

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE**  
**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DELLA**  
**SICUREZZA CIVILE E INDUSTRIALE**

**Tesi di Laurea Magistrale in**  
**Ingegneria della Sicurezza Civile e Industriale**

*Analisi post-incidentale applicata a caso studio aziendale nel  
settore metalmeccanico della Provincia di Vicenza*

*Relatore: Prof.ssa Ing. Chiara Vianello*

*Laureando: Luca Favarin*

**ANNO ACCADEMICO 2021-2022**



*Our greatest weakness lies in giving up.*

*The most certain way to succeed is always to **try just one more time**.*

*-Thomas Alva Edison-*



## Indice

<b>PREMESSA</b> .....	1
<b>CAPITOLO 1: INTRODUZIONE</b> .....	2
<b>1.1 Storia della normativa</b> .....	2
<b>1.2 La normativa oggi</b> .....	3
<b>1.2.1 Il concetto di Rischio</b> .....	5
<b>1.2.2 Valutazione dei Rischi</b> .....	5
<b>1.3 L'impatto economico e sociale della sicurezza sul lavoro</b> .....	6
<b>1.4 Infortunio sul lavoro definito dall'INAIL</b> .....	6
<b>1.4.1 Infortunio in itinere</b> .....	7
<b>1.5 Il bilancio nel 2020</b> .....	8
<b>1.6 Il settore Industriale</b> .....	9
<b>1.6.1 Fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari ed attrezzature)</b> .....	10
<b>1.7 Risultati della mancata sicurezza</b> .....	12
<b>CAPITOLO 2: MATERIALI E METODI</b> .....	14
<b>2.1 Gli open data di INAIL</b> .....	14
<b>2.2 Ottimizzazione del DATASET</b> .....	16
<b>2.2.1 Analisi dei dati</b> .....	18
<b>2.2.1.1 La provenienza</b> .....	24
<b>2.2.1.2 L'età</b> .....	28
<b>2.2.2 Il caso studio</b> .....	31
<b>2.2.2.1 La provenienza</b> .....	34
<b>2.2.2.2 L'età</b> .....	35
<b>2.3 Analisi Post-Incidentale</b> .....	37
<b>2.3.1 Tecniche strutturate di analisi</b> .....	38
<b>2.3.1.1 Approccio deduttivo:</b> .....	38
<b>2.3.1.2 Approccio induttivo</b> .....	39
<b>2.3.1.3 Approccio morfologico</b> .....	39
<b>2.4 Metodologie adottate</b> .....	39
<b>2.4.1 Fault Tree Analysis (FTA)</b> .....	39
<b>2.4.1.1 Definizione dei sistemi</b> .....	41
<b>2.4.1.2 Costruzione del sistema ad albero</b> .....	41
<b>2.4.1.3 Valutazione dell'albero dei guasti</b> .....	42
<b>2.4.1.3.1 Valutazione qualitativa</b> .....	42
<b>2.4.1.3.2 Valutazione quantitativa:</b> .....	43

2.4.1.3.3 Valutazione semi-quantitativa:.....	47
2.4.1.3.4 Metodo di applicazione .....	48
2.5 Causal Tree Method – CTM .....	53
2.5.1 Costruzione dell'albero.....	54
2.5.2 Conduzione dell'analisi.....	55
<b>3 Caso studio: Azienda del settore automotive, deformazione a freddo.</b> .....	<b>57</b>
3.1 Applicazione del Fault Tree Analysis .....	59
3.1.1 Caso studio 1: Ferita da taglio, 21 giugno 2021. ....	59
3.1.2 Caso studio 2: Schiacciamento, 11 settembre 2020. ....	60
3.1.3 Caso studio 3: Caduta, 21 aprile 2021.....	62
3.2 Applicazione del Causal Tree Method.....	64
3.2.1 Caso studio 1: Ferita da taglio, 21 giugno 2021. ....	64
3.2.2 Caso studio 2: Schiacciamento, 11 settembre 2020. ....	66
3.2.3 Caso studio 3: Caduta, 21 aprile 2021.....	68
3.3 Cause radice e possibili soluzioni .....	69
<b>CAPITOLO 4: CONCLUSIONI</b> .....	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>73</b>
<b>SITOGRAFIA</b> .....	<b>75</b>

## PREMESSA

La presente tesi nasce dalla profonda curiosità, nata in me, di scoprire e capire quali siano le cause origine degli infortuni sul lavoro, e in particolar modo nel settore dell'industria metalmeccanica.

Questa curiosità deriva anche dalla necessità, e dalla voglia di poter mettere in pratica le conoscenze teoriche, e farle diventare un solido fondamento per poterle poi applicare anche alla realtà che mi vede parte di un sistema molto complesso e vario: la realtà aziendale.

Nelle grandi industrie e aziende che trovano sfogo nei mercati mondiali ed europei, è ormai conosciuta e applicata da tempo la logica dei sistemi integrati di qualità, sicurezza e ambiente. La coesistenza di questi fattori è pratica assai nota e comune, che ha portato a grandi risultati in tutti i settori.

All'interno del modo aziendale ed industriale delle piccole e medie imprese, invece, non è ancora nota la necessità di una figura come il tecnico della sicurezza, che viene spesso tralasciata per dare sostegno a dipartimenti ritenuti di più diretta utilità, come la produzione, la qualità, il tecnico e le vendite. In realtà, al pari di tutte queste componenti, la sicurezza è fondamentale perché fa parte di un sistema che, come detto, risulta molto complesso, e si fonda sull'armonia di tutti questi settori per funzionare al meglio.

I risultati di una mancata gestione della sicurezza aziendale sfociano spesso in situazioni molto onerose per l'impresa, e non di meno per il Datore di Lavoro stesso, con conseguenze sia amministrative che, soprattutto, penali. Questo deriva dal fatto che in Italia la legge in materia di salute e sicurezza è sempre risultata carente, e il legislatore, nel corso degli anni, ha quindi voluto dare una forte spinta per incentivare i Datori di Lavoro a garantire una salvaguardia della vita e della salute delle persone che con lui stringono un contratto di lavoro.

Nel capitolo introduttivo, quindi, verrà illustrato brevemente come la normativa e la legislazione abbia percorso la strada dall'inizio fino ad oggi, e quali siano stati gli impatti economici della mancata sicurezza sul lavoro su tutto il territorio nazionale.

