percorso senza l'assistenza umana e senza la necessità di aggiungere punti di riferimento o sistemi di posizionamento. L'installazione di tale tipologia di veicolo è relativamente semplice e veloce, in quanto non è necessaria alcuna modifica all'infrastruttura del locale nel quale devono operare gli AGV.

La tecnologia di guida visiva è vantaggiosa per quanto riguarda i tempi e costi di manutenzione, ma ha però lo svantaggio che le condizioni ambientali, come illuminazione, abbagliamento e oscurità possono influire sull'accuratezza e precisione di guida del veicolo.

#### 2.2.2.6 Navigazione SLAM

La navigazione SLAM (o navigazione con funzioni naturali) sfrutta scanner laser per scansionare in 2D un'immagine e confrontarla con una mappa precedentemente creata, al fine di determinare la posizione del veicolo. Tale tecnologia funziona in due modi:

- Scansione di corrispondenza: i dati che vengono raccolti dallo scanner del veicolo vengono comparati e aggiornati in ogni istante con una mappa di riferimento. In questa tecnologia eventuali nuovi oggetti rilevati vengono aggiornati sulla mappa del veicolo;

- **Corrispondenza delle caratteristiche:** i dati raccolti dallo scanner vengono confrontati con la forma dell'ambiente (le sue caratteristiche), come muri o pilastri, senza però sovrascrivere la mappa di riferimento precedentemente creata. Questo metodo è più semplice di quello a scansione di corrispondenza in quanto richiede un numero limitato di riferimenti (solitamente pari o inferiore al 5% dell'ambiente) al fine di garantire un'accurata localizzazione del veicolo.

#### 2.2.2.7 Guida Laser

La navigazione mediante guida laser (Figura 2.5) presenta alcune analogie con la navigazione GPS. La triangolazione laser sfrutta almeno tre punti di riferimento atti a triangolare e quindi definire la posizione del veicolo. A differenza del sistema GPS, però, il quale sfrutta ai satelliti, la triangolazione laser utilizza uno scanner laser posto sulla parte superiore del veicolo, il quale emette raggi che vengono riflessi da obiettivi riflettenti preinstallati sulla parete dell'ambiente (dei catarifrangenti). Con il rilevamento di almeno tre obiettivi posti sull'ambiente (preventivamente misurati e riportati in coordinate assolute in un sistema di riferimento conosciuto dal veicolo) il software di bordo è in grado di calcolare la posizione del veicolo in ogni istante e, quindi, di guidarlo lungo la direzione precedentemente prestabilita.

La tecnologia di triangolazione laser è estremamente affidabile e precisa, garantendo un'elevata precisione nella localizzazione del veicolo e consentendo quindi velocità del veicolo maggiori rispetto ad altre tecnologie. Alcuni modelli di veicolo a guida laser (LGV), oltre ai laser scanner hanno integrati ad essi anche sensori ad ultrasuoni e telecamere 3D, accessori che consentono all'LGV di mappare in maniera completa e precisa il luogo di lavoro.

Uno dei principali vantaggi di questa tecnologia è il fatto che non utilizza percorsi fisici nel terreno, riducendo notevolmente il costo dovuto ad eventuali cambi di layout (a meno di dover installare riflettori laser aggiuntivi) o manutenzione. La navigazione laser presenta anche alcuni svantaggi, come l'elevata progettazione richiesta al fine di poter applicare efficacemente questa tecnologia. È infatti necessario inizialmente progettare il layout dei riflettori mediante il software CAD (Computer Aided Design), per poi installare in loco i riflettori e creare la mappa di essi che gli AGV utilizzeranno.

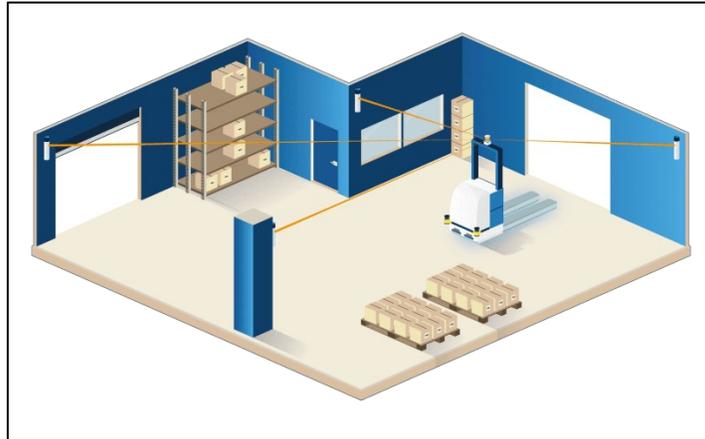


Figura 2.5 Esempio di sistema a triangolazione laser (Fonte: Bluebotics, 2022)

### 2.2.3 Sistema di trasmissione delle informazioni

In commercio sono presenti diverse metodologie di trasmissione delle informazioni. Le più diffuse sono tramite rete wireless o via radio, ma sono anche presenti trasmissioni di informazioni tramite induzione o via infrarossi.

### 2.2.4 Sistema di gestione della flotta

Qualora vi siano più AGV operanti nello stesso locale, è necessario un sistema di gestione della flotta in grado di gestire e ottimizzare il lavoro di più veicoli contemporaneamente. Tale gestione avviene per mezzo di un calcolatore, il quale è in grado di programmare il percorso dei veicoli in modo tale da evitare collisioni tra gli stessi. Il calcolatore è utilizzato anche per assegnare un livello di priorità ad ogni mansione da svolgere, su indicazione degli addetti. I sistemi di gestione della flotta possono essere di tre differenti tipologie:

- Centralizzato;
- Decentralizzato;
- Misto.

Il sistema centralizzato prevede un calcolatore centrale esterno agli AGV in grado di gestire e impartire le varie istruzioni. Il sistema decentralizzato prevede invece un calcolatore dedicato interno ad ogni veicolo automatico. Esiste infine il sistema di gestione misto, nel quale sono presenti calcolatori sui singoli robot ma è anche presente un calcolatore esterno, permettendo quindi rispetto al sistema centralizzato un funzionamento degli AGV anche qualora il sistema

esterno non sia disponibile e utilizzabile, mantenendo operative tutte le funzioni necessarie a garantire un corretto funzionamento della flotta di robot, ma producendo però un numero di informazioni maggiore rispetto al sistema decentralizzato.

La tendenza attuale è quella di ridurre al più possibile i sistemi centralizzati a favore di sistemi di controllo distribuiti, al fine di avere sistemi più snelli e flessibili. Così facendo ogni singolo veicolo risulta autonomo, rimanendo comunque in grado di interagire e comunicare con gli altri veicoli all'interno della flotta, solitamente mediante una rete WI-FI (Figura 2.6).

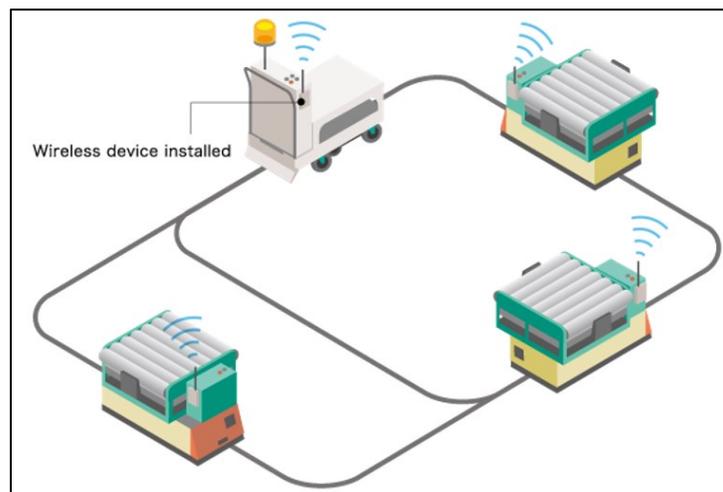


Figura 2.6 comunicazione Wireless di una flotta di AGV (Fonte: Bluebotics, 2022)

### 2.3 Tipologie

In commercio esistono molteplici tipologie di AGV, raggruppabili in quattro famiglie principali: a traino, a catenarie, a forche e a sollevamento; tutto ciò che non rientra in tali famiglie può essere considerato customizzato ad hoc per una specifica e particolare implementazione.

#### AGV a traino:

Gli AGV a traino (Figura 2.7) vengono anche comunemente detti Towing AGV o Tractor AGV, ed è una tipologia di veicoli atti a trasportare uno o più carrelli (detti rimorchi) connessi tramite dispositivi di gancio. Tale tipologia di veicoli è caratterizzata dal fatto che gli oggetti e materiali da spostare da una parte all'altra di un magazzino vengono trainati invece che sollevati. Tale soluzione implica necessariamente che l'oggetto sia disposto su un supporto dotato di ruote. L'AGV si aggancia ad un supporto opportunamente predisposto e nel quale sono presenti oggetti e materiali; l'aggancio, lo sgancio ed il trasporto del supporto con i materiali avviene solitamente

in maniera automatica, tranne qual ora fosse richiesto l'intervento di un lavoratore al fine di impartire l'istruzione di partenza al veicolo prima che intraprenda la missione richiesta.

Il raggio di curvatura del veicolo dipende dal numero e tipo di carrelli collegati, ma è necessariamente maggiore di quello degli altri tipi di AGV, a causa del/dei carrelli connessi che aumentano notevolmente la lunghezza del convoglio.

A causa dell'elevato raggio richiesto per le manovre questa famiglia di AGV è più adatto in spazi ampi, nei quali è più semplice curvare, oppure in ambienti dove la distanza da percorrere è notevole. Questa tipologia di AGV non presenta limitazioni di peso per il carico trainato, il quale può essere anche di diverse tonnellate (il carico varia solitamente da poche centinaia di chilogrammi a una trentina di tonnellate).



*Figura 2.7 AGV da traino (Fonte: Gimatico, 2020)*

### AGV a catenarie:

Gli AGV a catenarie (o a rulliere, Figura 2.8) sono la famiglia di veicoli a guida automatica che dispone di un sistema di rulli atti a caricare il carico sull'AGV, per poi scaricarlo su altri rulli o nastri trasportatori. Tale tipologia di veicoli è solitamente utilizzata qualora il veicolo debba accostarsi ad un nastro trasportatore al fine di effettuare le operazioni di carico e scarico.

Ad integrazione del veicolo può essere installato un cobot costituito da un braccio robotico autonomo in grado di interagire e collaborare con i dipendenti per caricare o scaricare i pezzi dal veicolo.



*Figura 2.8 AGV a rulliere (Fonte: Opponent-Evo, 2022)*

### AGV a forche:

Gli AGV a forche (Figura 2.9), comunemente detti muletti o carrelli elevatori automatici, sono semplicemente dei trans-pallet automatici. Sono quindi dei veicoli adibiti al trasporto di pallet di varia tipologia e materiale all'interno di un deposito o in generale all'interno di un ambiente nel quale vi sia la necessità di movimentare pallet.

A differenza di un comune carrello elevatore, il forklift AGV (termine inglese per definire l'AGV a forche) è dotato solitamente di forche poste sul retro del veicolo invece che sulla parte frontale, per questioni di sicurezza e protezione del pallet trasportato. Le forche possono essere a distanza fissa o variabile, al fine di poter essere adattate alla dimensione del carico da sollevare e trasportare. Al fine di garantire il bilanciamento del veicolo a pieno carico, è possibile utilizzare delle zanche stabilizzatrici o un normale contrappeso.

In determinati casi, le forche possono essere a presa laterale, qualora vi sia la necessità, ad esempio, di caricare e scaricare materiale da una rulliera, oppure possono esserci anche AGV trilaterali, con forche sia frontalmente che lateralmente.

Questa tipologia di veicoli a guida automatica può essere dotata di un circuito idraulico o di una vita senza fine per sollevare i carichi, i quali possono essere anche di svariate tonnellate e di diversi metri di altezza.



*Figura 2.9 AGV a forche posteriori (Fonte AGVE, 2022)*

### AGV a sollevamento:

Gli AGV a sollevamento (Figura 2.10), detti anche a “tartaruga” o “spiralift” sono una tipologia di veicoli che solleva i carichi posizionandosi sotto di essi, a differenza di quelli a forche del paragrafo precedente.

Solitamente sono dotati di una tavola elevatrice, la quale può essere di due tipologie: a spira-lift o a pantografo. Il sollevamento avviene mediante un motore idraulico o elettrico, a seconda dell’applicazione prevista.

Una comune applicazione di questa tipologia di veicoli è presente in alcuni ospedali, nei quali è adibita al sollevamento di carrelli mensa o lavanderia.



*Figura 2.10 AGV a sollevamento in ambiente ospedaliero (Fonte: Kollmorgen, 2019)*

## 2.4 Vantaggi e svantaggi

Introdurre gli AGV richiede necessariamente un importante investimento iniziale e un profondo cambio di mentalità, in particolare per quanto riguarda la gestione del magazzino.

Inizialmente vi possono anche essere delle difficoltà legate alla progettazione dei sistemi per far interagire e far funzionare correttamente gli AGV, per via della presenza di numerosi fattori decisionali e della notevole complessità del sistema di controllo, che impattano sull'intero sistema produttivo dell'azienda.

A fronte di questi aspetti, vi sono però numerosi aspetti positivi per l'azienda dati dall'adozione dei veicoli a guida automatica:

- Riduzione dei costi energetici e di affitto: L'implementazione degli AGV inoltre permette di ottimizzare l'utilizzo degli spazi nei magazzini, permettendo di sfruttare meglio i locali in altezza, ospitando più articoli a parità di superficie orizzontale totale presente; superfici orizzontali minori implicano inoltre minori costi energetici e di affitto. Questa tipologia di veicoli inoltre richiede meno spazio, ad esempio di un nastro trasportatore (il quale inoltre è poco flessibile nei termini di un cambio di layout);

- Aumento della produttività: Gli AGV sono in grado di operare ininterrottamente riducendo al minimo i tempi morti e velocizzando i processi di magazzino, garantendo la massima puntualità nello svolgere le mansioni richieste;
- Riduzione dei costi del personale: con l'introduzione dei robot vi sono minori costi di personale, e in contemporanea la possibilità di destinare alcuni lavoratori a mansioni con un maggior valore aggiunto all'impresa;
- Maggior flessibilità: l'automazione permette di assecondare i bisogni del momento, ad esempio con turni più lunghi nei periodi di picco della domanda;
- Maggior sicurezza: l'interazione uomo-macchina è inferiore e più sicura rispetto ad un magazzino tradizionale, dove le macchine sono gestite interamente dai lavoratori. Gli AGV inoltre sono in grado di sollevare carichi notevoli e possono operare in condizioni termiche e igieniche difficili. L'aspetto inerente alla sicurezza degli AGV verrà meglio approfondito nei paragrafi successivi;
- Maggiore igiene e integrità dei prodotti: i veicoli a guida automatica riducono notevolmente il margine di errore (ad esempio cadute accidentali dei prodotti) e il contatto dei prodotti con i lavoratori, garantendo un miglior livello di igiene soprattutto in settori come il farmaceutico e l'agroalimentare.
- Migliore tracciabilità e controllo: i prodotti possono essere tracciati da software che in maniera istantanea sono in grado di vedere la giacenza e l'inventario di un magazzino, regolando le attività degli AGV e completando gli obiettivi del magazzino con quelli delle altre aree presenti in azienda.

## 2.5 Statistiche incidentali e caso studio

Come indicato nel capitolo precedente, un AGV è un veicolo a guida automatizzata utilizzato di frequente nel contesto industriale, dove movimentata materie prime e prodotti finiti senza l'intervento umano, operando in ambienti dinamici con presenza anche di personale grazie ai vari sensori dei quali è dotato. Il presente capitolo si pone due obiettivi:

- Analizzare le statistiche incidentali di infortuni gravi e mortali avvenuti in comparti manifatturieri, interessati da veicoli in movimento;
- Descrivere un caso studio incidentale, sotto forma di storia, al fine di far comprendere maggiormente i vari fattori che hanno portato al permanere di una situazione di non sicurezza che ha portato all'infortunio, identificando i fattori di rischio che devono essere

necessariamente valutati e dove richiesto ridotti (tale valutazione verrà meglio approfondita nei capitoli successivi);

Allo stato attuale, non vi sono statistiche sufficientemente ampie inerenti agli incidenti avvenuti coinvolgendo specificatamente veicoli AGV, ma affrontando e analizzando gli incidenti nel settore manifatturiero avvenuti con veicoli in movimento è possibile comprenderne le cause principali e i principali fattori di rischio.

Queste informazioni saranno utili per i successivi capitoli, nei quali verranno affrontati in maniera dettagliata i veicoli AGV, i quali con i sistemi di movimentazione manuale condividono una serie di rischi, introducendone anche di differenti.

### *2.5.1 Statistiche incidentali ottenute con lo strumento Infor.MO*

Lo strumento Infor.MO è il sistema nazionale dell'INAIL di sorveglianza degli incidenti mortali e gravi sul luogo di lavoro.

Alla realizzazione del sistema partecipano i principali soggetti coinvolti nella salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, in particolare il Servizio Sanitario Nazionale, le ASL, l'ISPESL e l'INAIL. La banca dati contenuta nella sezione

Infor.MO permette di visionare i dati raccolti dal 2002 in poi relativi agli infortuni, secondo una serie di parametri. Il sistema negli anni si è sempre più consolidato, passando da uno strumento prettamente sperimentale nei primi anni (2002-2004) ad uno strumento adottato in maniera permanente dai soggetti sopra riportati fondatori del progetto.

Mediante la banca dati online del sistema Infor.MO è possibile consultare i dati raccolti relativi ad infortuni gravi e mortali, numerose pubblicazioni ed analisi realizzate negli anni ed anche tutta una serie di documenti atti a meglio descrivere la metodologia ed i vari strumenti utilizzati per la rilevazione e l'analisi degli infortuni avvenuti.

L'inserimento dei dati nel database del sistema avviene grazie alla collaborazione dei singoli operatori delle ASL, i quali dopo gli opportuni sopralluoghi possono compilare una scheda di rilevazione degli infortuni.

Grazie a questa banca dati online, è possibile catalogare gli infortuni mediante parametri solitamente analizzati da chi rileva gli incidenti nei luoghi di lavoro, ovvero:

- Chi?

Con questa domanda è possibile identificare le caratteristiche principali dell'infortunato e delle altre eventuali persone coinvolte nell'infortunio. Si è infatti in grado di definire il genere, l'età, la nazionalità, la mansione svolta dal lavoratore ed anche il grado di anzianità maturato svolgendo quella mansione.

Anche senza osservare i dati del database, è possibile intuire come figure direzionali o impiegatizie siano meno soggette a possibili eventi incidentali, a differenza di lavoratori con mansioni manuali, i quali sono più esposti al rischio di un eventuale infortunio sul luogo di lavoro;

- Dove?

Rispondendo a questa domanda è possibile analizzare il luogo nel quale è avvenuto l'infortunio e la tipologia di azienda interessata;

- Come?

Questo quesito ha come obiettivo l'identificazione della modalità di accadimento dell'infortunio;

- Perché?

Al fine di rispondere al suddetto quesito, il metodo propone di analizzare tutti i fattori di rischio; tali fattori possono essere determinanti, quando concorrono alla realizzazione dell'evento aumentandone la probabilità di accadimento, oppure possono essere fattori modulanti, ovvero fattori che possono ridurre, aumentare o impedire il danno biologico conseguente all'evento.

Questi parametri verranno analizzati anche in un paragrafo successivo nel quale si analizza un caso pratico di evento incidentale. Grazie alla risposta delle suddette domande è possibile comprendere in maniera più chiara l'evento accaduto.

I casi di infortunio analizzati dal sistema possono essere filtrati dall'utente secondo i seguenti parametri:

- Tipo di evento;
- Anno di infortunio;
- Comparti di attività;
- Incidente.

Per la seguente tesi sono stati considerati come tipo di evento gli infortuni sia gravi che mortali. Gli anni di infortunio considerati vanno dal 2002 al 2018 (per avere una statistica con un numero maggiore di dati).

Il comparto analizzato è solamente quello manifatturiero, più inerente alla presente tesi di laurea. Gli scenari incidentali considerati sono:

- Avviamento inatteso/inopportuno di veicolo, macchina, attrezzatura ecc;
- Variazione nella marcia di un veicolo/mezzo di trasporto;
- Contatto con oggetti, mezzi o veicoli in movimento (nella loro abituale sede);

Son stati presi in considerazione gli scenari appena riportati, tra tutti gli scenari presenti in Tabella 1 in quanto di interesse per il presente studio, in quanto comprendenti soprattutto veicoli in movimento, con conseguente investimento dell'infortunato. Gli AGV, tipologia di veicoli, hanno infatti numerosi fattori in comune con tutti gli altri veicoli, ed è per questo che sono state tenute in considerazione queste tipologie di scenari incidentali.

In tutto il periodo 2002-2018, nel comparto manifatturiero si sono registrati in totale 1062 incidenti gravi o mortali. Nel totale, ben 216 sono dovuti agli scenari incidentali qui sopra riportati, quindi all'incirca un incidente su cinque.

I tre scenari, presenti in Tabella 2.1 ed evidenziati in arancione, sono a probabilità comparabile, e sono in particolare il quinto, sesto e settimo scenario incidentale più frequente in ambito manifatturiero, superati soltanto dalla caduta dall'alto di gravi, dalla caduta dall'alto o in profondità dell'infortunato, dal contatto con organi in movimento e dalla proiezione di solidi.

Tabella 2.1 Numero complessivo di incidenti gravi e mortali nei tre scenari considerati (Fonte: Infor.MO INAIL, 2019)

| Incidente   | Frequenza      | Percentuale   |
|---|----------------|---------------|
| Caduta dall'alto o in profondità dell'infortunato   | 214,00         | 20,2%         |
| Caduta in piano dell'infortunato  | 8,00           | 0,8%          |
| Movimento incoordinato dell'infortunato (che provoca urto contro...)  | 6,00           | 0,6%          |
| Movimento dell'infortunato con eccesso di sforzo  | 1,00           | 0,1%          |
| Caduta dall'alto di gravi   | 223,00         | 21,0%         |
| Proiezione di solidi  | 87,00          | 8,2%          |
| Avviamento inatteso/inopportuno di veicolo, macchina, attrezzatura, etc.                                      | 75,00          | 7,1%          |
| Variazione nella marcia di un veicolo/mezzo di trasporto (fuoriuscita dal percorso previsto, ribaltamento...) | 80,00          | 7,5%          |
| Contatto elettrico indiretto  | 7,00           | 0,7%          |
| Sviluppo di fiamme  | 58,00          | 5,5%          |
| Fuoriuscita di gas, fumi, aerosol e liquidi (alta/bassa temperatura, pericolosi)                              | 27,00          | 2,5%          |
| Movimento inatteso di animale   | 1,00           | 0,1%          |
| Altro (var. energia) ...  | 11,00          | 1,0%          |
| Contatto con organi lavoratori in movimento   | 153,00         | 14,4%         |
| Contatto con altri oggetti, mezzi o veicoli in movimento (nella loro abituale sede)                           | 61,00          | 5,7%          |
| Contatto elettrico diretto  | 30,00          | 2,8%          |
| Contatto con oggetti o materiali caldi, fiamme libere, etc. (nella loro abituale sede)                        | 2,00           | 0,2%          |
| Contatto con gas, fumi, aerosol e liquidi (nella loro abituale sede)  | 12,00          | 1,1%          |
| Contatto con oggetti a bassissima temperatura (nella loro abituale sede)                                      | 1,00           | 0,1%          |
| Altro (var. interfaccia) ...  | 5,00           | 0,5%          |
| <b>Totale complessivo</b>   | <b>1062,00</b> | <b>100,0%</b> |

### 2.5.1.1 Investimenti dei lavoratori in ambienti di lavoro

Tra tutti i dati presenti nella banca dati del sistema Infor.MO dell'INAIL, gli investimenti di lavoratori da parte di mezzi rappresenta una delle più frequenti cause di incidente grave e mortale. L'investimento frequentemente avviene per un avvio inatteso/intempestivo del veicolo o per la sua variazione di marcia (come indicato nel paragrafo precedente, numerosi incidenti gravi e mortali ogni anno avvengono per tali cause). Nel 2017, l'8,5% degli incidenti mortali per investimento, analizzando tutte le categorie di lavoratori, ha colpito addetti al magazzinaggio o alla consegna delle merci. Il luogo dedicato al magazzinaggio e al carico/scarico di merci è infatti il posto nel quale è più frequente la sovrapposizione tra attività svolte da lavoratori di diverse ditte e un numero elevato di veicoli, generando notevoli problemi di interferenza. Un altro dato significativo è che il 12% degli incidenti mortali per investimento nel 2017 ha visto coinvolti i carrelli elevatori, prevalentemente in zone adibite a carico e scarico di merci.

Analizzando i fattori di rischio nelle aree di pertinenza dell'azienda, secondo i dati del database dell'INAIL il 65% degli investimenti è avvenuto a causa di manovre in retromarcia effettuate con scarsa visibilità ed in assenza di coordinamento con il personale a terra nelle vicinanze. Le cause di queste condotte sono riconducibili, oltre a pratiche abituali scorrette dei lavoratori anche alla mancanza di informazione formazione e addestramento dei conducenti dei mezzi in azienda.

L'attività dell'infortunato è quindi un fattore di rischio presente nella maggior parte degli incidenti per investimento, seguita dall'attività di terzi (nel 17% dei casi), e seguita successivamente da utensili, macchine e impianti.

Nel 59% degli incidenti mortali per investimento avvenuti all'interno dell'area di pertinenza aziendale, il fattore causale può essere riconducibile alla presenza dell'infortunato all'interno delle aree di manovra dei mezzi, al di fuori dell'area di sicurezza. Ricorrente negli infortuni è inoltre la mancata definizione di un'adeguata viabilità aziendale, problematica presente nel 47% degli infortuni analizzati.

Analizzando i dati sopra riportati è possibile notare che l'errore umano è presente nella grande maggioranza dei casi. L'utilizzo di veicoli a guida autonoma riduce notevolmente la presenza del lavoratore nella zona di carico e scarico, e anche nella zona di movimentazione del veicolo, riducendo (ma non eliminando) le situazioni pericolose all'interno dei magazzini. Tali veicoli presentano anch'essi tutta una serie di rischi di rilevante importanza, meglio analizzati nei capitoli successivi che se non opportunamente considerati e possono portare all'evento incidentale. Il prossimo capitolo, a tal proposito, porta l'esempio di un incidente mortale avvenuto in presenza di un veicolo a guida autonoma.

### *2.5.2 Caso studio di un infortunio*

Le tipologie di incidenti ed i possibili fattori di rischio in un infortunio, che possono coinvolgere un veicolo AGV sono particolarmente vari e diversificati. Nel precedentemente capitolo si è potuto osservare l'elevata incidenza di eventi gravi e mortali occorsi per avviamento inatteso di veicolo, variazione della marcia del veicolo o contatto con altri mezzi o attrezzi in movimento.

I potenziali rischi nel lavorare a stretto contatto con un veicolo, anche nel caso di un AGV, sono però molteplici e talvolta molto diversi tra loro, e verranno opportunamente valutati in uno dei successivi capitoli del presente elaborato. Al fine di poter garantire la salute e sicurezza nei luoghi di lavoro è necessario analizzare tutte le possibili problematiche di sicurezza che potrebbero essere presenti in un determinato contesto.

Il caso studio di infortunio che verrà presentato nel seguente capitolo, dal titolo "Ultimo giro di giostra", realizzato nel 2013 a cura di Giampiero Bondonno e Savina Fariello, è stato identificato tra quelli proposti ed analizzati dal Centro Regionale di Documentazione per la Promozione della Salute della Regione Piemonte. Il sistema nazionale di sorveglianza sugli infortuni gravi e mortali,

presentato nel capitolo 2, come già precedentemente descritto raccoglie le risultanze delle indagini effettuate dagli SPreSAL delle ASL (i servizi di prevenzione e sicurezza degli ambienti di lavoro).

Il database di DORS Piemonte classifica le informazioni riguardanti alcuni eventi incidentale (rispondendo alle domande “chi”, “dove”, “come”, “perché”), descrivendo in maniera testuale l’evento, al fine di far meglio comprendere al lettore le motivazioni che hanno fatto sì che vi sia stato l’infortunio e le varie possibili indicazioni sulla prevenzione. Nella scelta della storia dell’evento è possibile filtrare i risultati per:

- Particolari categorie di lavoratori;
- Tipologia di incidente;
- Comparto;
- Genere;

Tali possibilità di scelta permettono di filtrare al meglio i risultati, consentendo l’utente di visualizzare solamente le storie più inerenti alle sue necessità.

La descrizione di un caso studio incidentale, sotto forma di storia, permette di far comprendere maggiormente i vari fattori che hanno portato al permanere di una situazione di non sicurezza, oltre che consente di aumentare la consapevolezza dei lettori dell’importanza della corretta prevenzione, identificando a fondo i fattori di rischio che devono essere necessariamente valutati e dove richiesto ridotti. La prevenzione del rischio tramite il racconto di eventi incidentali è sicuramente efficace nel favorire miglioramenti effettivi nelle attività lavorative, motivando principalmente i datori di lavoro nella progettazione di sistemi preventivi all’avanguardia ed efficaci.

### *2.5.3 L’ultimo giro di giostra*

#### Che cosa:

Un lavoratore addetto alla manutenzione, con il compito di installare impianti per magazzini automatici, è stato ritrovato senza vita sopra ad un AGV semovente, schiacciato tra il veicolo ed una trave in calcestruzzo armato posta sulla sommità del locale magazzino di una azienda in ambito tessile. L’uomo, nel momento dell’accaduto, stava compiendo delle operazioni di manutenzione.

Chi:

Il lavoratore, del quale non si vuole svelare l'intera identità, si chiama Giuseppe, ed è un addetto di origini italiane di 41 anni di età, con numerosi anni di esperienza nella manutenzione di magazzini automatici. Il magazzino oggetto dell'infortunio è stato costruito sei anni prima con l'aiuto anche di Giuseppe, il quale lavorava come dipendente dell'azienda costruttrice. La suddetta ditta è stata successivamente chiusa ma Giuseppe ha comunque continuato ad operare in quell'ambito all'interno del suolo italiano per conto dell'impresa subentrata alla ditta costruttrice nella quale lavorava.

Dove e quando:

L'incidente mortale è avvenuto nell'inverno del 2008 nella regione Piemonte, all'interno di un magazzino automatizzato di un capannone industriale di un'impresa tessile. In un locale seminterrato è infatti presente il magazzino sopra citato atto al "magazzinaggio e allo smistamento delle pezze".

Il magazzino è a pianta rettangolare e presenta tre corridoi paralleli nei quali vi sono le scaffalature (presenti in Figura 2.11) per il deposito delle pezze ed ulteriori tre corridoi trasversali ai precedenti (Figura 2.12).



*Figura 2.11 Scaffalature per il deposito delle pezze (Fonte: DORS, 2013)*



*Figura 2.12 Corridoi trasversali del magazzino (Fonte: DORS, 2013)*

Nel magazzino è presente, inoltre, un quarto corridoio parallelo ai primi tre ma non connesso con gli altri corridoi, nel quale vi è un carrello che si muove a percorso fisso.

Nell'impianto considerato operano tre AGV semoventi, alimentati con un motore elettrico da una batteria presente a bordo. I tre veicoli sono guidati da un segnale elettromagnetico che percorre un conduttore interrato nel pavimento del locale, segnale elettromagnetico prodotto da una centralina controllata dal software dell'impianto.

Mediante questi segnali elettromagnetici i veicoli possono muoversi all'interno del magazzino, svolgendo il ruolo di magazzinieri: prelevano le pezze dal contenitore di arrivo in magazzino (le quali arrivano mediante il carrello a percorso fisso) e le depositano negli scaffali del magazzino stesso. Nel momento in cui le pezze devono essere spedite ai clienti, i tre veicoli le prelevano compiendo le operazioni descritte al contrario.

È doveroso notare che i lavoratori dell'azienda inseriscono le richieste di magazzinaggio e prelevamento delle pezze all'interno del software dell'impianto via terminale; pertanto, i lavoratori non sono in grado né di determinare quale dei tre AGV realizzerà fisicamente il compito impartito nel software e né di vedere i movimenti dei veicoli.

L'impresa per la quale Giuseppe lavorava è stata contattata da un preposto dell'azienda tessile in quanto vi era un malfunzionamento nelle operazioni di carico e scarico delle pezze; uno dei tre veicoli automatici non funzionava in quanto non era in grado di ricevere il segnale a radiofrequenza atto a trasmettere i dati operativi.

Come:

Secondo l'analisi della scheda di intervento, compilata da Giuseppe, alle 6:30 di mattina è arrivato nello stabilimento tessile ed è subito andato nel locale sede dell'intervento di manutenzione. Fino alle 10:30 / 10:45 i lavoratori dell'azienda tessile hanno visto e incontrato Giuseppe, intento ad eseguire il lavoro di manutenzione richiesta. Dopo le 10:45 nessuno l'ha più visto o incontrato, finché il preposto dell'impianto l'ha trovato schiacciato tra una trave ribassata del soffitto e la sommità dell'AGV semovente.

“Ero sceso per avvertire Giuseppe che il suo responsabile non riusciva a contattarlo al telefonino. Erano circa le 11:30 e ho notato il carro numero 1 fermo nel mezzo del magazzino. Appena mi sono avvicinato ho visto Giuseppe schiacciato tra il soffitto e il carro e ho chiamato i miei colleghi per tentare di liberarlo”.

Sulla parte superiore del veicolo AGV identificato dal numero 1 si trovava il corpo senza vita di Giuseppe. Il carro, al momento del ritrovamento, era situato in uno dei corridoi trasversali del locale, in particolare nel secondo corridoio contando dall'area di accesso al magazzino. I tre corridoi trasversali sono abitualmente percorsi dai carri AGV per connettersi con i corridoi nei quali sono posti gli scaffali atti a contenere il deposito delle pezze. Nel dettaglio, il carro nel quale vi era Giuseppe era fermo tra due corridoi lunghi contenenti gli scaffali, come se stesse andando da un corridoio all'altro.

Al momento del sopralluogo, il veicolo identificato dal numero 1 nel quale vi era in sommità il corpo di Giuseppe incastrato tra i montanti metallici della cabina ed una trave in calcestruzzo armato ribassata e sporgente dalla sommità del magazzino era fermo ed in condizione di allarme. La distanza interposta tra la sommità dell'AGV e la trave era di circa 20 cm.

Il corpo senza vita di Giuseppe era posto sopra all'attrezzatura di lavoro ed a fili elettrici connessi ad una scheda elettronica del veicolo semovente. Il dispositivo di riparo in lamiera del quadro elettrico del carro era in un'altra zona del magazzino e non nella sua sede del carro, ad indicare che fosse stato rimosso per poter operare sul quadro elettrico.

Al termine dell'intervento dei Vigili del Fuoco, i quali hanno liberato il corpo di Giuseppe, si è potuto osservare che l'attrezzatura che si trovava sotto al suo corpo era un oscilloscopio portatile della ditta alla quale Giuseppe lavorava (riportato in Figura 2.13) e che i cavi elettrici collegavano l'oscilloscopio ad una scheda elettronica del veicolo AGV N.1.



Figura 2.13 Oscilloscopio portatile utilizzato da Giuseppe (Fonte: DORS, 2013)

### Perché:

Al termine delle operazioni di manutenzione, e dopo aver compilato la relativa scheda di intervento, Giuseppe si accingeva a lasciare il magazzino. Secondo una ricostruzione, si dev'essere accorto di aver lasciato l'oscilloscopio sulla parte superiore dell'AGV numero 1, e per andare a riprenderlo è entrato nella zona segregata e pericolosa dell'impianto con il magazzino completamente attivo in modalità automatica.

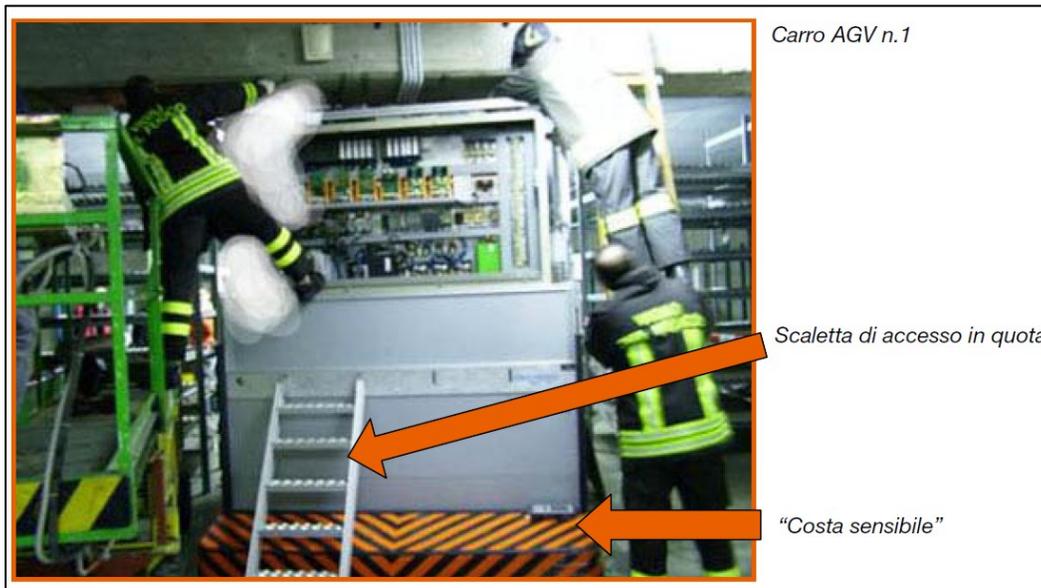


Figura 2.14 Carro AGV N.1 (Fonte: DORS, 2013)

Giuseppe è andato incontro al veicolo N.1, il quale era ancora fermo all'interno del primo corridoio nella parte di sinistra del magazzino in attesa di ricevere istruzioni, ed è salito sulla parte posteriore del carro. Per salire, non ha sfruttato la scaletta in dotazione del veicolo, con la quale si sarebbe interrotto automaticamente il funzionamento automatico del carro, ma è salito arrampicandosi mettendo i piedi sulla cornice inferiore del quadro elettrico, e facendo forza con la scaffalatura (visibile nella Figura 2.14, ma anche nella Figura 2.15) posta sulla sinistra. Osservando la rappresentazione della planimetria in Figura 2.15, il carro in quel momento era fermo nel punto A.

Dato che l'impianto aveva un funzionamento automatico, è possibile supporre che il carro N.1 nel quale operava Giuseppe abbia ricevuto un'istruzione da svolgere, mettendosi in movimento verso la prima rotatoria identificata dalla lettera B della medesima planimetria e cogliendo impreparato Giuseppe, il quale ha aspettato il successivo arresto del veicolo per scendere da esso.

Mediante una ricostruzione effettuata grazie ai tracciati informatici a disposizione, il veicolo si è diretto in direzione della prima rotatoria con Giuseppe bloccato ad una quota di circa 1,40/1,50 m dal suolo. Dopo aver effettuato una rotazione sul suo asse di 90°, si è diretto nel corridoio centrale per procedere verso la seconda rotatoria.

Dopo aver percorso qualche metro nel corridoio centrale il veicolo doveva transitare sotto alla trave in calcestruzzo armato ribassata, la quale era ad una distanza di soli 20 cm dalla sommità dell'ingombro dell'AGV. Giuseppe, posto di spalle, non ha potuto osservare ciò che stava accadendo, ed ha urtato con forza contro la trave con la schiena, piegandosi in avanti e rimanendo schiacciato tra la trave stessa e la sommità del carro.

A causa dello sforzo non previsto per il veicolo, esso ha slittato verso destra perdendo il segnale del cavo elettrico sul pavimento ed arrestandosi nella posizione C della planimetria. Il corpo di Giuseppe invece è rimasto bloccato nella posizione D, dove è deceduto.

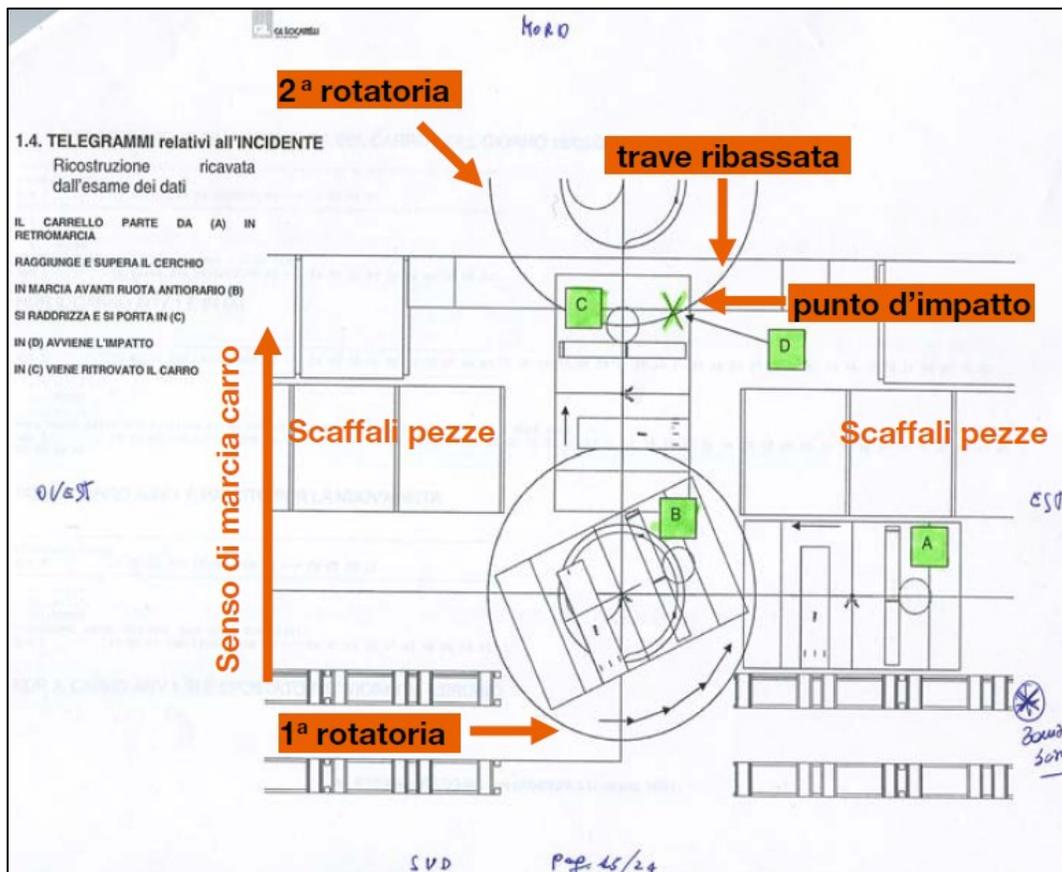


Figura 2.15 Planimetria della zona nella quale è avvenuto l'infortunio (Fonte: DORS, 2013)

### Cosa si è appreso dall'inchiesta:

Giuseppe è riuscito ad entrare nella zona pericolosa nonostante i tre AGV semoventi fossero operanti in modalità automatica, perché il magazzino non era conforme per quanto concerne la sicurezza dei lavoratori, secondo quanto indicato nel manuale d'uso e manutenzione.

A tal proposito vi erano infatti svariate possibilità di elusione e bypass delle misure di sicurezza che permettevano quindi l'accesso, la sosta e anche il transito nelle aree definite pericolose (e quindi non agibili in modalità automatica) secondo il manuale d'uso e manutenzione.