Nei capitoli successivi si indicherà il pensiero critico che ha portato allo sviluppo dei metodi di studio oggi utilizzati per l'Analisi Incidentale. In particolare, poi, si analizzeranno le metodologie di analisi più frequentemente utilizzate, e quali differenze intercorrano tra di esse, per poter capire quale sia quella di migliore applicazione in base alla situazione incidentale profilatasi.

Successivamente verranno analizzati casi incidentali degli open data Inail, e paragonati ad una realtà aziendale di esempio, per determinare la similitudine con la situazione generale italiana. Infine verranno studiate le cause attraverso l'applicazione di due/tre metodi di analisi post incidentale e verranno tratte le conclusioni in merito.

# CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

## 1.1 Storia della normativa

L'obbligo giuridico della sicurezza nei luoghi di lavoro non si basa solo sull'interpretazione e l'applicazione della normativa vigente, ma si inserisce in un quadro più ampio di evoluzione e trasformazione sia economica che sociale. Il percorso grazie al quale oggi disponiamo di un sistema moderno e che garantisca la salute dei lavoratori dipendenti inizia nel XIX secolo, con l'avvento della grande industria e del capitalismo, che determinarono il distacco tra l'imprenditore e il lavoratore dipendente, con la divisione che nacque dalle diverse necessità delle parti. Si delineò quindi l'espressione di "questione sociale": l'industrializzazione permise un rapido sviluppo economico, accompagnato da un forte aumento del costo della vita. Ciò portò i lavoratori ad aggregarsi per richiedere condizioni più favorevoli di lavoro.

Per assicurare queste condizioni più umane di lavoro, venne promulgata nel 1886 la "legge di tutela del lavoro dei fanciulli negli opifici, nelle cave e nelle miniere". Successivamente, nel 1899 venne assicurata la tutela dell'integrità fisica del prestatore d'opera con il Regolamento generale di prevenzione degli infortuni." (R.D. 18 giugno 1899, n.230).

Con la legge n.380 del 1906, si vennero ad istituire i primi tre Circoli di ispezione di Torino, Milano e Brescia, e con la Legge 22 dicembre 1912 n. 1361, nacque l'ispettorato dell'Industria e del Lavoro, a cui venivano assegnati l'obbligo di vigilanza e di sanzionamento per le infrazioni riscontrate dagli ispettori.

Nel periodo successivo alla grande guerra, la legislazione sociale si sviluppò notevolmente: prima con l'entrata in vigore della Carta del lavoro (1921), che sancì l'obbligo per gli organi dello stato di sorvegliare l'osservanza delle leggi sulla prevenzione dei infortuni e la polizia del lavoro, e di seguito con l'istituzione dell'Ispettorato Corporativo (1931), si ampliò il campo di intervento con l'implementazione di tutta la legislazione del lavoro in aziende industriali, commerciali, uffici e agricoltura.

Il grande balzo si ebbe con l'approvazione del Codice penale (1930), che all'art. 437 introdusse la fattispecie del delitto di rimozione di cautele contro infortuni sul lavoro, e agli artt. 589 e 590 le fattispecie di omicidio colposo e lesioni personali colpose per inosservanza di disposizioni sulla sicurezza del lavoro, o violazione del principio di tutela delle condizioni di lavoro posto dall'art. 2087 del Codice civile (1942).

Attorno a questo cardine si sviluppò un intero meccanismo, secondo il quale trovano fondamento tutte le leggi emanate successivamente che hanno avuto lo scopo di rendere effettiva l'obbligazione del codice civile, e quindi di tutti i decreti che regolarono poi le disposizioni dell'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro.

Nel 1948, con la pubblicazione della Costituzione della Repubblica Italiana, già dall'art. 1, che recita "repubblica, democratica, fondata sul lavoro", si denota uno spiccato spirito sociale su cui si basò poi la nuova legislazione degli anni a venire. In aggiunta, all'art. 41, premesso che l'iniziativa economica privata è libera, questa non può svolgersi in contrasto con l'utilità sociale e non deve recare danno alla sicurezza, alla libertà e alla dignità umana. Quindi il legislatore mise le basi per mettere la tutela della persona al primo posto, anche di fronte al ritorno economico (notevole differenza rispetto al principio del "*reasonable practicable*" della legislazione anglosassone).

Nel 1955 si ha la nascita del corpus normativo prevenzionale, tuttora valido, riguardo la protezione tecnologica delle macchine e delle attrezzature, trasferiti nel Testo Unico (TU) sulla sicurezza (D.lgs. 81/08).

Di particolare spicco si hanno:

- La prevenzione degli infortuni (DPR 547/1955);
- Igiene del lavoro (DPR 303/1956);
- La sicurezza del lavoro nelle costruzioni (DPR 164/1956).



Ora facenti tutti parte degli allegati al D.lgs. 81/08.

In ogni caso, le principali norme delegate, di cui alla legge 51/1955, sono state espressamente abrogate dal decreto correttivo 106/2009 al TU.

La normativa di cui oggi possiamo godere, però, è anche frutto di inclusioni del pensiero europeo e dell'esperienza degli stati membri, che attraverso le direttive comunitarie, hanno aiutato ad uniformare le leggi, per quanto possibile, tra i vari stati dell'unione europea.

Di primaria importanza è sicuramente stato il Trattato di Roma del 25 marzo 1957, che con la costituzione della Comunità economica europea (CEE) ha gettato le basi per un pensiero più rivolto al sociale, e il cui obiettivo era quello di assicurare una migliore qualità della vita dei cittadini europei, e di conseguenza dei lavoratori all'interno del territorio europeo.

La direttiva madre è la n. 89/391/CEE del Consiglio dei Ministri del 12 giugno 1989, concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro. Tale direttiva venne poi recepita dall'ordinamento nazionale con il D.lgs. 19 settembre 1994, n.626, il quale trasformò il sistema di tutela basato sulla prevenzione, introducendo il principio dell'organizzazione e gestione in sicurezza dei processi lavorativi. Questo decreto introdusse importanti novità quali la figura del Responsabile del Servizio di Prevenzione e di Protezione aziendale, e la figura del Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza, che avevano, e ancora oggi hanno, il compito di essere un tramite tra il Datore di Lavoro e i dipendenti.

Il legislatore, quindi, passò da un ordinamento basato essenzialmente sulla prevenzione tecnologica (abrogato poi dal D.lgs. 106/09) a un sistema di sicurezza globale che pone l'uomo, anziché la macchina, al centro della nuova organizzazione della sicurezza in azienda, con i doveri di informazione, formazione e partecipazione dei lavoratori alla sicurezza sul lavoro.