Il controllo dell'impianto ha consentito di poter notare numerose elusioni, violazioni e mancanze delle norme di sicurezza, più in dettaglio:

- Nella zona d'accesso per i pedoni nel magazzino vi era una fotocellula, la quale però era danneggiata e non funzionava. Era quindi possibile accedere in ogni momento nella zona pericolosa del locale, con i veicoli AGV ancora in funzione in modalità automatica. Al fine

di non bloccare il funzionamento del magazzino, la fotocellula era stata inoltre elusa come spiegato in seguito;

- La centralina di sicurezza era stata manomessa, mediante un collegamento di due cavi elettrici (Figura 2.16). Così facendo, l'impianto era in grado di operare in qual si voglia modalità operativa, inibendo la protezione del perimetro con la fotocellula sopra riportata. Grazie all'elusione della fotocellula, i lavoratori potevano accedere all'interno dell'area con i veicoli in movimento, con il relativo rischio di essere investiti. Così facendo era stata impossibilitata l'attuazione delle misure di sicurezza indicate nel manuale di uno e manutenzione, inerenti all'accesso in sicurezza e con i veicoli fermi nell'area pericolosa;

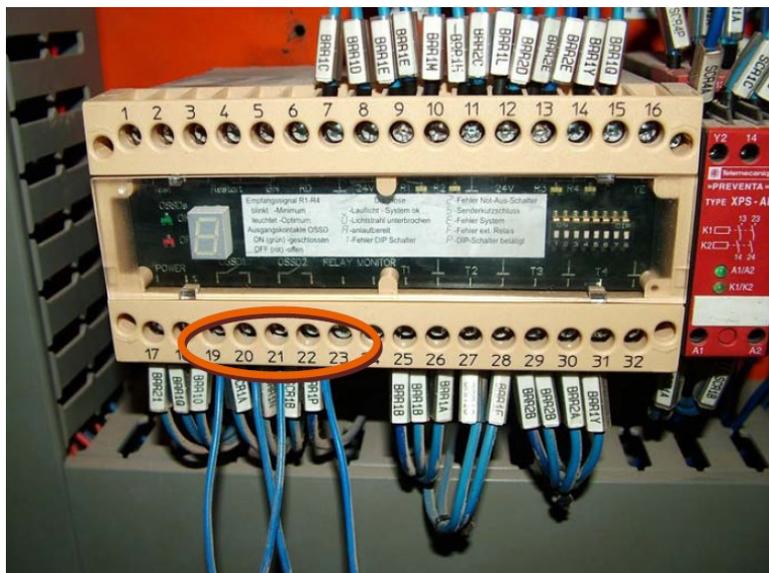
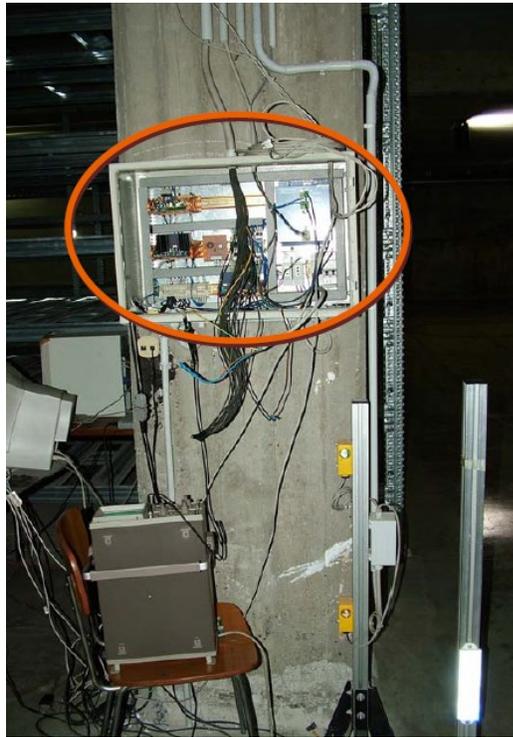


Figura 2.16 “Cavallottamenti” elettrici sulla centralina di sicurezza (Fonte: DORS, 2013)

- Nel locale magazzino erano presenti 2 quadri elettrici per alimentare e gestire l'impianto. Quello principale, in prossimità con l'accesso al magazzino, era adibito ad accensione e spegnimento dell'impianto, permettendo l'ingresso in sicurezza nelle zone pericolose. L'altro quadro elettrico (Figura 2.17), derivante dal precedente, era posto all'interno della zona pericolosa del locale magazzino. Mediante le indagini svolte è stato possibile accertare che il quadro elettrico principale non veniva usato, e tutta la gestione del locale avveniva mediante il quadro secondario. I lavoratori, quindi, non operavano in sicurezza in quanto le connessioni tra i due quadri elettrici erano state eluse o mancanti, con la conseguenza che le protezioni (che dovrebbero essere state gestite dal primo quadro) non erano utilizzabili. Così facendo il magazzino non possedeva alcuna tutela verso gli operatori, i quali potevano accedere alle zone pericolose.



*Figura 2.17 Quadro elettrico secondario al momento dell'infortunio (Fonte: DORS, 2013)*

È possibile ipotizzare che l'impianto, fin dal momento dell'installazione, abbia operato senza le necessarie sicurezze previste. Le varie manomissioni effettuate sull'impianto erano infatti complesse, e realizzate quindi da tecnici esperti, e non semplici manutentori dell'azienda utilizzatrice.

L'azienda ha sottovalutato quindi la pericolosità dell'impianto in questo stato, ignorando le molteplici possibilità di incidente. È infatti altamente possibile che l'azienda utilizzatrice abbia trascurato gli interventi manutentivi che si sarebbero dovuti svolgere.

Per sostenere questa tesi è possibile notare che sui veicoli AGV erano stati installati ulteriori dispositivi di sicurezza, indicati in Figura 2.14 (dispositivi a costa sensibile), atti ad arrestare il veicolo qualora dovesse essere urtato dall'operatore in transito. Tali dispositivi possono essere considerati ridondanti con le sicurezze perimetrali, se l'impianto fosse stato realizzato a regola d'arte secondo il progetto, ma nella situazione attuale rappresentavano gli unici dispositivi di sicurezza installati contro il rischio di investimento dei lavoratori nel locale magazzino. Non sono invece stati considerati i numerosi rischi per i manutentori, nel caso di accesso alla zona pericolosa.

Le relazioni tra i vari lavoratori e le loro responsabilità non sono state valutate nelle procedure di manutenzione, tant'è che è stato lasciato Giuseppe operare da solo all'interno del magazzino, senza premurarsi di bloccare il ciclo lavorativo, ovvero le richieste del personale della ditta al software, creando la situazione di pericolo causante l'incidente.

Indicazioni per la prevenzione:

Se le varie misure di prevenzione progettate dal costruttore fossero state completamente messe in pratica, il magazzino sarebbe stato sicuro per gli operatori.

La valutazione del rischio da parte dell'azienda installatrice deve considerare necessariamente i rischi non solo per i propri lavoratori, ma anche per coloro che fanno manutenzione alle varie attrezzature.

È necessario considerare tutti gli usi previsti e impreveduti dell'impianto, nonché tutte le azioni manutentive per il corretto funzionamento dell'impianto in condizioni di piena sicurezza. Infine, è doveroso stilare una procedura con la quale nessun operatore possa operare da solo sull'impianto, e che l'impianto non può essere operativo qualora vi siano persone nelle zone pericolose.

# Capitolo 3

## Direttiva Macchine e Regolamento Macchine

Nel presente capitolo viene inizialmente presentata la Direttiva Macchine 2006/42/CE, per poi passare al nuovo Regolamento Macchine, il quale rispetto alla direttiva sopra citata riporta numerose novità per quanto riguarda la sicurezza delle macchine e dei prodotti macchina, in particolare in ambito nuove tecnologie.

### 3.1 Direttiva macchine 2006/42/CE

La Direttiva Macchine è una direttiva europea di prodotto, con lo scopo di definire i requisiti essenziali in materia di salute e sicurezza sul lavoro che devono essere rispettati dalle macchine durante la loro progettazione, fabbricazione e funzionamento, per poter circolare liberamente sul mercato della Comunità europea, armonizzando la normativa in vigore in tutta l'Unione Europea.

#### 3.1.1 Panorama normativo

La Direttiva Macchine 2006/42/CE è una versione rivista e ammodernata della Direttiva 89/392/CEE, una direttiva di prodotto con lo scopo di promuovere il miglioramento della salute e sicurezza dei lavoratori entrata in vigore il 1° gennaio 1995. La versione del 1989 introduce tre aspetti fondamentali:

- L'obiettivo di raggiungere un livello equo di salute e sicurezza sul lavoro per tutti i lavoratori;
- L'obbligo per i datori di lavoro di introdurre nella propria attività idonee misure preventive per rendere il luogo di lavoro più salubre e sicuro;
- L'introduzione del principio della valutazione dei rischi, definendone i concetti fondamentali.

Nel nostro paese, la direttiva 89/392/CEE è stata recepita nel luglio 1994 con il D.P.R. n. 459, entrato poi in vigore il 21 settembre 1996.

Successivamente, ci sono state tre modifiche della direttiva originaria:

- La direttiva 91/368/CEE, che ne estende il campo di applicazione per le macchine mobili, attrezzature intercambiabili e i macchinari per i carichi di sollevamento (esclusi quelli ad uso di persone);
- La direttiva 93/44/CEE, che ne estende il campo di applicazione a componenti di sicurezza, macchine per sollevamento e circolazione delle persone;
- La direttiva 93/68/CEE, la quale introduce le disposizioni armonizzate relative alla marcatura CE.

La direttiva originaria e le relative modifiche sono state accorpate nel 1998 con la direttiva 98/37/CE (Tabella 3.1).

Negli anni, si sono accumulati numerosi quesiti e richieste di chiarimenti relativi alla direttiva del 1998 sopra citata (quasi 300), ai quali sono state risposte provvisorie e non a tutti i dubbi che necessitavano chiarimenti.

Nel 2004 è stato concluso il processo di revisione della direttiva, che ha portato un paio di anni dopo, nel 2006, il Parlamento Europeo ad approvare la Direttiva Macchine 2006/42/CE. Questa direttiva abroga nel 2009 (con l'applicazione definitiva) la precedente direttiva 98/37/CE. L'Italia, nel 2010, recepisce la direttiva macchine 2006/42/CE pubblicando sulla gazzetta ufficiale il D.Lgs 27/01/2010 n. 17 "Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori". Tale direttiva è diretta a fabbricanti, importatori, organismi notificati e di normazione, autorità e funzionari competenti in vigilanza sul mercato.

*Tabella 3.16 Differenza tra quando è stata emanata una direttiva e quando è stata recepita in Italia*

| <b>Direttive comunitarie</b>  | <b>Legislazione italiana</b>                   |
|---|--|
| Direttiva 89/392/CEE:<br>entrata in vigore il 01/01/1995<br>Varianti: 91/368/CEE 93/44/CEE<br>93/68/CEE | DPR 459/96:<br>entrata in vigore il 21/09/1996 |
| Direttiva 98/37/CE:<br>entrata in vigore il 12/08/1998  | Non recepita                                   |
| Direttiva 2006/42/CE:<br>entrata in vigore il 29/12/2009  | D.Lgs. N.17 del 27/01/2010                     |

Lo scopo della suddetta direttiva è quello di definire i requisiti essenziali in materia di salute e sicurezza sul lavoro che devono essere rispettati dalle macchine durante la loro progettazione, fabbricazione e funzionamento, prima della loro definitiva immissione sul mercato, armonizzando la normativa in vigore in tutta l'Unione Europea.

### *3.1.2 Direttive di nuovo approccio*

Le direttive del nuovo approccio sono fondate su una delle pietre miliari del mercato europeo: la libera circolazione dei prodotti con la completa tutela della salute e sicurezza degli individui.

Al fine di ottenere questo obiettivo, è necessario rimuovere completamente gli ostacoli a causa del diverso quadro giuridico presente nei vari stati membri dell'Unione Europea ai quali si applicano le politiche comunitarie. Il tentativo di rimuovere queste barriere tecniche fra i vari stati è stato mediante l'armonizzazione delle norme vigenti a livello nazionale, mediante l'adozione di direttive europee che cercano di standardizzare ed omogeneizzare ogni aspetto dei prodotti al fine di ottenere un livello di salute e sicurezza equiparabile.

I principi cardine delle direttive di nuovo approccio sono: i requisiti essenziali di salute e sicurezza (RESS) e l'adozione di norme armonizzate:

- I prodotti che rispettano i RESS presenti nelle varie direttive possono circolare liberamente all'interno della Comunità Europea;
- Le Norme Armonizzate contengono i parametri tecnici atti a rispettare i relativi RESS.

La dimostrazione effettiva della rispondenza ai RESS di un prodotto viene fornita da specifiche procedure di valutazione della conformità esplicitate nelle varie direttive. Le specifiche tecniche presenti nelle varie norme non sono vincolanti, sono ad adozione volontaria. Le amministrazioni di ogni paese europeo sono obbligate a riconoscere la conformità alle direttive dei prodotti che rispettano i requisiti essenziali di salute e sicurezza indicati nelle specifiche norme armonizzate.

È doveroso precisare che un fabbricante che produce un prodotto senza attenersi alla specifica norma tecnica di quel prodotto deve dimostrarne comunque la conformità ai RESS. Questo concetto vale anche per la Direttiva Macchine e i relativi prodotti ai quali si rivolge.

### 3.1.3 Campo di applicazione della Direttiva 2006/42/CE

L'articolo 1 della Direttiva Macchine definisce a quali prodotti essa viene applicata, ovvero:

- Macchine;
- Attrezzature intercambiabili;
- Componenti di sicurezza;
- Accessori di sollevamento;
- Catene, funi e cinghie;
- Dispositivi amovibili di trasmissione meccanica;
- Quasi-macchine.

All'interno dell'articolo 1 sono presenti anche le esclusioni, ovvero prodotti ai quali non si applica la direttiva. Fra questi vi sono le armi, diversi mezzi di trasporto, attrezzature specifiche per i parchi giochi e/o di divertimento, macchine per uso nucleare che in caso di guasto possono emettere elementi radioattivi e molti altri prodotti.

L'articolo 2 della direttiva presenta le principali definizioni atte a meglio comprendere l'applicazione della direttiva stessa. Al fine del presente elaborato è doveroso riportare la definizione di macchina presente nell'articolo 2 della Direttiva Macchine:

*“— insieme equipaggiato o destinato ad essere equipaggiato di un sistema di azionamento diverso dalla forza umana o animale diretta, composto di parti o di componenti, di cui almeno uno mobile, collegati tra loro solidamente per un'applicazione ben determinata,*

*— insieme di cui al primo trattino, al quale mancano solamente elementi di collegamento al sito di impiego o di allacciamento alle fonti di energia e di movimento,*

*— insieme di cui al primo e al secondo trattino, pronto per essere installato e che può funzionare solo dopo essere stato montato su un mezzo di trasporto o installato in un edificio o in una costruzione,*

*— insieme di macchine, di cui al primo, al secondo e al terzo trattino, o di quasi-macchine, di cui alla lettera g), che per raggiungere uno stesso risultato sono disposti e comandati in modo da avere un funzionamento solidale,*

— *insieme di parti o di componenti, di cui almeno uno mobile, collegati tra loro solidalmente e destinati al sollevamento di pesi e la cui unica fonte di energia è la forza umana diretta;*<sup>1</sup>

È doveroso inoltre riportare la definizione di quasi macchina (individuata nell'articolo 2 della direttiva 2006/42/CE):

*“insiemi che costituiscono quasi una macchina, ma che, da soli, non sono in grado di garantire un'applicazione ben determinata. Un sistema di azionamento è una quasi-macchina. Le quasi-macchine sono unicamente destinate ad essere incorporate o assemblate ad altre macchine o ad altre quasi-macchine o apparecchi per costituire una macchina disciplinata dalla presente direttiva”*<sup>2</sup>

I prodotti elencati nell'articolo 1 e rientranti nel campo di applicazione della Direttiva Macchine devono necessariamente essere conformi ai RESS, con distinzione però tra prodotti nuovi e immessi per la prima volta sul mercato o prodotti usati.

A tal proposito è possibile affermare che tale direttiva è applicabile a:

- Macchine e quasi-macchine nuove ed immesse per la prima volta nel mercato interno dell'Unione Europea;
- Macchine e quasi-macchine nuove importate nell'Unione Europea;
- Macchine e quasi-macchine che sono già state utilizzate ma che hanno subito modifiche sostanziali tali da considerare la macchina in questione una nuova macchina;
- Macchine e quasi-macchine usate al di fuori dell'Unione Europea che vengono introdotte nel mercato europeo o per essere messe in servizio nell'UE.

La Direttiva 2006/42/CE non viene invece applicata a macchine prodotte all'interno dell'Unione Europea ma che vengono esportate all'esterno dell'UE per essere vendute/messe in servizio.

Per quanto riguarda le macchine immesse sul mercato prima del 1996 (data di recepimento in Italia della vecchia Direttiva Macchine), i RESS minimi da verificare sono riportati nell'allegato V del Decreto Legislativo 81/08. Se non fosse rispondente ai requisiti elencati nell'allegato V sarebbe necessario apportare modifiche significative al fine di migliorare le condizioni di salute e sicurezza, senza però variare prestazioni o usi previsti e funzionamento (al fine di non configurare una nuova immissione sul mercato).

---

<sup>1</sup> Definizione presente nell'articolo 2 punto a) della Direttiva Macchine

<sup>2</sup> Definizione presente nell'articolo 2 punto g) della Direttiva Macchine

La Direttiva Macchine ha tre obiettivi fondamentali:

- Garantire la libera circolazione delle macchine all'interno dell'Unione Europea: Tale libertà vi è grazie alla legislazione comunitaria. A tal proposito i singoli stati membri non possono introdurre disposizioni che vanno in contraddizione o che si sovrappongono alla direttiva;
- Garantire la salute e sicurezza delle persone, degli animali e dei beni nei confronti dei rischi dovuti all'uso delle macchine;
- Garantire e migliorare il livello di sicurezza presente, assicurando l'applicazione dei RESS.

### *3.1.4 Immissione sul mercato e messa in servizio*

Ai fini di una corretta immissione sul mercato e messa in servizio di una macchina (se facente parte del campo di applicazione della suddetta Direttiva, secondo quanto elencato al capitoletto precedente), è necessario che i fabbricanti o i mandatari rispettino determinati requisiti, elencati nell'articolo 5 e che seguano una determinata procedura.

Una differenza sostanziale nell'immissione sul mercato di una macchina si ha se essa è fra quelle facenti parte dell'allegato IV o meno. Se la macchina non ne fa parte, la procedura consiste in una iniziale valutazione di tutti i rischi e l'adozione di tutte le misure tecniche e progettuali per ridurli o eliminarli. Successivamente è necessaria la redazione del Fascicolo Tecnico e del Manuale di Istruzioni.

È poi necessario stendere la Dichiarazione CE, con la quale il fabbricante si assume la responsabilità di aver assolto a tutte le disposizioni presenti nella direttiva. L'ultimo passaggio ai fini dell'immissione sul mercato e/o messa in servizio consiste nell'apposizione della Marcatura CE sulla macchina.

Se la macchina rientra fra quelle indicate nell'allegato IV della direttiva, ovvero rientra fra le macchine a più alto rischio, la procedura per l'immissione sul mercato e/o messa in servizio risulta più complessa. Inizialmente come per le altre macchine è necessario fare la valutazione dei rischi e l'applicazione delle misure atte ad eliminare o ridurre i rischi significativi; per fare ciò è fortemente raccomandato l'utilizzo delle norme tecniche armonizzate di tipo C.

Dopo aver assolto alla valutazione e riduzione dei rischi è necessario stendere il Fascicolo Tecnico e il Manuale di Istruzioni. La procedura fa un importante distinguo, a seconda che la macchina sia

stata progettata seguendo ogni punto della norma tecnica armonizzata inerente o meno (adottando soluzioni alternative alle norme europee):

- Utilizzo della norma tecnica armonizzata specifica: è possibile come prima possibilità seguire la procedura indicata per le macchine non rientranti nell'allegato IV e garantendo che la realizzazione della macchina sia soggetta ad un sistema organizzativo interno. È altrimenti possibile garantire il controllo interno sulla fabbricazione e sostenere l'esame CE di tipo presso un organismo notificato. La terza possibilità per l'immissione sul mercato e/o messa in servizio consiste invece nell'attuazione di un sistema di qualità totale approvato da un organismo notificato;
- Se non viene utilizzata la norma tecnica armonizzata specifica: come prima possibilità è possibile garantire il controllo interno sulla fabbricazione e sottoporre una macchina all'esame CE di tipo presso un organismo notificato. È altrimenti possibile applicare un sistema di qualità totale, approvato da un organismo notificato.

Rispettato quanto esposto è possibile procedere con la Dichiarazione CE (nel caso in cui si sia utilizzata la norma tecnica armonizzata e la macchina rientra nell'allegato IV e necessario che la dichiarazione citi l'organismo notificato e l'attestazione di conformità rilasciata). Dopo questi passaggi la macchina può essere immessa sul mercato, se dotata di Dichiarazione CE e Manuale di Istruzioni.

### *3.1.5 Procedura di valutazione di conformità*

La procedura di valutazione di conformità di una macchina dev'essere svolta dal fabbricante o da un suo mandatario, secondo quanto indicato all'articolo 12, paragrafi 2, 3, e 4 della Direttiva 2006/42/CE. Questa procedura (obbligatoria per le macchine rientranti nella Direttiva Macchine) dev'essere necessariamente svolta prima dell'immissione sul mercato e/o messa in servizio. A seconda della tipologia di macchina esistono diverse procedure alternative da rispettare.

Se la macchina non rientra tra quelle elencate nell'allegato IV, il fabbricante o il suo mandatario è tenuto ad applicare la valutazione della conformità con il controllo interno sulla fabbricazione, secondo l'allegato VIII della medesima direttiva. Seguendo questa specifica procedura non è necessario che vi sia l'intervento di un organismo notificato, se non con un ruolo di consulente o

assistente. Compresa nel fascicolo tecnico ci sarà inoltre la relazione tecnica inerente alla valutazione qui citata.

Se la macchina è invece rientrante tra quelle elencate nell'allegato IV ed è realizzata e costruita secondo quanto indicato nelle norme armonizzate di cui all'articolo 7, paragrafo 2, ed è quindi ad esse conforme (le norme inerenti norme coprono i requisiti di salute e sicurezza), il fabbricante o il suo mandatario deve necessariamente applicare una delle seguenti tre procedure alternative:

- la valutazione della conformità mediante il controllo interno sulla fabbricazione della macchina secondo l'allegato VIII;
- l'esame per ottenere la certificazione CE secondo l'allegato IX, con annesso il controllo interno sulla fabbricazione della macchina di cui all'allegato VIII, punto 3;
- il sistema di garanzia di qualità totale di cui all'allegato X.

La seconda e terza procedura qui sopra elencate, prevedono l'intervento di un organismo notificato il quale è tenuto ad accertare l'idoneità ai RESS della Direttiva 2006/42/CE.

Se la macchina rientra tra quelle elencate nell'allegato IV ma è stata fabbricata senza rispettare o rispettando solo in parte le inerenti norme armonizzate di cui all'articolo 7, paragrafo 2, ovvero se le norme armonizzate non coprono tutti i pertinenti RESS, o se non sono disponibili delle norme armonizzate per la macchina in esame, il fabbricante o il suo mandatario è tenuto ad applicare una delle seguenti procedure alternative per la valutazione della conformità:

- la procedura di esame per la certificazione CE in conformità all'allegato IX, con l'aggiunta del controllo interno sulla fabbricazione della macchina secondo quanto indicato all'allegato VIII, punto 3;
- la procedura di garanzia qualità totale secondo quanto indicato all'allegato X.

La procedura di valutazione della conformità presenta alcuni punti discordanti con quanto indicato nella vecchia direttiva macchine, la 98/37/CE. Non è infatti più presente la possibilità di far valutare il fascicolo tecnico all'organismo notificato, al fine di poter verificare la corretta applicazione delle pertinenti norme armonizzate. Oltre a ciò, non è più previsto l'inoltro all'organismo notificato del fascicolo tecnico e per le macchine rientranti nell'allegato IV e realizzate secondo i requisiti elencati nelle norme armonizzate vi è la possibilità per il fabbricante o mandatario di applicare quanto indicato nell'allegato VIII della direttiva senza interventi da parte degli organismi notificati.

### *3.1.6 Sorveglianza del mercato*

Per sorveglianza del mercato si intende l'insieme di tutte le attività che vengono svolte e i relativi provvedimenti che vengono adottati dalle autorità pubbliche nominate dagli stati membri al fine di poter garantire la conformità ai requisiti indicati dalle procedure di valutazione di conformità dei prodotti, e il rispetto di tutti i RESS della Direttiva 2006/42/CE.

I principi base della sorveglianza del mercato sono identificati all'interno dell'articolo 4 della Direttiva Macchine e all'interno del regolamento 765/2008/CE, il quale pone delle norme in merito all'accreditamento e alla vigilanza del mercato per quanto concerne la distribuzione e commercializzazione dei prodotti. Le disposizioni riguardo la vigilanza del mercato elencati nel regolamento 765/2008/CE sono complementari a quanto non indicato nella Direttiva Macchine, per quanto riguarda la sorveglianza del mercato.

È doveroso precisare che la sorveglianza del mercato (svolta nel momento dell'immissione sul mercato, della messa in servizio o nei periodi successivi) è distinta dalla valutazione di conformità, volta a garantire la rispondenza dei prodotti solamente prima della loro immissione sul mercato o messa in servizio.

La sorveglianza del mercato prevede almeno i seguenti obiettivi:

- La verifica della presenza della marcatura CE e della dichiarazione CE di conformità (la quale dev'essere idonea);
- La verifica che la macchina introdotta sul mercato o messa in servizio sia stata sottoposta ad una corretta e idonea procedura di valutazione di conformità;
- La verifica che la macchina immessa sul mercato o messa in servizio possieda o sia accompagnata dalle relative e necessarie istruzioni;
- Nel caso in cui la macchina incorpori delle quasi-macchine, la sorveglianza del mercato prevede la verifica che il fabbricante dell'insieme di macchine o della macchina complessiva abbia seguito correttamente tutte le istruzioni di montaggio indicate dal fabbricante della quasi macchina;
- La verifica della conformità della macchina, al fine di garantire che essa sia conforme ai RESS applicabili, e che non pregiudichi la salute e sicurezza delle persone, degli animali domestici e dei beni;
- L'adozione dei vari provvedimenti atti a garantire che i prodotti che non sono conformi vengano resi tali o che vengano ritirati definitivamente dal mercato.

Oltre ai punti sopra elencati, la sorveglianza del mercato può essere svolta anche successivamente all'immissione sul mercato della macchina o messa in servizio, può essere svolta in tutti i momenti successivi. Le macchine possono essere esaminate e verificate presso la sede di fabbricanti, importatori, distributori, società di noleggio o anche durante il transito o ai confini esterni dell'UE.

### *3.1.7 Marcatura CE*

La Marcatura CE (Figura 3.1) è l'attestazione da parte del fabbricante del rispetto dei vari adempimenti richiesti dalla Direttiva Macchine e dalle altre direttive applicabili alla specifica macchina in questione. L'articolo 12 della Direttiva Macchine è quello che tratta questo aspetto. Tale marcatura è l'unica che garantisce la rispondenza della macchina ai vari requisiti elencati dalla Direttiva Macchine.

L'apposizione della targhetta indelebile relativa alla marcatura CE può essere effettuata se la macchina stessa soddisfa tutti i requisiti ad essa applicabili. La targhetta deve contenere:

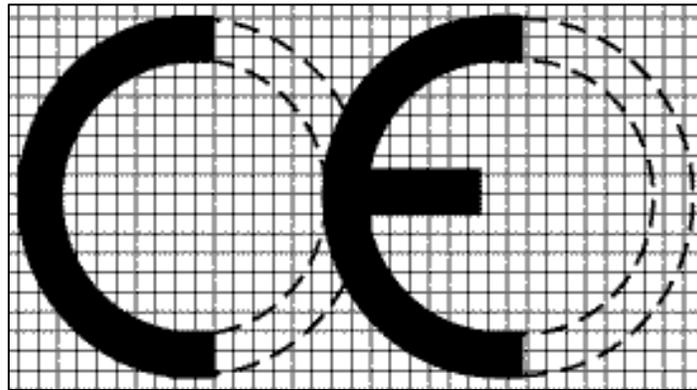
- Nome e indirizzo del fabbricante;
- Marcatura CE;
- Descrizione, Tipo e Modello;
- Eventuale numero di serie;
- Anno di costruzione;
- Indicazione che la macchina è destinata all'uso in atmosfera esplosiva (se applicabile);
- Indicazioni indispensabili alla sicurezza d'esercizio.

Se la Marcatura CE è inerente ad un componente di sicurezza è necessaria la presenza di:

- Nome e indirizzo del fabbricante o del suo mandatario stabilito nella Comunità europea;
- Descrizione del componente di sicurezza;
- Funzione di sicurezza svolta dal componente di sicurezza, se non è desumibile in modo evidente dalla descrizione;
- Eventualmente, nome e indirizzo dell'organismo notificato e numero dell'attestato di certificazione CE.

Nel caso in cui un importatore o distributore modifichi a livello sostanziale una macchina secondo le esigenze del cliente prima che essa sia stata messa in servizio, senza essersi accertato che le modifiche siano state recepite dal fabbricante nella valutazione dei rischi, nella documentazione tecnica e nella dichiarazione di conformità, la marcatura CE originaria decade e dev'essere

rinnovata. In questo caso il distributore che apporta modifiche sostanziali diviene a sua volta fabbricante ed è quindi necessariamente tenuto ad assolvere i vincoli elencati nell'articolo 5 della Direttiva Macchine. Se, altrimenti, le modifiche sono state previste dal fabbricante il quale le ha valutate in funzione dei rischi ulteriori al fine della valutazione originaria, la marcatura CE iniziale rimane valida.



*Figura 3.1 Simbolo grafico della Marcatura CE*

### *3.1.8 Dichiarazione CE di conformità*

La dichiarazione di conformità, indicata all'allegato II, sezione A della Direttiva Macchine, è la dichiarazione legale con cui il fabbricante o il suo mandatario dichiara, sotto la propria personale responsabilità, che il prodotto rispetta i vari requisiti essenziali di sicurezza applicabili della Direttiva 2006/42/CE. Tale atto deve accompagnare la macchina fino all'utilizzatore.

Questo documento deve essere scritto in modo chiaro, nella stessa lingua delle istruzioni per l'uso originali e deve essere accompagnato da una traduzione nella lingua del paese di utilizzo. La dichiarazione può essere inserita nelle istruzioni per l'uso oppure può essere un documento separato, e deve contenere i seguenti elementi:

- Ragione sociale e indirizzo completo del fabbricante e, se necessario, del suo rappresentante autorizzato;
- Nome e indirizzo della persona autorizzata a compilare il fascicolo tecnico;
- Descrizione e identificazione della macchina, compresi denominazione generica, funzione, modello, tipo, numero di serie e denominazione commerciale;
- Una frase che dichiara espressamente che la macchina soddisfa tutte le disposizioni pertinenti della Direttiva Macchine e, se del caso, una frase simile che dichiara la conformità con le altre Direttive;

- Se necessario, il nome, l'indirizzo e il numero di identificazione dell'organismo notificato che ha effettuato l'esame CE del tipo di cui all'allegato IX, e il numero dell'attestato di esame CE del tipo;
- Se necessario, il nome, l'indirizzo e il numero di identificazione dell'organismo notificato che ha approvato il sistema di garanzia della qualità totale di cui all'allegato X;
- Se necessario, un riferimento alle norme armonizzate utilizzate;
- Se necessario, il riferimento ad altre norme e specifiche tecniche utilizzate;
- Il luogo e la data della dichiarazione;
- Nome e firma della persona abilitata a redigere la dichiarazione per conto del fabbricante o del suo mandatario.

La dichiarazione di conformità dev'essere redatta prima dell'immissione sul mercato della macchina, e dev'essere inclusa nel manuale di istruzioni o fornita separatamente e in ogni caso dev'essere custodita dal fabbricante per 10 anni.

La Direttiva prevede l'ausilio nella dichiarazione di un organismo notificato solo se la macchina rientra tra quelle presenti nell'allegato IV (come, ad esempio, alcune tipologie di seghe o presse). In questo caso si parla di esame CE del tipo, ovvero la procedura secondo la quale un organismo notificato verifica e certifica che un modello di macchina di cui all'allegato IV soddisfa i requisiti della Direttiva 2006/42/CE. Per tutte le altre macchine è sufficiente un'autocertificazione con la quale il costruttore dichiara di essere conforme ai requisiti della Direttiva e di ogni ulteriore norma ad essa applicabile.

### *3.1.9 Fascicolo tecnico*

Per tutti i prodotti facenti parte del campo di applicazione della direttiva è necessario che il fabbricante rediga un fascicolo tecnico, secondo quanto indicato all'allegato VII sezione A.

Il fascicolo tecnico è un documento che contiene tutte le informazioni necessarie a dimostrare che la macchina soddisfa tutti i RESS presenti nell'allegato I. Esso contiene infatti informazioni inerenti alla progettazione, realizzazione e funzionamento della macchina per dimostrare più agevolmente alle autorità che la macchina è conforme.

Il fascicolo tecnico deve contenere:

- Descrizione generale della macchina;
- Disegno generale e dettagliato della macchina;

- Schemi dei circuiti di controllo;
- Documentazione riferita alla valutazione del rischio;
- Norme e specifiche tecniche applicate;
- Relazione tecnica con i risultati delle prove effettuate;
- Copia della dichiarazione CE di conformità della macchina e delle istruzioni.

Come previsto dalla Direttiva Macchine il fascicolo dev'essere reso disponibile alle autorità competenti dei vari stati membri per un arco di tempo pari ad almeno dieci anni dalla data di fabbricazione del prodotto (o dell'ultima unità prodotta, se in serie). La mancata consegna del fascicolo a seguito della richiesta da parte delle autorità competenti costituisce motivo sufficiente per sospettare della mancata conformità della macchina in esame ai RESS della direttiva.

### *3.1.10 Manuale di Istruzioni*

Una macchina, oltre che dal fascicolo tecnico, dev'essere accompagnata dal manuale di istruzioni, ovvero un documento contenente le modalità di installazione, montaggio, manutenzione e destinazione d'uso della macchina, oltre che delle relative avvertenze inerenti agli usi previsti e non previsti ma facilmente prevedibili. Serve quindi all'utente per poter ottenere tutte le informazioni necessarie per utilizzare la macchina in condizioni di sicurezza.

Come previsto dal punto 1.7.4 dell'allegato I della Direttiva Macchine, dev'essere tradotto necessariamente anche nella lingua ufficiale dello stato membro in cui la macchina è immessa sul mercato o messa in servizio.

Le istruzioni svolgono un ruolo fondamentale nella tutela della salute e della sicurezza degli operatori, e per questo devono essere redatte prima dell'immissione sul mercato e/o della messa in servizio della macchina. Come richiesto dalla direttiva macchine, il fabbricante/distributore deve assicurarsi che l'utente finale riceva queste istruzioni.

Data l'importanza delle informazioni per l'uso, la loro redazione è regolata da diverse norme che negli anni hanno integrato quanto previsto dall'allegato I della direttiva macchine. Tra queste troviamo la ISO 12100, la CEI EC 82097-1 e la ISO 20607, le quali specificano meglio alcuni punti inerenti al manuale di istruzioni.

*Tabella 3.2 Differenze di adempimenti tra una macchina e una quasi macchina*

| <b>Macchine</b>                 | <b>Quasi macchine</b>                                       |
|---------------------------------|---|
| Redazione del fascicolo tecnico | Redazione della documentazione pertinente le quasi macchine |
| Dichiarazione di conformità     | Dichiarazione di incorporazione                             |
| Manuale di istruzioni           | Istruzioni per l'assemblaggio                               |
| Marcatura CE                    | Vietato apporre marcatura CE                                |

### *3.1.11 Requisiti Essenziali di Sicurezza*

I requisiti essenziali di salute e sicurezza (RESS), individuati nell'allegato I della Direttiva 2006/42/CE, individuano una serie di requisiti che i costruttori di macchine devono necessariamente soddisfare, al fine di rendere la macchina conforme allo standard. I RESS consentono di individuare ed eliminare o ove non possibile ridurre i rischi già durante la progettazione. Essi consentono inoltre di comprendere quali misure e dispositivi di sicurezza sono idonei nella specifica macchina, oltre a mettere in risalto i possibili rischi non eliminabili. Tutto ciò, al fine di salvaguardare la sicurezza dell'utente, diminuendo al minimo la possibilità di incidenti e infortuni.

Il rispetto dei requisiti essenziali di sicurezza in una macchina consente di:

- Garantire la libera circolazione dei prodotti all'interno dell'Unione Europea;
- Tutelare la salute e sicurezza degli utenti finali che utilizzano le macchine.

È doveroso sottolineare che il soddisfacimento dei RESS è una condizione obbligatoria e inderogabile: la direttiva considera una macchina conforme solamente se essa rispetta tutti i RESS ad essa applicabili. Se la macchina non riesce a raggiungere nel complesso gli obiettivi prefissati, essa deve nel possibile essere progettata e realizzata per tendere ad essi. L'allegato I della direttiva, include sia i RESS generali applicabili a tutte le tipologie di macchine e sia quelli specifici applicabili solo ad alcune tipologie. Durante la fase di progettazione è quindi necessario prendere in considerazione i vari RESS generali ed eventualmente quelli specifici, se interessati dalla macchina in oggetto.

È possibile suddividere i RESS in sei categorie:

- Requisiti Essenziali di Sicurezza e di tutela della Salute generali per tutte le categorie di macchine;
- Requisiti essenziali di salute e sicurezza per alcune macchine agroalimentari, portatili e per la lavorazione del legno;
- Requisiti essenziali di salute e sicurezza inerenti ai rischi relativi alla mobilità delle macchine;
- Requisiti essenziali di salute e sicurezza dovuti ai rischi nelle operazioni di sollevamento;
- Requisiti essenziali di salute e sicurezza per i rischi di macchine adibite a lavori sotterranei;
- Requisiti essenziali di salute e sicurezza per i rischi di macchine che presentano particolari pericoli dovuti al sollevamento di persone.

Al fine di definire i RESS che sono inerenti ad una specifica macchina, il fabbricante o il suo mandatario è tenuto ad effettuare una corretta ed opportuna valutazione dei rischi (trattata in un capitolo successivo del presente elaborato). È opportuno sottolineare che le macchine devono necessariamente soddisfare tutti i RESS, mentre le quasi macchine no.

### *3.1.12 Norme armonizzate*

È possibile immettere sul mercato europeo solamente macchine che rispettano i requisiti di sicurezza previsti nella Direttiva 2006/42/CE. Le macchine, attrezzature e componenti realizzati e costruiti in conformità alle specifiche norme armonizzate si presuppongono rispondenti ai RESS indicati nella Direttiva Macchine.

Le norme armonizzate (di tipo A, B, C, Figura 3.2) sono disposizioni che hanno come principio base quello della presunzione di conformità, che vengono adottate dal CEN (Comitato Europeo per la Standardizzazione) per conto della Commissione Europea e da essa approvate. Esse vengono pubblicate sulla gazzetta europea e vengono poi tradotte in norme nazionali. I criteri e le varie indicazioni contenute nelle varie norme armonizzate possono anche essere applicati a macchine preesistenti prima dell'entrata in vigore della Direttiva Macchine e delle altre direttive di prodotto.

I progettisti al fine di realizzare prodotti conformi alla Direttiva 2006/42/CE hanno come punto di riferimento tre tipologie differenti di norme, tipo A, B e C (Figura 3.2):

- Norme di tipo A: norme di carattere generale, applicabili a tutti i tipi di macchine. Tale tipologia di norme specifica concetti fondamentali e di base, la terminologia presente in altre norme e anche i vari principi di progettazione. Applicare solamente norme di tipo A non è sufficiente per garantire l'effettiva conformità ai RESS indicati nella Direttiva Macchine; esse, pertanto, non garantiscono la presunzione di conformità ai requisiti essenziali di salute e sicurezza;
- Norme di tipo B: Norme di carattere più specifico rispetto alle norme di tipo A; sono a tal proposito relative ad aspetti della sicurezza di un macchinario più dettagliati (norme di tipo B1, ad esempio relative a distanze di sicurezza, rumore e altri aspetti. Le norme di tipo B1 possono essere utilizzate direttamente dal progettista/fabbricante o come riferimento nelle norme di tipo C, inclusi, ove pertinente, i mezzi di verifica) o a specifici sistemi di protezione utilizzabili in un'ampia platea di macchine differenti (norme di tipo B2, riguardanti ad esempio i comandi a due dispositivi di interblocco delle protezioni. Le norme di tipo B2 possono essere applicate direttamente dal progettista/produttore o tramite riferimento nelle norme di tipo C. Insieme a tali requisiti di prestazione, le norme di tipo B2 specificano, ove pertinente, i mezzi di verifica). L'adozione delle norme di tipo B può conferire presunzione di conformità ai RESS se una specifica norma di tipo C o la VDR del fabbricante indicano che quanto indicato dalla norma di tipo B è idonea al caso specifico analizzato;
- Norme di tipo C: Norme redatte da un gruppo di esperti nel settore specifico nella macchina di interesse (dai produttori di macchine a rappresentanti degli organismi di salute e sicurezza), esperti nella progettazione della macchina (uso previsto), nell'uso pratico e in concreto della macchina, nella storia passata degli incidenti di quella tipologia di macchina e nelle tecniche disponibili per la riduzione del rischio e le strutture in cui la macchina è destinata ad essere utilizzata. Sono norme di carattere specifico per una particolare categoria di macchine. Tutte le macchine indicate in una norma di tipo C si presuppone che abbiano un uso previsto simile e presentino i medesimi pericoli. Se un particolare inerente alla sicurezza di una norma di tipo C non è in linea con quanto indicato dalle norme di tipo A e B, quanto indicato dalla norma di tipo C prevale rispetto alle altre due tipologie di norme. Il vantaggio delle norme di tipo C, quando sono disponibili per la specifica tipologia di macchina, è che se esse vengono applicate al fine della valutazione dei rischi si presuppone che il macchinario sia conforme ai requisiti essenziali di sicurezza della Direttiva Macchine indicati nella specifica norma tecnica di tipo C. Alcune norme di tipo C sono composte da diverse parti: una prima di carattere generale nella quale sono presenti specifiche applicabili ad una determinata classe di macchine, seguita da ulteriori parti che

forniscono ulteriori specifiche atte a integrare o modificare quanto indicato nella parte più generale. La presunzione di conformità ai RESS, applicando questo tipo di norme, si ha con l'applicazione sia della parte generale iniziale che della relativa parte specifica della norma per la tipologia di macchina in questione.

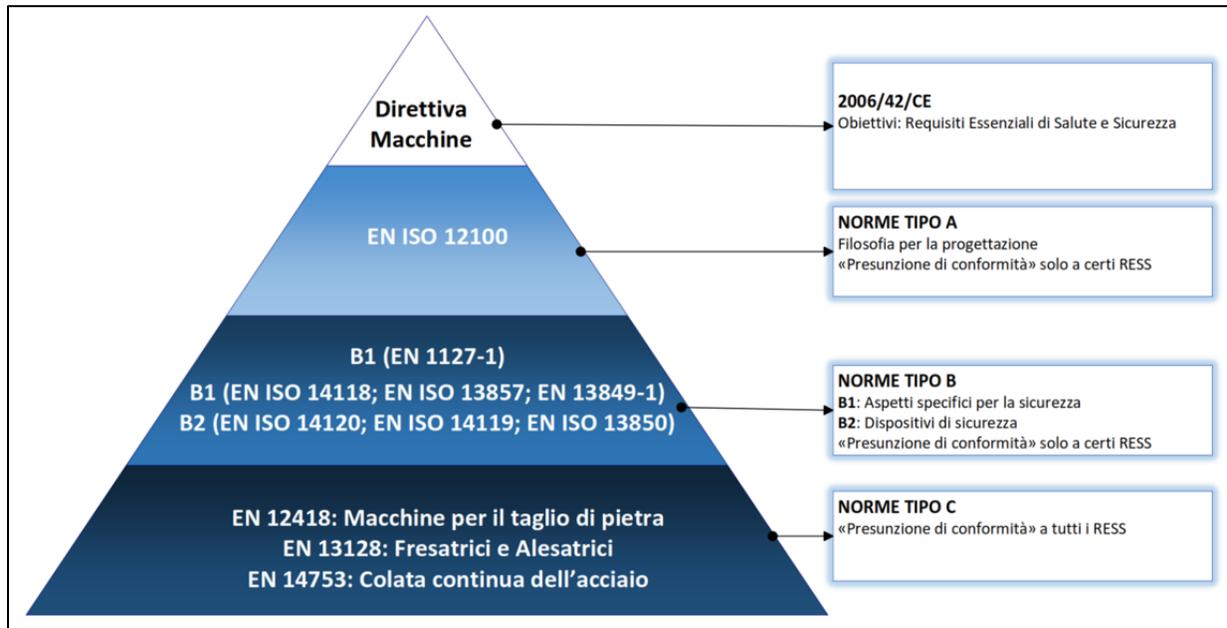


Figura 3.2 Piramide contenente i vari gradi delle norme tecniche con alcuni esempi concreti (Fonte: GT-Engineering, 2020)

### 3.2 Nuovo regolamento macchine

Il 21 aprile 2021 si è concluso l'iter di revisione della Direttiva Macchine. In quella data la Commissione Europea ha infatti presentato la proposta di un nuovo Regolamento Macchine, "Regulation of the European Parliament and of the Council on machinery products" (Copertina in Figura 3.3).

L'entrata in vigore avviene dopo 20 giorni dalla sua pubblicazione, lasciando però un intervallo di tempo ampio al fine di consentire alle imprese di adeguare sia i vari procedimenti che i relativi manuali tecnici.

L'applicazione del nuovo regolamento avverrà nei prossimi anni. Dalla data di applicazione, per un altro anno, le macchine potranno essere realizzate in conformità della Direttiva 2006/42/CE. Il nuovo regolamento macchine è conforme alle indicazioni del nuovo quadro legislativo (è quindi

coerente con altre direttive solitamente applicabili alle macchine, come la direttiva bassa tensione 2014/35/UE e la direttiva compatibilità elettromagnetica 2014/30/UE).



*Figura 3.3 Copertina della proposta di Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio sui Prodotti Macchina*

Il Regolamento e la direttiva sono due diversi strumenti legislativi dell'UE. Una direttiva è infatti un atto legislativo europea atto a stabilire un obiettivo che dev'essere realizzato da tutti i paesi dell'Unione Europea, e dev'essere recepita da ogni singolo stato membro, il quale la traduce in una legge nazionale che la applica.

Un regolamento è esso stesso un atto legislativo vincolante, il quale dev'essere applicato in tutti i suoi punti nell'intera UE, è quindi un atto valido così come viene emanato ed immediatamente effettivo, non rendendo possibile l'applicazione di modifiche da parte dei singoli stati, neanche per quanto concerne la parte amministrativa.