Congiuntamente, venne introdotta l'obbligatorietà di un servizio di prevenzione aziendale (interno o esterno) che impone all'imprenditore a costruire una "struttura" di consulenza per meglio assicurare l'osservanza dei concetti di prevenzione e protezione. Questo portò ad un'ampia crescita della legislazione di tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro.

Infine, con il D.lgs. 81/08 e la successiva integrazione del D.lgs.106/09, si sono quindi armonizzate e coordinate la massa di disposizioni legislative che nel corso del secolo precedente si erano accumulate, portando quindi ordine nel sistema giuridico per la sicurezza. L'obiettivo della commissione Parlamentare, infatti, fu quello di dotare il legislatore di un unico corpo normativo nei riguardi della Salute e Sicurezza sul Lavoro. Importanti obiettivi sono stati raggiunti con l'emanazione di questo decreto, che viene appunto indicato con il nome di Testo Unico per la Sicurezza, e che fa capire quanto questo sia ricco di nozioni nei riguardi della Salute e della Sicurezza Aziendali, derivanti dalla vasta e varia legislazione che negli anni si è susseguita.

Con l'ultimo aggiornamento del Decreto Legge 21 ottobre 2021, numero 146, il Ministero della Giustizia ha ulteriormente inasprito le sentenze verso i datori di lavoro inadempienti, e ha ulteriormente sottolineato l'importanza di una sorveglianza continua e ferrea, attribuendo maggiori responsabilità ai preposti, che dovranno essere riconosciuti formalmente con una lettera di incarico.

## 1.2 La normativa oggi

Come anticipato alla fine del paragrafo precedente, la normativa italiana per la Salute e Sicurezza sul Lavoro, ad oggi trova punto cardine fondamentale nel Testo Unico di riferimento (D.lgs. 81/08).

Questa normativa basa i suoi fondamenti sul principio di prevenzione del danno incidentale, obbligo che viene messo in capo al Datore di Lavoro.

Infatti, l'art. 2087 del Codice Civile recita come segue:

*“L'imprenditore è tenuto ad adottare nell'esercizio dell'impresa le misure che secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica sono necessarie a tutelare l'integrità fisica e la personalità morale dei prestatori lavoro”*

Questo significa che il Datore di Lavoro ha l'obbligo di impedire l'avvenire di un evento incidentale, e il verificarsi di questo evento, se non adeguatamente identificato e prevenuto, equivarrebbe al cagionare lo stesso, con ovvie conseguenze anche dal punto di vista penale.

A questo punto si profilano due situazioni giuridiche: l'omissione dolosa e l'omissione colposa.

Ma che differenza sussiste tra dolo e colpa?

E' a questo punto importante definire la distinzione fra dolo e colpa:

- *il dolo si ha quando un soggetto compie un'azione o un'omissione che rappresenta un reato con la consapevolezza di commettere l'illecito;*
- *la colpa si ha quando il fatto che integra reato è commesso da un soggetto per negligenza, imprudenza, imperizia o inosservanza di leggi, regolamenti, ordini o discipline.*

Le situazioni pericolose ai fini infortunistici in azienda, infatti, sono regolati da due differenti normative, a seconda che si tratti di omissioni volontarie (art. 437 Codice Penale) o colpose (art. 451 Codice Penale).

In caso di eventi infortunistici che hanno poi risvolti lesivi di tipo colposo, infatti, si applicano gli artt. 589 e 580 del Codice Penale, per omicidio colposo e lesioni personali colpose.

Questo fondamentale principio dettato dall'articolo 2087 del Codice Civile, è il punto di partenza di numerose norme e decreti, e viene integrato anche dal Testo Unico, che all'articolo 2, comma 1, definisce la prevenzione come il complesso di disposizioni o misure necessarie anche *secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica*, per evitare o diminuire i rischi professionali nel rispetto della salute e dell'integrità dell'ambiente. Potremmo quindi definire l'articolo 2087 c.c. come una “paracadute” che interviene laddove l'applicazione del D.lgs. 81/08 non risultasse sufficientemente adeguata per regolare una specifica situazione, evitando così una situazione di “vuoto” normativo.

Questo “paracadute” si basa sul principio della *massima sicurezza tecnologicamente possibile*, che nel Testo Unico è stata recepita sia all'articolo 15 “Misure generali di tutela”, che prevede *l'eliminazione dei rischi e, dove ciò non sia possibile, la loro riduzione al minimo in relazione, appunto, alle conoscenze acquisite in base al progresso tecnologico*; ma anche all'art. 18, che al comma 1 recita:

*“[omis.] aggiornare le misure di prevenzione in relazione ai mutamenti organizzativi e produttivi che hanno rilevanza ai fini della salute e sicurezza del lavoro, o in relazione al grado di evoluzione della tecnica della prevenzione e della protezione”*

Si capisce quindi per quale motivo si può tranquillamente definire il Testo Unico come “normativa prevenzionale”.

E infatti, sempre all'articolo 15 viene indicato come sia importante agire alla base dei rischi, eliminando o riducendo i pericoli, attraverso:

- *la valutazione dei rischi;*
- *l'eliminazione di questi;*
- *e la programmazione della prevenzione, tenendo conto di tutte le soluzioni più confacenti la realtà aziendale considerata, ma sempre con un occhio di riguardo al “paracadute” sopra discusso.*

Andiamo quindi a definire l'elemento principe della sequenza: la valutazione dei rischi.

### 1.2.1 Il concetto di Rischio

Il concetto del “rischio” viene utilizzato nell’Ingegneria della Sicurezza e non solo, per provare a quantificare il livello di sicurezza di una attività umana o di un sistema antropico.

Diversamente da quanto comunemente inteso, con il termine rischio non si va a definire una probabilità avversa, ma bensì il prodotto tra il danno atteso e la probabilità che questo avvenga si manifesti:

$$R = P \times D$$

Con R: rischio;

P: probabilità di accadimento dell’evento avverso;

D: danno atteso nel caso in cui l’evento avverso si manifesti.

Il concetto di rischio risale al XVIII secolo, quando l’economia assicurativa si trovò di fronte al dover quantificare in termini monetari il premio che doveva essere corrisposto contro eventuali danni.