Con un nuovo regolamento in sostanza, l'unica cosa che devono fare gli stati membri dell'Unione Europea è stabilire il valore delle sanzioni. Il fatto di voler proporre un nuovo regolamento a sostituire una attuale direttiva manifesta la necessità di un dispositivo legislativo più omogeneo ed efficace, non soggetto a eventuali discordanze dovute alla conversione in legge da parte dei vari stati membri.

La revisione della direttiva evidenzia infatti alcuni ritardi e discrepanze nell'applicazione di essa nei vari stati membri dell'Unione; un esempio di ciò è presente nella legislazione francese, che adotta requisiti particolari sulla messa in servizio dei macchinari (requisiti che quindi molti produttori da altri paesi europei non soddisfano).

Negli ultimi anni, gli sviluppi tecnologici nell'ambito della robotica, delle macchine a mobilità autonoma (come gli AGV), dell'Internet Of Things, delle macchine auto-apprendenti (ML) e delle telecomunicazioni hanno reso l'attuale Direttiva Macchine inadatta a gestire la sicurezza di queste nuove tecnologie, rendendola in qualche modo obsoleta.

Al giorno d'oggi, infatti, una impresa contiene spesso al suo interno isole robotizzate, sistemi con automazioni complesse e anche flotte di AGV (Figura 3.4). L'adozione di tutte queste nuove tecnologie genera una serie di problematiche non coperte dall'attuale Direttiva Macchine 2006/42/CE. Lo scopo principale del nuovo regolamento è quindi quello di rendere i requisiti di sicurezza adeguati all'evoluzione di queste ed altre nuove tecnologie.



*Figura 3.4 Flotta di veicoli AGV (Fonte: Elettric80, 2021)*

### *3.2.1 Motivazioni per l'adozione di un nuovo Regolamento*

Le nuove tecnologie digitali stanno cambiando senza ombra di dubbio la vita delle persone. La strategia digitale dell'Unione Europea mira a fare sì che la trasformazione digitale vada a beneficiare tutti i cittadini dell'unione e delle varie imprese. La Commissione Europea è determinata a rendere questo decennio il "decennio digitale" europeo.

L'adozione di un nuovo Regolamento Macchine consente alla Commissione Europea di fornire una risposta proprio al programma quadro "Un'Europa pronta per l'era digitale", colmando i vuoti legislativi della Direttiva Macchine. L'intelligenza artificiale ha nuove implicazioni in ambito sicurezza, recepite dal Nuovo Regolamento UE; basti pensare ai veicoli a guida autonoma AGV, i quali circolano all'interno di aree dove vi è anche personale dell'azienda, con numerosi rischi soprattutto nel caso in cui i sistemi di intelligenza artificiale dovessero fallire o nel caso in cui tali sistemi artificiali non siano sufficientemente "intelligenti".

Anche in ambito informatico, in particolare per quanto riguarda la sicurezza informatica, l'attuale Direttiva Macchine non è idonea, soprattutto a seguito del Regolamento Europeo 2019/881 sulla Cybersecurity, il quale è successivo all'attuale Direttiva 2006/42/CE, e dev'essere tenuto in considerazione per la sicurezza delle macchine; il nuovo regolamento a tal proposito norma questo aspetto in ambito macchine.

Consideriamo il caso di un attacco informatico sulle linee di produzione di una azienda, evento non preso in considerazione dall'attuale Direttiva Macchine. Tale evento è un fenomeno che in questi anni si è già verificato più volte e che ha portato allo sviluppo di standard internazionali sulla sicurezza delle reti informatiche, come il regolamento sopra citato. L'attuale direttiva non contempla questo tipo di eventi per motivi di "anzianità": essa considera la possibilità di un uso improprio di una macchina, ovvero un uso diverso da quello che era stato previsto in fase di realizzazione, ma non considera l'uso illecito e doloso, ovvero la possibilità di un attacco informatico atto a creare in danno.

Il fabbricante, col nuovo regolamento, è tenuto a progettare la connessione della macchina (Figura 3.5) con altri dispositivi in modo che non possano esserci delle interferenze o degli input esterni da persone malintenzionate, proteggendo la macchina da corruzione intenzionale o accidentale. Diventa quindi a tal proposito necessaria e obbligatoria l'adozione di una memoria che tiene conto di tutti gli interventi hardware e software avvenuti sulla macchina, identificando eventuali operazioni non concesse.

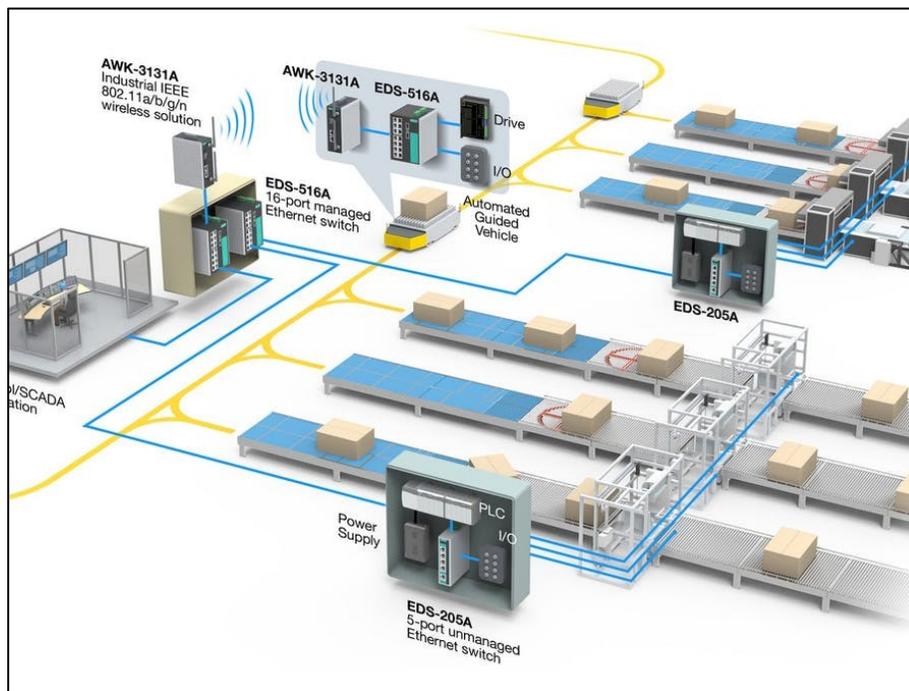


Figura 3.5 Sistema di comunicazione wireless centralizzato per una flotta AGV (Fonte: Datanel, 2020)

Oltre a quanto appena indicato, anche nell'ambito della robotica, in particolare per quanto riguarda la robotica collaborativa, il nuovo regolamento tratterà aspetti inerenti alla sicurezza di questi ambiti, non presenti nell'attuale Direttiva Macchine.

Il nuovo regolamento da, inoltre, maggior certezza in ambito di definizioni, in quanto alcune di esse sono state negli anni superate e sovrapposte da più recenti atti comunitari relativi alla sicurezza dei prodotti (come la decisione 768/2008/CE). Il concetto di modifica sostanziale di macchina, ad esempio, non è ben definito nell'attuale direttiva, creando parecchio dibattito tra le parti; il nuovo regolamento si propone di definire quindi il concetto e le responsabilità di una modifica sostanziale della macchina senza l'accordo preventivo con il fabbricante interessato. Il soggetto che modifica una macchina diventa a sua volta fabbricante, e ne deve quindi rispettare gli obblighi di tale figura. Il nuovo regolamento macchine chiarisce gli obblighi riferiti ai vari operatori economici, e sono proporzionali alla responsabilità di ognuno di essi.

Un'ulteriore necessità che ha spinto la Commissione Europea all'adozione di un nuovo regolamento è la presenza nel mercato attuale di nuove <<macchine pericolose>>. L'attuale elenco di macchine pericolose (allegato I della Direttiva Macchine) è di fatto ancora riferito al parco macchine del 1989. Al giorno d'oggi possono ad esempio esserci robot collaborativi che se utilizzati e progettati in maniera scorretta possono divenire molto pericolosi per i lavoratori.

l'elenco attuale è quindi obsoleto e deve necessariamente essere conforme al progresso tecnico e tecnologico e alle nuove tipologie di macchine che presentano rischi elevati, quali quelle dotate di intelligenza artificiale per garantire le funzioni di sicurezza. La lista attuale delle macchine pericolose e ad alto rischio (all'allegato I), e i RESS da soddisfare da parte di tali macchine sono indicati nell'allegato III, in analogia con altri regolamenti simili. Rispetto alla Direttiva Macchine l'allegato I del nuovo regolamento ai punti 24 e 25 include tra i prodotti macchina ad alto rischio i software che garantiscono le funzioni di sicurezza, compresi i sistemi di intelligenza artificiale e le macchine che integrano sistemi di intelligenza artificiale con funzioni di sicurezza.

L'adozione di un nuovo regolamento è dovuta anche alla necessità di definire in maniera più chiara tutte le competenze e criteri di accreditamento dei vari Organismi Notificati, armonizzando il nuovo regolamento macchine al regolamento 756/2008. L'Unione Europea, inoltre, col nuovo regolamento vuole ridurre il problema dell'impatto ambientale della documentazione cartacea (col nuovo regolamento vi è l'obbligo di trasmissione della documentazione tramite formato elettronico).

Il cardine dell'attuale Direttiva Macchine è l'analisi e valutazione dei rischi, un'analisi che attualmente è ferma al momento in cui la macchina viene immessa sul mercato. Con le nuove tecnologie però questo aspetto risulta molto limitante, in quanto le macchine possono essere aggiornate e con l'intelligenza artificiale mutano il loro comportamento nel tempo, introducendo quindi talvolta nuovi rischi e nuove necessità per la sicurezza.

L'ultimo motivo, ma non meno importante, per il quale si è voluto passare da direttiva a regolamento è proprio per eliminare le possibili divergenze di interpretazione dovute al recepimento della direttiva da parte dei vari stati membri dell'UE (motivo per l'adozione di un regolamento e non una direttiva).

Un problema che deriva dall'adozione di una direttiva e non un regolamento è dovuto al fatto che il vuoto normativo su alcuni aspetti spinge gli stati membri a normare tale mancanza, limitando talvolta di fatto la libera circolazione dei prodotti nel mercato UE.

Gli atti di recepimento delle direttive sono quindi diversi tra gli stati membri, i quali hanno una certa libertà di movimento tramite questi atti, creando una divergenza interpretativa che di fatto è di ostacolo alla libera circolazione delle merci; Le stesse regole di fatto sono interpretate tra gli stati membri in maniera differente.

### *3.2.2 Ambito di applicazione, definizioni ed esclusioni*

Il nuovo regolamento presenta il medesimo campo di applicazione della Direttiva Macchine con alcune specificazioni. Nell'articolo 3 al punto 1) f) viene meglio definito il termine "macchina", comprendendo un insieme al quale manca solamente il caricamento di un software atto a svolgere l'applicazione specifica definita per la macchina in questione, per evitare che i fabbricanti lo classifichino come quasi macchina. Una macchina che è quindi quasi completa, alla quale manca solamente il software (che verrà implementato e caricato al momento della sua messa in servizio), è considerata in tutto e per tutto una macchina, e deve necessariamente quindi soddisfare tutti i vincoli per le macchine.

La definizione di quasi macchina, presente nell'attuale direttiva, negli anni ha creato numerosi dibattiti e sollevato parecchi dubbi. Per porre rimedio a ciò, la Comunità Europea ha cercato di porre rimedio con le Linee Guida della direttiva, restringendo la definizione di quasi macchina ai componenti e sistemi integrati. A tal proposito il nuovo regolamento cerca di porre chiarezza sull'argomento, rivedendo la definizione di quasi macchina, la quale ha le seguenti caratteristiche:

- Non può funzionare al fine di raggiungere una determinata applicazione (a differenza della macchina);
- È costruita per essere incorporata in una macchina;
- In alternativa al punto precedente, la quasi macchina è costruita per essere assemblata per creare un prodotto macchina.

Per quanto riguarda la definizione di componente di sicurezza (punto 3) dell'articolo 3 del regolamento), la nuova definizione comprende anche i componenti non fisici (digitali) della macchina quali i software (compresi i sistemi di intelligenza artificiale, secondo l'allegato II punto 18) con funzioni di sicurezza e il cui malfunzionamento o guasto può mettere a repentaglio la sicurezza delle persone.

Il software è considerato un componente alla pari degli altri e deve quindi ottenere la marcatura CE, al fine di dimostrare la sua sicurezza. Il fatto che il software della macchina è definito come componente di sicurezza implica che nel caso in cui un operatore economico apporti determinate modifiche ad esso, questo operatore è soggetto a tutti gli obblighi inerenti ai componenti di sicurezza elencati nel nuovo regolamento (in particolare è doveroso citare la valutazione di conformità e la marcatura CE).

Con l'attuale direttiva macchine la parte inerente ai software di sicurezza delle macchine sono gestiti con l'applicazione di norme specifiche, mentre con nuovo regolamento c'è la volontà di

trattare il software di sicurezza individuando e definendo i vari requisiti che tale software deve possedere, senza demandare come attualmente avviene ad altre norme tecniche. I produttori inoltre hanno l'obbligo di inserire all'interno del fascicolo tecnico il codice sorgente del software ed anche la sua logica programmabile.

Se già oggi con la direttiva macchine il codice sorgente del software dev'essere fornito agli organi preposti in caso di infortuni o controlli, il nuovo regolamento indica chiaramente che questi aspetti del software devono essere inseriti necessariamente all'interno della documentazione tecnica.

Il nuovo regolamento introduce inoltre la definizione di "sistema di intelligenza artificiale", per il quale secondo l'articolo 9 il presente regolamento si applica solamente per ciò che è inerente alla sua integrazione sicura con la macchina, per non comprometterne la sicurezza. Nell'allegato II del nuovo regolamento, quindi, inclusi nell'elenco dei componenti di sicurezza vi sono:

- I software Safety;
- I sistemi di intelligenza artificiale;
- I sistemi di filtrazione presenti nel mercato separatamente dalla macchina.

Riguardo ad altre definizioni il nuovo regolamento introduce una nuova definizione di modifica sostanziale (articolo 3 punto 15), per garantire che una macchina che subisce una modifica sostanziale ed è immessa sul mercato e/o messa in servizio sia conforme ai RESS di cui all'allegato III. Questo concetto è stato ampiamente dibattuto e delineato già con le linee guida della direttiva, ma con il nuovo regolamento lo si è voluto mettere nero su bianco. Viene quindi definita modifica sostanziale ogni possibile modifica fisica o digitale non prevista dal costruttore e che in qualunque modo potrebbe portare ad una variazione della conformità della macchina o dei suoi relativi componenti, rispetto ai RESS.

La modifica sostanziale non è più come adesso la mera modifica funzionale della macchina, ma include ogni possibile alterazione che influisce sui RESS valutati dal costruttore. A tal proposito anche un eventuale cambio di software della macchina da parte di un utilizzatore può essere considerato modifica sostanziale, se fa sì che non vi è più la conformità ai requisiti essenziali di sicurezza.

Di fatto chi implementa una modifica sostanziale diviene esso stesso fabbricante secondo il regolamento macchine. Ciò implica che ricade su di lui l'onere di determinare se la modifica effettuata impatta sulla certificazione CE di quella specifica macchina. È infatti concesso modificare la macchina, ma tutte le modifiche sia hardware che software spostano tutta la responsabilità dal fabbricante originario a colui che compie le modifiche.

È quindi necessaria una nuova valutazione della conformità della macchina per determinare se le modifiche attuate comportino una modifica sostanziale, e nel caso procedere con una nuova marcatura CE (per tutta o per parte della macchina).

La possibilità di fare una valutazione del rischio, una certificazione o creare la documentazione necessaria a solo una parte della macchina è una novità introdotta per snellire e ridurre i costi dei procedimenti posti dal regolamento stesso.

Il nuovo regolamento infine definisce l'applicazione di una norma specifica dell'UE qualora i rischi presenti nella macchina non siano contemplati nell'allegato III.

Per quanto riguarda le esclusioni del nuovo regolamento, l'esenzione dei veicoli atti al trasporto su strada è ampliata oltre la normativa dell'UE per quanto riguarda l'omologazione, con l'obiettivo di aumentare la certezza del diritto. La motivazione è quella di vietare che i mezzi non oggetto di tale legislazione possano rientrare in automatico nell'ambito di applicazione della normativa riferita alle macchine, dal momento che tale legislazione non regola rischi differenti da quelli che derivano dalla funzione della macchina (come tagliare, scavare, ecc.) e nemmeno quelli unicamente pertinenti alla sua funzione di trasporto di utenti o prodotti.

Quasi tutte le macchine in questi giorni hanno un circuito elettrico o un circuito di potenza, sovrapponendo nella maggior parte dei casi la Direttiva macchine con la direttiva sulla bassa tensione e quella sulla compatibilità elettromagnetica. Per risolvere questa sovrapposizione si è voluto rendere il nuovo regolamento più allineato con queste ed altre direttive. Inoltre, come nel caso dell'esenzione riguardante l'inventario dei prodotti elettrici ed elettronici regolati dalla direttiva bassa tensione, visto che numerosi di tali prodotti integrano funzioni Wi-Fi, ad esempio i frigoriferi, e rientrano pertanto nella direttiva 2014/53/UE (in quanto sono apparecchiature radio), anche tali prodotti non dovrebbero rientrare nel nuovo regolamento macchine.

### *3.2.3 Presunzione e valutazione della conformità delle macchine*

Con il nuovo regolamento permane la presunzione di conformità nel caso in cui il fabbricante applichi una o più norme armonizzate pubblicate nella gazzetta ufficiale dell'UE. Nel caso invece in cui non vi siano norme tecniche armonizzate la Commissione Europea può adottare delle specifiche tecniche (operazione di ripiego usata solamente qualora gli organismi di normazione non forniscano norme inerenti rispondenti ai RESS dell'allegato III).

Per quanto riguarda la valutazione di conformità, per macchine non a rischio elevato rimane la possibilità di effettuare il controllo interno da parte del fabbricante. Per macchine invece che presentano rischi elevati, tenendo conto del fatto che l'allegato I è adattato all'evoluzione tecnologica, ove necessario e secondo il nuovo quadro normativo, viene accettata solamente la certificazione di terze parti, anche nel caso in cui i fabbricanti utilizzino le norme armonizzate applicabili. La conformità delle macchine pericolose deve essere verificata da un laboratorio notificato, escludendo, rispetto all'attuale Direttiva Macchine, la possibilità di auto-certificazione.

### *3.2.4 Operatori economici*

Coerentemente con quanto indicato nel nuovo quadro legislativo, nel nuovo regolamento macchine sono presenti le figure dell'importatore e del distributore, figure non considerate nell'attuale direttiva, la quale cita solamente gli obblighi del fabbricante. Non è cosa del tutto nuova, in quanto già col regolamento UE n.1020 del 2019 si sono definiti i ruoli e doveri degli operatori economici.

Per fabbricante, col nuovo regolamento, si intende una persona fisica o giuridica ben precisa e definita. I costruttori di macchine devono necessariamente fornire una dichiarazione di conformità europea, e fare in modo che tutti i componenti della loro macchina siano chiaramente e facilmente identificabili e tracciabili, anche nella lingua dello stato di destinazione finale del prodotto in esame.

La dichiarazione di conformità contiene dei documenti atti a certificare che il prodotto è conforme agli standard indicati dalla normativa, standard che devono essere rispettati già nella fase di progettazione e successivamente costruzione. Il costruttore inoltre detiene l'obbligo di svolgere la valutazione del rischio, al fine di poter garantire la sicurezza degli operatori che andranno ad utilizzare la macchina. Come precedentemente indicato, le variazioni che vengono fatte in seguito, ad una macchina già sul mercato, identificano chi modifica la macchina come nuovo produttore. Tale nuovo produttore deve a sua volta rispettare tutti gli obblighi previsti dalla normativa.

Per importatore si intende una persona che acquista una macchina in un paese terzo e la immette in un mercato diverso da quello di provenienza della macchina (la definizione specifica è presente al punto 20 dell'articolo 3 del nuovo regolamento). Tale figura ha il dovere di verificare che la macchina rispetti tutti i RESS indicati dal nuovo regolamento macchine, e che la macchina possieda tutta la documentazione necessaria (la quale dev'essere conservata per 10 anni).

Un altro obbligo dell'importatore è quello di testare la macchina a campione, per trovare eventuali anomalie o difformità, prendendo inoltre nota di reclami ricevuti; nel caso vi sia qualche difformità rispetto a quanto indicato dal regolamento esso deve adottare tutte le misure per ripristinare le misure di sicurezza della macchina e correggere la situazione, o altrimenti la può rimuovere dal mercato.

La documentazione relativa alla sicurezza del macchinario potrà essere fornita all'utente in formato digitale, rendendola ad esempio reperibile via internet; l'utilizzatore potrà comunque richiedere al momento dell'acquisto la versione cartacea della documentazione (fornita gratuitamente).

Per rivenditore (o distributori, secondo il punto 21 dell'articolo 3 del nuovo regolamento) si intende la figura professionale che si occupa della rivendita di una macchina (acquistata precedentemente da un importatore o costruttore), al fine di consegnarla all'utente finale. Il rivenditore detiene l'obbligo di verificare il possesso della certificazione europea e della presenza di tutta la documentazione a corredo della macchina (fornita da costruttore o importatore).

La mancanza della documentazione a corredo della macchina non è responsabilità del rivenditore, ma ricade sempre e solo sull'importatore. In aggiunta, rispetto ad un importatore o costruttore, il rivenditore ha l'obbligo di assicurarsi che l'hardware della macchina non ne danneggi o ne comprometta in qualche modo la sicurezza.

Un altro aspetto importante per tutti gli operatori economici è quello di essere chiaramente riconoscibili e ricontattabili (rendendo disponibili nel momento della vendita tutte le informazioni necessarie).

### *3.2.5 Novità nei requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute*

Il nuovo Regolamento macchine introduce numerose novità in ambito di Requisiti Essenziali di Sicurezza, i quali sono stati spostati dall'allegato I all'allegato III. La prima novità che balza all'occhio è presente già nel titolo dell'allegato III, ovvero:

” Requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute relativi alla progettazione e alla costruzione di prodotti macchina”<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup>Titolo dell'allegato III della proposta del nuovo regolamento macchine

A tal proposito è doveroso notare che rispetto alla Direttiva Macchine nel nuovo Regolamento si fa menzione ai “prodotti macchina”, e non più alle macchine in generale. Tra i prodotti macchina sono infatti ad esempio ricompresi i software che garantiscono funzioni di sicurezza, i sistemi di intelligenza artificiale, le macchine che integrano sistemi di intelligenza artificiale e che garantiscono funzioni di sicurezza ed altre categorie di prodotti, precedentemente non ricompresi e quindi non interessati dai RESS.

Al punto 1 dell'allegato III, contenente i principi generali, viene dato obbligo al fabbricante di individuare, tra le altre cose, i pericoli derivanti dal prodotto macchina e le relative situazioni pericolose inclusi tutti i pericoli generati durante il ciclo vita del prodotto e prevedibili durante la progettazione e l'immissione sul mercato del prodotto macchina interessato, per via dell'autonomia posseduta da quel prodotto macchina.

Questa è una novità assoluta, in quanto a differenza dell'attuale Direttiva Macchine si vuole porre l'attenzione sul ciclo vita del prodotto, considerando quindi le fasi successive alla progettazione e i vari cambiamenti che negli anni potrebbero esserci, soprattutto nel software del prodotto macchina.

Dev'essere inoltre ricompresa nella fase di valutazione dei rischi l'intelligenza artificiale della macchina, la quale dev'essere considerata per l'individuazione di tutti i rischi del prodotto macchina.

L'allegato III del nuovo Regolamento è articolato in sei capitoli, dei quali il primo, più generico, è applicabile a tutti i prodotti macchina. Dal secondo capitolo in poi sono presenti pericoli specifici, che potrebbero o non potrebbero essere presenti nel prodotto macchina in esame. È in ogni caso necessario analizzare tutti i punti (Tabella 3.3) al fine di individuare correttamente tutti i requisiti da soddisfare nella fase di progettazione. Al fine di progettare correttamente il prodotto macchina è necessario tener conto di tutti i RESS inerenti secondo la valutazione dei rischi effettuata (trattata successivamente nel seguente elaborato).

Tabella 3.3 Allegato III del nuovo Regolamento Macchine, sei sezioni dei RESS

| R.E.S.S.   | PUNTO |
|--|-------|
| Requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute   | 1     |
| Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per talune categorie di prodotti macchina                                     | 2     |
| Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per ovviare ai rischi dovuti alla mobilità delle macchine                     | 3     |
| Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per prevenire i pericoli dovuti ad operazioni di sollevamento                 | 4     |
| Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per i prodotti macchina destinati ad essere utilizzati nei lavori sotterranei | 5     |
| Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per i prodotti macchina che presentano rischi particolari                     | 6     |

Nei prossimi paragrafi vengono approfondite le sezioni dell'allegato III del nuovo Regolamento Macchine inerenti ai veicoli a guida autonoma. In particolare, verranno approfonditi:

- Requisiti essenziali di sicurezza e tutela della salute, punto 1;
- Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per ovviare ai rischi dovuti alla mobilità delle macchine, punto 3;
- Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per prevenire i pericoli dovuti ad operazioni di sollevamento, punto 4.

Il punto 2 (Tabella 3.4), inerente ai requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per alcune categorie di prodotti macchina non interessa i veicoli a guida autonoma oggetto del presente lavoro di tesi. Nella tabella 3.5 sottostante sono infatti riportati i sottoparagrafi del punto 2 dell'allegato III del nuovo regolamento, a dimostrazione del non interessamento dei veicoli AGV.

*Tabella 3.4 Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per alcune categorie di prodotti macchina, punto 2 allegato III del nuovo regolamento macchine*

|  |     |
|--|-----|
| Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per talune categorie di prodotti macchina | 2   |
| Macchine alimentari e macchine per prodotti cosmetici o farmaceutici   | 2.1 |
| Macchine portatili tenute e/o condotte a mano  | 2.2 |
| Macchine per la lavorazione del legno e di materie con caratteristiche fisiche simili                              | 2.3 |
| Macchine per l'applicazione di prodotti fitosanitari   | 2.4 |

Analogamente al punto 2, nel seguente elaborato viene trascurato il punto 5 (Tabella 3.5) relativo ai RESS per i prodotti macchina destinati ad essere utilizzati nei lavori sotterranei. Tale punto prende in considerazione in particolare le locomotive che operano in sotterraneo e soprattutto a motore a combustione.

Potrebbero esserci veicoli AGV adibiti ad eseguire lavorazioni sottoterra, ma nel proseguo del presente elaborato vengono trascurati per dar spazio ai rischi inerenti i veicoli molto più comuni ed utilizzati negli ambienti soprasuolo.

Qualora però un fabbricante si adoperi a progettare un veicolo in tale condizione (sottosuolo), deve necessariamente prendere in considerazione questo punto dell'allegato III della direttiva, soprattutto se il veicolo in oggetto presenta motore a combustione (con conseguente emissione di gas di scarico, che devono essere evacuati verso l'alto, punto 5.6 dell'allegato III).

Da non trascurare, oltre alle emissioni, vi sono i dispositivi di comando, nel caso in cui il veicolo scorra su rotaia.

Altri due punti importanti del presente punto nel caso in cui vi sia un veicolo AGV in sotterraneo sono l'arresto dello spostamento al punto 5.4 (il quale deve arrestarsi nel caso in cui il conducente non sia più in grado di comandarlo) e il rischio incendio al punto 5.5 (analizzato soprattutto per macchine a combustione interna e per il sistema di frenatura della macchina, il quale potrebbe generare scintille pericolose).

*Tabella 3.5 Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per i prodotti macchina destinati ad essere utilizzati nei lavori sotterranei, punto 5 allegato III del nuovo regolamento macchine*

|  |     |
|--|-----|
| Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per i prodotti macchina destinati ad essere utilizzati nei lavori sotterranei | 5   |
| Rischi dovuti alla mancanza di stabilità   | 5.1 |
| Circolazione   | 5.2 |
| Dispositivi di comando   | 5.3 |
| Arresto dello spostamento  | 5.4 |
| Incendio   | 5.5 |
| Emissioni di gas di scarico  | 5.6 |

L'ultimo punto ad essere trascurato nel seguente elaborato è il punto 6 (Tabella 3.6) dell'allegato III del nuovo regolamento macchine.

Tale punto, considera prodotti macchine atti a sollevare persone, che devono quindi soddisfare determinati requisiti supplementari di salute e sicurezza (ad esempio la resistenza meccanica del supporto del carico, requisiti inerenti ai dispositivi di comando ed altri requisiti).

*Tabella 3.6 Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per i prodotti macchina che presentano rischi particolari, punto 6 allegato III del nuovo regolamento macchine*

|  |     |
|--|-----|
| Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per i prodotti macchina che presentano rischi particolari | 6   |
| Considerazioni generali  | 6.1 |
| Dispositivi di comando   | 6.2 |
| Rischi per le persone che si trovano nel supporto del carico o sopra di esso   | 6.3 |
| Macchine che collegano piani definiti  | 6.4 |
| Marcatore  | 6.6 |

### *3.2.6 Requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute*

L'allegato III del nuovo Regolamento è articolato in sei capitoli, dei quali il primo (Tabella 3.7), più generico, è applicabile a tutti i prodotti macchina, ed è dal titolo "requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute".

*Tabella 3.7 RESS al punto 1 del nuovo regolamento macchine*

|   |     |
|---|-----|
| Requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute            | 1   |
| Considerazioni generali   | 1.1 |
| Sistemi di comando  | 1.2 |
| Misure di protezione contro i rischi meccanici                        | 1.3 |
| Caratteristiche richieste per i ripari ed i dispositivi di protezione | 1.4 |
| Rischi dovuti ad altre cause  | 1.5 |
| Manutenzione  | 1.6 |
| Informazioni  | 1.7 |

La parte 1 dei RESS, oggetto del seguente sotto capitolo, viene introdotta da una serie di definizioni, al punto 1.1, necessarie per meglio comprendere i requisiti richiesti in questa e nelle altre parti.

Le definizioni presenti sono: “pericolo”, “zona pericolosa”, “persona esposta”, “operatore”, “rischio”, “riparo”, “dispositivo di protezione”, “uso previsto” ed “uso scorretto ragionevolmente prevedibile”. Ai fini del presente elaborato si ritiene necessario riportare alcune definizioni di quelle sopracitate:

- Pericolo: potenziale fonte di lesione o danno alla salute;
- Rischio: moltiplicazione di probabilità di accadimento di un determinato danno per la gravità della lesione conseguente;
- Riparo: elemento del prodotto macchina atto a garantire la protezione tramite una barriera materiale;
- Uso scorretto ragionevolmente prevedibile: uso del prodotto macchina, ragionevolmente prevedibile, diverso da quello indicato nelle istruzioni per l’uso.

Il fabbricante, secondo il punto 1.1.2 dell’allegato III del regolamento, deve progettare e costruire i prodotti macchina in modo da funzionare, essere azionati, essere regolati e subire le corrette manutenzioni senza che queste operazioni esponano a rischi le persone, nel caso in cui esse vengano effettuate nelle condizioni previste, considerando l’eventuale uso scorretto dell’operatore ma ragionevolmente prevedibile.

Le misure di protezione da adottare nel prodotto macchina devono essere in grado di eliminare o ridurre al minimo i rischi durante tutta l'esistenza prevedibile del prodotto macchina, compresa la fase di trasporto, montaggio, smontaggio e rottamazione.

Fondamentale, nella scelta delle soluzioni per il fabbricante, l'applicazione dei seguenti principi, elencati in ordine di importanza:

- Eliminare o ridurre al minimo i rischi ove non sia possibile eliminarli;
- Adottare tutte le necessarie misure di protezione contro i rischi residui;
- Informare gli utilizzatori dei vari rischi residui presenti nella macchina, indicando l'eventuale formazione richiesta per il suo utilizzo, segnalando la necessità di eventuali DPI.

Gli obiettivi sopra elencati sono posti in ordine di importanza, in quanto prima di tutto il fabbricante deve cercare di eliminare o ridurre al minimo i rischi, perché se riesce ad eliminarli completamente non ci sono rischi per gli operatori e non sono necessari dispositivi di protezione aggiuntivi.

I dispositivi di protezione aggiuntivi devono essere imposti solo quando sono presenti rischi residui che ne richiedono l'applicazione, ma sono l'ultima spiaggia, non devono essere la normalità, in quanto sono soggetti al buon senso dell'utilizzatore che potrebbe non utilizzarli.

Proprio considerando l'eventuale uso scorretto ma prevedibile della macchina, dovuto alla mente umana dell'utente, il fabbricante deve progettare il prodotto macchina in modo che non sia utilizzato in modo anomalo, se ciò può comportare un rischio. In tutti gli altri casi, il fabbricante nelle istruzioni per l'uso deve richiamare l'attenzione dell'utilizzatore sulle possibili controindicazioni nell'uso del prodotto macchina, in base alla sua esperienza.

Qui di seguito, in Tabella 3.8, vengono elencati i requisiti per alcune caratteristiche della macchina, elencati all'interno del punto 1.1 dell'allegato III del nuovo regolamento, inerenti alle considerazioni generali. Molti dei suddetti requisiti sono già completamente normati dall'attuale Direttiva Macchine e alla luce di ciò nel presente capitolo di questo lavoro di tesi vengono approfondite le novità introdotte dal nuovo Regolamento, soprattutto per quanto riguarda la loro possibile applicazione nei veicoli AGV.

Tabella 3.8 RESS all'interno del punto 1.1 dell'allegato III del nuovo regolamento, in evidenziato i RESS nuovi o con novità

| RESS al punto 1.1  | Novità |
|--|--------|
| Materiali e prodotti   | NO     |
| Illuminazione  | NO     |
| Progettazione di un prodotto macchina ai fini della movimentazione | NO     |
| Ergonomia  | Sì     |
| Posti di lavoro  | NO     |
| Sedili   | NO     |
| Protezione dall'alterazione  | Sì     |

### 3.2.6.1 Ergonomia

Il RESS 1.1.6 riguarda l'ergonomia, un requisito che si basa su una disciplina scientifica secondo il quale nelle condizioni d'uso prevedibili il disagio, l'affaticamento e le tensioni psichiche e fisiche dell'operatore mentre usa il prodotto macchina devono essere ridotti al minimo, secondo quanto possibile. Il diagramma qui sotto riportato, in figura 3.6, illustra i vari fattori da tenere in considerazione nella progettazione di un prodotto macchina.

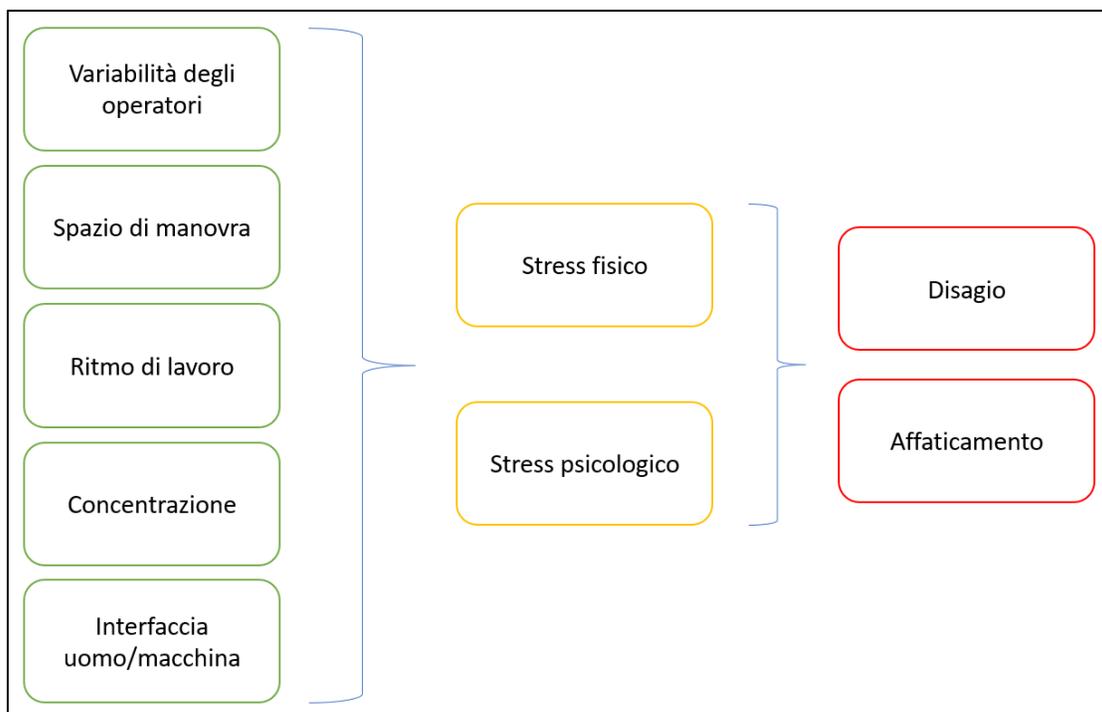


Figura 3.6 Principi dell'ergonomia

All'interno del RESS inerente all'ergonomia, nel nuovo Regolamento Macchine sono state fatte nuove considerazioni rispetto all'attuale Direttiva 2006/42/CE.

L'interfaccia tra uomo e prodotto macchina dev'essere adeguata alle caratteristiche dei lavoratori che ci andranno a lavorare, anche nel caso in cui il prodotto macchina muti comportamento nel tempo, o con una logica progettata per funzionare con livelli variabili di ergonomia. Questo punto è fondamentale nel caso di cobot o in generale robot autonomi in grado di "imparare" e migliorare le loro azioni nel tempo, azioni che però non devono ledere alla salute e sicurezza degli operatori.

Sempre all'interno dell'ergonomia, la lettera (f) amplia il concetto sopra riportato, affermando la necessità dell'adeguamento da parte del fabbricante di un prodotto macchina nei confronti di prodotti macchina in possesso di un comportamento che evolve nel tempo o con una logica progettata per funzionare con una certa autonomia.

A tal proposito, il prodotto macchina deve rispondere agli operatori in modo adeguato ed appropriato, sia con parole che con gesti, espressioni facciali o movimenti, comunicando le sue azioni pianificate in maniera comprensibile.

### 3.2.6.2 Protezione dall'alterazione

Il RESS 1.1.9. presente nel nuovo regolamento è completamente nuovo e norma un campo non ancora coperto dall'attuale Direttiva Macchine, ovvero l'alterazione hardware e software del prodotto macchine.

La prima parte di questo RESS riguarda il collegamento del prodotto macchina da parte di un altro dispositivo. Il fabbricante nella fase di progettazione deve assicurarsi che ogni qual si voglia collegamento al prodotto macchina non causi una situazione pericolosa. A tal proposito, l'hardware atto al collegamento deve essere adeguatamente progettato per rispondere ad alterazioni accidentali o intenzionali, consentendo inoltre il raccoglimento di prove in merito ad un eventuale intervento sui componenti del prodotto macchina.

Per quanto riguarda invece il software, esso dev'essere progettato in modo tale da essere protetto contro l'alterazione esterna accidentale o intenzionale, la quale tra le altre cose potrebbe raccogliere dati critici per il rispetto dei RESS da parte del prodotto macchina.

Come per l'hardware, il prodotto macchina dev'essere in grado di raccogliere informazioni in merito ad un eventuale intervento legittimo o illegittimo sul software. Le caratteristiche del software devono infine essere facilmente accessibili dal prodotto macchina.

### 3.2.6.3 Sistemi di comando

Il RESS 1.2. del nuovo Regolamento Macchine riguarda i sistemi di comando, sistemi già trattati nell'attuale Direttiva 2006/42/CE. Il nuovo regolamento ne amplia però i requisiti, rendendoli più idonei alle nuove tecnologie.

Il sistema di comando di un prodotto macchina è quel sistema in grado di rispondere ai vari segnali in arrivo al prodotto macchina che devono generare delle azioni che si vuole vengano eseguite. I segnali in arrivo possono arrivare da elementi della macchina, dagli utenti, da dispositivi esterni o da altri fattori.

I sistemi di comando, al fine di realizzare un'azione prestabilita, possono essere dotati di tecnologie elettriche ed elettroniche, meccaniche, idrauliche o pneumatiche. Va da sé che la corretta progettazione e costruzione di questi sistemi è indispensabile per garantire un funzionamento sicuro ed affidabile del prodotto macchina.

Questi dispositivi, secondo i RESS, devono essere mantenuti visibili e devono essere resistenti ad eventuali sollecitazioni esterne. L'avaria dei sistemi di comando inoltre non deve creare una situazione di pericolo per l'operatore.

La prima novità introdotta dal nuovo regolamento è presente alla lettera (f), e riguarda il software del prodotto macchina. Tale componente deve consentire la registrazione del tracciamento dei dati dovuti ad un intervento, e la registrazione delle nuove versioni del software di sicurezza per una durata temporale di 5 anni, al fine di poter dimostrare la conformità del prodotto macchina al nuovo regolamento.

I sistemi di controllo di un prodotto macchina con possibilità di evoluzione nel tempo o con una logica con un certo livello di autonomia non devono per nessuna ragione causare azioni del prodotto macchina oltre le mansioni e lo spazio di manovra definiti. Tali sistemi devono inoltre essere progettati in modo da consentire la correzione del prodotto macchina in ogni momento, al fine da garantirne sempre le migliori condizioni di sicurezza.

Un'ultima doverosa menzione va ai sistemi di comando con comando wireless, nei quali un eventuale guasto al sistema di connessione o comunicazione non deve provocare situazioni pericolose. Qualora inoltre i prodotti macchina presentino movimenti autonomi, come nel caso degli AGV, il sistema di comando dev'essere progettato in modo da svolgere in autonomia le funzioni di sicurezza, anche nel caso in cui da remoto vengano ordinate delle azioni con funzione "supervisione da remoto".

### 3.2.6.4 Misure di protezione contro i rischi meccanici

Il fabbricante è tenuto a rispettare i RESS presenti al punto 1.3 dell'allegato III del nuovo Regolamento Macchine, progettando il prodotto macchina per evitare i rischi di natura meccanica riportati nella tabella 3.9.

*Tabella 3.9 RESS all'interno del punto 1.3 dell'allegato III del nuovo regolamento, in evidenziato i RESS nuovi o con novità*

| RESS al punto 1.3  | Novità |
|--|--------|
| Rischio di perdita di stabilità                                      | NO     |
| Rischio di rottura durante il funzionamento                          | NO     |
| Rischi dovuti alla caduta o alla proiezione di oggetti               | NO     |
| Rischi dovuti a superfici, spigoli od angoli                         | NO     |
| Rischi dovuti a un prodotto macchina                                 | NO     |
| Rischi connessi alle variazioni delle condizioni di funzionamento    | NO     |
| Rischi dovuti agli elementi mobili e alle tensioni psichiche         | Sì     |
| Scelta di una protezione contro i rischi dovuti agli elementi mobili | NO     |
| Rischi di movimenti incontrollati                                    | NO     |

Per quanto riguarda i rischi inerenti ad elementi mobili e tensioni psichiche il nuovo regolamento amplia i requisiti dell'attuale Direttiva 2006/42/CE con ulteriori requisiti, quali:

- La riduzione dei rischi relativi al contatto con elementi mobili del prodotto macchina e le tensioni psichiche devono essere tali da consentire un'adeguata interazione uomo-macchina. Oltre all'adeguata interazione dev'essere garantita un'adeguata coesistenza, sempre uomo-macchina, in uno spazio condiviso in assenza di diretta collaborazione.
- Il prodotto macchina che evolve nel tempo o con una certa autonomia dev'essere in grado di rispondere adeguatamente e appropriatamente alle persone, comunicando le sue azioni pianificate agli operatori in maniera comprensibile.

### 3.2.6.5 Informazioni

I RESS dall'1.4 all'1.6 non presentano novità rispetto alla Direttiva macchine, e in ordine sono:

- Caratteristiche richieste per i ripari ed i dispositivi di protezione: Al RESS 1.4 vengono definiti i ripari (elementi che forniscono una protezione mediante una barriera) e la loro relativa progettazione, soprattutto per quanto concerne dimensioni e posizionamento. I ripari possono essere fissi, mobili interbloccati oppure regolabili che limitano l'accesso. I dispositivi di protezione invece, non sono costituiti da una barriera, ma sfruttano altri mezzi per ridurre l'esposizione al pericolo da parte dell'operatore (ad esempio ci possono essere dispositivi di comando a due mani, pedane di sicurezza, interruttori a leva o molte altre tipologie). I requisiti relativi ai dispositivi di protezione sono comparabili a quelli dei ripari interbloccati, in quanto entrambi impediscono agli operatori di entrare in contatto con elementi mobili del prodotto macchina in movimento;
- Rischi dovuti ad altre cause (energia elettrica, errori di montaggio, incendi, esplosioni, rumore e vibrazione, scivolamento, inciampo ed altre cause);
- Manutenzione: Il fabbricante deve progettare il prodotto macchina prevedendone la sua eventuale manutenzione, in modo tale che essa possa essere effettuata facilmente ed in sicurezza.

Per quanto concerne il RESS 1.7, "Informazioni", esso è in primo luogo riferito alla modalità di trasmissione delle informazioni e delle avvertenze inerenti al prodotto macchina, ovvero mediante simboli o pittogrammi facilmente comprensibili.

Oltre a simboli e pittogrammi questo RESS tratta le informazioni inerenti alla guida di un prodotto macchina, i dispositivi di allarme, le avvertenze in merito ai rischi residui e alla marcatura CE.

Le Istruzioni (punto 1.7.4, allegato III del nuovo regolamento), contengono novità rispetto all'attuale Direttiva Macchine. Nel caso in cui esse vengano fornite in formato digitale, il fabbricante deve:

- Indicare sul prodotto macchina e anche in un documento che lo accompagna la modalità di fruizione di tali informazioni;
- Indicare la versione delle istruzioni corrispondente al modello del prodotto macchina in oggetto;
- Presentare le istruzioni in un formato scaricabile e salvabile su un dispositivo elettronico, in particolare in caso di avaria della macchina. Questo requisito vale anche per prodotti macchina nei quali il manuale di istruzioni è integrato nel software.

Per quanto riguarda i principi generali di redazione delle istruzioni è necessario riferirsi al punto 1.7.4.1 sempre dell'allegato III del nuovo regolamento.

Il contenuto minimo delle istruzioni è invece individuato al punto 1.7.4.2 del medesimo allegato.

### *3.2.7 Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per ovviare ai rischi dovuti alla mobilità delle macchine*

Tutte le macchine che presentano rischi inerenti alla mobilità, quindi anche i veicoli AGV oggetto del presente lavoro di tesi, devono rispettare i requisiti previsti al punto 3 del nuovo Regolamento Macchine, indicati in tabella 3.10.

*Tabella 3.10 RESS all'interno del punto 3 dell'allegato III del nuovo regolamento*

|  |     |
|--|-----|
| Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per ovviare ai rischi dovuti alla mobilità delle macchine | 3   |
| Considerazioni generali  | 3.1 |
| Posti di lavoro  | 3.2 |
| Sistemi di comando   | 3.3 |
| Misure di protezione contro i rischi meccanici   | 3.4 |
| Misure di protezione contro altri rischi   | 3.4 |
| Informazioni ed indicazioni  | 3.6 |

Al fine di meglio trattare questo ambito è necessario riportare alcune definizioni, direttamente dalla normativa.

Macchina che presenta rischi dovuti alla mobilità:

- *Macchina il cui lavoro richiede la mobilità durante il lavoro oppure uno spostamento continuo o semicontinuo secondo una successione di stazioni di lavoro fisse;*
- *Macchina il cui lavoro si effettua senza spostamenti, ma che può essere munita di mezzi che consentano di spostarla più facilmente da un luogo all'altro<sup>4</sup>.*

<sup>4</sup> Definizione riportata al punto 3 dell'allegato III del nuovo regolamento macchine

Macchina mobile autonoma: *Macchina mobile che dispone di una modalità autonoma, nel contesto della quale tutte le funzioni essenziali di sicurezza della macchina mobile sono assicurate nella sua zona per le operazioni di spostamento e lavorazione senza l'interazione permanente di un operatore*<sup>5</sup>.

In quest'ultima definizione qui sopra riportata rientrano gli AGV (Figura 3.7).



Figura 3.7 Veicoli AGV atti alla movimentazione del carico (Fonte: Deagor, 2019)

Il RESS inerente alla mobilità delle macchine pone i primi requisiti sui posti di lavoro (al punto 3.2), analizzando i posti di guida (3.2.1), i sedili (3.2.2), i posti per altre persone (3.2.3) e la funzione di controllo di supervisione (3.2.4).

Il posto di guida pone requisiti per quanto riguarda la visibilità di esso, la quale dev'essere sufficiente per consentire ad un eventuale conducente di muovere macchina ed utensili secondo le condizioni di uso previste in totale sicurezza. Se la visibilità dovesse essere insufficiente, sarebbe necessario introdurre ulteriori dispositivi a porne rimedio.

Oltre alla visibilità, il posto di guida pone requisiti riguardo al contatto con ruote e cingoli per l'autista (contatto che dev'essere impedito) e riguardo all'eventuale cabina di guida, se le dimensioni del veicolo ne consentono la collocazione.

Per quanto riguarda i sedili, sono presenti requisiti atti a ridurre il rischio di schiacciamento dell'utente in caso di schiacciamento (i sedili devono essere muniti di un adeguato sistema di

---

<sup>5</sup>Definizione riportata al punto 3 dell'allegato III del nuovo regolamento macchine

ritenuta con allarme sonoro nel caso in cui non sia attivo, nel caso in cui tale sistema non implementi rischi ulteriori).

Punto fondamentale per i veicoli AGV è il RESS 3.2.4, inerente alla funzione di controllo di supervisione. Tale punto prevede che i prodotti macchina mobili autonomi siano dotati di una funzione di controllo di supervisione specifica per l'utilizzo autonomo. Tale funzione deve rispettare quanto indicato al punto 3.2.4.

A seguito dei RESS sopra elencati il capitolo 3 presenta requisiti per i sistemi di comando (punto 3.3).

Qualora fosse necessario, è doveroso che il veicolo preveda sistemi atti ad impedire l'utilizzo non autorizzato dei comandi. Inoltre, il telecomando delle macchine (qualora presente) deve individuare chiaramente a quale macchina è destinato, per non creare ulteriori pericoli. Il telecomando e la macchina comandata da esso devono essere progettati in modo da interagire a vicenda e senza interessare altri telecomandi/veicoli, al fine di non creare interferenze o rischi legati alla movimentazione non prevista di altre macchine.

I sistemi di comando procedono poi con la trattazione inerente ai dispositivi di comando (al punto 3.3.1), per poi passare all'avviamento/spostamento (punto 3.3.2) e alla funzione di spostamento (punto 3.3.3). Il punto 3.3.3 afferma che gli AGV devono spostarsi e funzionare in uno spazio chiuso con sistemi di protezione e devono inoltre avere dispositivi per rilevare utenti o ostacoli in generale. Il sotto capitolo 3.3 si conclude con lo spostamento delle macchine con conducente a piedi (3.3.4) e infine il guasto del circuito di comando (3.3.5).

A seguito del punto 3.3 la norma introduce requisiti per quanto riguarda i rischi meccanici (punto 3.4). A tal proposito è necessario che il prodotto macchina sia realizzato in modo che movimenti incontrollati non comportino rischi per il veicolo. Requisiti ulteriori sono posti per gli elementi mobili di trasmissione (punto 3.4.2) e per il ribaltamento o rovesciamento laterale (punto 3.4.3), ribaltamento nel caso in cui la macchina semovente abbia un conducente o altra persona a bordo.

Sempre nel caso in cui vi sia un conducente o un'altra persona a bordo del veicolo semovente, al punto 3.4.4 vengono posti dei requisiti inerenti alla possibile caduta di oggetti (rischi che devono essere valutati dal fabbricante ed eventualmente eliminati mediante struttura di protezione appropriata).

A seguito del punto sopra elencato sono presenti requisiti in merito ai mezzi di accesso, i quali devono essere realizzati in modo che gli operatori li utilizzino in maniera istintiva senza ricorrere ai dispositivi di comando per facilitare l'accesso.

Anche i dispositivi di traino (ad esempio i veicoli AGV atti al traino di carrelli) devono avere determinati requisiti al punto 3.4.6. In particolare, tali dispositivi devono consentire il collegamento e lo sganciamento in totale sicurezza e in maniera facile, impedendo un eventuale sganciamento con il veicolo in movimento. Il punto 3.4 si conclude col paragrafo 3.4.7 inerente alla trasmissione di potenza tra la macchina semovente e quella azionata.

Il punto 3.5, il penultimo dei RESS 3, è relativo alle misure di protezione contro altri rischi. Ulteriori rischi potrebbero derivare da batterie d'accumulo, potrebbe esserci il rischio incendio, l'emissione di sostanze pericolose o infine il contatto con linee elettriche aeree sotto tensione. Tutti questi aspetti sono trattati dal punto 3.5.1 al punto 3.5.4.

I RESS al capitolo 3 si concludono, come di consueto, con le informazioni e le indicazioni (punto 3.6). Vengono infatti fornite indicazioni in merito a iscrizioni, segnalazioni e avvertimenti (punto 3.6.1), alla marcatura CE, la quale dev'essere fra le altre cose leggibile e indelebile, e indicazioni inerenti alle istruzioni (istruzioni relative alle vibrazioni emesse dalla macchina, le quali devono essere indicate come valore preciso, a differenza dell'attuale Direttiva Macchine.

Le istruzioni devono inoltre essere fornite per gli usi molteplici e per i veicoli autonomi).

Il punto 3.6.3.3 riguardo le istruzioni è degno di menzione per il presente lavoro di tesi. Per i prodotti macchina mobili autonomi (quindi anche AGV) le istruzioni per l'uso devono specificare le caratteristiche delle zone di spostamento e di lavorazione, nonché le relative zone pericolose.

### *3.2.8 Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per prevenire i pericoli dovuti ad operazioni di sollevamento*

Tutte le macchine che presentano rischi dovuti al sollevamento (Figura 3.8) devono rispettare i RESS previsti al punto 4 dell'allegato III del nuovo regolamento macchine (Tabella 3.11).

In questo punto della norma, a seguito di alcune definizioni (operazione di sollevamento, carico guidato, prova statica ed altre) vengono introdotte le misure di sicurezza contro i rischi di natura meccanica.

Tabella 3.11 RESS all'interno del punto 4 dell'allegato III del nuovo regolamento

|  |     |
|--|-----|
| Requisiti essenziali supplementari di sicurezza e di tutela della salute per prevenire i pericoli dovuti ad operazioni di sollevamento | 4   |
| Considerazioni generali  | 4.1 |
| Requisiti per i prodotti macchina mossi da energia diversa da quella umana   | 4.2 |
| Informazioni e marcatura   | 4.3 |
| Istruzioni   | 4.4 |

A tal proposito, la macchina atta al sollevamento (quindi anche un AGV adibito a tale scopo) dev'essere progettata e costruita in modo da mantenere durante il periodo di servizio e fuori servizio la stabilità prescritta dalla norma, anche nelle fasi di trasporto, montaggio e smontaggio.



Figura 3.8 AGV per la movimentazione e sollevamento di pallet (Fonte: Agvsistemi, 2022)

Per macchine (e quindi AGV) che si spostano lungo guide o vie di scorrimento, devono esserci dispositivi atti ad evitare deragliamenti. Se nonostante l'applicazione di questi dispositivi il deragliamento non risulta completamente impedito, è necessaria l'applicazione di dispositivi atti ad impedire la caduta e ribaltamento di componenti, carico, attrezzature e della macchina stessa.

La macchina inoltre dev'essere progettata per avere una determinata resistenza meccanica in tutta la sua vita, secondo il punto 4.1.2.3 dell'allegato III del nuovo regolamento.

Eventuali pulegge, tamburi, rulli, funi e catene, anche di veicoli AGV atti al sollevamento, devono rispettare il punto 4.1.2.4 dell'allegato sopra citato, mentre gli accessori atti al sollevamento ed i relativi componenti devono rispettarne il punto 4.1.2.5 (dev'essere in particolare tenuto conto dei fenomeni di fatica e di invecchiamento per il numero di cicli previsto).

Per quanto riguarda i movimenti dei carichi durante la movimentazione, il posto di manovra dell'utente dev'essere posto in modo da garantire la più ampia visuale possibile, al fine di evitare punti ciechi nella visuale che potrebbero comportare urti a persone, materiali ed altre macchine.

Macchine con carico massimo di 1000 kg con movimento di rovesciamento di 40 000 Nm devono essere dotate di idonei dispositivi atti ad avvertire il conducente e che impediscano i movimenti bruschi e pericolosi, in caso di sovraccarico e superamento del momento di rovesciamento.

Per quanto riguarda le informazioni e la marcatura è necessario riferirsi al punto 4.3 dell'allegato III del nuovo regolamento, mentre nel medesimo allegato al punto 4.4 sono previste le informazioni inerenti alle istruzioni.

# Capitolo 4

## Norme tecniche relative agli AGV

Nel presente capitolo vengono presentate due norme tecniche, la EN ISO 3691-4:2020, ovvero la norma tecnica relativa alla sicurezza dei carrelli industriali senza conducente e la norma tecnica EN 1175:2020, dal titolo “Sicurezza dei carrelli industriali – Requisiti elettrici/elettronici”, entrambe norme tecniche di tipo C. A seguito della presentazione delle norme qui sopra elencate vi sarà un breve confronto con il nuovo regolamento, al fine di identificarne le differenze più sostanziali.

### 4.1 EN ISO 3691-4:2020

La EN ISO 3691 è la norma tecnica dal titolo “Carrelli industriali – Requisiti di sicurezza e verifiche”. La parte 4, oggetto del presente capitolo, è quella relativa ai carrelli industriali senza conducente a bordo e ai loro sistemi.

La versione analizzata è quella approvata dal CEN l’11 gennaio 2020 e redatta dal Comitato Tecnico ISO/TC 110 “Carrelli industriali” in collaborazione con il Comitato Tecnico CEN/TC 150 “Autocarri industriali - Sicurezza”. Questa norma, frutto di 6 anni di lavoro, sostituisce integralmente la norma EN 1525:1997, ed è particolarmente importante in quanto regola gli AGV e LGV, sempre più presenti nelle attività di tutti i paesi.

#### 4.1.1 Introduzione

La norma EN ISO 3691-4 è uno standard di tipo C, come indicato nella ISO 12100. Si ricorda che quando i requisiti di questa norma di tipo C sono diversi da quelli indicati nelle norme di tipo A o B, i requisiti di questa norma di tipo C hanno la precedenza su quanto indicato nelle norme A e B.

L’obiettivo di questa norma è quello di specificare i requisiti di sicurezza e i mezzi per la loro verifica dei carrelli industriali senza conducente (ad esempio i veicoli AGV) e dei loro sistemi. I requisiti di sicurezza vengono specificati anche per AGV dotati di:

- Modalità automatiche che necessitano l'azionamento da parte di un operatore per essere attive;
- Capacità di trasportare un utente;
- Modalità manuali aggiuntive che consentono agli operatori di azionare il veicolo manualmente;
- Una modalità di manutenzione che consente il funzionamento manuale delle funzioni del carrello in caso di manutenzione.

Questa norma non è applicabile per veicoli su binari, rotaie, guide ecc. e non è neanche applicabile a veicoli telecomandati che non sono considerati carrelli senza conducente.

Per carrello senza conducente si intende sostanzialmente un veicolo a motore progettato per funzionare in maniera automatica. Un veicolo di questa tipologia comprende un sistema di controllo (che può essere parte del carrello o separato da esso), dei mezzi di guida e il sistema di alimentazione.

Per quanto riguarda i pericoli significativi in tutte le fasi di vita dei veicoli AGV/LGV (in condizioni previste e secondo le condizioni di uso improprio ragionevolmente prevedibile dal fabbricante), essi sono trattati nell'Allegato B della norma in oggetto di questo capitolo e di seguito trattati.

I requisiti atti a fronteggiare i pericoli non riguardano però veicoli che presentano ulteriori rischi particolari, oltre a quelli elencati, che possono verificarsi durante il funzionamento in condizioni gravose (climi estremi, congelamento e condizioni simili), in ambiente nucleare, in zone pubbliche, in ambienti esplosivi, in ambito militare, in presenza di radiazioni ionizzanti, con requisiti igienici specifici, durante la movimentazione di carichi speciali e in altri casi.

#### *4.1.2 Requisiti di sicurezza e/o misure di protezione e riduzione dei rischi*

I carrelli AGV devono rispettare i requisiti di sicurezza e/o le misure di protezione individuati al punto 4 della norma EN ISO 3691-4:2020, i quali sono specificati nei prossimi paragrafi. Oltre a ciò, l'AGV dev'essere progettato tenendo in considerazione i principi della ISO 12100 per quanto concerne i rischi rilevanti che non sono trattati dalla norma oggetto del presente capitolo.

### Condizioni climatiche:

Per i veicoli AGV vengono definiti dei valori di temperatura ed altitudine standard da rispettare nell'utilizzo del veicolo. Valori di temperatura ed altitudine durante l'utilizzo del veicolo differenti rispetto a quanto indicato nella norma, per veicoli progettata con essa, possono provocare un deterioramento più rapido del veicolo o generare pericoli non previsti (ad esempio temperature maggiori a quanto previsto potrebbero provocare un surriscaldamento del veicolo, fino ad un incendio). I valori di temperatura ed altitudine vengono presentati nella tabella sottostante.

### Requisiti elettrici:

I veicoli AGV rispondenti alla norma EN ISO 3691-4:2020, per quanto riguarda i requisiti elettrici, devono rispettare alcuni punti delle norme EN 1175-1:1998 + A1:2010, EN 1175-2:1998 + A1:2010, EN 1175-3:1998 + A1:2010 e IEC 60204-1:2016.

I requisiti riguardano in particolare delle misure generali legate all'alimentazione elettrica, requisiti inerenti alla partenza del veicolo, relativi alla sua fermata, requisiti legati ad un possibile guasto all'alimentazione, requisiti inerenti alle macchine in manutenzione, requisiti legati all'isolamento dell'energia, alle batterie e infine al fuoco.

Nei paragrafi successivi verrà trattata la Norma EN 1174:2020, esplicitando più nel dettaglio i requisiti richiesti.

### Componenti che accumulano energia:

I componenti che accumulano energia e che potrebbero rappresentare un pericolo durante la rimozione o lo smontaggio (ad esempio l'accumulatore idraulico, condensatori o freni a molla) devono essere dotati di mezzi per rilasciare l'energia prima della rimozione o dello smontaggio. Se tali dispositivi non sono presenti, vi è un potenziale pericolo per l'operatore addetto alla manutenzione, il quale potrebbe ferirsi durante lo smontaggio di un componente, componente che potrebbe rilasciare energia sotto forma di energia cinetica, mediante la quale l'oggetto potrebbe sbalzare addosso al manutentore o ad un altro utente.

### Bordi o angoli:

Il veicolo AGV non deve avere spigoli vivi o angoli nelle seguenti aree:

- Area occupata dal pilota nella normale posizione operativa;
- Area nella quale può operare un operatore in posizione operativa;

- Area di accesso durante i controlli giornalieri.

La presenza di spigoli vivi o angoli potrebbe infatti ferire (ad esempio uno spigolo vivo potrebbe provocare un taglio) l'utente atto a svolgere le proprie mansioni lavorative nelle aree sopracitate.

#### Ripari:

I ripari del veicolo devono essere conformi alla norma ISO 14120:2015: questa norma, specifica i requisiti generali per progettare, costruire e selezionare i ripari atti a proteggere le persone dai pericoli meccanici ed altri pericoli che potrebbero esserci. I requisiti della norma ISO 14120:2015 si applicano a ripari fissi e mobili (non sono riferiti ai dispositivi di interblocco, trattati nella ISO 14119).

Le distanze di sicurezza devono essere conformi alla norma ISO 13857 (norma che stabilisce i valori per le distanze di sicurezza, sia in ambienti industriali che non industriali, per impedire il raggiungimento di zone pericolose della macchina).

Le distanze di sicurezza per impedire il superamento delle strutture di protezione devono essere conformi alla norma ISO 13857:2008, Tabella 2, Alto rischio.

La tabella sopra citata pone nella prima colonna l'altezza in millimetri della zona di pericolo, mentre nelle colonne affianco ad essa sono presenti i valori delle altezze delle strutture di protezione con sotto i rispettivi valori della distanza di sicurezza orizzontale dalla zona pericolosa.

I valori riportati nella tabella 2 della norma ISO 13857:2008, relativa all'alto rischio, devono essere utilizzati per determinare le dimensioni corrispondenti dell'altezza della zona di pericolo, l'altezza delle strutture di protezione e la distanza di sicurezza orizzontale dalla zona di pericolo.

Non ci deve essere alcuna interpolazione dei valori riportati nella tabella soprastante. Di conseguenza, quando i valori noti delle tre zone sono compresi tra due valori si prende quello maggiore nella progettazione.

Infine, le strutture fisse, chiuse e continue devono avere un'altezza minima di 2,1 m.

#### Dispositivi di interblocco per i ripari:

Il riparo può essere integrato con un dispositivo di interblocco e un dispositivo di bloccaggio del riparo, in modo tale da rimanere chiuso e bloccato, fino a quando il rischio di lesioni derivante dalle funzioni pericolose della macchina non sia più presente.

I dispositivi di interblocco per i ripari devono essere conformi alla norma ISO 14119:2013: questa norma suddivide i dispositivi di interblocco in quattro categorie:

- Tipo 1: elettromeccanico con attuatore non codificato;
- Tipo 2: sempre elettromeccanico ma questa volta con attuatore codificato;
- Tipo 3: elettronico con attuatore non codificato ma azionato senza l'ausilio di un contatto;
- Tipo 4: come il Tipo 3 ma questa volta con l'attuatore codificato.

La norma ISO 14119:2013 fornisce in particolare tutte le misure di base per progettare ed utilizzare i dispositivi di interblocco, anche contro la loro possibile elusione.

#### Dispositivi di comando a due mani:

I dispositivi di comando a due mani devono essere conformi alla norma ISO 13851:2019: questa norma ha come obiettivo principale quello di specificare i requisiti di sicurezza da adottare in un dispositivo di comando a due mani (THCD), descrivendone le caratteristiche principali per garantirne la sicurezza, stabilendo varie combinazioni di caratteristiche funzionali per le tre tipologie di dispositivi presenti.

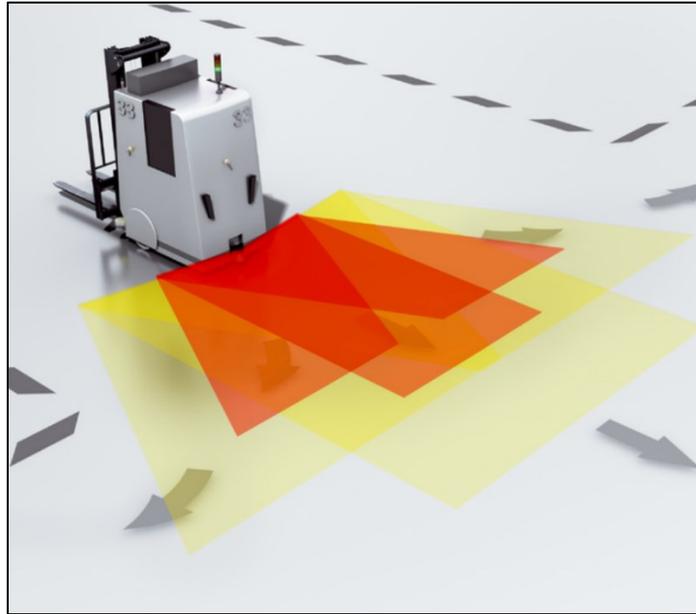
#### Parti di trasmissione:

Per quanto riguarda le parti di trasmissione del veicolo, come ad esempio alberi di trasmissione, giunti e trasmissioni a cinghia e molte altre componenti che costituiscono le parti di trasmissione del veicolo, i quali sono alla portata di una persona, che può quindi toccarli, con un potenziale pericolo e rischio per la salute, esse devono essere protette con ripari fissi, al fine di impedire in ogni momento l'accesso dell'operatore a componenti pericolosi ed in movimento (durante il loro normale funzionamento nella attività ordinaria).

#### Dispositivi di protezione elettrosensibili:

I dispositivi di protezione elettrosensibili (ESPE) devono essere conformi a IEC 61496-2:2013 e IEC 61496-3:2018.

Tali dispositivi (Figura 4.1) possono ad esempio essere pedane sensibili, barriere fotoelettriche, laser scanner e sono fondamentali quando è di primaria importanza la frequenza di accesso degli operatori nelle zone pericolose.



*Figura 4.17 Laser scanner in un veicolo AGV (Fonte: Sick, 2022)*

I veicoli possono avere una selezione automatica dei campi di rilevamento del personale, in base alla velocità e alla direzione di esso, alle dimensioni del carico o ad altri criteri. Questa selezione automatica dei campi di rilevamento sicuri dell'ESPE fa parte del sistema di rilevamento del personale.

La selezione dei campi di rilevamento attivi (in cui il rilevamento di un oggetto deve attivare la funzione di arresto di protezione) può dipendere dalle condizioni che influiscono sulle prestazioni di arresto del carrello (es. carico o scarico, carico stretto o largo, posizione del carrello in diverse zone).

Laddove questa funzione sia prevista, le parti del sistema di controllo relative alla sicurezza devono essere progettate in modo da non ridurre le prestazioni complessive del rilevamento delle persone sul percorso.

#### Dispositivi di protezione sensibili alla pressione:

I dispositivi di protezione sensibili alla pressione devono essere conformi alle norme ISO 13856-2:2013 e ISO 13856-3:2013.

I bordi sensibili alla pressione (Figura 4.2) vengono utilizzati nel settore industriale e civile, al fine di eliminare o, ove non possibile, ridurre i rischi di schiacciamento o cesoiamento.

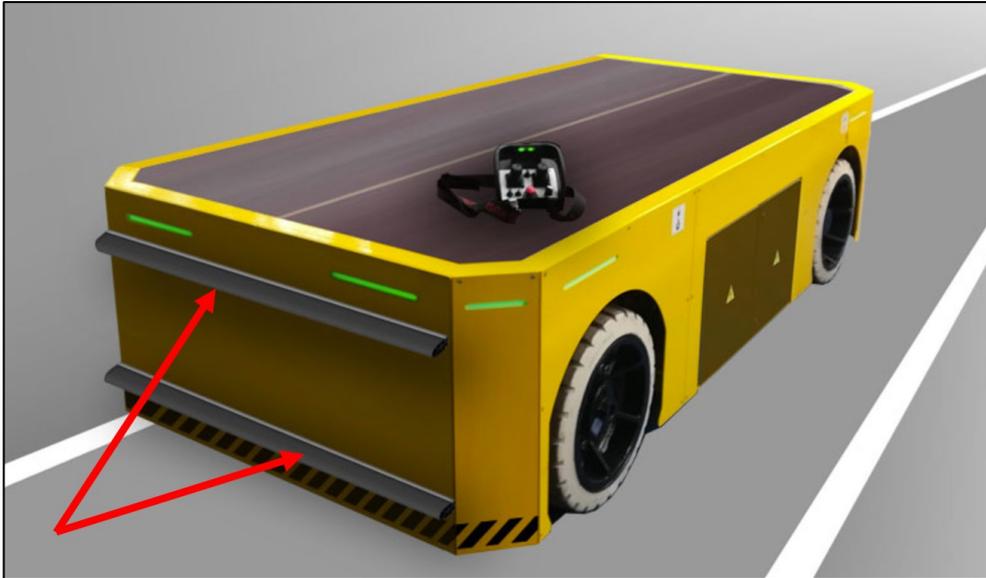


Figura 4.18 Veicolo AGV con bordi sensibili (indicati dalle frecce rosse) (Fonte: Proswitch, 2022)

#### Sistemi idraulici e sistemi pneumatici:

I sistemi idraulici e i loro componenti devono essere conformi alla norma ISO 4413:2010, mentre i sistemi pneumatici e i loro componenti devono essere conformi alla norma ISO 4414:2010.

La norma inerente i sistemi idraulici specifica le regole generali e i requisiti di sicurezza per i sistemi di alimentazione a fluido idraulico e i componenti utilizzati sulle macchine come definiti dalla ISO 12100. Essa tratta tutti i rischi significativi associati ai sistemi di alimentazione a fluido idraulico e specifica i principi da applicare per evitare tali pericoli quando i sistemi sono destinati all'uso previsto.

La norma riferita ai sistemi pneumatici individua invece le regole e i requisiti di sicurezza da rispettare per progettare i sistemi di alimentazione a fluido pneumatico e i componenti utilizzati sulle macchine. Essa individua e analizza tutti i possibili rischi significativi associati ai sistemi di alimentazione a fluido pneumatico e ne specifica inoltre i principi fondamentali da applicare per schivare i pericoli individuati, nel caso in cui il sistema rispetti l'uso previsto.

#### Riavvio automatico:

Gli AGV devono essere progettati in modo tale che non sia consentito un riavvio automatico dopo l'attivazione di uno dei seguenti dispositivi:

- Dispositivo di arresto di emergenza;
- Paraurti a corsa breve;
- Presenza dell'operatore;
- Comandi manuali di controllo;
- Funzione di fermata virtuale;

I veicoli inoltre devono essere progettati in modo tale che non sia consentito un riavvio automatico dopo l'interruzione dell'alimentazione.

#### Protezione del piede:

Devono essere previsti mezzi per prevenire lesioni ai piedi delle persone in piedi vicino al veicolo, ad esempio:

- Margini di arresto aggiuntivi per i piedi;
- Riduzione dello spazio libero sotto al telaio, pari o inferiore a 40 mm, per una persona che indossa scarpe di sicurezza: questa indicazione evita l'intrappolamento del piede sotto al telaio del veicolo;

#### Sistema di frenatura:

il veicolo AGV dev'essere dotato di un sistema di frenatura, progettato per operare in caso di interruzione dell'alimentazione, per attivarsi in automatico in caso di perdita di controllo della velocità dello sterzo e per fermare il carrello entro il raggio di azione dei mezzi di rilevamento del personale nella condizione peggiore nei limiti specificati dal produttore (es. velocità, attrito, pavimento/suolo, pendenza, carico nominale).

Il sistema di frenatura infine dev'essere progettato per mantenere fermo il carrello e il suo carico massimo consentito al massimo gradiente di pendenza specificato dal produttore.

#### Controllo della velocità:

Dev'essere presente un sistema di rilevamento della velocità eccessiva (velocità > velocità nominale del carrello).

#### Ricarica automatica delle batterie:

Le connessioni automatiche della ricarica con valori nominali superiori a determinati valori devono essere progettate per prevenire i rischi di folgorazione dovuti al contatto accidentale con parti in tensione secondo la norma IEC 61558-1:2017.

Un AGV dotato di un sistema di ricarica automatico deve essere progettato in modo tale che i contatti di ricarica siano attivati solo quando il veicolo è collegato al dispositivo di ricarica. Quando il carrello viene rimosso dai punti di ricarica, i contatti di ricarica del carrello devono essere scollegati dalla batteria.

#### Movimentazione del carico:

Il trasporto del carico deve essere progettato in modo che il carico rimanga entro i limiti della posizione determinata dal fabbricante in qualsiasi modalità operativa, compreso un arresto di emergenza e durante il trasferimento del carico (ciò può essere ottenuto integrando morsetti, blocchi meccanici, arresti, ed altri dispositivi).

In alternativa, qualora non fosse possibile mantenere il carico in posizione, devono essere previsti dei mezzi per impedire che il carrello si muova quando il carico non si trova nella posizione designata (determinata dal costruttore). L'impedimento del moto del veicolo può essere ottenuto integrando fotocamere, dispositivi di rilevamento, interruttori ed altri dispositivi.

#### Stabilità:

L'AGV deve rimanere stabile in tutte le condizioni operative e durante tutte le fasi di movimentazione e di movimentazione del carico, compreso un arresto di emergenza.

La stabilità dei veicoli con altezza di sollevamento superiore ad un determinato valore deve essere verificata in base ad una delle norme ISO 22915:2016, dalla parte 1 alla parte 22. Nei veicoli con altezza di sollevamento inferiore ad una certa soglia, la stabilità dev'essere verificata mediante l'ausilio di una norma inerente al modello di veicolo in oggetto, secondo i requisiti di prova definiti in essa.

#### Dispositivi di protezione e misure complementari:

Per quanto concerne l'arresto di emergenza, gli AGV devono essere dotati di una funzione di arresto di emergenza conforme alla norma ISO 13850:2015. Quando viene azionato il dispositivo di arresto di emergenza, tutti i movimenti del veicolo in atto in quel momento devono necessariamente fermarsi.

I dispositivi di arresto di emergenza devono essere inoltre chiaramente visibili, identificabili e accessibili da entrambe le estremità e da entrambi i lati del carrello. Se il carrello ha una posizione dell'operatore definita e con i vari comandi, un dispositivo di arresto di emergenza deve essere

necessariamente installato anche in prossimità dei comandi. A seconda delle dimensioni e del design del veicolo, può essere necessario più di un dispositivo su ciascun lato di esso.

Nel caso in cui l'AGV trasporti un carico che limita l'accesso al dispositivo o ai dispositivi di arresto di emergenza, il dispositivo o i dispositivi di arresto di emergenza devono essere montati sulla parte o sulle parti rigide accessibili del veicolo più vicine alla zona di pericolo, come rappresentato nella figura 4.3, dove col numero 1 è indicato il veicolo, con il numero 2 l'eventuale carico trasportato e con il numero 3 i due pulsanti di emergenza sui lati.

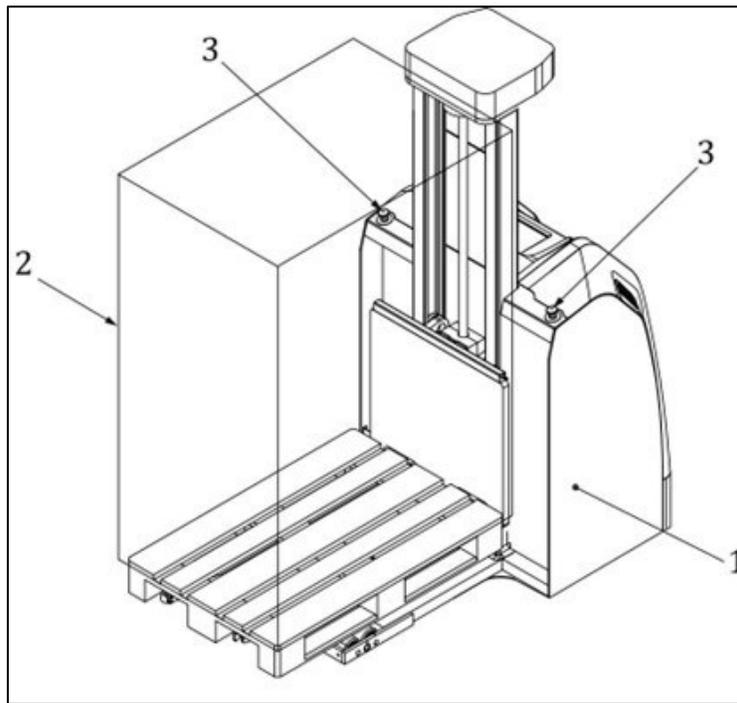


Figura 4.3 Esempio di posizionamento dei pulsanti di arresto di emergenza in caso di AGV con carico lato forche (Fonte: Certifico, 2022)

Per quanto riguarda il rilevamento di persone nel percorso nel veicolo, esso è previsto in modalità automatica. I veicoli a tal fine devono essere dotati dei seguenti requisiti:

- Dispositivo sensibile alla pressione secondo il punto 4.1.11 (es. paraurti) o ESPE (es. paraurti virtuali) secondo il punto 4.1.10 della norma EN ISO 3691-4:2020 per il rilevamento di persone, dispositivi qui sopra spiegati;
- I mezzi di rilevamento del personale devono operare almeno sulla larghezza massima del carrello e del suo carico nella direzione o nelle direzioni di marcia;
- I mezzi di rilevamento del personale devono essere progettati in modo tale che gli AGV siano in grado di fermarsi prima del contatto tra le parti rigide del veicolo o del carico e di

una persona ferma (non una persona che calpesti il percorso del camion o si muova verso di esso); essi, inoltre, devono essere conformi al punto 5.2 della EN ISO 3691-4:2020;

- Quando il carrello si è fermato a causa del rilevamento di una persona sul suo percorso, e solamente dopo che la persona si è spostata fuori dalla portata rilevata dei dispositivi di rilevamento montati sul carrello, il carrello può riavviarsi automaticamente a seguito di opportune segnalazioni (es. ottiche e/o acustiche). Se nel carrello è installato un dispositivo di protezione sensibile alla pressione (PSPE), è necessario un ritardo minimo di qualche secondo prima del riavvio;
- Nella direzione(i) di azionamento del dispositivo di protezione, quando non possono essere soddisfatti tutti i requisiti qui sopra elencati nell'elenco puntato (ad esempio quando la corsa del paraurti è troppo breve o quando il carico si estende sui lati quando il camion si trova sotto di esso durante il traino o il trasporto del carico), nella direzione marcia, la velocità del carrello non deve superare un determinato valore, e dev'essere presente una funzione di arresto aggiuntiva (può essere installata sul carrello o nell'ambiente) in conformità alla tabella A.1 o alla tabella A.2 della norma EN ISO 3691-4:2020 attivata da un dispositivo (ad es. scanner laser o interruttore di prossimità) che deve essere chiaramente identificabile e deve essere azionabile entro una certa distanza dal punto pericoloso. Anche il riavvio automatico dev'essere conforme alle tabelle A.1 e A.2 qui citate.

Tenendo conto delle misure elencate nell'elenco puntato qui sopra presentato, nei casi in cui i requisiti richiesti devono essere limitati o disattivati e i camion lavorano all'interno di una zona operativa a rischio (area della zona operativa in cui una persona può essere esposta a un pericolo di schiacciamento/ cesoimento), ad es. nelle aree di trasferimento del carico, devono essere soddisfatti i seguenti requisiti:

- Se è presente una via di fuga (con una determinata dimensione minima), è necessario fare riferimento alle Tabelle A.1 e A.2 della norma ISO 3691-4:2020 per il limite di velocità massima, gli avvisi (acustici e/o ottici), la funzione di riavvio automatico e la classificazione della zona;
- Se non esiste una via di fuga per un utente come definito nel punto soprastante, è necessario fare riferimento alle Tabelle A.1 e A.2 sopra citate per il limite di velocità massima, gli avvisi (es. acustici e/o ottici), la funzione di riavvio automatico e la classificazione della zona; deve inoltre essere implementata una funzione di arresto aggiuntiva, ovvero deve essere implementata e attivata una funzione di rilevamento del personale al fine di verificare che la zona di pericolo sia libera dagli utenti (se viene rilevata una persona e il carrello si è fermato, il riavvio automatico non è consentito nella stessa direzione). se la funzione di

rilevamento del personale non può essere implementata, un dispositivo di arresto di emergenza deve essere installato entro una certa distanza dal punto pericoloso sul carrello o sul posto di lavoro.

Per quanto concerne il muting dei mezzi di rilevamento del personale, in determinate condizioni di trasferimento del carico può essere necessario disattivare i mezzi di rilevamento del personale.

I mezzi di rilevamento del personale devono essere però silenziati il più tardi possibile, al fine di garantire l'assenza di persone nella zona.

L'esclusione del sistema di rilevamento del personale è invece consentita solamente in modalità manuale o di manutenzione, non in modalità automatica.

Per quanto riguarda la disattivazione dei mezzi di rilevamento del personale, essa può avvenire automaticamente quando un AGV sta lavorando in una zona confinata. I mezzi di rilevamento del personale possono invece essere disattivati in modalità di funzionamento manuale su un veicolo con una posizione dell'operatore definita.

### *4.1.3 Modalità di funzionamento*

I veicoli AGV possono avere diverse modalità operative. Le seguenti modalità, se previste, devono essere selezionate con un selettore di modalità:

- Modalità automatica;
- Modalità manuale;
- Modalità di manutenzione.

Il selettore della modalità deve impedire l'eventuale selezione involontaria o non autorizzata della modalità (ad esempio con un interruttore a chiave, un codice o una tessera magnetica). L'azionamento del selettore di modalità abilita solo la modalità selezionata (che deve essere chiaramente indicata) e non avvia il funzionamento del carrello in automatico; è infatti necessaria un'attivazione successiva ed ulteriore per avviare il funzionamento del veicolo.

#### 4.1.3.1 Modalità di funzionamento automatica

La modalità di funzionamento automatica può avere tre differenti configurazioni:

- Modalità automatica (nessun operatore ne pilota);
- Modalità automatica con input da parte dell'operatore;
- Modalità automatica con un pilota.

Quando i carrelli non sono progettati per avere la modalità automatica con un input dell'operatore, ed è previsto un posto per l'operatore, la presenza dell'operatore deve disattivare tutte le funzioni automatizzate e deve avviare un arresto di protezione.

Quando gli AGV non sono progettati per avere la modalità automatica con un conducente ed è prevista una postazione per il conducente, la presenza del guidatore deve disattivare tutte le funzioni automatizzate e deve avviare un arresto di protezione.

#### Modalità automatica con input dell'operatore:

Durante la modalità automatica, le operazioni manuali possono essere consentite tra due sequenze completamente automatiche. In quel caso, il carrello deve fermarsi nelle posizioni designate e il funzionamento manuale deve avvenire con il rispetto delle seguenti condizioni:

- Il camion deve rimanere fermo e attendere l'input di un operatore, il quale trasmette il segnale al veicolo mediante un comando di tipo "hold to run";
- I comandi manuali devono essere in grado di fermare il mezzo in ogni momento. Quando i comandi manuali sono attivati, non deve essere possibile avviare la sequenza successiva in modalità automatica. A tal proposito, il riavvio della sequenza successiva in modalità automatica è possibile solo dopo un'azione volontaria dell'operatore;
- Qualora la posizione dell'operatore non sia determinata dalla progettazione del carrello, qualsiasi movimento delle parti mobili (es. forche, accessori) deve essere protetto da ripari, secondo quanto indicato per i ripari in un paragrafo soprastante. In caso contrario, il carrello deve essere conforme alla norma ISO 3691-1:2011, 4.4.2.6;

#### Modalità automatica con un pilota:

Durante la modalità automatica, le persone possono stare sopra ai veicoli, ad esempio durante le operazioni di impostazione e installazione del veicolo o per percorrere lunghe distanze. La modalità automatica con pilota deve però rispettare le seguenti condizioni:

- Il camion deve fermarsi automaticamente nei luoghi prefissati;
- La persona/pilota deve attivare la modalità automatica con pilota mediante un'azione volontaria (tramite pulsanti ad esempio);
- Devono essere forniti mezzi per rilevare l'utente nella posizione stabilita;
- Quando l'utente si trova nella posizione designata, la selezione della modalità automatica attiverà la modalità automatica con un pilota. Quando il pilota non è più nella posizione designata, il carrello deve fermarsi in sicurezza;
- Devono essere previsti mezzi di arresto alla portata dell'utente sopra al veicolo;
- La posizione designata del conducente deve essere progettata in modo da prevenire situazioni pericolose, tenendo conto delle forze di accelerazione e decelerazione del carrello;
- Devono essere forniti mezzi per mantenere il conducente nella posizione designata durante la guida sul veicolo (ad esempio dispositivo di comando a due mani (secondo ISO 13851:2019, 3.1, rilevamento della posizione dei piedi, cabina completamente chiusa o altri sistemi).

#### 4.1.3.2 Modalità di funzionamento manuale

Durante la modalità manuale, gli utenti adeguatamente formati possono azionare i carrelli (ad es. durante le operazioni di impostazione del veicolo).

Se il carrello è progettato per essere azionato manualmente (non per la modalità di manutenzione definita nel paragrafo successivo), deve essere prevista una modalità manuale conforme alla ISO 3691-1:2011, 4.4; ISO 3691-2:2016, 4.4; ISO 3691-6:2013, 4.4.

In alternativa, la modalità manuale deve avere comandi manuali del tipo “hold to run”, progettati per consentire solo operazioni manuali intenzionali ed ubicati nel posto previsto dell'operatore. È necessario, inoltre, che il rilascio di un comando manuale non comporti la selezione della modalità automatica e che anche l'uscita dell'operatore dalla propria posizione non comporti la selezione della modalità automatica. In aggiunta, i comandi manuali devono fornire mezzi per fermare ogni movimento ed i mezzi di rilevamento del personale possono prevedere la loro disattivazione manuale da parte dell'operatore.

Gli AGV in modalità manuale possono prevedere talvolta il controllo da parte di un operatore a piedi con un joystick (detto anche “timone”). Tale joystick per i comandi di marcia e di frenatura deve rispettare la norma ISO 3691-1:2011, punto 4.4.2. Oltre a ciò, il funzionamento automatico

deve essere possibile solo quando il joystick si trova nella posizione definita dal fabbricante del veicolo (è doveroso precisare che il ritorno del joystick nella posizione definita dal costruttore non deve attivare in automatico la modalità automatica, e che lo spostamento del joystick in modalità di lavoro manuale interrompe tutte le funzioni automatizzate).

#### 4.1.3.3 Modalità di manutenzione

Se il veicolo è progettato per funzionare anche in modalità di manutenzione, quando è in modalità di manutenzione è necessario rispettare alcuni requisiti.

Per quanto riguarda i comandi manuali, essi devono essere del tipo “hold to run” (come per la modalità manuale), devono essere progettati per consentire solo operazioni manuali intenzionali e devono essere ubicati nel posto previsto dell'operatore.

Per quanto concerne i mezzi di rilevamento del personale, essi devono rimanere attivi, a meno che non vi sia un'azione intenzionale intrapresa da una persona autorizzata. La limitazione o il superamento dei mezzi di rilevamento del personale sono inoltre possibili solamente se tutte le seguenti condizioni sono verificate:

- Deve essere previsto un ulteriore selettore di modalità per escludere i sistemi di rilevamento del personale (es. tramite chiave, codice, tessera magnetica);
- Restrizioni alle operazioni pericolose (es. riduzione della velocità di traslazione o velocità di movimentazione del carico) o loro combinazioni;
- La modalità di manutenzione del carrello deve essere progettata in modo tale impostare la velocità del veicolo in manutenzione (in riferimento alle istruzioni per l'uso).