### 1.2.2 Valutazione dei Rischi

La valutazione dei rischi è elemento fondamentale attorno al quale ruota la prevenzione nei luoghi di lavoro. Infatti, grazie alla valutazione dei rischi, il Datore di Lavoro può dare vita ad un documento che ne contiene le principali misure di prevenzione, il Documento di Valutazione dei Rischi (DVR). Tale documento risulta obbligatorio per la normativa, ma anche da un punto di vista concettuale aiuta, come detto, ad analizzare tutti i rischi, a valutarli e a fornire delle misure di prevenzione, protezione e gestionali per l’eliminazione di questi o, dove ciò non sia possibile, alla loro riduzione al minimo, al di sotto del limite considerato accettabile. Ciò che ne rimane si definisce Rischio Residuo.

Come accennato, il DVR, assieme alla nomina del Responsabile della Salute e Sicurezza sul Lavoro (RSPP), sono obblighi imposti come non delegabili nel Testo Unico, e sono quindi in capo esclusivamente al Datore di Lavoro, che se ne deve assumere la completa responsabilità (con delle eccezioni).

Ma allora a che ruolo assolve il RSPP?

Dalla definizione che troviamo nel Testo Unico, il responsabile del servizio di prevenzione e protezione è un soggetto nominato dal datore di lavoro, professionalmente competente in materia di salute e sicurezza, che però non possiede, per la natura della qualifica, “responsabilità” nei riguardi dei lavoratori, ma solo relativamente alla funzione di consulenza che svolge. Infatti, come specificato nel Testo Unico all’art. 33, il ruolo del RSPP è di consulenza e supporto al Datore di Lavoro, in quanto può proporre i programmi di formazione ed elabora misure di prevenzione, di protezione e procedure di sicurezza, ma senza prendere effettive decisioni in merito. In conclusione, ha l’obbligo giuridico di assolvere all’incarico affidatogli in maniera attenta e di collaborare con il datore di lavoro, individuando i rischi connessi all’attività lavorativa e fornendo le opportune indicazioni tecniche per risolverli, con la conseguenza che può essere chiamato a rispondere degli eventi che si verificano per effetto della violazione dei suoi doveri, e per la mancanza di professionalità e competenza.

Come definito dagli artt. 2082, 2086 e 2087 del Codice Civile, è il Datore di Lavoro il soggetto che ha poteri direttivi, decisionali e di spesa, ed è quindi solo lui quello che, in base alla tipologia del lavoro, della scienza e della tecnica deve provvedere alla tutela dei propri dipendenti.

Come stabilito dall’art. 16, il datore di lavoro può affidare una parte di tali responsabilità ad altri soggetti con ruoli dirigenziali, attraverso la delega di funzioni e attribuire loro questi poteri decisionali e di spesa.

Tuttavia il discorso non risulta essere così semplice. L’attribuzione della responsabilità penale, infatti, si basa soprattutto al ruolo *effettivamente* svolto nel concreto, e si parla quindi del *principio di effettività*:

*“Le posizioni di garanzia relative ai soggetti di cui all’articolo 2, comma 1, lettere b), d) ed e), gravano altresì su colui il quale, pur sprovvisto di regolare investitura, eserciti in concreto i poteri giuridici riferiti a ciascuno dei soggetti ivi definiti”*

Questo significa che, anche se il Datore di Lavoro dovesse avvalersi del potere di delega di funzioni, se poi egli non dovesse consentire che venga effettivamente svolto il lavoro da lui delegato, risulterebbe comunque a suo carico la responsabilità del possibile danno.

### 1.3 L’impatto economico e sociale della sicurezza sul lavoro

Nell’ultima relazione annuale dell’Agenzia Europea per la Salute e la Sicurezza sul Lavoro (EU-OSHA), viene evidenziato come sia urgente migliorare le condizioni di salute e sicurezza lavorative, sia da un punto di vista sociale, che prettamente economico. In particolare, si stima come nel 2015, i casi di infortunio non-fatale e fatale, paragonati ad altre nazioni europee, fossero i più elevati.

Tabella 1.1 Dati infortuni e malattie occupazionali relativi all’anno 2015:

Paese	Infortuni occupazionali		Malattie occupazionali	
	Non-fatali (>1 giorno)	Fatali	Non fatali	Fatali
Finlandia	63'407	35	67'795	628
Germania	1'158'865	450	1'088'793	13'924
Olanda	99'880	35	220'368	3'262
Italia	1'257'987	543	638'448	10'524
Polonia	697'337	301	454'090	4'663

E conseguentemente il costo economico derivato dagli infortuni e dalle malattie occupazionali dello stesso periodo, per il numero totale di casi sopra definito è riportato in tabella.

Tabella 1.2 Costo infortuni e malattie professionali.

Paese		Finlandia	Germania	Olanda	Italia	Polonia
Costi diretti	In milioni di euro	484	10'914	2'137	8'491	1'882
	In % totale	8	10	9	8	4
Costi indiretti	In milioni di euro	4'362	70'658	6'468	58'961	19'588
	In % totale	72	66	69	56	45
Costi intangibili	In milioni di euro	1'196	25'557	5'147	37'392	22'311
	In % totale	20	24	22	36	51
totale	In milioni di euro	6'042	107'129	23'751	104'844	43'781

Come si evince dai dati sopra esposti, i costi di un infortunio sono oneri molto importanti ed elevati, che gravano sia sull’infortunato, che poi sull’azienda e infine anche sulla società tutta.

### 1.4 Infortunio sul lavoro definito dall’INAIL

Gli infortuni sul lavoro sono fatalità che scaturiscono però dalla mancata applicazione delle misure di prevenzione, di protezione e gestionali da adottare per tutelare l’integrità fisica e morale dei proprio dipendenti (art. 2087 C.C.)

In Italia, la definizione dell'Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro (INAIL) definisce l'infortunio come "ogni incidente avvenuto per "causa violenta in occasione di lavoro" dal quale derivi la morte, l'inabilità permanente o l'inabilità assoluta temporanea per più di tre giorni" (art. 2 D.P.R. n°1124/65). Questo si differenzia dalla malattia professionale poiché l'evento scatenante è improvviso, violento e immediato, mentre nel caso di malattia professionale le cause sono lente e diluite nel tempo, e spesso le inabilità si manifestano dopo molto tempo, a volte anche dopo decenni.

Definiamo quindi i due concetti sopra citati:

La "causa violenta" sopra citata, è un fattore esterno all'ambiente di lavoro, che si presenta come azione intensa e concentrata nel tempo, e presenta le caratteristiche di efficienza, rapidità ed esteriorità. Può essere provocata da sostanze chimiche, tossiche, azioni meccaniche, sforzi muscolari, microrganismi, virus o parassiti e da condizioni climatiche e microclimatiche. In sintesi, una causa violenta è quindi un'aggressione che opera dall'esterno, danneggiando l'integrità sia fisica, ma anche psicologica del lavoratore.

Quella che invece viene definita "occasione di lavoro" è un concetto diverso e più sottile rispetto alle comuni espressioni "sul posto di lavoro" o "durante l'orario di lavoro", ma anzi, va oltre le comuni concezioni spaziali e temporali. Si tratta, infatti, di tutte quelle situazioni, comprese quelle ambientali, nelle quali si svolge l'attività lavorativa e nelle quali è presente ed imminente il rischio per il lavoratore. A provocare il danno eventuale possono essere:

- elementi dell'apparato produttivo
- situazioni e fattori propri del lavoratore
- situazioni ricollegabili all'attività lavorativa.

Non è sufficiente, quindi, che l'evento avvenga durante il lavoro, ma è necessario che questo si verifichi per causa del lavoro, così come appurato dal cosiddetto esame eziologico, ossia l'esame post incidentale che determina le cause dell'infortunio. Deve esistere, in sostanza, un rapporto, anche indiretto di causa-effetto tra l'attività lavorativa svolta dall'infortunato e l'incidente che causa l'infortunio.

Sono esclusi dalla tutela gli infortuni conseguenti ad un comportamento estraneo al lavoro, quelli simulati dal lavoratore o le cui conseguenze siano dolosamente aggravate dal lavoratore stesso.

Sono invece tutelabili gli infortuni accaduti per colpa del lavoratore, in quanto gli aspetti soggettivi della sua condotta (imperizia, negligenza o imprudenza), non assumono rilevanza per l'indennizzo dell'evento lesivo, sempreché si tratti di aspetti di una condotta comunque riconducibile nell'ambito delle finalità lavorative.

#### 1.4.1 Infortunio in itinere

Proprio perché l'incidente deve avvenire per causa del lavoro, L'Inail tutela i lavoratori anche nel caso di infortuni avvenuti durante il normale tragitto di andata e ritorno tra l'abitazione e il luogo di lavoro. Il cosiddetto infortunio in itinere può verificarsi, inoltre, durante il normale percorso che il lavoratore deve fare per recarsi da un luogo di lavoro a un altro, nel caso di rapporti di lavoro plurimi, oppure durante il tragitto abituale per la consumazione dei pasti, se non esiste una mensa aziendale. È stata riconosciuta l'indennità anche per l'infortunio occorso al lavoratore durante la deviazione del tragitto casa-lavoro dovuta all'accompagnamento dei figli a scuola. Qualsiasi modalità di spostamento è ricompresa nella tutela (mezzi pubblici, a piedi, ecc.) a patto che siano verificate le finalità lavorative, la normalità del tragitto e la compatibilità degli orari. Al contrario, il tragitto effettuato con l'utilizzo di un mezzo privato, compresa la bicicletta in particolari condizioni, è coperto dall'assicurazione solo se tale uso è necessitato.

Ma quali sono i criteri guida per individuare e riconoscere l'"occasione di lavoro"?

In questo senso individuiamo il cosiddetto rischio professionale e la finalità lavorativa.

Il rischio professionale è la base su cui si fonda l'assicurazione obbligatoria, dato che è il lavoro stesso che reca in sé il movente proprio dell'azione lesiva. Ossia, è la pericolosità del lavoro che costituisce la presunzione dell'esistenza del rischio.

Il rischio si può dividere in tre specie:

- generico: rischio a cui sono soggette tutte le persone durante le quotidiane abitudini di essere vittime di incidenti. Tale rischio non dà luogo ad infortunio professionale;
- generico aggravato: Tale rischio si manifesta quando il lavoratore, in ragione del proprio lavoro, è esposto con più frequenza ad un pericolo che verrebbe altresì definito come generico (es. investimento da parte di un carrello elevatore, o l'insolazione per gli operatori che lavorano sulle coperture nel periodo estivo); Queste situazioni rientrano nella definizione della legge di "occasione di lavoro";
- specifico: le persone che sono soggette a pericoli "speciali", ossia che per motivi di lavoro sono esposti a rischi non comuni (es. la caduta dall'alto, spazi confinati, e similari) sono quindi passibili di lesioni dovute ai cosiddetti rischi specifici dati dalla mansione. Il rischio professionale, determinato dal lavoro, è una particolare forma di rischio specifico.

L'altro criterio è la finalità del lavoro, che va ad integrare la definizione di "occasione di lavoro". Essa rappresenta l'obbligo derivante dal contratto di lavoro, in forza del quale l'operatore è tenuto alla prestazione dell'opera, esponendosi quindi al rischio professionale. Occorre quindi che le azioni compiute dal lavoratore siano direttamente o indirettamente legate al lavoro e alla mansione affidategli.

## 1.5 Il bilancio nel 2020

In Italia, nell'anno 2020, solo le "prestazioni sanitarie" fornite a causa di infortunio sono state 5,5 milioni.

I dati sulle denunce di infortunio, rispetto all'anno 2019 registrano un calo dei casi complessivi: 571mila denunce nel 2020 (-11,4% rispetto l'anno precedente), di cui un quarto relative a contagi da Covid-19.

Gli infortuni che sono poi stati riconosciuti sono stati 375mila, di cui 48mila (circa il 13%) avvenuti fuori dall'azienda, ovvero in itinere.

Una nota che però risulta negativa è l'incidenza dei casi mortali, con un aumento del 27,5% in più rispetto il 2019, che deriva soprattutto dai decessi causati dal Coronavirus, che corrispondono a più di un terzo delle morti totali segnalate dall'Inail. La pandemia ha condizionato molto l'andamento del fenomeno, in quanto si è ridotto l'esposizione al rischio di incidente in itinere, ma d'altro canto ha dato origine ad una nuova categoria di infortuni, dovuti al contagio da Covid.

Da questi dati è possibile, con pensiero critico, analizzare le cause di questo andamento che potremmo definire "positivo". Infatti, anche se le denunce di infortunio sono calate, abbiamo anche che nel biennio 2019/2020, molti datori di lavoro hanno ricorso allo *smart working* per il personale impiegatizio, dando così la possibilità di lavorare da remoto. E anche se il lavoro agile non è stato applicato al settore operaio, il calo di produzione nel settore industriale, ha comunque portato ad una riduzione dell'orario di lavoro, andando a ridurre il tempo di esposizione del personale ai rischi dell'attività lavorativa.