La modalità di manutenzione del carrello deve essere progettata in modo tale che la velocità di altre parti del carrello (es. forche, nastri trasportatori, bracci meccanici) può essere impostata (è necessario fare riferimento alle istruzioni per l'uso). A tal proposito è possibile che il fabbricante applichi delle restrizioni ad alcune operazioni pericolose o a loro combinazioni (es. limite di velocità per altezza di sollevamento, limite dell'altezza di sollevamento, limite della velocità utensile, controllo dei movimenti ed altre cose).

Infine, la disattivazione della modalità di manutenzione non deve in alcun modo comportare l'attivazione della modalità automatica (stesso requisito richiesto per la modalità manuale).

#### 4.1.3.4 Ulteriori requisiti di sicurezza

Per quanto riguarda gli AGV destinati al traino di rimorchi, prima dell'avvio del veicolo deve essere emesso automaticamente un segnale acustico e/o ottico per qualche secondo.

Gli AGV destinati al traino di rimorchi devono inoltre essere muniti di dispositivi di traino o di aggancio progettati, costruiti e predisposti in modo da ridurre le connessioni e disconnessioni pericolose e impedire lo scollegamento accidentale durante il transito del veicolo. A tal proposito, i dispositivi di traino e di aggancio devono essere progettati per: sopportare la forza di trazione e lo sforzo di compressione (es. quando il carrello sta frenando) e per sopportare per il carico massimo trasportabile.

Per quanto riguarda la compatibilità elettromagnetica, essa è soggetta alle sezioni applicabili della EN 12895.

#### Ulteriori requisiti per AGV dotati di nastri trasportatori:

Se gli AGV sono dotati di nastri trasportatori, è necessario che i nastri trasportatori vengano fermati prima di ogni genere di movimento del veicolo. Il dispositivo di arresto di emergenza previsto per l'arresto del carrello deve inoltre arrestare contemporaneamente anche i nastri trasportatori.

#### Il veicolo dotato di nastro dev'essere progettato:

- In modo che il carico non possa spostarsi dalle posizioni determinate dal costruttore in nessuna modalità operativa, compreso un arresto di emergenza o durante il trasferimento del carico;
- In modo da prevedere mezzi per impedire che il veicolo si muova quando il carico non è posizionato nella posizione designata sul dispositivo di trasporto del carico determinata dal fabbricante (ad es. mediante telecamera, dispositivo di rilevamento, interruttore).

Al fine di evitare ulteriori rischi per gli utenti, i punti pericolosi su un nastro trasportatore a rulli o a catena devono essere protetti da protezioni laterali (involucri). I punti pericolosi su un nastro trasportatore devono inoltre essere protetti da protezioni fisse, progettati per fornire uno spazio continuo massimo di qualche millimetro tra componenti rotanti e fissi.

#### Sistemi di allerta:

I sistemi di allarme devono essere conformi alla norma ISO 12100:2010, punto 6.4.3.

Quando il carrello inizia un movimento, dopo una condizione di arresto superiore a qualche secondo, deve essere attivato un segnale di avvertimento visivo e/o acustico, prima dell'inizio di un qualsiasi movimento, compresa qualsiasi parte mobile del carrello (ad es. forche, trasportatori, parti sporgenti dal carico).

Un segnale di avvertimento visivo e/o acustico deve essere attivo durante qualsiasi movimento, inclusa qualsiasi parte mobile del camion (es. forche, nastri trasportatori). Questo segnale può essere lo stesso del segnale di avvertimento di avvio.

Se i mezzi di rilevamento del personale non sono attivi, il segnale di avvertimento visivo e/o acustico dev'essere diverso da quello relativo ai segnali di partenza e spostamento. Il segnale visivo ed acustico dev'essere progettato tenendo conto delle condizioni ambientali (es. rumore, luce, luminosità).

Quando il veicolo cambia direzione di marcia, da un percorso rettilineo, prima del cambio di direzione dev'essere fornita una indicazione visibile della direzione da intraprendere.

#### *4.1.4 Pericoli significativi*

Per quanto riguarda i pericoli significativi legati ai veicoli AGV, la norma EN ISO 3691-4:2020 nell'allegato B stila un elenco di quelli significativi.

L'elenco riportato nelle tabelle qui a seguito, contiene tutti i pericoli, le situazioni pericolose e gli eventi significativi trattati nella norma in oggetto del presente capitolo. I pericoli sono stati identificati dalla valutazione del rischio degli AGV (in base alla normativa in vigore nel 2020) e che richiedono azioni per eliminare o al limite ridurre il rischio.

##### Pericoli di natura meccanica:

I pericoli di natura meccanica, in un veicolo AGV, sono i più numerosi. Ad originare il rischio solitamente sono le parti mobili del veicolo, o la mobilità stessa dell'AGV. Altri elementi causa di pericoli di natura meccanica sono derivanti da bordi taglienti, spigoli vivi, elevata pressione, energia elastica ed in generale energia immagazzinata, caduta di oggetti ed instabilità del veicolo.

Per quanto riguarda le potenziali conseguenze dei pericoli di natura meccanica, esse vanno dallo schiacciamento, all'essere travolti dal veicolo, all'impatto, cesoiamento, taglio, all'essere punti o sbalzati dall'energia del veicolo.

### Pericoli di natura elettrica e termica:

I pericoli di natura elettrica, in un veicolo AGV, possono dare origine a conseguenze letali, nonostante spesso siano tra i pericoli più trascurati dagli utenti.

Ad originare il rischio, solitamente sono fenomeni elettrostatici ed elettromagnetici, l'arco elettrico, parti in tensione, distanze insufficienti tra parti in tensione, sovraccarico della corrente, contatto indiretto, corto circuito e radiazioni termiche.

Per quanto riguarda le potenziali conseguenze dei pericoli di natura elettrica, esse vanno dalle ustioni, alla folgorazione, all'incendio, proiezione di particelle fuse, shock, caduta dell'operatore o effetti chimici.

I pericoli di natura termica invece, in un veicolo AGV, possono essere originate da esplosioni, fiamme libere e incendi, oggetti o materiali ad alta o bassa temperatura e radiazioni da fonti di calore.

Per quanto riguarda le potenziali conseguenze dei pericoli di natura termica, è doveroso citare le ustioni, la disidratazione, il disagio, il congelamento, le lesioni da irraggiamento da fonti di calore e le scottature.

I requisiti relativi ed inerenti ai pericoli di origine elettrica e termica sono elencati nella tabella 4.2.

### Pericoli dovuti a sostanze pericolose:

Per quanto riguarda le sostanze pericolose, i pericoli possono derivare da materiali o sostanze combustibili, da materiali o sostanze esplosive o infiammabili, da fluidi in generale, da fumi o da gas.

Per quanto riguarda le potenziali conseguenze dei pericoli dovuti a sostanze pericolose, essi possono riguardare le difficoltà respiratorie a seguito dell'inalazione di sostanze pericolose, il soffocamento, il cancro, la corrosione della pelle (a seguito ad esempio di acidi, come quelli che possono fuoriuscire dalle batterie dei veicoli).

Ulteriori conseguenze possono essere legate alla fertilità degli operatori, vi può essere un incendio, un'esplosione, un'infezione o malattia, una mutazione, avvelenamento o sensibilizzazione, dovuti a contatto o inalazione di sostanze pericolose tossiche o nocive.

### Pericoli legati all'ergonomia:

Per quanto riguarda l'ergonomia, i pericoli possono derivare dallo sforzo degli operatori, dall'illuminazione del locale (che potrebbe essere inadeguata), dal sovraccarico mentale, dalla postura, dall'attività ripetitiva, dalla visibilità e dalla progettazione, ubicazione e identificazione degli indicatori, display ottici e dispositivi di controllo.

Per quanto riguarda le potenziali conseguenze dei pericoli dovuti a pericoli legati all'ergonomia è doveroso citare il disagio, la fatica, il disturbo muscoloscheletrico ed altri a conseguenza di errori umani, come rischi meccanici o elettrici.

### Pericoli legati all'ambiente in cui viene utilizzata la macchina e combinazione di pericoli:

Per quanto riguarda i pericoli inerenti all'ambiente in cui viene usata la macchina, essi possono derivare dalla presenza di polvere o nebbia, da disturbo elettromagnetico, dai fulmini, dall'umidità, dalla temperatura, dall'acqua e dalla mancanza di ossigeno. Per quanto riguarda i pericoli invece inerenti alla combinazione di altri pericoli essi possono ad esempio essere dovuti a attività ripetitiva + sforzo + temperatura ambientale elevata.

Per quanto riguarda le potenziali conseguenze dei pericoli dovuti a pericoli legati all'ambiente di utilizzo della macchina, essi vanno dalle bruciature, alla malattia, al soffocamento o altre conseguenze come lo scivolamento e la caduta. I requisiti relativi ed inerenti ai pericoli legati all'ambiente di utilizzo della macchina e alla combinazione di pericoli sono elencati nella norma.

## **4.2 EN 1175:2020**

La EN 1175:2020, dal titolo "Sicurezza dei carrelli industriali – Requisiti elettrici/elettronici", è una norma europea approvata dal CEN il 1° giugno 2020 e redatta dal Comitato Tecnico CEN/TC 150 "Carrelli industriali - Sicurezza".

Questa norma specifica i requisiti aggiornati per quanto riguarda le installazioni elettriche ed elettroniche dei carrelli industriali. I requisiti richiesti sono basati principalmente sulle funzioni di sicurezza, e non solamente sulle parti relative alla sicurezza; essi tengono conto esclusivamente di elementi elettrici ed elettronici.

### *4.2.1 Ambito*

La presente norma tecnica specifica i requisiti elettrici ed elettronici per la progettazione e la realizzazione dell'impianto elettrico nei carrelli industriali semoventi, tra i quali rientrano anche i veicoli AGV normati dalla norma EN ISO 3691-4.

Durante la fase di progettazione di un veicolo AGV è necessario tener conto di questa norma, in quanto tratta i requisiti elettrici ed elettronici dei carrelli industriali, compresi quelli per le valvole idrauliche e pneumatiche ad azionamento richiesto. Va inoltre tenuto conto della presente norma, in quanto specifica i livelli di prestazione minimi richiesti per le funzioni di sicurezza delle parti dei sistemi di controllo.

Questa norma è fondamentale per evitare o ridurre al minimo i pericoli o le situazioni pericolose elencate nell'allegato I della stessa. Le situazioni pericolose possono verificarsi durante le operazioni quotidiane nell'area di utilizzo per cui è stato progettato il veicolo e durante la manutenzione dello stesso, secondo le specifiche e le istruzioni fornite dal fabbricante.

### *4.2.2 Rischi significativi di natura meccanica*

I Rischi significativi di natura meccanica possono derivare da molteplici cause, una fra esse a causa della movimentazione dell'AGV o di parti di esso. A causa della movimentazione posso avere energia potenziale (può ad esempio provocare la caduta di oggetti) o energia cinetica (dovuta all'accelerazione e decelerazione del veicolo e ad elementi mobili o rotanti).

Secondo l'allegato I della attuale Direttiva Macchine, la movimentazione mi determina rischi legati alle parti in movimento e rischi legati alla caduta od espulsione di oggetti.

Per far fronte a questi rischi, vengono posti determinati requisiti nella norma EN 1175:2020, quali requisiti contro il guasto al sistema di controllo (punto 4.5.2), requisiti inerenti al monitoraggio della posizione operativa (punto 4.5.3) e requisiti inerenti al joystick per comandare da terra i veicoli (punto 4.5.4), oltre a requisiti per il telaio dell'AGV (punto 4.3.2).

Una fonte di pericolo può essere dovuta alla rottura di qualche componente (punto 1.1.3 e 1.3.2 dell'allegato I della Direttiva Macchine, relativi ai materiali e prodotti e alla rottura durante il funzionamento). In ambito elettrico/elettronico, per far fronte a questi rischi, la norma in oggetto pone svariati requisiti inerenti ai comandi elettrici ed elettronici, alla limitazione della velocità, al

freno di stazionamento, al monitoraggio della posizione di lavoro, allo sterzo e ai dispositivi di bloccaggio del carico.

Sempre per quanto riguarda i rischi e pericoli di natura meccanica, posso, in svariate situazioni, provocare uno schiacciamento di un operatore (a seguito, ad esempio, di un guasto al telaio, all'errato monitoraggio della posizione di lavoro, alla mancata attivazione del freno di servizio a comando elettrico/elettronico, alla deviazione della direzione del veicolo e per altre cause).

Il RESS da rispettare è quello 1.3 inerente alla protezione contro i rischi meccanici, e i requisiti al fine di eliminare o ridurre i rischi, nella norma EN 1175:2020, sono elencati dal punto 4.3.2 fino al punto 4.9.2.5, con i quali si normano gli aspetti relativi ai sistemi di controllo e monitoraggio della posizione e della traslazione, eventuali deviazioni della direzione, la limitazione della velocità, i freni, lo sterzo e l'interblocco delle protezioni.

Un altro rischio (individuato anche nella EN ISO 12100) è quello di impatto con l'AGV, coperto sempre dal RESS 1.3 della Direttiva Macchine inerente alla protezione contro i rischi di natura meccanica. Al fine di proteggere l'operatore da un possibile impatto, la norma 1175:2020 esplicita una serie di requisiti di natura elettrica, elencati negli stessi punti (dal 4.3.2 al 4.9.2.5) del rischio di schiacciamento dell'operatore.

Un ulteriore rischio per l'operatore è quello dovuto allo scivolamento, alla caduta e all'inciampo, trattato nel RESS 1.5 della Direttiva macchine. A tal proposito, la norma EN 1175:2020 pone requisiti per quanto concerne gli AGV comandati a terra da un operatore con un joystick (punto 4.5.4 della norma EN 1175:202 e requisiti inerenti all'interblocco delle protezioni (punto 4.9.2.5, sempre della medesima norma tecnica). L'ultimo rischio di natura meccanica trattato dalla norma EN 1175:2020 è quello dovuto all'instabilità del veicolo, trattato nella Direttiva Macchine nei RESS 1.1.5 e 1.3.1. la norma tecnica, a tal propositivo, pone numerosi requisiti, in particolare per quanto riguarda il freno di servizio a comando elettrico ed elettronico, riguardo il ripristino del sistema di azionamento, riguardo ai limiti di velocità, allo sterzo e ad altre funzioni di sicurezza (punti dal 4.5.5 al 4.9.3 della norma EN 1175:2020).

Un esempio di evento pericoloso può essere il funzionamento del carrello quando il joystick non è nella posizione di funzionamento prevista (garantendo un funzionamento sicuro) o il freno non è azionato quando nessun operatore è alla guida. La causa più comune potrebbe essere dovuta al rilascio del volante da parte dell'operatore durante la movimentazione del veicolo.

Un altro esempio di evento pericoloso, il quale provoca un movimento inaspettato del carrello quando l'operatore non è nella normale posizione designata all'operatore, si ha quando l'operatore

dimentica di azionare manualmente il freno di stazionamento, prima di lasciare il carrello, perché l'AGV è tenuto in posizione dalla funzione di controllo della posizione. Un movimento pericoloso del carrello può verificarsi se la frenatura del sistema di azionamento viene disabilitata a causa di un arresto interno causato ad esempio da un surriscaldamento o da una fonte di energia insufficiente o disinserita.

Un esempio di evento pericoloso può essere l'accelerazione involontaria del veicolo da fermo. Questo evento può avvenire durante l'accensione e l'avvio dell'AGV, in quanto l'avviamento del motore o l'accensione del sistema di controllo di un autocarro può avvenire in combinazione con i controlli di velocità e direzione attivati, ad esempio a causa di una attivazione involontaria dei comandi da parte dell'operatore, a causa di comandi bloccati da oggetti, a causa di malfunzionamenti meccanici dei comandi. Quando il processo di avviamento del motore è terminato, o si attiva il sistema di controllo, può verificarsi un movimento improvviso dell'AGV dovuto ai controlli attivi di velocità e direzione, che non può essere fermato immediatamente dall'operatore a causa del loro tempo di reazione.

Per quanto riguarda la limitazione della velocità, un evento pericoloso potrebbe essere il ribaltamento del veicolo o la distanza di frenata insufficiente. La causa più comune di ciò è dovuto all'errore dell'operatore che non percepisce il rischio dell'eccessiva velocità. Un ulteriore esempio di evento pericoloso potrebbe essere una accelerazione improvvisa e pericolosa, causata ad esempio dallo stop, ad esempio, del limite di velocità in maniera improvvisa e inaspettata per l'autista, o al contrario l'attivazione di una modalità limitante, come l'arresto del carrello o la limitazione della velocità a seguito di una sovratemperatura o da sistemi esterni di monitoraggio (sensori di posizione).

### *4.2.3 Rischi significativi di natura elettrica*

I Rischi significativi di natura elettrica, per un veicolo AGV, possono essere di svariate cause. Può esservi il contatto di un operatore con una parte in tensione (sia contatto diretto che indiretto), può esservi una insufficiente distanza di sicurezza tra le parti in tensione, possono esservi fenomeni elettrostatici, proiezione di particelle fuse, sovraccarico, radiazione termica e cortocircuito.

Ogni rischio, ha un suo RESS della Direttiva Macchine da rispettare. Per far fronte ad essi, la norma EN 1175:2020 pone requisiti inerenti ai collegamenti elettrici e il telaio del veicolo, requisiti inerenti alle protezioni da sovracorrenti, relativi alle radiazioni elettromagnetiche, al rischio incendio e calore, ed ulteriori requisiti generali e specifici, individuati dal punto 4.3.2 al punto 6 della medesima norma tecnica.

Gli eventi pericolosi più comuni di natura elettrica sono l'accelerazione o movimentazione pericolosa (a seguito del malfunzionamento del sistema elettrico), il ribaltamento del veicolo (dovuto ad una decelerazione involontaria dell'AGV causata da un malfunzionamento del sistema elettrico o all'attivazione involontaria e incontrollabile del freno di stazionamento a causa sempre di un malfunzionamento del sistema elettrico).

Un esempio di evento pericoloso inerente all'ambito elettrico riguarda il disinserimento automatico del freno di stazionamento causato da un malfunzionamento dell'impianto elettrico/elettronico, oppure un altro evento potrebbe essere il nessun azionamento automatico del freno di stazionamento a causa di un malfunzionamento elettrico/elettronico.

Un ulteriore esempio di evento pericoloso inerente all'ambito elettrico può essere dovuto al malfunzionamento elettrico del sistema di sterzo, il quale può provocare un cambio involontario ed istantaneo della direzione di sterzata, con conseguente notevole pericolo per gli utenti.

Anche a causa di un eventuale guasto elettrico sul convertitore di potenza del motorino di guida elettrico potrebbe esserci un evento pericoloso, quale ad esempio la perdita della funzione di guida.

Infine, anche un guasto al sistema elettrico del servosterzo può causare una situazione di pericolo, in quanto porta come principale conseguenza ad una riduzione delle prestazioni di guida.

#### *4.2.4 Rischi significativi di natura termica ed elettromagnetica*

I Rischi significativi di natura termica sono legati a scottature, ustioni, congelamento, irraggiamento da fonti di calore e disidratazione. Questi aspetti, sono trattati nella Direttiva Macchine nei RESS 1.5.5 (temperature estreme), RESS 1.5.6 (fuoco) e RESS 1.5.7 (esplosione).

La norma tecnica EN 1175:2020 pone requisiti inerenti al rischio incendio, alla protezione da sovracorrenti, ai componenti elettrici in generale, ai connettori, ai contattori e alle fonti energetiche. Molti dei requisiti contro i rischi di natura termica sono elencati negli allegati A, B, C, D e G.

Per quanto riguarda le radiazioni elettromagnetiche, possono esservi rischi sia per quelle a bassa frequenza che per quelle ad alta frequenza. Le radiazioni devono rispettare i RESS 1.5.10 ed 1.5.11 della Direttiva Macchine, e vengono trattate nella norma tecnica al punto 4.3.10.

#### *4.2.5 Rischi dovuti a materiali/sostanze, ergonomia ed ambiente*

I Rischi significativi legati a materiali e sostanze sono dovuti all'inalazione e al contatto di fluidi, gas, nebbie, fumi e polveri nocivi. Queste sostanze, inoltre, se nella giusta quantità (rientrante nel

range di infiammabilità ed esplosività) possono generare un incendio o una esplosione. A tal proposito, la norma EN 1175:2020 mette in risalto requisiti inerenti a:

- Protezione contro la sovracorrente (punto 4.3.7);
- Protezione contro rischio incendio e calore (punto 4.3.8);
- Requisiti generali e per connettori e contatori, oltre a requisiti per i sistemi di azionamento e spegnimenti elettrici e requisiti per la disconnessione di emergenza.

Per quanto riguarda l'ergonomia, la norma pone requisiti inerenti alle informazioni ed avvertenze sulla macchina, in quanto il mancato funzionamento, la mancata presenza o la presenza errata di queste avvertenze potrebbero generare un rischio per gli operatori. Oltre a ciò, un ulteriore rischio inerente all'ergonomia è dovuto all'errore umano durante il funzionamento, tant'è che la norma tecnica al punto 8.9 della tabella presente nell'allegato I individua numerosi requisiti da rispettare.

Un esempio di evento pericoloso è un AGV non saldamente assicurato contro lo spostamento nel momento in cui l'operatore lascia il carrello. Questo evento può avvenire per due cause principali:

- Mancata segnalazione all'operatore del fatto che il freno di stazionamento è difettoso. L'operatore ritiene quindi che il freno di stazionamento sia già inserito nonostante il freno non sia inserito, a causa del difetto;
- Danneggiamento del freno di stazionamento a seguito del transito dell'AGV con il freno inserito.

Un esempio di evento pericoloso inerente alla documentazione è l'errata limitazione della velocità del veicolo, dovuta alla non disponibilità o all'errata documentazione inerente al manuale d'uso del veicolo.

Analizzando i rischi dovuti all'ambiente (dovuti a neve, vento, acqua e bassa/alta temperatura), la norma pone numerosi requisiti, fra i quali un'idonea protezione dell'AGV contro l'ingresso di acqua e polvere, la protezione contro le scosse elettriche, requisiti per le fonti di energia e i componenti elettrici in generale.

Un esempio di evento pericoloso dovuto al monitoraggio della posizione operativa può essere il movimento del carrello mentre l'operatore non si trova nella posizione prevista per un funzionamento sicuro. Questo evento può avvenire per due cause comuni:

- L'operatore lascia la posizione operativa richiesta sul carrello, che inibisce il libero e rapido accesso agli elementi di controllo come il pedale del freno o il volante. Pertanto, l'operatore non può reagire immediatamente ad una situazione di pericolo imminente;
- Azionamento dei comandi dall'esterno del carrello provocando movimenti pericolosi per gli operatori;

A tal proposito, la riduzione del tempo di ritardo tiene conto del rischio di un'attivazione involontaria di comandi già sbloccati da parte dell'operatore, mentre scende o sale sul carrello. Senza la riduzione del ritardo, il carrello potrebbe accelerare per un tempo di ritardo al massimo pari a qualche secondo, senza operatore sul carrello.

Un altro esempio di evento pericoloso può essere il riavvio imprevisto della funzione di trazione, che porta ad una accelerazione involontaria a carrello fermo o a bassa velocità. La causa più comune di evento pericoloso si ha quando l'operatore torna alla posizione operativa prevista dopo che la velocità del carrello è stata notevolmente ridotta o il carrello si è fermato. Il carrello potrebbe accelerare in modo imprevisto, nel caso in cui l'operatore attivi i comandi per la regolazione della velocità e della direzione. A velocità più elevate il rischio è considerato basso, per cui questa funzione di sicurezza si applica solo alla bassa velocità o all'arresto dell'AGV.

#### *4.2.6 Rischi dovuti al sistema di controllo*

I Rischi significativi legati al sistema di controllo sono dovuti a errori e guasti nel sistema di controllo, nel software e nell'alimentazione. Per fronteggiare questi errori e guasti la norma EN 1175:2020 pone una serie di requisiti, molti già presentati negli altri rischi, dal punto 4.3.1 al punto 4.9 della norma stessa.

Un evento pericoloso legato al sistema di controllo potrebbe essere l'attivazione involontaria o incurante del sistema di controllo, con la quale potrebbe esserci la movimentazione del veicolo con l'operatore in una posizione non idonea. Altre cause di evento pericoloso potrebbero essere l'eventuale attivazione non prevista dei comandi atti al posizionamento del veicolo, oppure l'eventuale attivazione dei controlli da parte di terzi.

### 4.2.7 *Rischi supplementari*

I Rischi significativi legati alla mobilità del veicolo sono:

- Movimento dell'AGV all'avviamento del motore;
- Movimento senza conducente al posto di guida;
- Movimento senza tutte le parti in posizione di sicurezza;
- Velocità eccessiva e insufficiente capacità di rallentamento e arresto dell'AGV.

A tal proposito, la norma dai punti 4.5 a 5.2.4 presenta requisiti atti ad eliminare i pericoli sopra elencati, o ove non possibile ridurli.

Ulteriori rischi sono dovuti alla posizione di lavoro (compresa quella di guida) sul veicolo. L'errata posizione, infatti, può determinare la caduta del lavoratore. Per ovviare a ciò la norma pone requisiti inerenti al monitoraggio della posizione operativa e requisiti inerenti agli AGV con controllo via joystick.

Altri rischi possono essere il contatto con le ruote del veicolo in movimento, il ribaltamento, lo scivolamento, la caduta di oggetti o la penetrazione di oggetti, il contatto di persone con parti di macchine o strumenti. Oltre a pericoli legati alla progettazione inadeguata dei comandi manuali e delle loro modalità di funzionamento. Tutti questi aspetti vengono trattati nei punti relativi nella norma EN 1175:2020.

Anche le batterie degli AGV e il sistema di trasmissione dell'energia possono generare dei pericoli se non sono realizzati a regola d'arte, come anche le scarse istruzioni fornite al conducente del veicolo. Oltre a ciò, trattato nei rispettivi punti della norma EN 1175:2020, è infine doveroso menzionare i rischi meccanici dovuti alla caduta del carico, alle collisioni e al ribaltamento della macchina, nel caso di operazioni di sollevamento. Ci può infatti essere mancanza di stabilità del veicolo, ampiezza incontrollata dei movimenti, movimenti improvvisi, dispositivi di sostegno inadeguati e l'inadeguatezza della scelta e installazione di catene, funi e accessori di sollevamento.

I punti sopra riportati sono rappresentati nella tabella I.1 dell'allegato I della norma EN 1175:2020, dal punto 11 al 27.3.

### 4.3 Norme tecniche e nuovo regolamento

Attualmente, è possibile immettere sul mercato europeo solamente macchine che rispettano i requisiti di sicurezza previsti nella Direttiva Macchine 2006/42/CE. Le macchine, come gli AGV, realizzate e costruite in conformità alle specifiche norme armonizzate si presuppongono rispondenti ai RESS indicati nella Direttiva Macchine.

Per quanto riguarda i veicoli a guida automatica, la norma tecnica di tipo C di attuale riferimento è la EN ISO 3691-4:2020, trattata nei paragrafi precedenti.

Il vantaggio delle norme di tipo C, quando sono disponibili, come nel caso degli AGV, è che se esse vengono applicate al fine della valutazione dei rischi si può presupporre che la macchina sia conforme ai requisiti essenziali di sicurezza della Direttiva Macchine indicati nella specifica norma tecnica di tipo C.

Il nuovo Regolamento Macchine, che dalla fine del 2024 sostituirà completamente la Direttiva Macchine (scade la modalità duale, ovvero la scelta di Direttiva Macchine e nuovo regolamento), come visto nei capitoli precedenti comporta però requisiti in ambito di sicurezza maggiori rispetto all'attuale Direttiva 2006/42/CE. Esso va infatti spesso ad imporre RESS attualmente non normati dalle norme tecniche, come la EN ISO 3691-4:200, la quale è precedente al nuovo regolamento e si basa ancora sull'attuale direttiva.

Confrontando le norme tecniche precedentemente descritte ed il nuovo regolamento, al fine di comprendere il vuoto normativo nella attuale norma tecnica relativa agli AGV rispetto al nuovo regolamento macchine, è possibile notare, secondo anche quanto riportato nei paragrafi soprastanti inerenti alla norma stessa, che non vi è alcun riferimento alle nuove tecnologie digitali ed alla sicurezza informatica della macchina. Non vengono infatti coperti dalla norma tecnica alcuni punti dei seguenti aspetti, trattati però nel nuovo regolamento ed esplicitati in maniera approfondita nel capitolo precedente legato al nuovo regolamento macchine:

- Aspetti inerenti alla protezione dell'alterazione (RESS 1.1.9), per quanto riguarda hardware e software;
- Aspetti inerenti al software dell'AGV per quanto riguarda i sistemi di comando (RESS 1.2);
- Misure di sicurezza contro i rischi dovuti agli elementi mobili e alle tensioni psichiche (RESS 1.3);
- Aspetti legati alle "informazioni" dell'AGV, RESS 1.7;

- Requisiti supplementari contro i pericoli dovuti alla mobilità (RESS 3), in particolare per quanto riguarda la funzione di controllo di supervisione, le funzioni di spostamento dei sistemi di comando e le informazioni;

L'attuale norma tecnica sugli AGV non contempla ad esempio un attacco informatico nei requisiti di sicurezza, questo per motivi di "anzianità": essa considera la possibilità di un uso improprio di un AGV, ovvero un uso diverso da quello che era stato previsto in fase di realizzazione, ma non considera l'uso illecito e doloso, ovvero la possibilità di un attacco informatico atto a creare un danno.

L'attuale norma tecnica sugli AGV non contempla nemmeno la possibilità di interferenze o input esterni da persone terze malintenzionate, non normando di fatto i rischi legati alla corruzione dei veicoli intenzionale o accidentale. Diventa quindi a tal proposito necessaria e obbligatoria, con l'avvento del nuovo regolamento ed in più rispetto alla norma tecnica, l'adozione di una memoria che tiene conto di tutti gli interventi hardware e software avvenuti sull'AGV, identificando eventuali operazioni non concesse.

# Capitolo 5

## Valutazione dei rischi relativi agli AGV

La valutazione dei rischi è un processo iterativo che consiste nell'esame sistematico di tutti i pericoli associati ad una data macchina durante tutto il suo ciclo di vita, al fine di adottare le misure per eliminarli o ove non possibile ridurli.

Il rischio, a livello generale, può essere definito come il prodotto tra la probabilità che avvenga un determinato danno e la gravità del danno stesso (Figura 5.1).



Figura 5.1 Spiegazione della relazione tra gravità e probabilità, nella composizione del rischio (Fonte: Testunicosicurezza, 2019)

La metodologia di valutazione e riduzione dei rischi, proposta in questo capitolo, è tratta dalla norma armonizzata EN ISO 12100:2010 “Valutazione dei rischi” e dalla norma tecnica UNI ISO/TR 14121-2:2013 dal titolo “Metodi per la valutazione dei rischi.

## 5.1 Nuovo regolamento macchine e valutazione dei rischi

L'attuale Direttiva Macchine e il suo successore Nuovo Regolamento prevedono che il costruttore di una data macchina ne effettui la valutazione dei rischi, nel rispetto dei Requisiti Essenziali di Sicurezza e Salute, tenendo conto della conformità ai RESS per le macchine nelle quali si applicano le Norme Tecniche Armonizzate applicabili.

Un'importante novità in materia di valutazione dei rischi introdotta dal nuovo regolamento riguarda l'obbligo, per i fabbricanti, di valutare anche i rischi che sorgono sulla macchina dopo l'immissione sul mercato, a causa della sua autonomia ed evoluzione nel tempo in tutto il suo ciclo vita. Nel caso in cui il prodotto macchina integri un sistema di intelligenza artificiale, il fabbricante al fine di svolgere la valutazione dei rischi deve tener conto di tale sistema (non previsto dalla Direttiva Macchine).

Secondo il nuovo regolamento macchine, inoltre, la valutazione dei rischi deve affrontare il tema relativo ai futuri aggiornamenti o sviluppi del software previsto nel momento dell'immissione sul mercato del prodotto macchina.

All'interno dell'Allegato III del nuovo Regolamento Macchine, nella parte relativa ai principi generali vengono elencati gli obiettivi che il fabbricante deve conseguire con la valutazione dei rischi per un prodotto macchina, ovvero:

- Stabilire i limiti del prodotto macchina, secondo l'uso previsto e l'uso non previsto ma ragionevolmente prevedibile;
- Stabilire i rischi relativi all'uso solidare di più macchine, formando un prodotto macchina;
- Individuare tutti i pericoli e le situazioni pericolose originati dal prodotto macchina in tutto il suo ciclo vita, secondo quando è prevedibile al momento dell'immissione sul mercato (è necessario tener conto dell'evoluzione del prodotto macchina dovuta al suo livello di autonomia). Nel caso in cui il prodotto macchina possieda un certo grado di intelligenza artificiale, è necessario tenerne conto nella valutazione dei rischi;
- Stimare i rischi, secondo gravità e probabilità di un determinato danno o lesione;
- Valutazione dell'accettabilità dei rischi trovati, al fine di stabilire l'eventuale necessità di riduzione degli stessi;
- Eliminazione o qualora non possibile riduzione dei rischi derivanti dal prodotto macchina nel suo ciclo vita, applicando le misure di protezione richieste: le misure, secondo il punto 1.1.2 lettera (b) del nuovo regolamento, consistono inizialmente nell'eliminazione o riduzione dei rischi per quanto possibile, per poi passare all'adozione delle eventuali misure di protezione necessarie nei confronti dei rischi che non possono essere adeguatamente

eliminati. Come ultimo step è infine possibile adottare l'informazione degli utilizzatori in merito ai rischi residui che derivano dall'incompleta efficacia delle misure di protezione introdotte; qualora necessario, è doveroso indicare la formazione particolare richiesta per l'utilizzo del suddetto prodotto macchina, segnalando l'eventuale dispositivo di protezione individuale da utilizzare.

## **5.2 EN ISO 12100:2010**

La norma EN ISO 12100:2010 è stata redatta dal Comitato Tecnico ISO/TC 199 relativo alla sicurezza delle macchine, in collaborazione con il comitato CEN/TC 144. L'obiettivo fondamentale di questa norma tecnica è quello di fornire ai progettisti una guida da seguire per progettare in sicurezza le macchine, in conformità al loro uso previsto, specificando una terminologia di base, principi e una metodologia da applicare.

Al fine di progettare una macchina conforme ai requisiti di sicurezza, questa norma descrive le varie procedure per identificare i pericoli e stimare, valutare ed eliminare o ridurre i rischi conseguenti nel ciclo vita della macchina.

La norma oggetto del presente capitolo, di tipo A, fa da base alle altre norme tecniche, soprattutto di tipo B e C.

### *5.2.1 Strategia per la valutazione e riduzione del rischio*

Al fine di valutare e ridurre i rischi, il progettista deve seguire un processo iterativo (Figura 5.2) costituito da diverse fasi. Inizialmente deve necessariamente determinare i limiti della macchina, secondo l'uso che lui stesso ha previsto e secondo l'uso scorretto ma che è ragionevole prevedere.

Dopo aver determinato i limiti della macchina, il progettista può determinare i pericoli e le situazioni pericolose relative alla macchina stessa, per passare poi ad una stima del rischio e delle situazioni pericolose che derivano dai pericoli e dalle situazioni pericolose individuate.

A seguito di ciò è possibile effettuare la valutazione del rischio, valutazione necessaria per decidere la necessità o meno di ulteriori misure da adottare per ridurre il rischio. A valutazione effettuata (la valutazione termina nella fase appena esposta) si passa in concreto alla vera e propria eliminazione dei pericoli, oppure ove non possibile alla loro riduzione al minimo mediante le varie misure di

protezione applicabili (sono da preferire le misure incorporabili in fase di progettazione piuttosto di quelle attuabili dall'utente, a causa della minor affidabilità degli operatori).

L'obiettivo da raggiungere, a seguito delle fasi sopra esposte, è la massima riduzione possibile del rischio. Possono talvolta essere necessarie diverse iterazioni per il raggiungimento dell'obiettivo prefissato, sfruttando sempre la massima tecnologia applicabile.

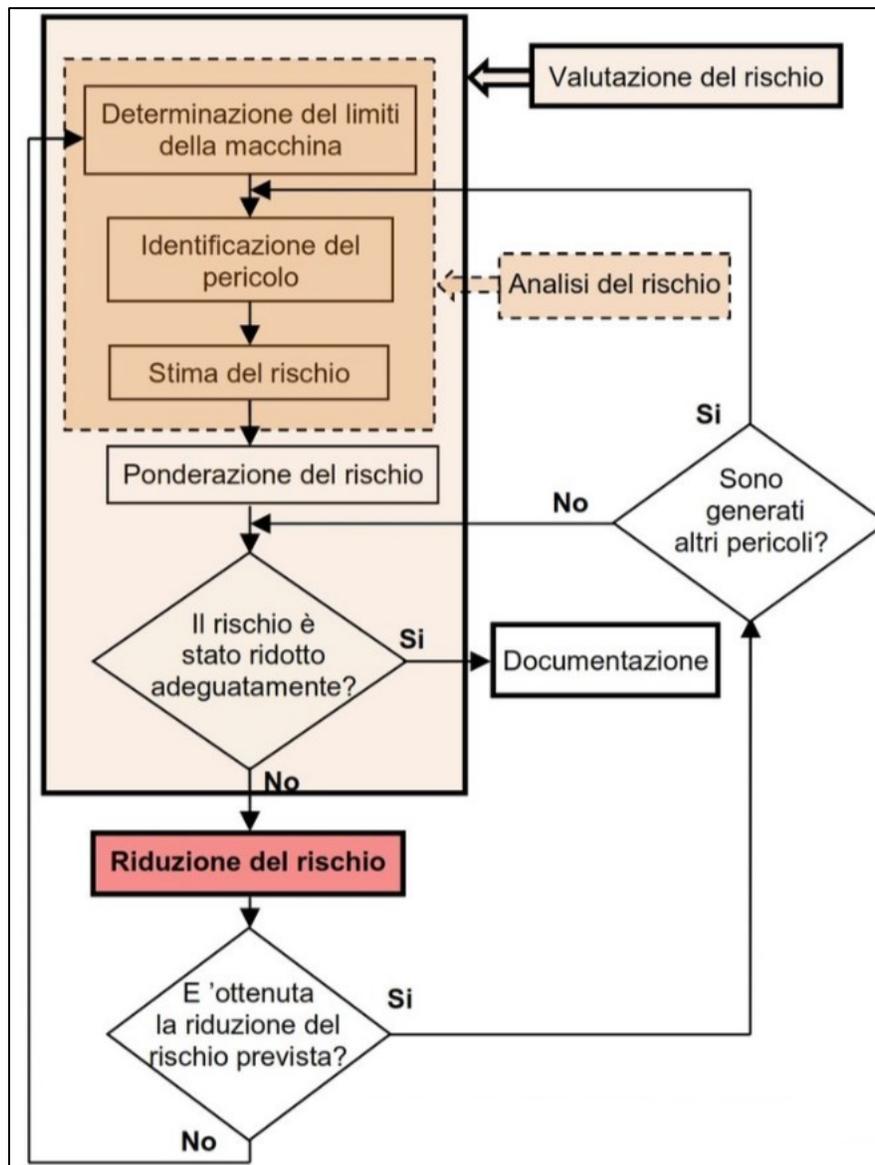


Figura 5.2 Rappresentazione riassuntiva e schematica del processo di riduzione del rischio (Fonte: Testunicosicurezza, 2022)

La massima riduzione del rischio deve tenere conto dei seguenti quattro fattori:

- La sicurezza delle macchine durante tutto il ciclo vita;
- La capacità della macchina di compiere la funzione prefissata;
- L'usabilità della macchina;
- I costi di fabbricazione, uso e smontaggio della macchina.

I quattro fattori sopra elencati sono in ordine dal più rilevante al meno, e devono quindi essere tenuti in considerazione in questo preciso ordine.

È doveroso considerare che al fine di applicare al meglio i quattro fattori qui sopra esposti è necessaria una avanzata conoscenza della macchina stessa, delle tecnologie disponibili, degli infortuni avvenuti con macchine simili e del quadro giuridico nel quale verrà utilizzata la macchina. Va ricordato che una macchina progettata in un determinato momento storico potrebbe risultare dopo qualche anno obsoleta o addirittura pericolosa, nel caso in cui con l'evolversi della scienza e della tecnologia si possa progettare una macchina in grado di arrivare ai medesimi risultati ma con un minor rischio per gli utenti.

### *5.2.2 Valutazione del rischio*

La valutazione del rischio è composta da due fasi principali, l'analisi del rischio e la valutazione vera e propria del rischio.

Nell'analisi del rischio ci sono tre fasi principali, ovvero la determinazione dei limiti della macchina, l'identificazione del pericolo e la stima del rischio, e serve a fornire le informazioni necessarie per la successiva fase di valutazione del rischio, la quale formula dei pareri in merito ad una necessità o meno di riduzione del rischio.

I pareri in merito ad una riduzione o meno del rischio possono essere dati sulla base di una stima qualitativa o se necessario quantitativa dei pericoli presenti sulla macchina o sul prodotto macchina in oggetto.

La stima quantitativa, nonostante i numerosi vantaggi, può essere utilizzata solamente quando sono disponibili i dati quantitativi necessari, ed è quindi limitata dai dati disponibili su quella specifica macchina e/o dalle risorse economiche di chi deve fare la valutazione del rischio.

### 5.2.2.1 Informazioni per la valutazione del rischio

Le informazioni necessarie per effettuare una opportuna valutazione del rischio devono includere diversi aspetti. Sono infatti necessarie informazioni relative alla descrizione della macchina (quali ad esempio le specifiche, tra cui la descrizione delle fasi del ciclo vita della macchina, i disegni dei progetti, specifiche inerenti alle fonti energetiche richieste), informazioni relative alla documentazione su macchine simili già presenti sul mercato e anche informazioni inerenti all'uso previsto della macchina, se disponibili.

Oltre a quanto qui sopra indicato, sono necessarie informazioni legate ai regolamenti, standard e documenti applicabili, come norme tecniche, specifiche tecniche pertinenti, documenti e schede di sicurezze.

Sono necessarie, nel possibile, informazioni relative anche all'esperienza d'uso di quella specifica tipologia di macchina, comprendenti quindi le casistiche incidentali avvenute in passato, i malfunzionamenti diffusi, la storia inerente ai danni alla salute derivanti da quella macchina (comprendenti ad esempio rumore, vibrazioni, gas, polveri, ecc.) e l'esperienza di lavoratori che utilizzano macchine simili.

Fondamentali, a tal proposito, i cosiddetti "Near Miss" o quasi incidenti, ovvero incidenti che sono avvenuti senza provocare un danno, i quali però sono molto più diffusi degli incidenti veri e propri e possono fornire, qualora presenti, dati molto più ampi e numerosi per i costruttori di macchine.

Infine, oltre a quanto già indicato in merito alle informazioni per la valutazione del rischio, sono necessarie informazioni concernenti i principi ergonomici pertinenti, aggiornate al periodo storico in cui quella macchina viene costruita e verrà utilizzata.

Per quanto riguarda l'analisi quantitativa, in letteratura sono disponibili numerose informazioni da banche dati, manuali, laboratori o specifiche dei produttori, dati che però devono necessariamente essere valutati e verificati, indicando nella documentazione della macchina in oggetto l'incertezza associata agli stessi.

### 5.2.2.2 Determinazione dei limiti delle macchine

La valutazione del rischio, nelle primissime fasi include la determinazione dei limiti della macchina in oggetto, tenendo conto di tutto il suo ciclo vita. I limiti possono essere di diversi tipi:

- Limiti d'uso: i limiti d'uso includono sia l'uso previsto che quello scorretto ma prevedibile, e sono riferiti alle diverse modalità di funzionamento della macchina e alle relative modalità

di intervento per gli utenti, all'uso dei macchinari (indicando le capacità fisiche limitanti, età, sesso, uso dominante), ai livelli di formazione, esperienza o capacità degli utilizzatori previsti e all'esposizione di altre persone ai rischi associati alla macchina, secondo quanto prevedibile (persone con consapevolezza dei rischi specifici, persone con scarsa consapevolezza o addirittura senza consapevolezza dei rischi di quella macchina);

- Limiti di spazio: i limiti di spazio includono informazioni inerenti al raggio di movimento della macchina, ai requisiti di spazio durante le operazioni di manutenzione o il normale funzionamento, allo spazio necessario nell'interfaccia uomo-macchina;
- Limiti di tempo: Includono la vita della macchina o dei componenti associati (attrezzature, componenti con una determinata usura) e gli intervalli consigliati nei quali eseguire la manutenzione della macchina;
- Altri limiti: ad esempio la proprietà del materiale, il livello di pulizia richiesto, le temperature ambientali massime e minime per quella macchina, l'umidità, la tolleranza alla polvere, la luce ecc.

### 5.2.2.3 Identificazione del pericolo

Al termine della determinazione dei limiti della macchina, il progettista procede con l'identificazione dei pericoli associati a quella determinata macchina, secondo quanto ragionevolmente prevedibile in tutto il ciclo vita, tenendo quindi conto delle fasi di trasporto, montaggio ed installazione della macchina, la fase di utilizzo e il successivo smontaggio e rottamazione.

Solamente con una corretta identificazione di tutti i pericoli associati ad una data macchina è possibile procedere con la loro eliminazione o riduzione, al fine di rendere sicura la macchina stessa. Per identificare al meglio i pericoli è quindi necessario analizzare le operazioni svolte dalla macchina e le attività svolte dagli utenti che interagiscono con essa, tenendo sempre in considerazione i materiali, le funzioni della macchina e l'ambiente.

Il progettista deve quindi identificare i pericoli tenendo conto prima di tutto dell'interazione umana tra uomo e macchina durante tutto il ciclo vita, considerando tutte le attività associate ad ogni fase del ciclo vita, come ad esempio anche le fasi di collaudo, cambio utensile, le varie modalità di funzionamento, ricerca guasti, pulizia necessaria, manutenzioni preventive e correttive, avviamento, cambio processo, rimozione del prodotto e tutte le altre attività.

È necessaria quindi una corretta identificazione di tutti i pericoli associati al ciclo vita, e per far ciò la norma EN ISO 12100 nell'allegato B fornisce una serie di pericoli, situazioni pericolose ed eventi pericolosi (lista non esaustiva).

Oltre all'interazione umana con la macchina, il progettista nell'identificazione dei pericoli tiene conto di tutti i possibili stati della macchina: essi comprendono la funzione prevista e le varie funzioni non previste a seguito di errori, guasti, disturbi, variazioni di materiali e condizioni ambientali.

Infine, nell'identificazione dei pericoli, il progettista tiene conto del comportamento improprio o involontario dell'operatore, se ragionevolmente prevedibile: esempi di ciò possono essere la perdita di controllo della macchina, i comportamenti dell'operatore a seguito di un malfunzionamento ed i comportamenti derivanti dalla mancanza di concentrazione da parte dei lavoratori.

#### 5.2.2.4 Stima del rischio

Dopo aver identificato i vari pericoli, il progettista deve stimare il rischio che ne deriva, sfruttando uno dei vari metodi disponibili in letteratura.

Il rischio associato ad una particolare situazione pericolosa dipende da due fattori:

- Gravità del danno;
- Probabilità di accadimento di quel danno, funzione dell'esposizione della persona al pericolo, del verificarsi di un evento pericoloso e funzione delle possibilità di evitare o limitare il danno stesso.

La gravità del danno può essere stimata tenendo conto di alcuni aspetti, quali la gravità delle lesioni o dei danni al corpo umano che ne derivano (gravità che può essere suddivisa in lieve, seria o mortale) e l'entità del danno (indicante ad esempio se quel rischio include una o più persone).

Nella procedura di valutazione del rischio è necessario prendere in considerazione il rischio che deriva dalla gravità più probabile di un determinato danno che può verificarsi per ogni tipo di pericolo; va presa in considerazione la gravità più alta prevedibile, anche se la probabilità di accadimento di quel determinato evento è bassa.

Per quanto concerne la probabilità di accadimento di un determinato danno, è necessario tener conto di tre fattori, qui di seguito spiegati: L'esposizione delle persone al pericolo, il verificarsi di un determinato evento pericoloso e la possibilità di evitare o limitare il danno.

*Tabella 5.1 Aspetti da considerare durante la stima del rischio (Fonte ISO 12100:2010)*

| Aspetti da considerare durante la stima del rischio          | Descrizione   |
|--|---|
| Persone esposte  | La stima del rischio deve tenere conto di tutte le persone (operatori e altri) per le quali l'esposizione al pericolo è ragionevolmente prevedibile.  |
| Tipo, frequenza e durata dell'esposizione                    | La stima dell'esposizione al pericolo in esame (compresi i danni alla salute a lungo termine) richiede l'analisi e deve tenere conto di tutte le modalità di funzionamento della macchina e dei metodi di lavoro. La stima del rischio tiene conto anche dei compiti per i quali è necessario sospendere le misure di protezione. |
| Relazione tra esposizione ed effetti                         | La relazione tra l'esposizione ad un pericolo ed i suoi effetti deve essere presa in considerazione per ciascuna situazione pericolosa considerata. Devono essere presi in considerazione anche gli effetti dell'esposizione accumulata e le combinazioni di pericoli.  |
| Fattori umani  | Ad esempio l'interazione delle persone con la macchina, aspetti inerenti lo stress, l'ergonomia e la fatica.  |
| Idoneità delle misure di protezione                          | La stima del rischio deve tenere conto dell'adeguatezza delle misure di protezione e deve identificare le circostanze che possono causare danni, e fornire informazioni che possano aiutare nella scelta delle misure di protezione adeguate.   |
| Possibilità di vanificare o aggirare le misure di protezione | Per il funzionamento continuo e sicuro di una macchina, è importante che le misure di protezione ne consentano un facile utilizzo e non ne ostacolino l'uso previsto. In caso contrario, esiste la possibilità che le misure di protezione possano essere aggirate per ottenere la massima utilità della macchina.                |
| Capacità di mantenere le misure di protezione                | La stima del rischio deve considerare se le misure di protezione possono essere mantenute nelle condizioni necessarie per fornire il livello di protezione richiesto.   |
| Informazioni per l'uso                                       | La stima del rischio tiene conto delle informazioni per l'uso, se disponibili.  |

L'esposizione di una persona al pericolo influenza la probabilità del danno, ed è necessario prendere in considerazione la necessità di accesso alla zona pericolosa, il tempo nella zona di pericolo, il numero di persone che accedono e la frequenza di accesso.

Il verificarsi di un evento pericoloso anch'esso influenza la probabilità di accadimento di un determinato danno, e richiede la tenuta in considerazione di fattori quali l'affidabilità, la storia degli incidenti passati e dei danni alla salute ed il confronto dei rischi.

Il terzo fattore che forma la probabilità di accadimento di un determinato danno è la possibilità di evitare o limitare il danno stesso. I fattori da considerare che concorrono a questo elemento sono, tra gli altri, la tipologia di persona esposta al pericolo (esperta o meno), la rapidità con cui la situazione pericolosa genera il danno (all'improvviso, velocemente o lentamente), l'eventuale consapevolezza dei lavoratori del rischio, la capacità umana di evitare o limitare il danno (in base ai riflessi e all'agilità) e l'esperienza e la conoscenza degli operatori in merito al macchinario in esame o a macchinari simili.

Durante la stima del rischio è necessario considerare una serie di aspetti, esplicitati nella tabella 5.1, quali le persone esposte al rischio, il tipo, la frequenza e la durata dell'esposizione al rischio, la relazione tra l'esposizione e gli effetti conseguenti, i fattori umani, l'idoneità delle misure di protezione, la possibilità di vanificare o aggirare le misure di protezione, la capacità di mantenere le misure di protezione e le informazioni per l'uso.

#### 5.2.2.5 Valutazione del rischio

Dopo aver stimato correttamente il rischio, è necessario con la valutazione vera e propria di esso, al fine di determinare la necessità o meno di una eventuale riduzione del rischio. Nel caso in cui la riduzione del rischio risulti necessaria, il progettista deve selezionare ed applicare misure di protezione adeguate alla macchina in oggetto.

Nell'ambito di tutto il processo iterativo di valutazione e riduzione dei rischi, il progettista deve anche verificare che non vengano introdotti ulteriori rischi a seguito delle nuove misure di protezione. Nel caso in cui vengano aggiunti rischi ulteriori è necessario procedere iterativamente ricompiendo la procedura; in tal caso gli ulteriori pericoli devono essere aggiunti alla lista di quelli precedentemente identificati, richiedendo l'introduzione di ulteriori misure di protezione per eliminarli o ridurli.

Nel processo di valutazione del rischio è possibile confrontare i rischi ottenuti con quelli di macchine o parti di macchine simili, a condizione che:

- La macchina analoga è conforme alle eventuali norme tecniche di tipo C applicabili;
- L'uso previsto e quello scorretto ma prevedibile e il modo in cui le due macchine da confrontare sono state progettate sono comparabili;
- I rischi delle due macchine, così come i pericoli, sono comparabili;
- Le specifiche delle due macchine sono comparabili;
- Le condizioni d'uso delle due macchine da confrontare sono comparabili.

È doveroso precisare che il confronto tra due macchine analoghe non elimina la necessità da parte del progettista di seguire tutto il processo iterativo di valutazione dei rischi.

Nel caso ad esempio dei veicoli AGV, se il progettista di un veicolo a forche con portata pari a 300 kg vuole prendere in considerazione una progettazione passata di un veicolo a forche con portata pari a 1000kg, esso deve comunque effettuare tutta la valutazione dei rischi per il nuovo veicolo a forche con portata pari a 300kg, in quanto la minore portata potrebbe comportare rischi differenti.

### *5.2.3 Riduzione del rischio*

La riduzione del rischio ha come obiettivo quello di eliminare i pericoli, oppure ove non possibile ridurre uno dei due elementi causa del rischio:

- Gravità del danno;
- Probabilità di accadimento del danno stesso.

Le misure di protezione atte a ridurre il rischio devono essere applicate nella sequenza seguente, detto anche metodo delle tre fasi, spiegate nei relativi paragrafi:

- Fase 1: misure di progettazione intrinsecamente sicure;
- Fase 2: misure di protezione complementari;
- Fase 3: informazioni per l'uso.

### 5.2.3.1 Misure di progettazione intrinsecamente sicure

Le misure di progettazione intrinsecamente sicure costituiscono la prima fase della riduzione del rischio. Sono la fase più importante, in quanto è dimostrato che l'applicazione di determinate misure di protezione inerenti alle specifiche delle macchine rimangono efficaci a lungo nel tempo, a differenza di una normale protezione, che anche se ben progettata può comunque fallire o essere rimossa o violata da un operatore; stessa cosa vale per le informazioni d'uso che potrebbero non essere seguite dagli utenti, rendendo la prima fase quella più importante.

Le misure costituenti la prima fase di riduzione del rischio, si ottengono evitando per quanto possibile i pericoli annessi alle macchine, o riducendo i rischi conseguenti mediante idonee caratteristiche progettuali della macchina (tenendo conto anche dell'interazione della stessa con gli utenti).

Tra i fattori da tenere in considerazione vi sono i fattori geometrici e gli aspetti fisici della macchina. Per quanto riguarda i fattori geometrici, essi sono riferiti alla forma della macchina (atta a ridurre gli angoli ciechi e a migliorare la visibilità. Oltre a ciò, devono essere evitati spigoli vivi e parti sporgenti) e alla forma e alla relativa collocazione delle parti dei componenti meccanici (al fine di evitare ad esempio schiacciamento e cesoiamento, riducendo ad esempio lo spazio tra due elementi facendo in modo che non possano entrarvi parti del corpo).

Per quanto riguarda gli aspetti fisici da considerare essi includono la limitazione della forza di azionamento della macchina (per evitare rischi meccanici), la limitazione della massa e/o velocità degli elementi mobili (riducendo quindi l'energia cinetica) e la limitazione delle emissioni (rumore, vibrazione, emissione di sostanze pericolose e radiazioni).

Oltre ai fattori geometrici e agli aspetti fisici della macchina è necessario tenere in considerazione le conoscenze tecniche generali inerenti alla progettazione delle macchine. Questa conoscenza può derivare da norme, codici di progettazione codici di calcolo ed altre fonti, al fine di limitare le sollecitazioni meccaniche (limitando il sovraccarico, la fatica o con il corretto equilibrio di elementi statici e dinamici), al fine di permettere la miglior scelta di materiali e proprietà (resistenza alla corrosione, durezza, duttilità, tossicità, infiammabilità ecc.) e infine le conoscenze tecniche dovrebbero essere usate per ridurre i valori di emissione (rumore, vibrazione, sostanze pericolose e radiazioni).

Altri fattori da considerare possono essere la corretta scelta della tecnologia da utilizzare (ad esempio l'utilizzo di apparecchiature alternative al fine di ridurre il livello di rumore), l'adozione della meccanica positiva, l'adozione di disposizioni atte a migliorare la stabilità della macchina (in

base alla geometria, alla distribuzione del peso, alla vibrazione, oscillazione del baricentro ed altri fattori).

Devono essere tenute in considerazione poi disposizioni per la manutenibilità della macchina, disposizioni inerenti ai principi ergonomici, i rischi elettrici, i pericoli idraulici e pneumatici ed altre misure.

### *5.2.3.2 Misure protettive complementari*

Ripari e dispositivi di protezione devono essere utilizzati per proteggere le persone ogniqualvolta una misura di progettazione intrinsecamente sicura non consente ragionevolmente né di rimuovere i pericoli né di ridurre sufficientemente i rischi. Può essere necessario attuare quindi delle misure protettive complementari che coinvolgono delle apparecchiature aggiuntive (ad esempio apparecchiature di arresto di emergenza).

Alcune misure complementari di protezione/riduzione del rischio, che incidono principalmente sulla capacità di evitare o limitare il danno sono:

- L'arresto di emergenza;
- Misure per la fuga ed il salvataggio di persone intrappolate;
- Misure per l'accesso sicuro al macchinario;

Disposizioni per una movimentazione facile e sicura delle macchine e dei loro componenti pesanti.

Le misure di protezione complementari possono essere costituite da ripari e dispositivi di protezione, i quali devono essere robusti, non devono generare ulteriori pericoli, devono essere posizionati ad una distanza idonea dalla fonte di pericolo, e devono consentire al meglio l'esecuzione dei lavori con la macchina. I ripari possono, tra i tanti, essere:

- Fissi (apribili solo per operazioni di manutenzione);
- Mobili (apribili in maniera agevole e veloce);
- Regolabili (modificabili);
- Interbloccati.

### 5.2.3.3 Informazioni per l'uso

Le informazioni per l'uso sono parte integrante della macchina. Esse consistono non solo in descrizioni testuali, ma anche in grafici, segni, simboli e diagrammi, al fine di trasmettere in maniera efficace le informazioni all'utente.

Le informazioni per l'uso vengono fornite all'utente tenendo conto dell'uso previsto ed in particolare tutte le modalità operative della macchina di interesse. È di fondamentale importanza che il fabbricante indichi nelle informazioni per l'uso i rischi residui, indicando anche l'eventuale necessità di formazione richiesta per gli operatori, la necessità di dispositivi di protezione individuale e la necessità di ripari o ulteriori dispositivi di protezione supplementari.

Oltre agli usi previsti della macchina, le informazioni per l'uso devono contenere gli usi scorretti ragionevolmente prevedibili, al fine di indicare agli utenti i rischi che derivano da un uso scorretto della macchina in dotazione.

Esse comprendono le varie fasi del ciclo vita della macchina, dal trasporto, al montaggio e installazione, alla messa in servizio, al suo utilizzo e se necessario alle fasi di smantellamento, disabilitazione e rottamazione.

Nelle informazioni per l'uso, all'interno del manuale d'istruzione della macchina il fabbricante deve indicare anche tutte le procedure normalizzate atte ad azionare ed utilizzare la macchina, ed anche quelle per eseguirne la necessaria manutenzione. Tali procedure solitamente comprendono:

- Pianificazione ed organizzazione delle attività di lavoro;
- Chiarificazione delle attività, autorità e delle responsabilità;
- La supervisione;
- Le procedure di bloccaggio.

Per l'uso sicuro della macchina, il manuale di istruzioni e le altre istruzioni scritte devono contenere:

- Informazioni inerenti al trasporto, alla movimentazione, all'immagazzinamento della macchina;
- Informazioni inerenti all'installazione e alla messa in servizio della macchina;
- Informazioni specifiche relative alla macchina;
- Informazioni relative all'uso previsto della macchina;
- Informazioni relative alla manutenzione;

- Informazioni relative alla messa fuori servizio, smantellamento e smaltimento della macchina;
- Informazioni inerenti alle situazioni di emergenza;
- Istruzioni per la manutenzione fornite per l'utilizzo da persone qualificate.

### **5.3 UNI ISO/TR 14121-2:2013**

Una norma direttamente collegata alla EN ISO 12100 (descritta nei paragrafi precedenti) è la norma ISO/TR 14121:2012, recepita dall'UNI nel 2013. Lo scopo della seconda norma qui indicata è quello di fornire una guida pratica per effettuare la valutazione dei rischi per una macchina in conformità alla norma ISO 12100. La norma UNI ISO/TR 14121-2:2013 descrive i vari metodi e strumenti atti a conseguire ogni fase del processo della valutazione dei rischi.

Essa propone una serie di metodologie strutturate al fine di attribuire i livelli di rischio ai vari rischi che derivano dai pericoli individuati nella fase di identificazione dei pericoli. L'attribuzione di un livello di rischio non è svolta solamente al fine di determinare l'accettabilità o meno del rischio residuo, ma anche per definire un livello di priorità con la quale affrontare ogni singolo rischio durante la fase successiva di riduzione dei rischi.

È fondamentale osservare che tutte le metodologie indicate nella norma ISO/TR 14121 vengono applicate secondo quanto indicato e previsto nella norma EN ISO 12100. Tali metodologie sono realizzate per essere impiegate nella fase di progettazione di una macchina, per essere quindi utilizzate preliminarmente prima ancora dell'applicazione delle varie misure di sicurezza, ed anche successivamente in modo iterativo all'aggiunta dei vari dispositivi o misure di sicurezza.

#### *5.3.1 Strumenti per la stima dei rischi*

Al fine di stimare i rischi presenti, la norma ISO/TR 14121-2:2012 propone diversi strumenti ovvero:

- Matrice dei rischi;
- Grafico dei rischi;
- Metodo numerico;
- Metodo ibrido.

La scelta di uno dei metodi sopra elencati è meno importante del processo stesso; è più importante la correttezza ed accuratezza dello svolgimento di un metodo, in quanto tutti i metodi considerano due elementi fondamentali:

- La gravità del danno;
- La probabilità di accadimento.

Ogni specifico strumento atto a stimare del rischio adotta determinate classi di valori per ogni parametro, al fine di meglio corrispondere alla situazione od evento pericoloso. Le varie classi utilizzate vengono poi combinate, sfruttando tabelle, grafici, diagrammi o la semplice aritmetica.

#### 5.3.1.1 Matrice di rischio

La matrice di rischio è il metodo più diffuso e semplice per la stima del rischio. Questo metodo consiste in una tabella in due o più dimensioni che permette la combinazione di classi di severità del danno con classi inerenti alla probabilità di accadimento del danno stesso. Le matrici di rischio più comuni ed utilizzate sono in due dimensioni, ma possono essercene anche in tre o più ad esempio.

L'utilizzo di una matrice di rischio è semplice e velocemente comprensibile; per ogni particolare situazione pericolosa identificata, è necessario selezionare la classe di parametro corrispondente al caso in oggetto, in base alle definizioni dei vari parametri scelti. Il contenuto della cella che incontra una determinata colonna e riga è il particolare livello di rischio di interesse per il determinato pericolo che si sta analizzando. Solitamente il livello di rischio può essere "nullo", "basso", "medio" o "elevato".

Per la probabilità di accadimento, possono essere ad esempio dati dei valori, ad esempio da 1 a 4, ovvero da evento poco a molto probabile.

La probabilità di accadimento di un determinato danno può dipendere dalla frequenza e dalla durata dell'esposizione ad un dato pericolo, può dipendere dal numero di persone esposte, dal tipo di personale, dalla storia della macchina, dall'ambiente di lavoro, da fattori umani, dall'affidabilità delle funzioni di sicurezza e da altri fattori.

La stima del danno solitamente si concentra sul peggiore tra i vari danni che potrebbero accadere, nella peggiore circostanza.

Mettendo nella prima colonna i livelli di probabilità, nella prima riga i livelli di gravità del danno e moltiplicando il tutto, si ottiene una matrice i cui prodotti di probabilità e danno possono essere suddivisi in più zone, dal rischio minimo al rischio massimo, come nella matrice sottostante.

In base al rischio ottenuto, il progettista predispose le idonee misure, tecniche e organizzazioni atte a ridurre il rischio, agendo sulla probabilità (misure preventive) o sul danno (misure protettive) o volendo su entrambi.

### 5.3.1.2 Metodo grafico

Per poter condurre una analisi più approfondita rispetto al metodo a matrice, è necessario sfruttare metodi che sono caratterizzati da un livello di complessità più elevata e che richiedono una determinata competenza ed esperienza nel loro utilizzo.

Tra i vari metodi possibili, la norma ISO/TR 14121-2:2012 propone il metodo grafico, una specie di metodo ad albero che a partire da un evento iniziatore (una situazione pericolosa) ricava il rischio conseguente, grazie ad una serie di ramificazioni che permettono di effettuare delle scelte nella determinazione a partire da diversi parametri.

Analizzando uno dopo l'altro i parametri è possibile stimare il rischio mediante un indice. Ogni nodo nel grafico rappresenta un parametro di rischio (gravità, esposizione, probabilità di accadimento di un evento pericoloso, possibilità di evitarlo) e ogni ramo a partire da un nodo rappresenta una classe del parametro scelto (ad esempio, gravità lieve o gravità elevata).

A partire da ogni situazione pericolosa, viene assegnata una classe ad ogni parametro presente nell'albero. Ad ogni giunzione dell'albero, il percorso procede sull'apposita diramazione secondo la classe appena selezionata. La diramazione finale indica il livello o l'indice di rischio associato alla combinazione di classi (rami) che sono state scelte. Il risultato finale è una stima del rischio qualificata con termini come "alto", "medio" o "basso", oppure mediante un numero da 1 a 6 o mediante una lettera.

I grafici ad albero del rischio sono molto utili per illustrare la quantità di riduzione del rischio fornita da una determinata misura di protezione o riduzione del rischio. I grafici di rischio diventano però molto ingombranti e disordinati se sono presenti più di due rami per più di uno dei parametri di rischio, in quanto ci si ritrova con molti rami rendendo la situazione caotica. Per questo motivo, i metodi ibridi tendono a combinare un grafico ad albero con una matrice.

Il metodo grafico può essere utilizzato per stimare un indice di rischio principalmente per situazioni pericolose che possono indurre danni acuti (come danni meccanici, elettrici o termici). Il grafico

del rischio proposto nella figura qui sopra non è molto appropriato per stimare i rischi legati ad alcuni rischi per la salute come il rumore o l'ergonomia; in questi casi, i risultati ottenuti con lo strumento grafico devono essere confrontati con i risultati ottenuti con strumenti specifici dedicati appunto al rumore o all'ergonomia.

Il metodo grafico può essere utilizzato per stimare un indice di rischio principalmente per situazioni pericolose che possono indurre danni acuti (come danni meccanici, elettrici o termici). Il grafico del rischio proposto nella figura qui sopra non è molto appropriato per stimare i rischi legati ad alcuni rischi per la salute come il rumore o l'ergonomia; in questi casi, i risultati ottenuti con lo strumento grafico devono essere confrontati con i risultati ottenuti con strumenti specifici dedicati appunto al rumore o all'ergonomia.

### 5.3.1.3 Metodo numerico

I metodi a punteggio numerico sfruttano due (magnitudo e probabilità) o più parametri che sono suddivisi in un numero di classi approssimativamente allo stesso modo delle matrici di rischio e dei grafici di rischio. Tuttavia, rispetto ad esempio alla matrice di rischio, nel metodo numerico alle classi vengono associati dei valori numerici invece di un termine qualitativo.

Viene scelta una classe per ogni parametro e i valori associati (o punteggi) vengono quindi combinati (ad esempio mediante addizione e/o moltiplicazione) per dare un punteggio numerico atto a stimare il rischio. In alcuni casi, questi valori assegnati sono rappresentati in tabelle, rendendo il loro utilizzo molto simile a quello di una matrice.

I metodi numerici consentono di pesare i parametri in modo semplice ed esplicito, in quanto l'uso di numeri può dare un'impressione di obiettività maggiore nel livello di rischio, nonostante l'assegnazione dei punteggi per ogni elemento di rischio sia soggettiva. Questo, tuttavia, può essere contrastato raggruppando i punteggi in classi qualitative di rischio come “rischio elevato”, “rischio medio” e “rischio basso”.

Esistono per i produttori diversi metodi numerici utilizzabili per stimare il rischio. Alcune persone trovano più facile pensare al rischio e a come viene rappresentato in termini numerici. Questo, non è affatto insolito nella nostra era digitale. Riuscire a vedere il rischio come un numero in qualche modo aggiunge specificità al processo di riduzione del rischio, aumentando in qualche modo la determinatezza della identificazione del rischio. La possibilità di selezionare un numero all'interno di un intervallo di numeri all'interno delle classi può consentire scelte più raffinate rispetto a quelle

consentite da termini qualitativi, ma è doveroso ricordare che può dare una falsa impressione di accuratezza numerica.

#### 5.3.1.4 Metodo ibrido

Esistono strumenti per la stima del rischio, detti metodi ibridi, che combinano due degli approcci sopra esplicitati. Si tratta di metodi grafici che contengono al loro interno matrici o sistemi numerici per gli elementi di rischio.

Una certa misura quantitativa può anche essere incorporata in qualsiasi metodo qualitativo, ad esempio dando intervalli di frequenza a probabilità o esposizione al rischio. Ad esempio, si può indicare con "probabile" qualcosa che avviene una volta all'anno, mentre un'esposizione "elevata" al rischio può essere espressa come una cosa che avviene ogni ora.

Questo metodo, descritto nella ISO/TR 14121-2:2012 nel capitolo 6.5, può essere applicato in una fase di "pre-risk assessment", ovvero nelle fasi iniziali della progettazione, fasi in cui sono note solamente le specifiche tecniche e le prime bozze del macchinario.

Questo metodo può anche essere utilizzato in una fase di "intermediate risk assessment", ovvero nella fase intermedia durante lo sviluppo vero e proprio della macchina, al fine di poter tener conto delle relative modifiche applicate rispetto al concept iniziale, o, infine, questo metodo può essere applicato in una fase di "follow-up risk assessment", con il fine di voler implementare le adeguate misure di protezione del rischio sulla macchina. In generale, nell'ultima fase appena descritta, non si scoprono nuovi pericoli, in quanto essi solitamente sono già noti dagli step precedenti all'ultima fase.

All'inizio del metodo ibrido è necessario identificare tutti i pericoli, i quali devono essere raggruppati in base al loro tipo oppure in base alla loro origine. I pericoli che si ripresentano più volte nelle situazioni pericolose previste vengono contati più di una volta nella fase di stima dei rischi.

I pericoli possono ad esempio raggruppati in base alla loro natura meccanica, oppure natura elettrica o termica, associando poi tutti i pericoli alle relative situazioni pericolose che ne derivano.

Una volta che i pericoli sono stati identificati, è necessario definire i parametri che concorrono a formare il rischio.

Una volta che il progettista ha calcolato i vari parametri, è possibile stimare il rischio con un procedimento analogo a quello valido per la matrice del rischio, sfruttando ad esempio una tabella come quella alla pagina successiva.

A seguito dell'adozione delle misure di riduzione è possibile stimare nuovamente il rischio, verificando in ogni caso la presenza di possibili rischi residui da gestire mediante l'ausilio di indicazioni inerenti azioni o procedure che devono essere adottate dagli operatori, talvolta adottando idonee misure di protezione.

L'intera analisi può essere raccolta in una tabella, nella quale vengono indicati i pericoli, le situazioni pericolose, i vari parametri del metodo ibrido, le misure protettive e nuovamente i parametri di questo metodo.

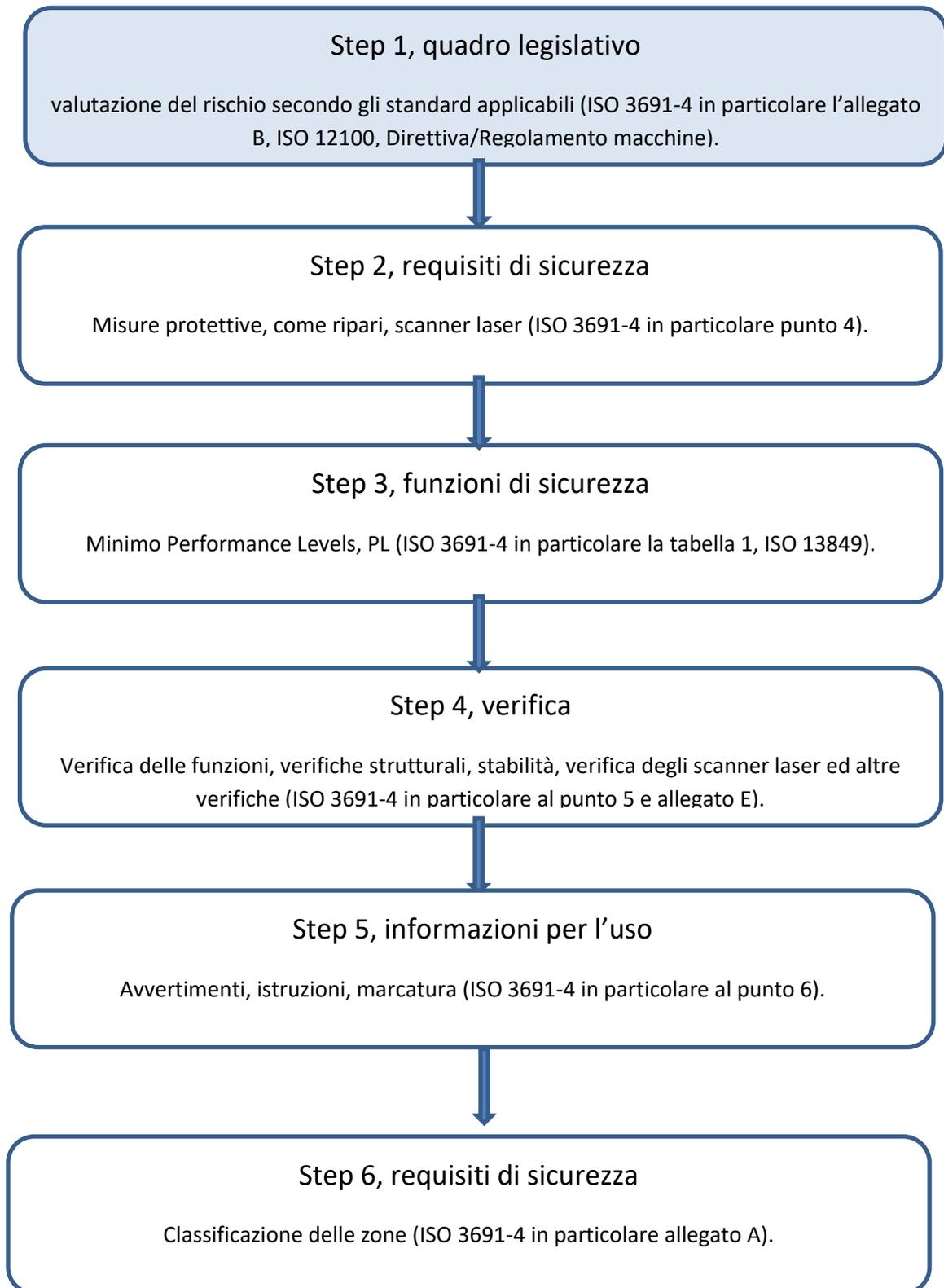
#### **5.4 Valutazione dei rischi per i veicoli AGV**

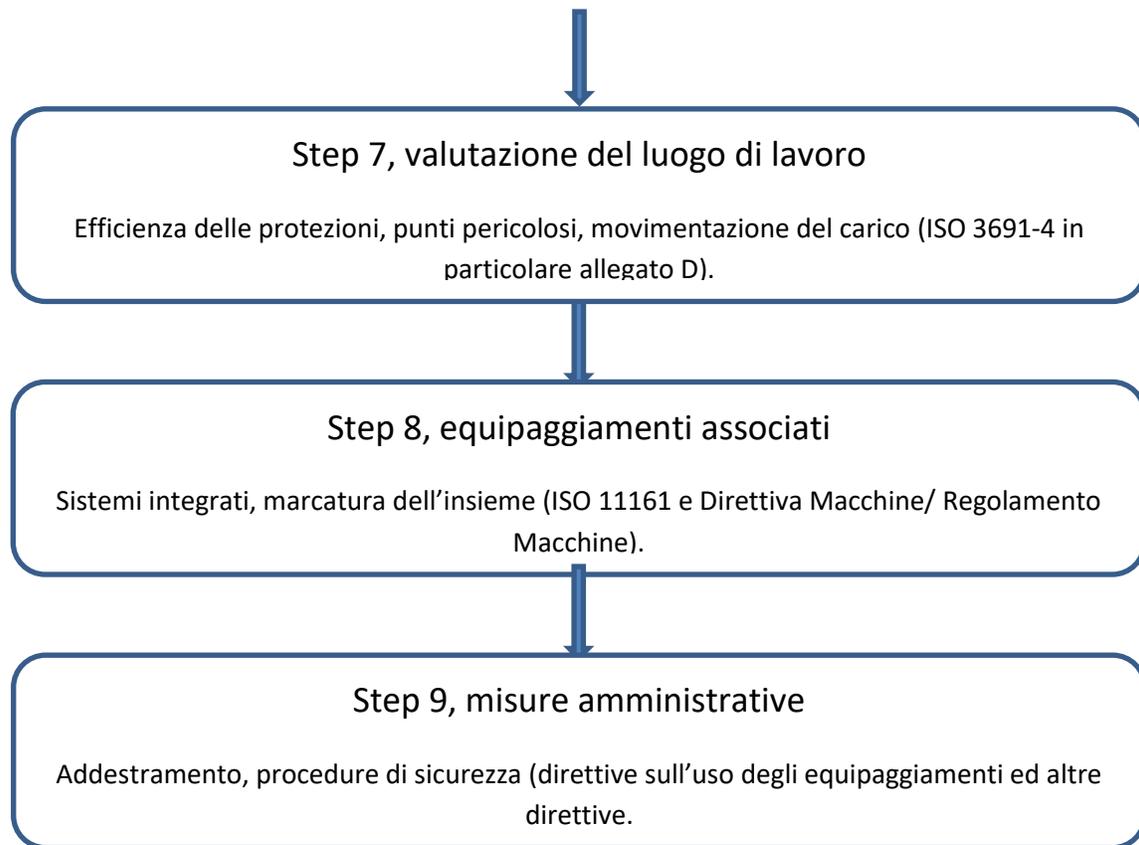
La separazione spaziale e statica tra uomo e macchina ha tradizionalmente cercato di garantire per decenni la sicurezza nei luoghi di lavoro. Negli ambienti industriali moderni, invece, alle linee di produzione rigide si stanno sostituendo linee di lavoro flessibili.

In questo contesto, l'uso dei veicoli a guida automatizzata (AGV) sta diventando sempre più popolare, soprattutto perché sono diventati più autonomi, flessibili e meno dipendenti dalla "postazione fissa" utilizzata in passato. Con questo importante cambiamento, le attuali misure di sicurezza devono garantire che l'interazione tra uomo e macchina avvenga senza intoppi e senza incidenti.

Un'applicazione AGV "sicura" è il risultato della giusta tecnologia, delle corrette misure di sicurezza e di un idoneo quadro normativo. Quando degli operatori condividono uno spazio di lavoro con un veicolo a guida automatizzata, ci sono particolari requisiti di sicurezza da rispettare, come visto nel capitolo inerente alle norme tecniche per gli AGV e quello relativo ai RESS del nuovo Regolamento Macchine. L'uomo e la macchina devono infatti essere in grado di operare in sicurezza nello stesso ambiente.

Al fine di garantire la sicurezza dei veicoli a guida automatizzata, già nella primissima fase di progettazione dev'essere fatta un'attenta valutazione e riduzione del rischio, secondo le fasi indicate nei paragrafi precedenti. La valutazione del rischio è infatti il primo step per la progettazione in sicurezza di un veicolo AGV. Gli step per la progettazione possono essere schematizzati in questo modo:





Come è possibile notare dagli step sopra rappresentati, tutto parte dalla valutazione dei rischi, senza la quale non è possibile neanche procedere agli step ulteriori. È in qualche modo lo step più importante, in quanto permette di individuare i rischi residui e quindi le relative misure (presenti negli step dal 2 al 9).

#### *5.4.1 Strumento adottato per la valutazione dei rischi degli AGV*

Il metodo adottato nel presente elaborato (per praticità e completezza) per la classificazione del rischio è un metodo simile a quello che adotta la matrice di rischio della norma ISO/TR 14121-2:2012. Esso consiste nel considerare il rischio come il prodotto di tre fattori, probabilità, gravità e frequenza di un dato evento.

La probabilità di accadimento di un dato evento pericoloso può variare da un valore minimo pari a 1 (evento improbabile) ad un valore massimo pari a 4 (evento pericoloso molto probabile). I livelli di probabilità vengono definiti secondo la tabella 5.2.

Tabella 5.2 Definizione dei valori di probabilità

| Valore | Livello         | Definizioni / criteri  |
|--------|-----------------|--|
| 4      | Molto probabile | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si sono già verificati svariati eventi analoghi</li> <li>- Il verificarsi di un tale evento non susciterebbe particolare sorpresa</li> </ul>  |
| 3      | Probabile       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si sono già verificati eventi analoghi</li> <li>- Il verificarsi di un tale evento susciterebbe moderata sorpresa</li> </ul>  |
| 2      | Poco probabile  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si sono già verificati alcuni eventi analoghi</li> <li>- Il verificarsi di tale evento richiederebbe circostanze non comuni</li> <li>- Il verificarsi di un tale evento susciterebbe grande sorpresa</li> </ul>             |
| 1      | Improbabile     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Non si sono mai verificati eventi analoghi</li> <li>- Il verificarsi dell'evento richiederebbe la concomitanza di più eventi poco probabili</li> <li>- Il verificarsi di un tale evento susciterebbe incredulità</li> </ul> |

Anche per quanto riguarda la gravità di un determinato evento vengono assegnati dei valori che variano da 1 a 4, con 1 gravità lieve e 4 evento gravissimo, secondo la tabella 5.3.

Tabella 5.3 Definizione dei valori di gravità

| Valore | Livello    | Definizioni / criteri  |
|--------|------------|--|
| 4      | Gravissimo | <ul style="list-style-type: none"> <li>- infortunio mortale</li> <li>- malattia professionale con effetti letali o totalmente invalidanti</li> <li>- infortunio superiore a 30 giorni con invalidità permanente</li> </ul> |
| 3      | Grave      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- infortunio superiore a 30 giorni senza invalidità permanente</li> <li>- malattia professionale con invalidità permanente</li> </ul>   |
| 2      | Medio      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- infortunio tra 8 e 30 giorni</li> <li>- malattia professionale con effetti reversibili</li> </ul>   |
| 1      | Lieve      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- infortunio minore di 8 giorni</li> </ul>  |

La variabile F, che designa la frequenza (o la durata o l'eventualità) del contatto tra il lavoratore e il pericolo in esame, viene stimata con quattro livelli, da 1 a 4, secondo la tabella 5.4.

Tabella 5.4 Definizione dei valori di frequenza

| Valore | Livello          | Definizioni / criteri  |
|--------|------------------|--|
| 4      | In continuazione | - Rapporto diretto e continuo dell'operatore con la fonte del pericolo                     |
| 3      | Spesso           | - Operazioni collegate al procedere del ciclo produttivo                                   |
| 2      | Periodicamente   | - Interventi per operazioni di controllo, riparazione, manutenzione periodica o correttiva |
| 1      | Raramente        | - Operazioni collegate a situazioni che si considerano occasionali /rare                   |

Il rischio, moltiplicazione di P, G ed F, può anch'esso variare da 1 a 4, secondo la tabella 5.5.

Tabella 5.5 Definizione dei valori di rischio

| Valore | Livello   | Definizioni / criteri   |
|--------|---|---|
| I      | <b>Rischio critico:</b><br>$R \geq 24$            | Rivedere la progettazione della macchina per eliminare o ridurre il rischio   |
| II     | <b>Rischio significativo:</b><br>$12 \leq R < 24$ | Rivedere le fasi di costruzione della macchina relative all'installazione delle protezioni per i rischi che non possono essere eliminati.                               |
| III    | <b>Rischio subordinato:</b><br>$4 \leq R < 12$    | Tenere sotto controllo l'installazione della macchina<br>Informare gli operatori in merito ai rischi causati dai guasti dei sistemi di protezione, ai DPI da utilizzare |
| IV     | <b>Rischio minore:</b><br>$1 \leq R \leq 3$       | Rischio accettabile, non sono necessari interventi sulla macchina   |

Per quanto concerne l'accettabilità del rischio, mediante il metodo qui esposto è possibile ritenere che un livello di "rischio minore", quindi per valori compresi tra 1 e 3, è considerato accettabile. I tre livelli di rischio superiore, quindi "subordinato", "significativo" e "critico", per valori da 4 in su, richiedono l'adozione ed implementazione di ulteriori misure atte a prevenire e proteggere dal rischio.

L'accettabilità o meno di un determinato rischio, dipende dal principio "ALARP" (As Low As Reasonably Practicable), secondo il quale è possibile considerare accettabile un rischio se il livello ottenuto è il più basso livello ottenibile nella pratica, tenendo in considerazione: obblighi di legge, specifiche norme tecniche, stato dell'arte e della tecnica nel settore di interesse della macchina, prassi consolidate nel settore o nell'attività analizzata ed anche la relativa politica aziendale nella quale opera la macchina stessa. Generalmente valgono i livelli di accettabilità indicati nella tabella 5.6.

Tabella 5.6 livelli di accettabilità del rischio

| <i>Classe del rischio</i>       | <i>Accettabilità</i>                           | <i>Provvedimenti / Priorità</i>   |
|---------------------------------|--|---|
| <b>Minore</b>                   | Accettabile                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nessuna misura aggiuntiva</li> <li>▪ Monitoraggio delle misure attuate</li> </ul>  |
| <b>.....<br/>(altre classi)</b> | Da valutare<br>(Accettabile o Non accettabile) | Il livello del rischio è accettabile se è il più basso livello ottenibile in pratica (in inglese ALARP As Low As Reasonably Practicable) tenendo conto di: Obblighi di legge, Norme tecniche, Stato dell'arte nel settore / stato della tecnica, Prassi consolidate nel settore / attività analizzata, Politica aziendale |

Una volta determinata l'accettabilità o meno del rischio, per i rischi non accettabili è necessario implementare delle misure di sicurezza. Nel capitolo successivo, nel quale si affronta un caso concreto di valutazione dei rischi, viene utilizzata una tabella come la 5.7, contenente i fattori di pericolo, gli scenari di pericolo derivanti, la condizione operativa, le misure preventive e protettive presenti, il rischio residuo, i parametri di valutazione e l'accettabilità del rischio:

Tabella 5.7 Scheda operativa per la valutazione del rischio

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO | SCENARIO DI PERICOLO | CONDIZIONE OPERATIVA                             | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE | PARAMETRI VALUTAZIONE | RISCHIO RESIDUO | ACCETTABILITÀ |
|--------|---------------------|----------------------|--|--|-----------------------|-----------------|---------------|
| 1      |                     |                      | Normale/<br>Anomala ma prevedibile/<br>Emergenza |  |                       |                 |               |

### 5.4.2 Pericoli individuati per i veicoli AGV

Al fine di poter condurre un'analisi dei rischi esaustiva ed efficace al caso in oggetto, è necessario identificare correttamente tutti i pericoli per la macchina in esame, senza trascurarne neanche uno, in quanto pericoli trascurati potrebbero rivelarsi in debolezze in termini di sicurezza della macchina.

I pericoli, come precedentemente indicato, non sono riferiti unicamente alla fase di utilizzo del veicolo AGV, ma sono relativi a tutte le fasi del ciclo vita della macchina o del prodotto macchina che includono un possibile coinvolgimento del personale. Tali fasi riguardano quindi, oltre alla fase di utilizzo, anche le fasi di trasporto ed installazione del veicolo, le fasi di manutenzione (sia ordinaria che straordinaria), le fasi di regolazione ed anche le fasi di fine vita quali lo smontaggio e lo smaltimento.

Un aspetto da tenere in considerazione e da non trascurare, nell'individuazione dei pericoli, è anche il contesto nel quale verrà utilizzata la macchina, in quanto al variare del contesto potrebbero esservi variazioni nei pericoli presenti. A tal proposito, lo specifico ambiente di lavoro e l'eventuale vicinanza ed integrazione con altre macchine sono aspetti di primaria importanza nella corretta identificazione dei pericoli.

Con le precisazioni qui effettuate, è immediato notare che la fase di identificazione dei pericoli è una delle fasi più importanti nella valutazione del rischio. È una fase molto delicata, in quanto non è accettabile trascurare pericoli presenti, in quanto a catena si trascurerebbero anche i rischi che ne conseguono (fonte quindi di potenziale danno per gli utenti che hanno a che fare con l'AGV in oggetto).

Le applicazioni che prevedono l'adozione di veicoli AGV devono essere analizzate ogni volta singolarmente, come casi unici e differenti, a causa delle varie declinazioni possibili nei pericoli e rischi.

Per una identificazione il più possibile esaustiva dei pericoli, nella presente trattazione si ricorre ad una checklist, ovvero un elenco di tutti i principali pericoli associati ai veicoli AGV, elenco che per forza di cose non può essere perfettamente esaustivo, ma che può aiutare un progettista nell'individuazione di pericoli specifici al caso in oggetto.

La checklist riportata di seguito (Tabella 5.8) mette assieme i pericoli conseguenti ai Requisiti di Salute e Sicurezza da rispettare per gli AGV e presenti nel nuovo Regolamento Macchine, con i pericoli individuati nella norma EN ISO 3691-4:2020 (Carrelli industriali – Requisiti di sicurezza e verifica) e quelli individuati nella norma EN 1175:2020 (Sicurezza dei carrelli industriali – Requisiti elettrici/elettronici).