Tabella 1.3 Denunce di infortunio per modalità di accadimento e anno di accadimento. (Inal: Relazione annuale 2020 del Presidente, "Appendice Statistica", Roma, 19 Luglio 2021)

Modalità di accadimento	Anno di accadimento									
	2016		2017		2018		2019		2020	
In occasione di lavoro	542.556	84,63%	544.165	84,11%	541.699	83,94%	539.087	83,58%	505.736	88,54%
				0,30%		-0,45%		-0,48%		-6,19%
Senza mezzo di trasporto	521.722	81,38%	523.081	80,86%	521.081	80,74%	519.988	80,62%	492.702	86,26%
				0,26%		-0,38%		-0,21%		-5,25%
Con mezzo di trasporto	20.834	3,25%	21.084	3,26%	20.618	3,19%	19.099	2,96%	13.034	2,28%
				1,20%		-2,21%		-7,37%		-31,76%
In itinere	98.525	15,37%	102.768	15,89%	103.676	16,06%	105.906	16,42%	65.462	11,46%
				4,31%		0,88%		2,15%		-38,19%
Senza mezzo di trasporto	26.097	4,07%	30.134	4,66%	29.416	4,56%	32.003	4,96%	20.286	3,55%
				15,47%		-2,38%		8,79%		-36,61%
Con mezzo di trasporto	72.428	11,30%	72.634	11,23%	74.260	11,51%	73.903	11,46%	45.176	7,91%
				0,28%		2,24%		-0,48%		-38,87%
<b>Totale</b>	<b>641.081</b>	<b>100,00%</b>	<b>646.933</b>	<b>100,00%</b>	<b>645.375</b>	<b>100,00%</b>	<b>644.993</b>	<b>100,00%</b>	<b>571.198</b>	<b>100,00%</b>
				<b>0,91%</b>		<b>-0,24%</b>		<b>-0,06%</b>		<b>-11,44%</b>

## 1.6 Il settore Industriale

Data la mia vicinanza al settore industriale e produttivo, ho considerato opportuno selezionare i dati in maniera da avere una più chiara visione sul settore, ed è stato quindi deciso di focalizzare l'attenzione al settore di fabbricazione e produzione in metallo.

Dal focus sulle industrie, la statistica rivela una riduzione di oltre 20% negli infortuni in occasione di lavoro senza mezzo di trasporto tra l'anno 2019 e l'anno 2020.

Tabella 1.4 Denunce di infortunio per gestione tariffaria, modalità di accadimento e anno di accadimento. (INAIL: Relazione annuale 2020 del Presidente, "Appendice Statistica", Roma, 19 Luglio 2021)

Gestione tariffaria	Modalità di accadimento	Anno di accadimento									
		2016		2017		2018		2019		2020	
Industria	In occasione di lavoro	108.245	83,44%	112.653	83,44%	120.329	83,72%	121.529	83,45%	93.956	86,42%
				4,07%		6,81%		1,00%		-22,69%	
	Senza mezzo di trasporto	102.633	79,12%	106.812	79,12%	114.598	79,73%	116.131	79,74%	90.222	82,98%
				4,07%		7,29%		1,34%		-22,31%	
	Con mezzo di trasporto	5.612	4,33%	5.841	4,33%	5.731	3,99%	5.398	3,71%	3.734	3,43%
				4,08%		-1,88%		-5,81%		-30,83%	
	In itinere	21.479	16,56%	22.350	16,56%	23.406	16,28%	24.104	16,55%	14.768	13,58%
				4,06%		4,72%		2,98%		-38,73%	
	Senza mezzo di trasporto	3.309	2,55%	4.032	2,99%	4.141	2,88%	4.735	3,25%	2.912	2,68%
				21,85%		2,70%		14,34%		-38,50%	
Con mezzo di trasporto	18.170	14,01%	18.318	13,57%	19.265	13,40%	19.369	13,30%	11.856	10,90%	
			0,81%		5,17%		0,54%		-38,79%		
<b>Totale</b>	<b>129.724</b>	<b>100,00%</b>	<b>135.003</b>	<b>100,00%</b>	<b>143.735</b>	<b>100,00%</b>	<b>145.633</b>	<b>100,00%</b>	<b>108.724</b>	<b>100,00%</b>	
			<b>4,07%</b>		<b>6,47%</b>		<b>1,32%</b>		<b>-25,34%</b>		

Come si può intuire bene dai dati, gli infortuni in occasione di lavoro senza mezzo di trasporto ricoprono oltre l'80% dei casi di infortunio, con un aumento rispetto al 2019 di circa 3 punti percentuale. Anche in questo caso, a conferma di quanto esposto nel paragrafo precedente, si nota bene come vi sia stata una notevole riduzione degli altri incidenti, proprio per la variazione delle modalità del lavoro (calo di quasi il 40% negli infortuni in itinere, e del 30% degli infortuni con mezzo di trasporto).

### 1.6.1 Fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari ed attrezzature)

Volendo spingerci ancor di più nello specifico, analizzando il settore di attività economica, la *“fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari ed attrezzature)”* copre il 3% degli infortuni totali, il dato più alto assieme al settore delle costruzioni e dell’agricoltura.

Tale dato non è assolutamente confortante, in quanto la gravità degli infortuni in questo settore è molto elevata. Nella tabella successiva, infatti, si può chiaramente notare come le denunce di infortunio con esito mortale siano nettamente superiori a tutti gli altri settori, arrivando anche al 3,67% dell’anno 2020.

Tabella 1.5 Denunce di infortunio in occasione di lavoro per settore di attività economica ed anno di accadimento. Gestione Industria e Servizi. (INAIL: Relazione annuale 2020 del Presidente, “Appendice Statistica”, Roma, 19 Luglio 2021)