Tabella 5.8 Checklist con i pericoli dei veicoli AGV

| Pericoli connessi ai veicoli AGV                         |  |
|--|--|
| Pericoli di natura meccanica                             | Brusca accelerazione e decelerazione (energia cinetica)          |
|  | Caduta o espulsione di oggetti                                   |
|  | Mobilità della macchina  |
|  | Sostituzione della batteria del veicolo                          |
|  | Stabilità del carico   |
|  | Presenza di elementi meccanici in movimento                      |
|  | Presenza di elementi meccanici rotanti                           |
|  | Schiacciamento dei piedi dell'operatore con le ruote del veicolo |
|  | Presenza di parti angolari (spigoli)                             |
|  | Avvicinamento di un elemento mobile ad un elemento fisso         |
|  | Bordi taglienti  |
|  | Presenza di componenti appuntiti                                 |
|  | Rottura dei sensori dell'AGV                                     |
|  | Rottura del freno di stazionamento                               |
|  | Presenza di elementi taglienti                                   |
|  | Presenza di molle (energia elastica)                             |
|  | Caduta di oggetti  |
|  | Mancata o scorretta attivazione dei dispositivi di protezione    |
|  | Presenza di energia immagazzinata                                |
|  | Presenza di elevata pressione (idraulica o pneumatica)           |
| Instabilità del veicolo                                  |  |
| Mancata manutenzione di componenti meccanici del veicolo |  |
| Componenti meccanici malfunzionanti                      |  |
| Componenti meccanici non installati correttamente        |  |

|                              |   |
|------------------------------|---|
|                              | Rulli o catenarie di alcune tipologie di veicoli possono intrappolare e trascinare l'operatore  |
|                              | Le ruote del veicolo possono schiacciare un operatore   |
|                              | Altezza da terra del veicolo o di parti di esso   |
|                              | L'AGV nella fase di scaricamento del carico può schiacciare un operatore  |
|                              | L'AGV atto a trainare materiali potrebbe trasportare troppo peso (con conseguente rottura)  |
|                              | Contatto di un rimorchio dell'AGV da traino con un operatore durante un tratto rettilineo, durante una curva o durante la retromarcia |
|                              | Sgancio inopportuno del rimorchio durante lo stazionamento o movimento di AGV da traino   |
|                              | Violazione dei ripari   |
|                              | Mancanza dei controlli nella posizione del personale  |
|                              | Velocità eccessiva durante il trasporto di persone  |
| Pericoli di natura elettrica | Contatto con parti in tensione o con connessioni elettriche   |
|                              | Mancata attivazione dei segnalatori acustici di retromarcia   |
|                              | Confusione dovuta alla presenza di più voltaggi all'interno del sistema   |
|                              | Contatto con elementi discreti del circuito elettrico   |
|                              | Esposizione ad archi elettrici  |
|                              | Processi che sfruttano alti voltaggi o alte frequenze   |
|                              | Mancanza di energia   |
|                              | Presenza di fenomeni elettromagnetici   |
|                              | Presenza di fenomeni elettrostatici   |
|                              | Distanza insufficiente dalle parti in tensione  |
|                              | Proiezione di particelle fuse   |
|                              | Rottura dell'isolamento elettrico di parti attive   |
|                              | Sovraccarico elettrico  |
|                              | Contatto con linee elettriche aeree   |
|                              | Parti diventate in tensione per colpa di malfunzionamenti   |

|  |  |
|--|--|
|  | Radiazione termica   |
|  | Rottura di cavi di alimentazione   |
|  | Progettazione e uso scorretto dell'arresto del veicolo di protezione ed emergenza              |
|  | Cortocircuito  |
|  | Presenza di parti attive esposte   |
| Pericoli di natura termica                   | Presenza di fiamme   |
|  | Formazione di atmosfere esplosive a seguito del rilascio di sostanze                           |
|  | Presenza di oggetti o materiali a bassa temperatura  |
|  | Presenza di oggetti o materiali ad alta temperatura  |
|  | Radiazioni termiche da fonti di calore   |
|  | Presenza di materiali infiammabili   |
| Pericoli da radiazioni elettromagnetiche     | Presenza di radiazioni elettromagnetiche a bassa frequenza                                     |
|  | Presenza di radiazioni elettromagnetiche ad alta frequenza                                     |
| Pericoli dovuti ai materiali o alle sostanze | Presenza di materiali o sostanze combustibili  |
|  | Presenza di materiali o sostanze infiammabili  |
|  | Presenza di fluidi corrosivi o tossici   |
|  | Perdita di fluidi idraulici dall'AGV   |
|  | Perdita di sostanze da parte della batteria dell'AGV   |
|  | Presenza di fumi corrosivi o tossici   |
|  | Presenza di gas corrosivi o tossici  |
| Pericoli legati all'ergonomia                | Difficoltà nell'accesso al veicolo   |
|  | Accesso scomodo e mal progettato del veicolo   |
|  | Ubicazione scomoda di indicatori e display ottici  |
|  | Errore umano durante il funzionamento  |
|  | Necessità di sforzi fisici da parte degli operatori  |
|  | Mancanze nel design dell'interfaccia uomo macchina, touchscreen troppo vicino o troppo lontano |

|                              |   |
|------------------------------|---|
|                              | Scorretta progettazione del design della superficie atta ad accogliere il carico nel veicolo (altezza, forma, dimensione e ubicazione)                    |
|                              | Posizione inappropriata dei comandi del veicolo   |
|                              | Errato dimensionamento della cabina di guida  |
|                              | Illuminazione insufficiente o scorretta del locale  |
|                              | Posizione difficile da raggiungere e che espone ad ulteriori pericoli di componenti a cui è necessario accedere per operazioni anticipate di manutenzione |
|                              | Il riconoscimento di pericoli o di situazioni pericolose è limitato a causa di scarsa illuminazione   |
|                              | Illuminazione insufficiente del veicolo   |
|                              | Affaticamento mentale degli operatori   |
|                              | Errata progettazione dei posti degli operatori, con relativi problemi di postura  |
|                              | Interfacce uomo macchina in posizione tale da impedire una corretta visione   |
|                              | Presenza di attività ripetitiva   |
|                              | Mancato utilizzo di DPI   |
|                              | Mutamento del comportamento del veicolo nel tempo, a causa del livello di autonomia   |
|                              | Scarsa visibilità da parte del guidatore  |
| Pericoli legati all'ambiente | Presenza di polvere e nebbia  |
|                              | Azioni del veicolo fuori dallo spazio di manovra  |
|                              | Rugosità della pavimentazione (se elevata potrebbe rovinare le ruote, se troppo bassa potrebbe far scivolare il veicolo in determinate condizioni)        |
|                              | Presenza di un disturbo elettromagnetico  |
|                              | Eventuale caduta di fulmini   |
|                              | Umidità dell'ambiente   |
|                              | Temperatura dell'ambiente   |
|                              | Presenza di ostacoli nella pavimentazione dove transita l'AGV   |
|                              | Errata individuazione delle zone pericolose (di utilizzo degli AGV)   |

|                          |   |
|--------------------------|---|
|                          | Presenza di carichi o oggetti sospesi nella zona di transito dell'AGV   |
|                          | Presenza di un ambiente troppo basso al transito dell'AGV   |
|                          | Pavimento non perfettamente pulito  |
|                          | Mancata manutenzione dei riflettori degli LGV   |
|                          | Mancata manutenzione delle strisce conduttrici o colorate sulla pavimentazione nella quale transita l'AGV               |
|                          | Errata installazione dei dispositivi atti a garantire la corretta posizione dell'AGV                                    |
|                          | Presenza di un ambiente con un gradiente di pendenza troppo elevato per l'AGV   |
|                          | Presenza di animali domestici o altri animali nella zona di transito del veicolo  |
|                          | Presenza di acqua nell'ambiente   |
|                          | Errata progettazione della zona di ricarica degli AGV (dimensione, aerazione ecc)                                       |
|                          | Mancata ricarica delle batterie di scorta del veicolo   |
|                          | Mancato o errato smaltimento di batterie esauste del veicolo  |
|                          | Ambiente con ridotta presenza di ossigeno   |
| Combinazione di pericoli | Attività ripetitiva + temperatura ambientale elevata  |
|                          | Rimozione dei ripari + sforzo   |
|                          | Movimentazione contemporanea di più veicoli   |
|                          | Comportamento imprevedibile dei comandi del veicolo a causa di interferenze magnetiche o sovratensioni                  |
|                          | Una persona avvia l'AGV all'insaputa di un'altra che non se lo aspetta  |
|                          | Malfunzionamento dei comandi con conseguenti azioni improvvise del veicolo  |
|                          | Malfunzionamento dei comandi con conseguente rilascio dei freni del veicolo, che causa il movimento per inerzia di esso |
|                          | Guasto di una protezione che non funziona come atteso   |
|                          | Allentamento di tubi e componenti che si separano o saltano via   |
|                          | Componenti installati impropriamente che creano movimenti o pericoli inattesi   |

|   |   |
|---|---|
|   | Parti in moto rotatorio ad elevata velocità che si rompono o si separano dai relativi supporti                    |
|   | Sovraccarico del veicolo o dell'equipaggiamento associato che porta a rotture o flessioni di componenti meccanici |
|   | Guasto di dispositivi di ritenzione   |
|   | Carico trasportato dall'AGV che cade o si rovescia  |
|   | Incidenti durante le fasi di installazione o smantellamento dell'AGV  |
|   | Presenza di una parte o componente del veicolo che può cadere se non installata o fissata correttamente           |
|   | Illuminazione insufficiente nella zona del guidatore o di altri utenti  |
| Pericoli legati al sistema di controllo | Perdita di comunicazione con il veicolo   |
|   | Guasto al sistema di controllo  |
|   | Guasto nei circuiti di controllo  |
|   | Errato ripristino dell'approvvigionamento energetico a seguito di una interruzione dell'alimentazione             |
|   | Errore nel software   |
|   | Scarsa visibilità dei dispositivi di comando  |
|   | Guasto nell'alimentazione   |
|   | Perdita di conduttività nei segnali di attivazione  |
|   | Guasto nel sistema dell'AGV   |
|   | Errato monitoraggio della posizione operativa dell'utente   |
| Pericoli di natura chimica              | Gas infiammabili o esplosivi (idrogeno) generati nella ricarica delle batterie                                    |
|   | Fumi creati da malfunzionamento dei veicoli   |
|   | Fumi creati dal malfunzionamento della ricarica delle batterie  |
|   | Contatto con sostanze in seguito a perdite o spillamenti  |
|   | Abrasioni durante la pulizia dei componenti   |
| Pericoli legati all'attuazione          | Sequenza o procedura scorretta  |
|   | Attuazione del veicolo involontaria   |
|   | Errata o mancata manutenzione   |

|  |  |
|--|--|
| Pericoli dovuti a montaggio e installazione, impostazione, manutenzione, pulizia, ricerca guasti | Mezzi di accesso insufficienti durante l'uso, l'impostazione e la manutenzione |
|  | Mancata o errata pulizia interna dell'AGV                                      |
|  | Intrappolamento nel veicolo  |
|  | Mancato svolgimento dei test di prova prima del primo utilizzo del veicolo AGV |
| Pericoli supplementari dovuti alla mobilità dei macchinari                                       | Movimento dell'AGV all'avviamento del motore                                   |
|  | Movimento dell'AGV senza alcun conducente al posto di guida quando richiesto   |
|  | Movimento dell'AGV senza tutte le parti in posizione di sicurezza              |
|  | Movimento dell'AGV senza il corretto posizionamento del carico                 |
|  | Velocità eccessiva degli AGV comandati da terra                                |
|  | Interferenza tra veicoli   |
|  | Insufficiente capacità di rallentamento dei veicoli                            |
|  | Insufficiente capacità di arresto dei veicoli                                  |
|  | Mancato stazionamento dei veicoli a seguito di un arresto                      |
| Pericoli legati alla posizione di lavoro sull'AGV (compresa la posizione di guida)               | Caduta di persone durante l'accesso al o dal posto di lavoro                   |
|  | Contatto di un operatore con le ruote dell'AGV                                 |
|  | Ribaltamento del veicolo   |
|  | Scivolamento dell'utente durante l'accesso                                     |
|  | Caduta di oggetti  |
|  | Contatto di utenti con parti del veicolo o con attrezzi di esso                |
| Pericoli dovuti al sistema di controllo dello sterzo   | Progettazione inadeguata dei comandi manuali                                   |
|  | Errato funzionamento dei comandi manuali                                       |
| Pericoli dovuti alla fonte di alimentazione e alla trasmissione di energia                       | Pericoli legati alla trasmissione di energia in movimento al motore            |
|  | Pericoli legati alle batterie del veicolo                                      |
| Pericoli da/per terzi  | Deriva di un pezzo dalla sua posizione   |
|  | Istruzioni insufficienti per il conducente/operatore                           |

|  |   |
|--|---|
| Pericoli dovuti a istruzioni insufficienti per il conducente/operatore | Addestramento insufficiente per il conducente/operatore   |
|  | Mancata presenza della segnaletica di sicurezza   |
| Pericoli supplementari per veicoli atti al sollevamento                | Caduta di carico  |
|  | Collisione  |
|  | Ribaltamento dell'AGV   |
|  | Mancanza di stabilità del veicolo   |
|  | Ampiezza incontrollata dei movimenti atti al sollevamento   |
|  | Movimenti imprevisti/involontari dei carichi  |
|  | Dispositivi di sostegno del carico inadeguati   |
|  | Inadeguata scelta di catene, funi, accessori di sollevamento e loro errata integrazione con la macchina |
| Pericoli di natura informatica   | Possibile attacco informatico al software del veicolo   |
|  | Manomissione intenzionale del software del veicolo  |
|  | Utilizzo di software terzi con il veicolo   |
|  | Collegamento al veicolo con un dispositivo elettronico esterno  |
|  | Controllo del veicolo da un dispositivo elettronico esterno   |
|  | Presenza di interferenze o input da persone esterne   |
|  | Corruzione del software accidentale   |
|  | Malfunzionamento della memoria che tiene conto degli interventi software e hardware avvenuti sull'AGV   |
|  | Scarsa protezione del software di sicurezza   |
|  | Possibile mutamento dell'intelligenza artificiale del veicolo   |
|  | Falla nel sistema di filtrazione delle informazioni   |
|  | Mancato rilevamento di una modifica software  |
|  | Mancato rilevamento di una modifica hardware del veicolo  |
|  | Mancato raccoglimento di statistiche o informazioni   |
|  | Mancato funzionamento del Wi-Fi del veicolo   |
| Azioni del veicolo oltre a quanto stabilito                            |   |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
|                                | Azioni del veicolo fuori dallo spazio di manovra  |
|                                | Malfunzionamento nel sistema di comando wireless dell'AGV   |
|                                | Mancato funzionamento in autonomia delle funzioni di sicurezza da parte dell'AGV (anche nel caso di supervisione da remoto) |
|                                | Interferenze tra telecomandi diversi e più veicoli AGV  |
| Pericoli di AGV in sotterraneo | Mancanza di stabilità   |
|                                | Emissione di gas di scarico   |
|                                | Creazione di scintille (soprattutto nel sistema di frenata)   |
|                                | Cortocircuito   |
|                                | Malfunzionamento dei dispositivi di comando di veicoli su rotaia  |
|                                | Mancato arresto del veicolo con conducente non in grado di arrestarlo   |

È doveroso ribadire che i pericoli elencati nella checklist riportata qui sopra non sono esaustivi di tutte le casistiche possibili di AGV.

Proprio in virtù delle svariate e molteplici applicazioni a cui possono essere destinati gli AGV e in virtù delle differenti tipologie e dimensioni è pressoché impossibile costruire una checklist esaustiva per tutte le casistiche di veicoli.

Nonostante ciò, la presenza di una checklist come questa può essere di grande aiuto ai professionisti che si cimentano nella identificazione dei pericoli degli AGV.

Nello studio della particolare applicazione di ogni veicolo AGV da progettare, a seconda delle varie esigenze, andranno ad esempio individuati requisiti differenti a seconda che il veicolo sia un veicolo da traino o da sollevamento, da essere utilizzato in sotterraneo o in superficie, di una certa dimensione (nei confronti dell'ambiente) o di una dimensione molto maggiore e così via.



# Capitolo 6

## Caso studio di un veicolo LGV

Quest'ultimo capitolo del lavoro di tesi è focalizzato su un caso reale di veicolo AGV, in particolare di un veicolo a guida laser, tipologia di veicolo descritto al Paragrafo 2.2.2.7. Il veicolo analizzato è molto simile e con le medesime caratteristiche di quello raffigurato in Figura 6.1.



*Figura 6.1 LGV analogo a quello oggetto del caso applicativo (Fonte: Formali, 2022)*

La metodologia di valutazione dei rischi scelta a livello applicativo e presentata nel capitolo 5, è messa in pratica in un caso concreto in questo capitolo, al fine di testarne le funzionalità e gli eventuali limiti.

Il contenuto del capitolo prevede una iniziale descrizione del veicolo LGV in oggetto, in termini di funzionamento, attività svolte, spazi e tipologia di interazioni con gli utilizzatori che interagiscono con il veicolo. A seguito della descrizione del veicolo vi è l'analisi dei rischi vera e propria.

## 6.1 Presentazione della macchina

La macchina analizzata in questo capitolo è un veicolo LGV denominato “LGV a trasporto”. Già dal nome è possibile intuire che si tratta di un veicolo automatico basato su navigazione guidata mediante laser ed equipaggiato per il trasporto di pallets ed unità di carico, movimentabili mediante rulli o catene.

Gli LGV a catenarie (o a rulliere) sono la famiglia di veicoli a guida automatica che dispone di un sistema di rulli atti a caricare il carico sull’LGV, per poi scaricarlo su altri rulli o nastri trasportatori. Tale tipologia di veicoli è solitamente utilizzata qualora il veicolo debba accostarsi ad un nastro trasportatore al fine di effettuare le operazioni di carico e scarico.

I pallets o unità di carico possono essere movimentati dall’LGV in oggetto all’interno dell’impianto nel quale opera, con destinazioni stabilite dalle direttive impartite dal sistema di controllo.

### 6.1.1 Caratteristiche tecniche

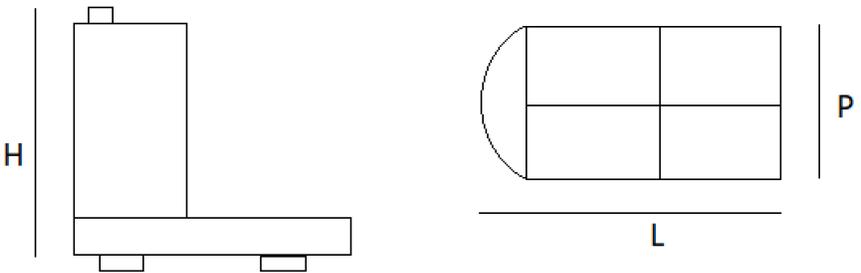
La struttura principale del veicolo LGV in oggetto è costituita da un telaio in tubolari e piastre d’acciaio saldate tra di loro. La parte frontale del carrello sostiene il quadro elettrico, le apparecchiature di comando e la batteria, mentre gran parte della restante parte del veicolo è atta a contenere i “trasportatori”. La compattezza della struttura permette di dare stabilità e supporto a tutti i dispositivi contenuti nel veicolo, quali:

- Gruppo motoruota: dispositivo di trazione per movimentare il veicolo, fissato su di una apposita piastra. La motoruota viene motorizzata da un motore elettrico con un gruppo riduttore;
- Gruppo carene: la struttura del veicolo è completamente carenata con carene nella parte superiore, inferiore e lateralmente, con carene in vetroresina, mentre la restante struttura è carenata con lamiera;
- Gruppo rullierina ACB: rullierina motorizzata per il carico – scarico della batteria principale del veicolo;
- Gruppo batteria principale: è la principale fonte di alimentazione del veicolo e si trova al centro del veicolo stesso, alimenta tutti i sistemi di locomozione e tutti i dispositivi di sicurezza;
- Gruppo batteria ausiliaria: permette al veicolo di muoversi autonomamente durante il cambio della batteria principale;

- Gruppo laser: gruppo che permette la navigazione laser, permettendo al veicolo di muoversi e svolgere le missioni impartite;
- Pannello elettrico principale: quadro elettrico montato sulla parte frontale del veicolo con tutti i dispositivi elettrici ed elettronici per il funzionamento sia manuale che automatico dell'LGV. È costituito anche da un gruppo di alimentazione e dal gruppo cavi di alimentazione;
- Antenna WiFi: antenna per la comunicazione del veicolo con il sistema di supervisione;
- Interruttore di potenza: dispositivo per attivare il funzionamento del veicolo;
- Gruppo ruote folli sinistra e destra: ruote per permettere il movimento del veicolo. Sono montate su perni con cuscinetto e fissate nella parte posteriore del veicolo lato conducenti
- Rulliera: struttura con piano di scorrimento per i rulli.

Nella tabella 6.1 riportata qui di seguito sono presenti alcune caratteristiche tecniche del veicolo, non riportate per intero per questioni di riservatezza:

Tabella 6.1 Dati del veicolo LGV

| Dati del veicolo   |                      |
|--|----------------------|
|  |                      |
| Dimensioni L-P-H   | X mm<br>X mm<br>X mm |
| Peso (escluse le batterie principali ed ausiliarie)                                  | X kg                 |
| Velocità   | X m/s                |
| Dati del sistema di trasporto  |                      |
| Peso massimo pallet A  | X kg                 |
| Peso massimo pallet B  | X kg                 |
| Peso massimo pallet C  | X kg                 |
| Peso massimo pallet D  | X kg                 |

Per quanto concerne le condizioni ambientali inerenti all'immagazzinamento del veicolo, esso dev'essere mantenuto in un ambiente riparato dagli agenti atmosferici e dalla luce diretta del sole, in un ambiente asciutto e non polveroso, con una temperatura prossima a quella ambiente.

L'ambiente di utilizzo dell'LGV dev'essere sempre asciutto e non polveroso, riparato dagli agenti atmosferici, lontano da sostanze corrosive e aggressive (acidi, soluzioni alcaline, sali ed altre).

*Tabella 6.2 Caratteristiche ideali della pavimentazione per l'LGV in oggetto*

| Condizioni ideali della pavimentazione |   |
|--|---|
| Resistenza alla compressione           | Min. X kg/cm <sup>2</sup>   |
| Coefficiente di attrito                | Min. X  |
| Rugosità                               | Max. X mm   |
| Planarità                              | +/- X mm entro una superficie di 4 m <sup>2</sup>   |
| Resistenza elettrica                   | Compresa tra X e Y ohm  |
| Posizione e qualità dei giunti         | La soluzione ottimale consiste in pavimenti senza giunti di contrazione, realizzati mediante appositi cementi. Una soluzione alternativa consiste nel disporre i giunti in senso obliquo (parte due della figura qui sotto) rispetto al senso di transito dei veicoli |

Nota fondamentale inerente all'ambiente, è che l'LGV analizzato nel presente lavoro di tesi non è adatto all'utilizzo in atmosfere esplosive (in accordo con la norma tecnica EN ISO 3691-4:2020).

Un altro aspetto fondamentale inerente all'installazione della macchina riguarda la verifica delle rulliere presenti nell'ambiente di lavoro. A tale fine, i piedi o altri elementi posizionati a circa 15/20 cm dal pavimento devono essere distanti almeno qualche decina di centimetri dall'estremità delle rulliere.

## 6.2 Descrizione del funzionamento

La macchina analizzata può funzionare con due modalità operative:

- Automatica: funzionamento automatico del veicolo LGV controllato dal sistema di supervisione, senza la necessità di interventi manuali;
- Manuale: funzionamento gestito da un operatore tramite il comando remoto.

Il veicolo LGV si muove liberamente nell'area di lavoro, seguendo traiettorie preimpostate e fermandosi in punti prestabiliti per eseguire operazioni automatiche di carico e scarico merci. È in grado di controllare il traffico e dare la precedenza ai veicoli e utenti presenti nel sistema.

Ai fini dei requisiti di sicurezza è doveroso notare che la rulliera del veicolo è in grado di funzionare e ruotare anche a veicolo fermo, costituendo un potenziale rischio per l'operatore.

Questo veicolo LGV è progettato per essere controllato da un computer di supervisione, il quale gestisce le operazioni di tutto l'impianto:

- Missioni di trasporto, carico e scarico di prodotti e materiali;
- Controllo del traffico dei veicoli;
- Sostituzione e ricarica delle batterie.

Il sistema di supervisione ed il veicolo comunicano via radio ed in caso di perdita del collegamento tra LGV e supervisore il veicolo si arresta automaticamente, riprendendo il proprio movimento a comunicazione ripristinata.

Il sistema di posizionamento del veicolo è costituito da un laser scanner che esamina l'ambiente circostante bidimensionale a 360°, inviando un segnale che viene riflesso da riflettori posti nell'ambiente circostante. La posizione del veicolo viene calcolata in base alle coordinate dei riflettori misurate con precisione dal veicolo. Se la posizione dell'LGV viene considerata valida, il veicolo è nel percorso e senso di marcia corretto e può quindi procedere in automatico con la navigazione.

### *6.2.1 Cambio batteria del veicolo*

La batteria, una volta scaricata, può essere sostituita mediante una procedura manuale o automatica. Una alternativa alla sostituzione della batteria è la ricarica della stessa, senza rimuoverla dal veicolo.

Nel caso di un cambio manuale della batteria, il veicolo viene inviato alla stazione di ricambio della batteria quando il livello di carica scende un determinato valore predefinito. L'operatore, una volta arrivato il veicolo, interviene eseguendo le operazioni necessarie alla sostituzione della batteria.

Nel caso del cambio automatico della batteria, le operazioni sono automatiche e si svolgono su stazioni controllate dal supervisore automatico, senza la necessità di alcun intervento manuale.

A batteria quasi scarica, il veicolo si porta nella zona di cambio batteria, dove scarica la batteria su una stazione momentaneamente vuota. Il veicolo, a seguito del deposito della batteria scarica, procede con la batteria di riserva fino alla stazione adibita al carico delle batterie completamente cariche. Al termine di questa procedura, il veicolo riprende completamente le sue normali funzioni operative.

La procedura di ricarica automatica può essere sintetizzata secondo quanto segue:

- Il veicolo comunica al sistema di monitoraggio il livello di carica della batteria a bordo;
- A batteria <25% (limite definito via software) il sistema di controllo invia il veicolo nella zona di cambio batteria, in prossimità di una stazione di sostituzione vuota;
- Il veicolo attiva le batterie supplementari e disattiva quella principale scaricandola sulla rulliera;
- Il PLC, che controlla lo stato di carica delle batterie presenti nella zona di ricarica, invia un segnale al sistema di controllo indicando quale batteria prelevare;
- Il sistema di controllo invia all'LGV un segnale indicante il punto nel quale prelevare la batteria;
- Il veicolo raggiunge la zona di carica della batteria e carica la nuova batteria principale;
- Al termine della procedura il veicolo invia al sistema di controllo un segnale indicante la fine delle operazioni di ricarica.

Nel caso in cui non si voglia sostituire la batteria vi è la possibilità di effettuarne la ricarica. Per far ciò, il sistema sfrutta periodi in cui il veicolo non sta svolgendo operazioni per posizionarsi in corrispondenza delle stazioni di ricarica ed eseguire il rifornimento.

### **6.3 Identificazione delle zone nell'ambiente**

Ai fini di un corretto e sicuro funzionamento dell'LGV è necessario che nell'ambiente di utilizzo siano correttamente individuate le zone pericolose. Sulla base dei percorsi, possono essere individuate le seguenti zone:

- Zona comune: zona non riservata esclusivamente al traffico del veicolo LGV, dove altri veicoli e persone possono transitare;
- Zona pericolosa: parte di una zona comune dove il personale è esposto ad un rischio maggiore per la salute e la sicurezza, ovvero aree con spazio insufficiente per il personale, aree in cui si esegue una operazione di trasferimento del carico ed aree che non possono

essere completamente protette dai dispositivi di rilevamento del personale. Le zone pericolose solitamente coincidono con le stazioni di carico/scarico e con gli spazi di sicurezza ridotti, ovvero aree nelle quali lo spazio libero laterale è inferiore a 0.5m e quello verticale inferiore a 2.1 m;

- Zona limitata: zona fisicamente separata e riservata al traffico dei veicoli LGV, nella quale solamente persone autorizzate possono entrare.

Le zone pericolose e le zone limitate devono essere debitamente segnalate e marcate (ad esempio con strisce giallo-neri, rosse, gialle), al fine di evitare errori dei lavoratori.

## **6.4 Dispositivi di sicurezza**

Il veicolo a guida laser in esame è dotato di una serie di dispositivi di sicurezza che verranno descritti nei prossimi paragrafi.

### *6.4.1 Pulsanti di arresto di emergenza*

La funzione di arresto di emergenza è atta ad evitare un possibile danno causato da un pericolo imminente per i lavoratori. Tale azione, è innescata necessariamente a livello manuale da un operatore, il quale preme uno dei quattro pulsanti rossi a fungo di arresto di emergenza presenti nel veicolo.

Premendo uno dei quattro pulsanti rossi di arresto di emergenza (Figura 6.2), il veicolo si arresta immediatamente in automatico. Oltre al veicolo si arrestano tutti gli attuatori presenti.

Condizione fondamentale e presente in questi pulsanti di arresto di emergenza è che una volta attivati, per riattivare la macchina è necessario prima di tutto sbloccarli mediante una azione manuale.

Per ripristinare il pulsante è necessario ruotarlo o tirarlo. Oltre a ciò, è necessario premere il pulsante di reset allarmi sulla pulsantiera, al fine di resettare gli allarmi presenti.



Figura 6.2 Pulsanti di arresto di emergenza del veicolo LGV (Fonte: Formall, 2022)

#### 6.4.2 Dispositivi anticollisione PLS

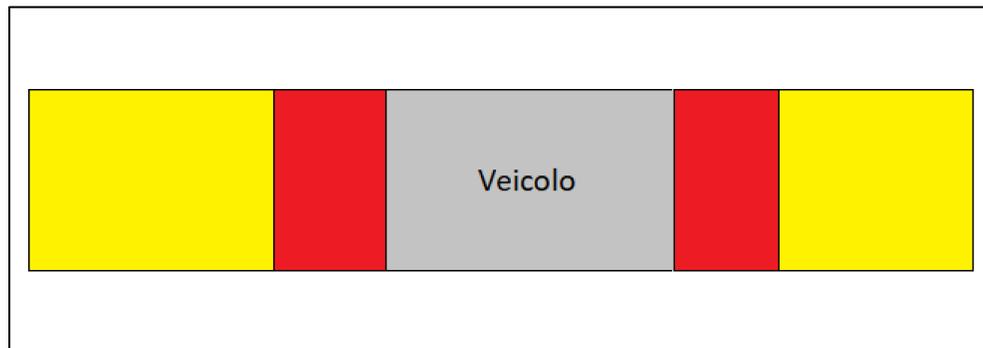
Il PLS (Laser Scanner di Prossimità), figura 6.3, è un dispositivo laser di sicurezza in grado di controllare lo spazio circostante sorvegliando una superficie planare, e verificando la distanza tra il veicolo ed un ostacolo presente lungo il percorso (fino ad una distanza di 4 metri).



Figura 6.3 Scanner Laser di Prossimità installato nel veicolo (Fonte: Gstatic, 2022)

La superficie controllata dallo scanner laser è suddivisa in due aree:

- Area protettiva: zona utilizzata come protezione (area di arresto, indicata in rosso nella figura 6.5). Il rilevamento di un oggetto all'interno dell'area protettiva causa l'arresto immediato del veicolo e del suo equipaggiamento;
- Area di pericolo: zona indicata in giallo nella figura 6.4, nella quale il rilevamento di un ostacolo provoca la riduzione di velocità del veicolo a 300 mm/s. altre eventuali operazioni del veicolo non vengono bloccate.



*Figura 6.4 Zone coperte dal PLS*

Gli ostacoli presenti ad una altezza inferiore o superiore a una ventina di centimetri non vengono rilevati e non provocano l'arresto del veicolo.

In riferimento alla figura 6.4, alla presenza di un ostacolo, il veicolo:

- 1: si muove alla velocità massima compatibile con il percorso al di fuori delle zone colorate;
- 2: riduce la velocità a 300 mm/s non appena l'ostacolo entra all'interno dell'area di warning (area gialla);
- 3: continua a muoversi a velocità ridotta come al punto 2, finché l'ostacolo non entra all'interno dell'area di protezione (area rossa);
- 4: all'interno dell'area rossa il veicolo LGV frena e si arresta prima di entrare a contatto con l'ostacolo;

### 6.4.3 Profili sensibili

I profili sensibili sono dispositivi di protezione montati su entrambi i lati del veicolo, ad una altezza da terra di circa 10 cm, atti ad arrestare il veicolo in caso di urto con un oggetto, generalmente durante il tragitto in curva o che si presenti sul fianco del veicolo.

La struttura stessa dei dispositivi richiede un contatto per azionarsi; questo significa che il veicolo si arresta solo dopo aver incontrato l'ostacolo.

In figura 6.5 sono raffigurati degli esempi di bordi sensibili, qui descritti. All'interno del profilo sensibile sono presenti un trasmettitore ed un ricevitore. In caso di collisione, il flusso tra emettitore e ricevitore viene interrotto. Il segnale che proviene dai profili sensibili viene dirottato ad un controllore, che provoca l'arresto del veicolo.



Figura 6.5 Bordi sensibili (Fonte: Tapeswitch, 2022)

### 6.4.4 Dispositivi di avvertimento

Segnalazioni visive ed acustiche (luci e sirene) sono utilizzate per avvisare del funzionamento e dello stato del veicolo.

Il veicolo è dotato di sistemi di segnalazione luminosi di colorazioni diverse, che vengono attivati per segnalare situazioni di funzionamento o di pericolo durante il movimento del veicolo LGV. L'LGV è dotato in totale di 3 luci anteriori ed una luce superiore, oltre a segnalatori arancioni, rossi (emergenza), rotoalarm (pericolo) e blu verde (LGV in modalità automatica) sul palo laser.

Oltre ai segnalatori visivi il veicolo è dotato di segnalatori acustici:

- Buzzer: bip acustico, attivo quando il veicolo è in movimento o muove una sua parte da fermo;
- Sirena costante: segnale acustico forte e costante atto ad indicare lo stato di allarme del veicolo;
- Sirena intermittente: segnale acustico forte ed intermittente ad indicare che il veicolo sta funzionando con dispositivi di sicurezza disabilitati o che il veicolo sta svolgendo una operazione con rischio elevato per la sicurezza.

## 6.5 Analisi dei rischi

Il metodo adottato nel caso pratico del presente capitolo per la classificazione del rischio è un metodo simile a quello che adotta la matrice di rischio della norma ISO/TR 14121-2:2012. Esso consiste nel considerare il rischio come il prodotto di tre fattori, probabilità, gravità e frequenza di un dato evento, secondo la seguente formula:

$$R = P \times G \times F \quad (\text{Formula 6.1})$$

Il metodo è descritto in maniera dettagliata nel Capitolo 5.

L'analisi dei rischi riassunta nella Tabella 6.3 qui di seguito riportata. Nella tabella sono presenti tutti i fattori di pericolo rilevati per il veicolo LGV in oggetto, gli scenari di pericolo derivanti, la condizione operativa nella quale sono presenti i fattori di pericolo, le misure preventive e protettive attualmente presenti, il rischio residuo che ne deriva, i parametri di valutazione dell'analisi del rischio e l'accettabilità del rischio stesso.