Settore di attività economica	Anno di accadimento									
	2016		2017		2018		2019		2020	
A Agricoltura, silvicoltura e pesca	2.628	0,63%	2.557	0,61%	2.501	0,60%	2.544	0,62%	3.780	0,85%
B Estrazione di minerali da cave e miniere	524	0,13%	465	0,11%	477	0,12%	458	0,11%	383	0,09%
C 10 Industrie alimentari	9.002	2,17%	9.156	2,20%	9.234	2,23%	9.074	2,21%	8.154	1,84%
C 11 Industria delle bevande	574	0,14%	644	0,15%	633	0,15%	645	0,16%	497	0,11%
C 12 Industria del tabacco	23	0,01%	29	0,01%	32	0,01%	19	0,00%	17	0,00%
C 13 Industrie tessili	1.669	0,40%	1.751	0,42%	1.751	0,42%	1.697	0,41%	1.135	0,26%
C 14 Confezione di articoli di abbigliamento, confezione di articoli in pelle e pelliccia	909	0,22%	883	0,21%	868	0,21%	893	0,22%	545	0,12%
C 15 Fabbricazione di articoli in pelle e simili	1.194	0,29%	1.397	0,34%	1.377	0,33%	1.342	0,33%	944	0,21%
C 16 Industria del legno e dei prodotti in legno e sughero (esclusi i mobili), fabbricazione di articoli in paglia e materiali da intreccio	3.405	0,82%	3.254	0,78%	3.287	0,79%	3.040	0,74%	2.230	0,50%
C 17 Fabbricazione di carta e di prodotti di carta	1.642	0,40%	1.798	0,43%	1.799	0,43%	1.844	0,45%	1.369	0,31%
C 18 Stampa e riproduzione di supporti registrati	1.225	0,30%	1.241	0,30%	1.186	0,29%	1.103	0,27%	1.535	0,35%
C 19 Fabbricazione di coke e prodotti derivanti dalla raffinazione del petrolio	121	0,03%	115	0,03%	111	0,03%	110	0,03%	112	0,03%
C 20 Fabbricazione di prodotti chimici	1.683	0,41%	1.701	0,41%	1.840	0,44%	1.724	0,42%	1.385	0,31%
C 21 Fabbricazione di prodotti farmaceutici di base e di preparati farmaceutici	784	0,19%	816	0,20%	828	0,20%	750	0,18%	788	0,18%
C 22 Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche	4.281	1,03%	4.425	1,06%	4.622	1,12%	4.481	1,09%	3.274	0,74%
C 23 Fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi	4.756	1,15%	4.687	1,13%	4.763	1,15%	4.656	1,13%	3.453	0,78%
C 24 Metallurgia	4.849	1,17%	4.988	1,20%	5.074	1,23%	4.634	1,13%	3.346	0,75%
C 25 Fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari e attrezzature)	17.310	4,18%	18.350	4,41%	19.568	4,73%	18.558	4,51%	13.228	2,98%
C 26 Fabbricazione di computer e prodotti di elettronica e ottica, apparecchi elettromedicali, apparecchi di misurazione e di orologi	834	0,20%	822	0,20%	860	0,21%	844	0,21%	652	0,15%
C 27 Fabbricazione di apparecchiature elettriche ed apparecchiature per uso domestico non elettriche	2.505	0,61%	2.614	0,63%	2.772	0,67%	2.687	0,65%	1.940	0,44%
C 28 Fabbricazione di macchinari ed apparecchiature nca	9.883	2,39%	10.209	2,45%	11.502	2,78%	11.126	2,70%	7.764	1,75%
C 29 Fabbricazione di autoveicoli, rimorchi e semirimorchi	2.457	0,59%	2.514	0,60%	2.669	0,64%	2.448	0,60%	1.735	0,39%
C 30 Fabbricazione di altri mezzi di trasporto	1.580	0,38%	1.525	0,37%	1.554	0,38%	1.476	0,36%	1.123	0,25%
C 31 Fabbricazione di mobili	2.885	0,70%	2.882	0,69%	3.096	0,75%	3.006	0,73%	2.098	0,47%
C 32 Altre industrie manifatturiere	1.251	0,30%	1.303	0,31%	1.305	0,32%	1.280	0,31%	878	0,20%
C 33 Riparazione, manutenzione ed installazione di macchine ed apparecchiature	2.933	0,71%	2.849	0,68%	3.047	0,74%	2.793	0,68%	2.190	0,49%
<b>C Totale Attività manifatturiere</b>	<b>77.755</b>	<b>18,79%</b>	<b>79.953</b>	<b>19,20%</b>	<b>83.778</b>	<b>20,24%</b>	<b>80.230</b>	<b>19,50%</b>	<b>60.392</b>	<b>13,60%</b>

Tabella 1.6 Denunce di infortunio con esito mortale in occasione di lavoro per settore di attività economica ed anno di accadimento. Gestione Industria e Servizi. (INAIL: Relazione annuale 2020 del Presidente, “Appendice Statistica”, Roma, 19 Luglio 2021)

Settore di attività economica	Anno di accadimento									
	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020
A Agricoltura, silvicoltura e pesca	13	1,81%	11	1,58%	7	0,89%	7	0,97%	13	1,14%
B Estrazione di minerali da cave e miniere	7	0,97%	5	0,72%	4	0,51%	5	0,69%	5	0,44%
C10 Industrie alimentari	13	1,81%	12	1,72%	21	2,67%	12	1,66%	29	2,53%
C11 Industria delle bevande	0	0,00%	2	0,29%	2	0,25%	2	0,28%	1	0,09%
C12 Industria del tabacco	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
C13 Industrie tessili	1	0,14%	4	0,57%	1	0,13%	1	0,14%	5	0,44%
C14 Confezione di articoli di abbigliamento, confezione di articoli in pelle e pelliccia	5	0,70%	0	0,00%	1	0,13%	3	0,41%	4	0,35%
C15 Fabbricazione di articoli in pelle e simili	0	0,00%	0	0,00%	2	0,25%	1	0,14%	2	0,17%
C16 Industria del legno e dei prodotti in legno e sughero (esclusi i mobili), fabbricazione di articoli in paglia e materiali da intreccio	10	1,39%	5	0,72%	4	0,51%	7	0,97%	6	0,52%
C17 Fabbricazione di carta e di prodotti di carta	1	0,14%	3	0,43%	1	0,13%	1	0,14%	4	0,35%
C18 Stampa e riproduzione di supporti registrati	2	0,28%	2	0,29%	3	0,38%	2	0,28%	6	0,52%
C19 Fabbricazione di coke e prodotti derivanti dalla raffinazione del petrolio	2	0,28%	0	0,00%	0	0,00%	1	0,14%	0	0,00%
C20 Fabbricazione di prodotti chimici	5	0,70%	2	0,29%	3	0,38%	3	0,41%	7	0,61%
C21 Fabbricazione di prodotti farmaceutici di base e di preparati farmaceutici	0	0,00%	0	0,00%	1	0,13%	1	0,14%	1	0,09%
C22 Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche	5	0,70%	4	0,57%	3	0,38%	3	0,41%	11	0,96%
C23 Fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi	11	1,53%	18	2,58%	11	1,40%	12	1,66%	7	0,61%
C24 Metallurgia	3	0,42%	6	0,86%	9	1,15%	7	0,97%	5	0,44%
C25 Fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari e attrezzature)	28	3,89%	30	4,30%	24	3,05%	42	5,80%	42	3,67%
C26 Fabbricazione di computer e prodotti di elettronica e ottica, apparecchi elettromedicali, apparecchi di misurazione e di orologi	2	0,28%	0	0,00%	1	0,13%	0	0,00%	1	0,09%
C27 Fabbricazione di apparecchiature elettriche ed apparecchiature per uso domestico non elettriche	1	0,14%	0	0,00%	3	0,38%	2	0,28%	8	0,70%
C28 Fabbricazione di macchinari ed apparecchiature nca	13	1,81%	14	2,01%	11	1,40%	15	2,07%	19	1,66%
C29 Fabbricazione di autoveicoli, rimorchi e semirimorchi	1	0,14%	3	0,43%	0	0,00%	5	0,69%	1	0,09%
C30 Fabbricazione di altri mezzi di trasporto	1	0,14%	3	0,43%	0	0,00%	2	0,28%	2	0,17%
C31 Fabbricazione di mobili	8	1,11%	3	0,43%	3	0,38%	5	0,69%	5	0,44%
C32 Altre industrie manifatturiere	2	0,28%	4	0,57%	1	0,13%	0	0,00%	8	0,70%
C33 Riparazione, manutenzione ed installazione di macchine ed apparecchiature	8	1,11%	6	0,86%	10	1,27%	5	0,69%	4	0,35%
<b>C Totale Attività manifatturiere</b>	<b>122</b>	<b>16,97%</b>	<b>121</b>	<b>17,34%</b>	<b>115</b>	<b>14,63%</b>	<b>132</b>	<b>18,23%</b>	<b>178</b>	<b>15,55%</b>