Tabella 6.3 Analisi dei rischi per il veicolo LGV considerato

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO                                   | SCENARIO DI PERICOLO   | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE   | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO  | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO  | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE  |
|--------|---|--|--|--|---|--|
| 1      | Pericolo di natura meccanica: mobilità della macchina | L'operatore entra con un'invasione laterale all'interno dell'area di protezione frontale (o posteriore) del veicolo. Rischio di urto e schiacciamento a causa dell'inerzia del veicolo e dello spazio minimo necessario al veicolo per arrestarsi completamente. | <u>Requisiti elettrici:</u><br>Il veicolo soddisfa i requisiti elettrici inerenti presenti nelle norme EN 1175-1, EN 1175-2, EN 1173-3 e IEC 60204-1.<br><u>Sistema di frenata:</u><br>Il sistema di frenata è in grado di operare in caso di interruzione dell'alimentazione, in caso di perdita di controllo del veicolo, è in grado di fermare il carrello entro pochi centimetri. Il sistema di frenata è in grado di mantenere il carrello fermo con il carico massimo supportato in una superficie piana e non pendente.<br><u>Controllo della velocità:</u><br>all'interno della Warning Area la velocità si riduce a 300mm/sec, mentre nella Protective Area vi è l'arresto del veicolo.<br><u>Segnalazione:</u><br>Attivazione di segnalazioni acustiche e luminose quando l'operatore entra in un'area a distanza inferiore ad 1 metro dal fronte e retro del veicolo.<br><u>Dispositivi di protezione:</u><br>il veicolo è dotato di 4 dispositivi per l'arresto di emergenza, conformi alla norma ISO 13850:2015. In dotazione al veicolo sono presenti scanner laser di prossimità (PLS) in grado di rilevare ostacoli fino a 4m di distanza, frontalmente. | Probabilità: 2<br>Gravità: 4<br>Frequenza o durata del pericolo: 2<br>Rischio ottenuto: 16<br><b>RISCHIO SIGNIFICATIVO</b> | <b>Non accettabile.</b><br>Dovrebbero essere presenti dei dispositivi di protezione per l'arresto di emergenza a scanner laser anche lateralmente al veicolo, almeno dal fronte e retro del veicolo per una distanza pari a 1m. | Probabilità: 1<br>Gravità: 3<br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br>Rischio ottenuto: 3<br><b>RISCHIO MINORE</b> |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO                                   | SCENARIO DI PERICOLO  | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE   | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO   | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO   | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE   |
|--------|---|---|--|---|--|---|
|        |   |   | <p>Lateralmente sono presenti invece dispositivi sensibili.</p> <p><u>Verifica dei requisiti:</u><br/>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.</p> <p><u>Informazioni per l'uso:</u><br/>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso.</p>   |   |  |   |
| 2      | Pericolo di natura meccanica: mobilità della macchina | <p>L'operatore entra all'interno dell'area di protezione frontale (o posteriore) del veicolo a seguito di un percorso in curva del veicolo.</p> <p>Il veicolo lateralmente si arresta solo a seguito del contatto con i profili sensibili.</p> <p>- frontalmente e posteriormente permangono i rischi di urto, trascinarsi, cesoiamento, intrappolamento, schiacciamento a causa dell'inerzia del veicolo e dello spazio minimo necessario al veicolo per arrestarsi completamente.</p> | <p><u>Requisiti elettrici:</u><br/>Il veicolo soddisfa i requisiti elettrici inerenti presenti nelle norme EN 1175-1, EN 1175-2, EN 1173-3 e IEC 60204-1.</p> <p><u>Sistema di frenata:</u><br/>Il sistema di frenata è in grado di operare in caso di interruzione dell'alimentazione, in caso di perdita di controllo del veicolo, è in grado di fermare il carrello entro pochi centimetri. Il sistema di frenata è in grado di mantenere il carrello fermo con il carico massimo supportato in una superficie piana e non pendente.</p> <p><u>Controllo della velocità:</u><br/>all'interno della Warning Area la velocità si riduce a 300mm/sec, mentre nella Protective Area vi è l'arresto del veicolo.</p> <p>In curva la velocità del veicolo è ridotta, per limitare la spinta dovuta ad un eventuale urto con un operatore.</p> <p><u>Segnalazione:</u></p> | <p>Probabilità: 2</p> <p>Gravità: 2</p> <p>Frequenza o durata del pericolo: 3</p> <p>Rischio ottenuto: 12</p> <p><b>RISCHIO SIGNIFICATIVO</b></p> | <p><b>Non accettabile.</b></p> <p>Dovrebbe essere presenti dei dispositivi di protezione per l'arresto di emergenza a scanner laser anche lateralmente al veicolo, almeno dal fronte e retro del veicolo per una distanza pari a 0,5m.</p> | <p>Probabilità: 1</p> <p>Gravità: 3</p> <p>Frequenza o durata del pericolo: 1</p> <p>Rischio ottenuto: 3</p> <p><b>RISCHIO MINORE</b></p> |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO   | SCENARIO DI PERICOLO  | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE   | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO  | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO   | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE   |
|--------|---|---|--|--|--|---|
|        |   |   | <p>Attivazione di segnalazioni acustiche e luminose quando l'operatore entra in un'area a distanza inferiore ad 1 metro dal fronte e retro del veicolo.</p> <p><u>Dispositivi di protezione:</u><br/>il veicolo è dotato di 4 dispositivi per l'arresto di emergenza, conformi alla norma ISO 13850:2015. In dotazione al veicolo sono presenti scanner laser di prossimità (PLS) in grado di rilevare ostacoli fino a 4m di distanza, frontalmente. Lateralmente sono presenti invece dispositivi sensibili.</p> <p><u>Verifica dei requisiti:</u><br/>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.</p> <p><u>Informazioni per l'uso:</u><br/>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso.</p> |  |  |   |
| 3      | Pericolo legato all'ambiente: presenza di carichi o oggetti sospesi nella zona di transito dell'AGV | Durante il movimento automatico del veicolo può esserci un contatto tra l'LGV e un oggetto sospeso da terra ad un'altezza superiore a 20cm (altezza da terra dei dispositivi di rilevamento), come ad esempio carichi sospesi da carroponti, gru ecc. | <p><u>Procedure:</u><br/>Procedure di lavoro atte a mantenere i percorsi dei veicoli LGV privi di ostacoli; formazione ed informazione del personale.</p> <p><u>Requisiti elettrici:</u><br/>Il veicolo soddisfa i requisiti elettrici inerenti presenti nelle norme EN 1175-1, EN 1175-2, EN 1173-3 e IEC 60204-1.</p> <p><u>Sistema di frenata:</u></p>  | <p>Probabilità: 2</p> <p>Gravità: 3</p> <p>Frequenza o durata del pericolo: 1</p> <p>Rischio ottenuto: 6</p> <p><b>RISCHIO SUBORDINATO</b></p> | <p><b>Non accettabile.</b></p> <p>Dovrebbero essere presenti dei dispositivi di protezione per l'arresto di emergenza a scanner laser anche sulla parte centrale e superiore del veicolo, al fine di meglio individuare oggetti sporgenti.</p> | <p>Probabilità: 1</p> <p>Gravità: 3</p> <p>Frequenza o durata del pericolo: 1</p> <p>Rischio ottenuto: 3</p> <p><b>RISCHIO MINORE</b></p> |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO | SCENARIO DI PERICOLO  | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE   | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE |
|--------|---------------------|---|--|---|--|---|
|        |                     | <p>Gli ostacoli sospesi non sono rilevabili, i rischi permangono, ma a seguito di adeguata formazione informazione e controlli essi sono ridotti.</p> | <p>Il sistema di frenata è in grado di operare in caso di interruzione dell'alimentazione, in caso di perdita di controllo del veicolo, è in grado di fermare il carrello entro pochi centimetri. Il sistema di frenata è in grado di mantenere il carrello fermo con il carico massimo supportato in una superficie piana e non pendente.</p> <p><u>Controllo della velocità:</u><br/>all'interno della Warning Area la velocità si riduce a 300mm/sec, mentre nella Protective Area vi è l'arresto del veicolo.</p> <p><u>Segnalazione:</u><br/>Attivazione di segnalazioni acustiche e luminose quando l'operatore entra in un'area a distanza inferiore ad 1 metro dal fronte e retro del veicolo.</p> <p><u>Dispositivi di protezione:</u><br/>il veicolo è dotato di 4 dispositivi per l'arresto di emergenza, conformi alla norma ISO 13850:2015. In dotazione al veicolo sono presenti scanner laser di prossimità (PLS) in grado di rilevare ostacoli fino a 4m di distanza, frontalmente. Lateralmente sono presenti invece dispositivi sensibili.</p> <p><u>Verifica dei requisiti:</u><br/>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.</p> <p><u>Informazioni per l'uso:</u></p> |   |  |   |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO  | SCENARIO DI PERICOLO   | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE   | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO  | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE |
|--------|--|--|--|--|--|---|
|        |  |  | Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso.   |  |  |   |
| 4      | Pericolo legato all'ambiente:<br>Ambiente e movimentazione del veicolo | L'operatore si trova in un'area chiusa e il veicolo va nella sua direzione, occupando l'unica via di fuga. | <p><u>Procedure:</u><br/>procedure per controllare e limitare l'accesso alle zone di lavoro pericolose.</p> <p><u>Sistema di frenata:</u><br/>Il sistema di frenata è in grado di operare in caso di interruzione dell'alimentazione, in caso di perdita di controllo del veicolo, è in grado di fermare il carrello entro pochi centimetri. Il sistema di frenata è in grado di mantenere il carrello fermo con il carico massimo supportato in una superficie piana e non pendente.</p> <p><u>Controllo della velocità:</u><br/>all'interno della Warning Area la velocità si riduce a 300mm/sec, mentre nella Protective Area vi è l'arresto del veicolo.</p> <p><u>Segnalazione:</u><br/>Attivazione di segnalazioni acustiche e luminose quando l'operatore entra in un'area a distanza inferiore ad 1 metro dal fronte e retro del veicolo.</p> <p><u>Dispositivi di protezione:</u><br/>il veicolo è dotato di 4 dispositivi per l'arresto di emergenza, conformi alla norma ISO 13850:2015. In dotazione al veicolo sono presenti scanner laser di prossimità (PLS) in grado di rilevare ostacoli fino a 4m di distanza, frontalmente.</p> | Probabilità: 2<br>Gravità: 1<br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br>Rischio ottenuto: 2<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO  | SCENARIO DI PERICOLO  | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE  | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO   | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE |
|--------|--|---|---|---|--|---|
|        |  |   | <p>Lateralmente sono presenti invece dispositivi sensibili.</p> <p><u>Verifica dei requisiti:</u><br/>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.</p> <p><u>Informazioni per l'uso:</u><br/>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso.</p>  |   |  |   |
| 5      | Pericolo di natura elettrica e meccanica: energia cinetica | Movimento manuale del veicolo: può verificarsi una situazione nella quale vi sono movimenti repentini ed inattesi del veicolo per velocità non controllata dall'operatore (brusca accelerazione e decelerazione. Permane un rischio residuo in quanto in modalità manuale i dispositivi di sicurezza atti ad identificare ostacoli possono essere disabilitati.). | <p>La principale misura di mitigazione introdotta è la riduzione della velocità massima in modalità manuale.</p> <p><u>Requisiti elettrici:</u><br/>Il veicolo soddisfa i requisiti elettrici inerenti presenti nelle norme EN 1175-1, EN 1175-2, EN 1173-3 e IEC 60204-1.</p> <p><u>Sistema di frenata:</u><br/>Il sistema di frenata è in grado di operare in caso di interruzione dell'alimentazione, in caso di perdita di controllo del veicolo, è in grado di fermare il carrello entro pochi centimetri. Il sistema di frenata è in grado di mantenere il carrello fermo con il carico massimo supportato in una superficie piana e non pendente.</p> <p><u>Controllo della velocità:</u><br/>all'interno della Warning Area la velocità si riduce a 300mm/sec, mentre nella Protective Area vi è l'arresto del veicolo.</p> <p><u>Segnalazione:</u></p> | <p>Probabilità: 1</p> <p>Gravità: 3</p> <p>Frequenza o durata del pericolo: 1</p> <p>Rischio ottenuto: 3</p> <p><b>RISCHIO MINORE</b></p> | <b>Accettabile</b>                                 |   |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO  | SCENARIO DI PERICOLO  | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE   | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO  | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO  | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE   |
|--------|--|---|--|--|---|---|
|        |  |   | <p>Attivazione di segnalazioni acustiche e luminose quando l'operatore entra in un'area a distanza inferiore ad 1 metro dal fronte e retro del veicolo.</p> <p><u>Dispositivi di protezione:</u><br/>il veicolo è dotato di 4 dispositivi per l'arresto di emergenza, conformi alla norma ISO 13850:2015. In dotazione al veicolo sono presenti scanner laser di prossimità (PLS) in grado di rilevare ostacoli fino a 4m di distanza, frontalmente. Lateralmente sono presenti invece dispositivi sensibili.</p> <p><u>Verifica dei requisiti:</u><br/>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.</p> <p><u>Informazioni per l'uso:</u><br/>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso.</p> |  |   |   |
| 6      | Pericolo legato all'ergonomia: movimentazione della batteria del veicolo | L'operatore viene ferito durante l'operazione di movimentazione della batteria tra LGV e stazione di ricarica. Urto, schiacciamento, trascinarsi, cesoiamento ed intrappolamento di persone dovuto al movimento della batteria durante il | <p>Funzionamento automatico della sostituzione della batteria senza la necessità dell'intervento umano.</p> <p>Bassa velocità di movimento della batteria sulla rulliera e all'interno del vano LGV.</p> <p><u>Verifica dei requisiti:</u><br/>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.</p>   | <p>Probabilità: 2</p> <p>Gravità: 2</p> <p>Frequenza o durata del pericolo: 1</p> <p>Rischio ottenuto: 4</p> <p><b>RISCHIO SUBORDINATO</b></p> | <p><b>Non Accettabile.</b></p> <p>La batteria viene movimentata solamente in maniera automatica. Nel caso non fosse possibile dev'essere movimentata solo da personale specializzato.</p> | <p>Probabilità: 1</p> <p>Gravità: 2</p> <p>Frequenza o durata del pericolo: 1</p> <p>Rischio ottenuto: 2</p> <p><b>RISCHIO MINORE</b></p> |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO                                    | SCENARIO DI PERICOLO   | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE   | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO   | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO   | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE  |
|--------|--|--|--|---|--|--|
|        |  | trasferimento tra la stazione e l'LGV.   | <u>Informazioni per l'uso:</u><br>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso.   |   |  |  |
| 7      | Pericolo di natura meccanica:<br>stabilità del carico. | Il carico potrebbe non essere nella posizione più idonea in ogni modalità operativa (ad esempio durante un arresto di emergenza). C'è il rischio che un eventuale carico disposto erroneamente sul veicolo possa cadere travolgendo e schiacciando gli operatori. Presenza di carichi sporgenti lateralmente. Permane un rischio residuo dato da un carico mal disposto sul veicolo, il quale potrebbe cadere o investire un lavoratore. | <u>Accelerazioni e decelerazioni controllate.</u><br><u>Requisiti elettrici:</u><br>Il veicolo soddisfa i requisiti elettrici inerenti presenti nelle norme EN 1175-1, EN 1175-2, EN 1173-3 e IEC 60204-1.<br><u>Sistema di frenata:</u><br>Il sistema di frenata è in grado di operare in caso di interruzione dell'alimentazione, in caso di perdita di controllo del veicolo, è in grado di fermare il carrello entro pochi centimetri. Il sistema di frenata è in grado di mantenere il carrello fermo con il carico massimo supportato in una superficie piana e non pendente.<br><u>Controllo della velocità:</u><br>all'interno della Warning Area la velocità si riduce a 300mm/sec, mentre nella Protective Area vi è l'arresto del veicolo.<br><u>Segnalazione:</u><br>Attivazione di segnalazioni acustiche e luminose quando l'operatore entra in un'area a distanza inferiore ad 1 metro dal fronte e retro del veicolo.<br><u>Dispositivi di protezione:</u><br>il veicolo è dotato di 4 dispositivi per l'arresto di emergenza, conformi alla norma ISO 13850:2015. In dotazione al | Probabilità: 1<br>Gravità: 3<br>Frequenza o durata del pericolo: 2<br>Rischio ottenuto: 6<br><b>RISCHIO SUBORDINATO</b> | <b>Non accettabile.</b><br>Dovrebbero essere presenti dei dispositivi di protezione atti ad individuare eventuali carichi sporgenti o non correttamente posizionati. | Probabilità: 1<br>Gravità: 3<br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br>Rischio ottenuto: 3<br><b>RISCHIO MINORE</b> |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO                          | SCENARIO DI PERICOLO  | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE  | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO   | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE |
|--------|--|---|---|---|--|---|
|        |  |   | <p>veicolo sono presenti scanner laser di prossimità (PLS) in grado di rilevare ostacoli fino a 4m di distanza, frontalmente. Lateralmente sono presenti invece dispositivi sensibili.</p> <p><u>Verifica dei requisiti:</u><br/>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.</p> <p><u>Informazioni per l'uso:</u><br/>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso.</p> |   |  |   |
| 8      | Sostanze e materiali                         | Una perdita dall'impianto idraulico (tubi, serbatoio dell'olio) può rendere scivoloso il pavimento del locale. Potrebbe inoltre esserci la proiezione di olio in caso di smontaggio di raccordi, tubi o parti dell'impianto idraulico in pressione. | <p>Idonea manutenzione periodica del veicolo.</p> <p>Valvola di protezione sul circuito idraulico.</p> <p><u>Verifica dei requisiti:</u><br/>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.</p> <p><u>Informazioni per l'uso:</u><br/>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso.</p>   | <p>Probabilità: 1</p> <p>Gravità: 2</p> <p>Frequenza o durata del pericolo: 1</p> <p>Rischio ottenuto: 2</p> <p><b>RISCHIO MINORE</b></p> | Accettabile  |   |
| 9      | Pericolo legato all'interferenza tra veicoli | Interferenza tra veicoli come carrelli elevatori e LGV:<br>-negli incroci;<br>-nelle zone di lavoro miste.  | Idonea segnalazione dei veicoli LGV, corretta formazione e informazione degli operatori dei veicoli, presenza di idonea segnaletica e visibilità  | <p>Probabilità: 3</p> <p>Gravità: 3</p> <p>Frequenza o durata del pericolo: 1</p>   | Accettabile  |   |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO   | SCENARIO DI PERICOLO   | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE   | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO  | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE |
|--------|---|--|--|--|--|---|
|        |   |  |  | Rischio ottenuto: 9<br><b>RISCHIO SUBORDINATO</b>  |  |   |
| 10     | Pericolo legato all'ambiente:<br>gradiente di pendenza                | Presenza di rampe nei locali di transito del veicolo.  | <u>Verifica dei requisiti:</u><br>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.  | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 3<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 3<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 11     | Pericolo di natura meccanica:<br>movimento dei rulli                  | Il rullo del veicolo atto a movimentare i carichi sopra di esso può schiacciare o intrappolare le dita di un operatore.  | <u>Informazioni per l'uso:</u><br>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso.   | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 2<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 2<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 12     | Pericolo di natura meccanica:<br>punti angolosi e taglienti           | Presenza di punti angolosi o bordi taglienti. Durante operazioni di manutenzione del veicolo, nelle quali è richiesto lo smontaggio della macchina è possibile entrare in contatto con parti ancolose o taglienti. | La carcassa del veicolo presenta bordi quanto più smussati possibili. Le operazioni di manutenzione sono effettuate da persone qualificate e secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione, e con un'adeguata informazione formazione e addestramento. | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 1<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 1<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 13     | Pericolo di natura meccanica:<br>Immagazzinamento di energia cinetica | Freni a molla e componenti soggetti ad energia cinetica possono accumulare energia che può essere rilasciata quando l'operatore esegue manutenzione  | I componenti che accumulano energia e che potrebbero rappresentare un pericolo durante la rimozione o lo smontaggio (ad esempio condensatori o freni a molla) sono dotati di mezzi per rilasciare l'energia prima della  | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 2<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1   | <b>Accettabile</b>                                 |   |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO  | SCENARIO DI PERICOLO  | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE  | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO   | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO  | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE  |
|--------|--|---|---|---|---|--|
|        |  | sul componente interessato.   | rimozione o dello smontaggio.   | Rischio ottenuto: 2<br><b>RISCHIO MINORE</b>  |   |  |
| 14     | Pericolo legato all'ambiente: instabilità del veicolo  | Il veicolo può perdere stabilità e ribaltarsi a causa di condizioni della pavimentazione non idonee.  | <u>Controllo delle caratteristiche del locale prima di introdurre il veicolo LGV:</u><br>-resistenza alla compressione > 250kg/cm <sup>2</sup> ;<br>-coefficiente di attrito almeno pari a 0.6;<br>-rugosità inferiore a 2mm;<br>-planarità pari a +/-4mm su una superficie di 4m <sup>2</sup> ;<br>-non presenza di giunti sulla pavimentazione, o presenza di giunti obliqui;<br><u>velocità massima:</u><br>imposizione della massima velocità raggiungibile dal veicolo per muoversi in condizioni di stabilità e sicurezza;                              | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 4<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 4<br><b>RISCHIO SUBORDINATO</b> | <b>Non accettabile</b><br>Necessario un controllo periodico dello stato della pavimentazione nella quale transita il veicolo.<br>Necessaria idonea informazione, formazione e addestramento ai lavoratori addetti nei locali dove sono presenti LGV in merito alle idonee condizioni ambientali da mantenere. | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 3<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 3<br><b>RISCHIO MINORE</b> |
| 15     | Pericolo di natura elettrica: ustione, folgorazione, essere gettati a terra, impatto, bruciature, fuoco, proiezione di particelle fuse, shock. | Nella zona del vano batterie e nella stazione di ricarica delle batterie può presentarsi il rischio elettrico dovuto alla presenza delle batterie. Elettrocuzione in caso di contatto con i poli della batteria o i contatti elettrici scoperti a bordo macchina. Surriscaldamento ed esplosione in caso di corto circuito fra i poli della batteria. | <u>Requisiti elettrici:</u><br>Il veicolo soddisfa i requisiti elettrici inerenti presenti nelle norme EN 1175-1, EN 1175-2, EN 1173-3 e IEC 60204-1.<br><u>Verifica dei requisiti:</u><br>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.<br><u>Informazioni per l'uso:</u><br>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso. In particolare, è necessario effettuare una corretta pulizia e | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 3<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 3<br><b>RISCHIO MINORE</b>      | <b>Accettabile</b>  |  |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO   | SCENARIO DI PERICOLO  | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE   | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO  | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE |
|--------|---|---|--|--|--|---|
|        |   |   | manutenzione della macchina e della batteria.<br>La ricarica delle batterie deve avvenire in zone aperte o con ventilazione sufficiente.   |  |  |   |
| 16     | Pericolo di natura elettrica:<br>ustione, folgorazione, essere gettati a terra, impatto, bruciature, fuoco, proiezione di particelle fuse, shock. | Nella zona del quadro elettrico della macchina e all'interno della sua struttura può presentarsi il rischio elettrico dovuto alla presenza del quadro elettrico e del materiale elettrico a bordo della macchina. | <u>Requisiti elettrici:</u><br>Il veicolo soddisfa i requisiti elettrici inerenti presenti nelle norme EN 1175-1, EN 1175-2, EN 1173-3 e IEC 60204-1.<br>Il veicolo presenta protezioni montate sui contatti elettrici accessibili.<br>Ventilazione nel quadro elettrico.<br><u>Verifica dei requisiti:</u><br>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.<br><u>Informazioni per l'uso:</u><br>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso. | Probabilità: 1<br>Gravità: 3<br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br>Rischio ottenuto: 3<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 17     | Pericolo di natura chimica;<br>Corrosione;<br>Avvelenamento;<br>Sensibilizzazione;<br>Infezione.  | Presenza di acido o sostanze chimiche che possono fuoriuscire dalle batterie.   | Corretta manutenzione periodica delle batterie secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione.<br>Informazione e formazione dei lavoratori.   | Probabilità: 1<br>Gravità: 1<br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br>Rischio ottenuto: 1<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 18     | Atmosfere esplosive.  | Formazione di atmosfere esplosive durante la ricarica delle batterie dei veicoli.   | ---  | Probabilità: 1<br>Gravità: 4   | <b>Accettabile</b>                                 |   |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO   | SCENARIO DI PERICOLO   | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE  | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO  | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE |
|--------|---|--|---|--|--|---|
|        |   |  |   | Frequenza o durata del pericolo: 1<br>Rischio ottenuto: 4<br><b>RISCHIO MINORE</b>                                 |  |   |
| 19     | Pericolo legato alle sostanze: formazione di fumi e gas tossici.  | A causa di elevate temperature o del cattivo stato di manutenzione del veicolo e del pacco batterie possono formarsi fumi tossici. | Corretta manutenzione periodica delle batterie e del veicolo secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione. Informazione e formazione dei lavoratori. | Probabilità: 1<br>Gravità: 1<br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br>Rischio ottenuto: 1<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 20     | Ergonomia: sovraccarico mentale del lavoratore; attività ripetitiva; illuminazione insufficiente; postura del lavoratore; sforzo. | A causa di errore umano o scorretta installazione del veicolo può esservi disagio, stress, fatica, disturbo muscoloscheletrico.    | Idonea progettazione, localizzazione e identificazione dei dispositivi di controllo. Idonea progettazione e ubicazione degli indicatori e dei display ottici.     | Probabilità: 2<br>Gravità: 1<br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br>Rischio ottenuto: 2<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 21     | Ambiente: Presenza di polvere e nebbia.   | Per cause climatiche o altri fattori interni.  | Il veicolo si ferma se non è presente adeguata visibilità per i sensori.  | Probabilità: 1<br>Gravità: 2<br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br>Rischio ottenuto: 2<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 22     | Radiazioni elettromagnetiche  | Pericolo dovuto all'ambiente nel quale   | Il veicolo filtra i segnali in arrivo   | Probabilità: 1<br>Gravità: 1   | <b>Accettabile</b>                                 |   |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO   | SCENARIO DI PERICOLO   | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE   | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO  | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE |
|--------|---|--|--|--|--|---|
|        |   | viene utilizzata la macchina.  |  | Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 1<br><b>RISCHIO MINORE</b>   |  |   |
| 23     | Combinazione di pericoli: attività ripetitiva, sforzo e temperature ambientale elevate. | Disidratazione degli operatori, perdita di consapevolezza, colpo di calore.    | <u>Informazioni per l'uso:</u><br>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso e le condizioni ambientali per l'utilizzo del veicolo, in particolare:<br>-temperatura compresa tra 5 e 40°C;<br>-umidità relativa massima pari all'80%. | Probabilità: 2<br><br>Gravità: 1<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 2<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 24     | Ambiente: illuminazione insufficiente   | Possibile infortunio per mancanza di visibilità degli operatori.               | Rispetto delle norme negli ambienti di lavoro  | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 3<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 3<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 25     | Rumore  | Nessuna origine di questo tipo di pericolo negli LGV in esame.                 | ---  | <b>Non presente</b>  | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 26     | Radiazioni  | Nessuna origine di questo tipo di pericolo negli LGV in esame.                 | ---  | <b>Non presente</b>  | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 27     | Manutenzione  | Malfunzionamento del veicolo e dei dispositivi di sicurezza ad esso associato. | <u>Informazioni per l'uso:</u><br>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti  | Probabilità: 2<br><br>Gravità: 4   | <b>Accettabile</b>                                 |   |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO   | SCENARIO DI PERICOLO  | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE   | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO   | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO  | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE                                |
|--------|---|---|--|---|---|--|
|        |   |   | le istruzioni per l'uso e per la corretta manutenzione del veicolo. Come previsto dal manuale, la manutenzione straordinaria è svolta dalla ditta costruttrice, mentre quella ordinaria solo da personale addestrato.  | Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 8<br><b>RISCHIO SUBORDINATO</b>   |   |  |
| 28     | Competenze e qualifica del lavoratore   | Un lavoratore non correttamente formato potrebbe effettuare le operazioni in modalità scorrette.  | <u>Informazioni per l'uso:</u><br>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso e per la corretta manutenzione del veicolo.<br>Utilizzo LGV solo da personale addestrato   | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 4<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 4<br><b>RISCHIO SUBORDINATO</b> | <b>Accettabile</b>  |  |
| 29     | Copertura o rimozione dei riflettori;<br>Ambiente: posizionamento di superfici riflettenti nei pressi dei riflettori. | A causa della rimozione di alcuni riflettori, la copertura di essi con oggetti e la presenza di superfici riflettenti si peggiora la qualità della navigazione, la quale può avvenire comunque grazie ai riflettori residui, ma con minor precisione e quindi aumentando il pericolo di contatto con operatori o oggetti. | Imposizione di un numero minimo di riflettori necessari per la navigazione del veicolo;<br>Formazione e informazione degli addetti che devono evitare gli scenari di pericolo esposti.<br>Arresto del veicolo qualora non vi sia una corretta comunicazione tra riflettori e veicoli.<br>Pulizia periodica dei riflettori. | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 3<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 3<br><b>RISCHIO MINORE</b>      | <b>Accettabile</b>  |  |
| 30     | Informatico: connessione alla macchina da parte di un altro dispositivo;  | Una connessione da parte di un dispositivo estraneo potrebbe comportare ad uno scorretto funzionamento  | ---  | <b>Probabilità: 1</b><br><br><b>Gravità: 4</b><br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1  | <b>Non accettabile.</b><br>Il prodotto macchina deve essere progettato e costruito in modo tale da fare sì che il collegamento ad esso di un altro dispositivo, tramite | <b>Probabilità: 1</b><br><br><b>Gravità: 3</b><br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1 |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO   | SCENARIO DI PERICOLO   | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE  | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO   | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO   | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE  |
|--------|---|--|---|---|--|--|
|        | Violazione del software della macchina;<br>Pericoli di natura informatica.  | dei dispositivi di sicurezza del veicolo.  |   | Rischio ottenuto: 4<br><b>RISCHIO SUBORDINATO</b>   | qualsiasi caratteristica del dispositivo connesso stesso o tramite qualsiasi dispositivo remoto che comunica con il prodotto macchina non determini una situazione pericolosa.<br>Software e dati critici per il rispetto da parte del prodotto macchina dei requisiti di sicurezza e di tutela della salute pertinenti devono essere individuati come tali e devono essere adeguatamente protetti da un'alterazione accidentale o intenzionale. | Rischio ottenuto: 3<br><b>RISCHIO MINORE</b>   |
| 31     | Stabilità   | Un oggetto caricato sul veicolo cade addosso ad un operatore.                        | Progettazione a regola d'arte dei componenti del veicolo.   | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 3<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 3<br><b>RISCHIO MINORE</b>      | <b>Accettabile</b>   |  |
| 32     | Meccanico:<br>le ruote del veicolo possono schiacciare i piedi un operatore | Nella fase di transito del veicolo una ruota passa sopra ad un piede di un operatore | <u>Sistema di frenata:</u><br>Il sistema di frenata è in grado di operare in caso di interruzione dell'alimentazione, in caso di perdita di controllo del veicolo, è in grado di fermare il carrello entro pochi centimetri. Il sistema di frenata è in grado di mantenere il carrello fermo con il carico massimo supportato in una superficie piana e non pendente.<br><u>Controllo della velocità:</u> | Probabilità: 2<br><br>Gravità: 3<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 6<br><b>RISCHIO SUBORDINATO</b> | <b>Non accettabile.</b><br>Dovrebbe essere presenti dei dispositivi di protezione per l'arresto di emergenza a scanner laser anche lateralmente al veicolo, almeno dal fronte e retro del veicolo per una distanza pari a 0,5m.  | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 3<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 3<br><b>RISCHIO MINORE</b> |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO  | SCENARIO DI PERICOLO   | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE   | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO   | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO  | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE  |
|--------|--|--|--|---|---|--|
|        |  |  | <p>all'interno della Warning Area la velocità si riduce a 300mm/sec, mentre nella Protective Area vi è l'arresto del veicolo.</p> <p><u>Segnalazione:</u><br/>Attivazione di segnalazioni acustiche e luminose quando l'operatore entra in un'area a distanza inferiore ad 1 metro dal fronte e retro del veicolo.</p> <p><u>Dispositivi di protezione:</u><br/>il veicolo è dotato di 4 dispositivi per l'arresto di emergenza, conformi alla norma ISO 13850:2015. In dotazione al veicolo sono presenti scanner laser di prossimità (PLS) in grado di rilevare ostacoli fino a 4m di distanza, frontalmente. Lateralmente sono presenti invece dispositivi sensibili.</p> |   |   |  |
| 33     | Meccanico e ambientale:<br>altezza da terra del veicolo o di parti di esso | Il veicolo o parti di esso scontra con il soffitto o con un oggetto sospeso. | <p><u>Procedure:</u><br/>Procedure di lavoro atte a mantenere i percorsi dei veicoli LGV privi di ostacoli; formazione ed informazione del personale.</p> <p><u>Verifica dei requisiti:</u><br/>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.</p> <p><u>Informazioni per l'uso:</u><br/>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso.</p>   | <p>Probabilità: 2</p> <p>Gravità: 3</p> <p>Frequenza o durata del pericolo: 1</p> <p>Rischio ottenuto: 6<br/><b>RISCHIO SUBORDINATO</b></p> | <p><b>Non accettabile.</b><br/>Una soluzione potrebbe essere l'installazione di un dispositivo di protezione per l'arresto di emergenza a scanner laser sulla sommità del palo atto alla navigazione laser del veicolo.</p> | <p>Probabilità: 1</p> <p>Gravità: 3</p> <p>Frequenza o durata del pericolo: 1</p> <p>Rischio ottenuto: 3<br/><b>RISCHIO MINORE</b></p> |

| NUMERO | FATTORE DI PERICOLO   | SCENARIO DI PERICOLO   | MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE ATTUATE  | PARAMETRI DI VALUTAZIONE E RISCHIO OTTENUTO  | ACCETTABILITÀ ED EVENTUALI AZIONI DI MIGLIORAMENTO | RISCHIO RICALCOLATO DOPO L'ADOZIONE DELLE MISURE PROPOSTE |
|--------|---|--|---|--|--|---|
| 34     | Progettazione e uso scorretto dell'arresto del veicolo di protezione ed emergenza | Riavvio inopportuno del veicolo a seguito di un arresto di emergenza.                                      | <u>Verifica dei requisiti:</u><br>I requisiti di sicurezza devono essere verificati prima dell'utilizzo dei veicoli secondo quanto indicato nel manuale di uso e manutenzione dell'LGV.<br><u>Informazioni per l'uso:</u><br>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso. | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 3<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 3<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |
| 35     | Sostanze  | Rilascio di idrogeno nella fase di ricarica delle batterie al piombo. Formazione di un'atmosfera esplosiva | <u>Informazioni per l'uso:</u><br>Nel manuale di uso e manutenzione (conforme alla norma ISO 12100) sono presenti le istruzioni per l'uso.<br>L'ambiente ed in particolare le superfici di aerazione dello stesso e l'ubicazione e le dimensioni delle stazioni di ricarica sono soggette alle norme tecniche specifiche.             | Probabilità: 1<br><br>Gravità: 4<br><br>Frequenza o durata del pericolo: 1<br><br>Rischio ottenuto: 4<br><b>RISCHIO MINORE</b> | <b>Accettabile</b>                                 |   |

### 6.5.1 Considerazioni sull'analisi dei rischi

Come è possibile notare dalla Tabella 6.3 la maggior parte dei fattori di pericolo analizzato presenta un livello di rischio stimato accettabile.

Alcuni fattori di pericolo, schematizzati nella tabella sottostante (Tabella 6.4), risultano però tutt'altro che trascurabili ed accettabili, richiedendo l'adozione di ulteriori misure al fine di ridurre il rischio che ne consegue.

*Tabella 6.4 Fattori di pericolo con rischio non accettabile*

| Fattore di pericolo   | Possibile scenario   |
|---|--|
| Mobilità della macchina in rettilineo                                 | L'operatore entra con un'invasione laterale all'interno dell'area di protezione frontale (o posteriore) del veicolo. Rischio di urto e schiacciamento a causa dell'inerzia del veicolo e dello spazio minimo necessario al veicolo per arrestarsi completamente.   |
| Mobilità della macchina in curva                                      | L'operatore entra all'interno dell'area di protezione frontale (o posteriore) del veicolo a seguito di un percorso in curva del veicolo. Il veicolo lateralmente si arresta solo a seguito del contatto con i profili sensibili. Frontalmente e posteriormente permangono i rischi di urto, trascinarsi, cesoiamento, intrappolamento, schiacciamento a causa dell'inerzia del veicolo e dello spazio minimo necessario al veicolo per arrestarsi completamente. |
| Presenza di carichi o oggetti sospesi nella zona di transito dell'AGV | Durante il movimento automatico del veicolo può esserci un contatto tra l'LGV e un oggetto sospeso da terra ad un'altezza superiore a 20cm (altezza da terra dei dispositivi di rilevamento), come ad esempio carichi sospesi da carroponti, gru ecc. Gli ostacoli sospesi non sono rilevabili, i rischi permangono, ma a seguito di   |

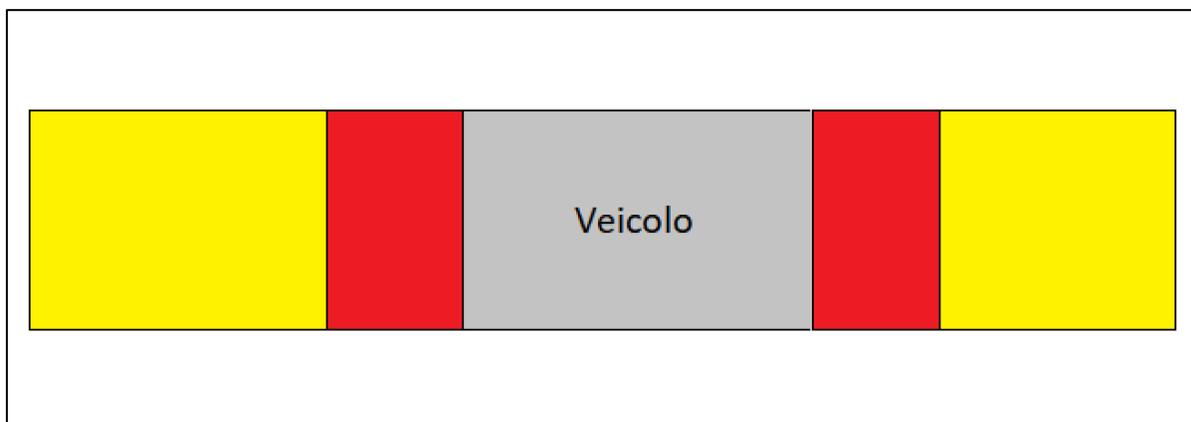
| Fattore di pericolo   | Possibile scenario   |
|---|--|
|   | adeguata formazione informazione e controlli essi sono ridotti.  |
| Stabilità del carico  | Il carico potrebbe non essere nella posizione più idonea in ogni modalità operativa (ad esempio durante un arresto di emergenza). C'è il rischio che un eventuale carico disposto erroneamente sul veicolo possa cadere travolgendo e schiacciando gli operatori. Presenza di carichi sporgenti lateralmente. Permane un rischio residuo dato da un carico mal disposto sul veicolo, il quale potrebbe cadere o investire un lavoratore. |
| Le ruote del veicolo possono schiacciare i piedi un operatore   | Nella fase di transito del veicolo una ruota schiaccia un piede di un operatore. Schiacciamento del piede di un operatore  |
| Connessione alla macchina da parte di un altro dispositivo;<br>Violazione del software della macchina;<br>Pericoli di natura informatica. | Una connessione da parte di un dispositivo estraneo potrebbe comportare ad uno scorretto funzionamento dei dispositivi di sicurezza del veicolo. Connessione alla macchina da parte di un altro dispositivo, la quale potrebbe comportare movimenti inattesi del veicolo e quindi incidenti.   |
| Combinazione di pericoli: attività ripetitiva, sforzo e temperature ambientale elevate  | Disidratazione degli operatori, perdita di consapevolezza, colpo di calore.  |

Nei prossimi paragrafi sono analizzati singolarmente i fattori di pericolo non adeguatamente coperti, indicando per ognuno possibili soluzioni tecniche.

### 6.5.1.1 Mobilità della macchina in rettilineo

Per quanto riguarda la mobilità della macchina in un generico percorso rettilineo, lo scenario di pericolo analizzato e non accettabile riguarda l'invasione laterale da parte di un operatore all'interno dell'area di protezione frontale (o posteriore) del veicolo.

Frontalmente e posteriormente il veicolo è dotato di un PLS (Laser Scanner di Prossimità), un dispositivo laser di sicurezza in grado di controllare lo spazio circostante sorvegliando una superficie planare, e verificando la distanza tra il veicolo ed un ostacolo presente lungo il percorso (fino ad una distanza di 4 metri). Tale dispositivo, copre solamente l'area frontale del veicolo, senza considerare le aree laterali, come indicato in Figura 6.6.

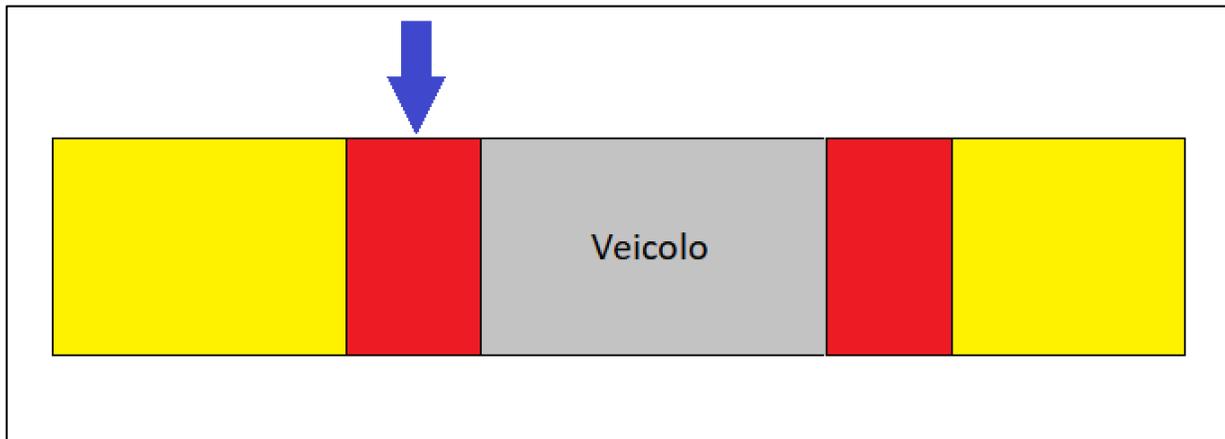


*Figurala 6.6 Copertura frontale e posteriore dei PLS del veicolo*

Lateralmente, il veicolo è dotato di profili sensibili, dispositivi di protezione montati su entrambi i lati del veicolo, ad una altezza da terra di circa 10 cm, atti ad arrestare il veicolo in caso di urto con un oggetto, generalmente durante il tragitto in curva o che si presenti sul fianco del veicolo.

Permane quindi un rischio di urto e schiacciamento a causa dell'inerzia del veicolo e dello spazio minimo necessario al veicolo per arrestarsi completamente, nel caso di invasione laterale dal fronte o retro dell'LGV di un operatore, come indicato con la freccia blu nella Figura 6.7.

Per ridurre il rischio sopra esposto, una possibile soluzione è l'introduzione di dispositivi di protezione per l'arresto di emergenza a scanner laser (PLS) anche lateralmente al veicolo, almeno dal fronte e retro del veicolo per una distanza pari a 1m, come in figura 6.8.



Figurala 6.7 Copertura frontale e posteriore dei PLS del veicolo



Figura 6.8 Esempio di possibile soluzione, con PLS che coprono anche una parte di superficie laterale (Fonte: Sick, 2022)

### 6.5.1.2 Mobilità della macchina in curva

Per quanto riguarda la mobilità della macchina in curva, lo scenario di pericolo considerato riguarda l'invasione laterale dell'area di protezione frontale (o posteriore) del veicolo a seguito di un percorso in curva del veicolo da parte di un operatore.

Lateralmente, il veicolo si arresta solo a seguito del contatto con i profili sensibili. Frontalmente e posteriormente permangono i rischi di urto, trascinarsi, cesoiamento, intrappolamento, schiacciamento a causa dell'inerzia del veicolo e dello spazio minimo necessario al veicolo per arrestarsi completamente.

Come per il pericolo inerente alla mobilità della macchina in rettilineo, una possibile soluzione è l'introduzione di dispositivi di protezione per l'arresto di emergenza a scanner laser (PLS) anche lateralmente al veicolo, almeno dal fronte e retro del veicolo per una distanza pari a 1m, come in figura 6.10.

Per ridurre ulteriormente i rischi per gli operatori, oltre alle protezioni sensibili laterali sui fianchi del veicolo possono essere installati due PLS con copertura pari a 0,5 m, al fine di individuare eventuali ostacoli e spazi stretti nel percorso.

#### 6.5.1.3 Presenza di carichi o oggetti sospesi nella zona di transito dell'AGV

Per quanto riguarda la presenza di carichi o oggetti sospesi nella zona di transito dell'AGV un possibile scenario di pericolo è il contatto tra l'LGV e un oggetto sospeso da terra ad un'altezza superiore a 20cm (altezza da terra dei dispositivi di rilevamento), come ad esempio carichi sospesi da carroponti, gru ecc, durante il transito automatico del veicolo.

I PLS installati nel veicolo sono posti ad altezza pari a circa 15/20 cm da terra. Ne consegue che l'area di sicurezza del PLS anteriore, posteriore e laterale è planare e parallela al terreno ad una altezza di circa 15/20 cm. Gli ostacoli presenti ad una altezza inferiore o superiore a questa non vengono rilevati e non provocano l'arresto del veicolo.

Una possibile soluzione al problema sopra esposto è l'installazione di un dispositivo di protezione per l'arresto di emergenza a scanner laser (PLS) sulla sommità del palo atto alla navigazione laser del veicolo, oltre alla corretta pulizia e manutenzione del pavimento del locale, il quale dev'essere sgombro da eventuali ostacoli (soprattutto quelli di altezza inferiore ai 20cm non rilevabili dal veicolo).

#### 6.5.1.4 Stabilità del carico

Per quanto riguarda il carico e la sua stabilità, esso potrebbe non essere nella posizione più idonea in ogni modalità operativa (ad esempio durante un arresto di emergenza).

È infatti presente il rischio che un eventuale carico disposto erroneamente sul veicolo possa cadere travolgendo e schiacciando gli operatori.

Un ulteriore pericolo è dovuto alla possibile presenza di carichi sporgenti lateralmente oltre la sagoma del veicolo, a causa dell'instabilità degli stessi che ha portato all'errata disposizione nella rulliera.

Per quanto riguarda una possibile soluzione al problema sopra esposto, dovrebbe essere presenti dei dispositivi di protezione atti ad individuare eventuali carichi sporgenti o non correttamente posizionati nella rulliera del veicolo.

#### 6.5.1.5 Schiacciamento del piede di un operatore

Per quanto riguarda il possibile schiacciamento del piede di un operatore da parte del veicolo, una possibile soluzione è l'introduzione di dispositivi di protezione per l'arresto di emergenza a scanner laser (PLS) anche lateralmente al veicolo, almeno dal fronte e retro del veicolo per una distanza pari a 1m, come in figura 6.10.

Tale dispositivo di sicurezza è indicato anche nella riduzione dei pericoli dovuti all'investimento di un operatore a causa della movimentazione del veicolo.

Il piede, per quanto riguarda il rischio di schiacciamento, è una delle parti del corpo più a rischio. In questo caso il rischio è accentuato dal fatto che essendo il piede più esposto del resto del corpo (a causa della sua disposizione più in avanti, ad esempio delle gambe) è più soggetto ad un possibile schiacciamento da parte delle ruote del veicolo.

Questo pericolo è accentuato dal fatto che i PLS del veicolo sono ad altezza 15/20 cm e non coprono lateralmente il veicolo (come indicato in figura 6.9).

#### 6.5.1.6 Pericoli di natura informatica

Per quanto riguarda i pericoli di natura informatica, essi possono riguardare:

- Possibile attacco informatico al software del veicolo;
- Manomissione intenzionale del software del veicolo;
- Utilizzo di software terzi con il veicolo;
- Collegamento al veicolo con un dispositivo elettronico esterno;
- Controllo del veicolo da un dispositivo elettronico esterno;
- Presenza di interferenze o input da persone esterne;
- Corruzione del software accidentale;
- Malfunzionamento della memoria che tiene conto degli interventi software e hardware avvenuti sull'AGV;
- Scarsa protezione del software di sicurezza;
- Possibile mutamento dell'intelligenza artificiale del veicolo;
- Falla nel sistema di filtrazione delle informazioni;
- Mancato rilevamento di una modifica software;
- Mancato rilevamento di una modifica hardware del veicolo;

- Mancato raccoglimento di statistiche o informazioni;
- Mancato funzionamento del Wi-Fi del veicolo;
- Azioni del veicolo oltre a quanto stabilito;
- Malfunzionamento nel sistema di comando wireless dell'AGV;
- Mancato funzionamento in autonomia delle funzioni di sicurezza da parte dell'AGV (anche nel caso di supervisione da remoto);
- Interferenze tra telecomandi diversi e più veicoli AGV.

Al fine di ridurre i rischi sopra esposti, il veicolo deve essere progettato e costruito in modo tale da fare sì che il collegamento ad esso di un altro dispositivo, tramite qualsiasi caratteristica del dispositivo connesso stesso o tramite qualsiasi dispositivo remoto che comunica con il prodotto macchina non determini una situazione pericolosa.

Software e dati critici per il rispetto da parte del prodotto macchina dei requisiti di sicurezza e di tutela della salute pertinenti devono essere individuati come tali e devono essere adeguatamente protetti da un'alterazione accidentale o intenzionale.

# Conclusioni

A conclusione del lavoro di tesi qui presentato risulta doveroso fare una breve analisi sui risultati conseguiti rispetto agli obiettivi di tesi inizialmente posti, delineando possibili sviluppi futuri del tema presentato.

L'analisi approfondita delle norme tecniche relative agli AGV e del nuovo Regolamento macchine, ha permesso di comprendere l'entità dell'attuale vuoto normativo nella presente norma tecnica rispetto al nuovo regolamento macchine. È infatti possibile notare, secondo anche quanto riportato nei capitoli soprastanti inerenti alla norma EN ISO 3691-4:2020, che non vi è alcun riferimento alle nuove tecnologie digitali ed alla sicurezza informatica della macchina. Non vengono infatti coperti dalla norma tecnica alcuni punti dei seguenti aspetti, trattati però nel nuovo regolamento ed esplicitati in maniera approfondita nel Capitolo 3 del presente elaborato inerente al nuovo Regolamento Macchine.

In un'era incentrata sulle nuove tecnologie, nella quale vi sono enormi e rapidissimi sviluppi tecnologici in ambito robotico, macchine a mobilità autonoma, IoT, macchine auto-apprendenti e telecomunicazioni la normativa a livello internazionale fa fatica a stare al passo con i tempi. Un esempio lampante di ciò è l'attuale Direttiva Macchine, per molti aspetti obsoleta e inadatta a trattare i requisiti in ambito sicurezza di queste nuove tecnologie.

Un aspetto fondamentale, raggiunto mediante questo lavoro di tesi, è la creazione di una checklist che raccoglie la maggior parte dei pericoli relativi ai veicoli a guida autonoma. La lista di pericoli non ha però la presunzione di essere completa e idonea in tutte le circostanze, in quanto ogni veicolo AGV dev'essere analizzato a sé e potrebbe contenere pericoli non presenti nella lista, a causa di possibili sfaccettature nella sua progettazione non considerate nel presente lavoro.

La checklist ed il metodo di analisi del rischio proposti per i veicoli AGV (indicati nel Capitolo 5) hanno permesso di analizzare in un caso concreto di veicolo autonomo a guida laser la funzionalità della metodologia presentata, al fine di identificare l'accettabilità o meno di un determinato rischio trovato.

Mediante l'analisi dei rischi, nel caso concreto di veicolo LGV si è trovata alcune "falle" in ambito sicurezza, le quali determinano un rischio residuo non trascurabile. Nella parte finale del Capitolo 6 è presente a tal proposito una lista di possibili miglioramenti da attuare alla macchina in oggetto, al fine di ridurre i rischi e riportarli ad un livello accettabile per la salute e sicurezza degli operatori.

In conclusione, l'auspicio in ambito internazionale ed europeo è quello di una uniforme, completa ed affidabile copertura normativa in ambito nuove tecnologie (anche per gli AGV) tuttora purtroppo molto lacunosa.



# Riferimenti bibliografici

1. ISO 12100:200, Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction;
2. ISO 14121-1:2007, Safety of machinery - Risk assessment - Part 1: Principles;
3. ISO/TR 14121-2:2012, Safety of machinery - Risk assessment - Part 2: Practical guidance and examples of methods;
4. EN ISO 3691-4:2020, Industrial trucks - Safety requirements and verification;
5. EN 1175:2020, Safety of industrial trucks - Electrical/ electronic requirements;
6. Direttiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, relativa alle macchine;
7. Bruxelles, 21/04/2021, Proposta di Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio sui prodotti macchina;
8. European Commission, Guide to application of the Machinery Directive 2006/42/EC, Edition 2.1 – July 2017;
9. Unione Artigiani e Piccola Industria di Belluno, Manuale tecnico guida alla Direttiva Macchine;
10. Matthias De Ryck, Mark Verstehey, Automated Guided Vehicle Systems, State-Of-The-Art Control Algorithms and Techniques;
11. Pilz, Safety on Automated Guided Vehicles, ottobre 2021;
12. Ti-chun Wang<sup>1</sup> & Chang-sheng Tong<sup>1</sup> & Ben-ling Xu, AGV navigation analysis based on multi sensor data fusion, 26/06/2018;
13. MHI, What is an AGV, 2012;
14. Concreta, Workshop: Il nuovo Regolamento UE sulle Macchine 2021;
15. Bertinelli S, Biffi F, Canesi M et al. Carrelli elevatori e viabilità sicura in azienda. Requisiti essenziali per l'uso in sicurezza dei carrelli elevatori. Ats Brianza; 2009;
16. INAIL, I transpallet manuali, guida 2019;
17. Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor, Survey of Occupational Injuries and Illnesses, in cooperation with participating state agencies, Employer-reported workplace injuries and illnesses – 2020;
18. Spisal ULSS 06 Vicenza, Sistema di sorveglianza epidemiologica degli infortuni lavorativi mortali e gravi finalizzata alla conoscenza e allo studio delle cause, 2007-2015;
19. DORS Piemonte, Dall'inchiesta alla storia: costruzione di un repertorio di storie di infortunio sul lavoro;
20. Giampiero Bondonno, Savina Fariello, L'ultimo giro di giostra, 10/02/2013;
21. INAIL, Informo - sistema di sorveglianza nazionale degli infortuni mortali e gravi sul lavoro, Tabelle descrittive eventi mortali e gravi 2015-2016;
22. Ullrich G., Automated Guided Vehicle Systems. A Primer with Practical Applications, Springer (2015);