## 1.7 Risultati della mancata sicurezza

Per tirare quindi le somme, gettiamo lo sguardo alle statistiche relative al grado di menomazione, e ai relativi giorni di inabilità assoluta, raccolti nelle seguenti tabelle.

Tabella 1.7 Giorni di inabilità temporanea assoluta per anno di accadimento, modalità di accadimento e classe di menomazione. (INAIL: Relazione annuale 2020 del Presidente, "Appendice Statistica", Roma, 19 Luglio 2021)

Anno di accadimento	Modalità di accadimento	In assenza di menomazioni	Grado di menomazione						Totale	Esito mortale	Totale
			1 - 5	6 - 15	16 - 25	26 - 50	51 - 85	86 - 100			
2020	In occasione di lavoro	6.874.843	1.418.155	1.327.903	293.626	97.410	13.146	4.381	3.154.621	8.388	10.037.852
	Senza mezzo di trasporto	6.669.462	1.358.276	1.242.503	269.332	87.796	12.028	4.381	2.974.316	8.146	9.651.924
	Con mezzo di trasporto	205.381	59.879	85.400	24.294	9.614	1.118	0	180.305	242	385.928
	In itinere	717.461	271.451	306.259	57.684	20.214	3.719	1.356	660.683	405	1.378.549
	Senza mezzo di trasporto	183.203	96.693	86.539	11.680	3.284	161	0	198.357	105	381.665
	Con mezzo di trasporto	534.258	174.758	219.720	46.004	16.930	3.558	1.356	462.326	300	996.884
<b>Totale</b>		<b>7.592.304</b>	<b>1.689.606</b>	<b>1.634.162</b>	<b>351.310</b>	<b>117.624</b>	<b>16.865</b>	<b>5.737</b>	<b>3.815.304</b>	<b>8.793</b>	<b>11.416.401</b>

Tabella 1.8 Giorni medi di inabilità temporanea assoluta per anno di accadimento, modalità di accadimento e classe di menomazione. (INAIL: Relazione annuale 2020 del Presidente, "Appendice Statistica", Roma, 19 Luglio 2021)

Anno di accadimento	Modalità di accadimento	In assenza di menomazioni	Grado di menomazione						Totale	Esito mortale	Totale
			1 - 5	6 - 15	16 - 25	26 - 50	51 - 85	86 - 100			
2020	In occasione di lavoro	24,25	70,36	115,26	143,44	163,44	212,03	257,71	91,71	12,67	31,51
	Senza mezzo di trasporto	24,26	70,40	114,88	141,46	159,92	207,38	257,71	91,13	15,73	31,33
	Con mezzo di trasporto	23,85	69,63	121,13	169,89	204,55	279,50	-	102,50	1,68	36,71
	In itinere	25,24	69,82	115,96	156,33	196,25	232,44	271,20	94,09	3,58	38,76
	Senza mezzo di trasporto	30,13	72,32	115,85	125,59	205,25	80,50	-	90,37	15,00	46,08
	Con mezzo di trasporto	23,90	68,51	116,01	166,68	194,60	254,14	271,20	95,78	2,83	36,54
	<b>Totale</b>	<b>24,34</b>	<b>70,27</b>	<b>115,39</b>	<b>145,41</b>	<b>168,27</b>	<b>216,22</b>	<b>260,77</b>	<b>92,11</b>	<b>11,35</b>	<b>32,24</b>

Come si può vedere, il totale dei giorni di inabilità temporanea assoluta, per l'anno 2020, arriva a superare le 11 milioni di unità. Volendo fare un calcolo molto rudimentale, supponendo un operatore medio costi all'azienda circa 50 euro l'ora, questo corrisponde ad un costo a giornata di circa 400 euro.

Moltiplicando questo importo per le 11 milioni di giornate lavorative "perse" in infortunio, possiamo capire quale sia l'urgenza nella necessità di abbassare tempestivamente e consistentemente il numero di infortuni, e la gravità degli stessi, ad un livello il più basso possibile.

## CAPITOLO 2: MATERIALI E METODI

### 2.1 Gli *open data* di INAIL

I dati utilizzati come confronto in questo elaborato sono dati forniti pubblicamente dall'Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro (INAIL) nell'ambito del progetto "open data".

Le finalità del progetto sono quelle di individuare e rendere pubblici dati elementari, al fine di rappresentare con una certa confidenza il fenomeno degli infortuni sul lavoro e delle malattie professionali.

Il dataset impiegato contiene dati grezzi, elementari, che vengono raccolti con cadenza mensile e semestrale. Successivamente, questi dati vengono manipolati e resi più "operativi", al fine di renderli fruibili anche con un linguaggio comune, per tutte le persone non addette ai lavori.

Per la seguente analisi, si è scelto di lavorare con i dati a cadenza semestrale, in quanto più consolidati e perché i tempi amministrativi per la validazione e definizione dell'infortunio possono richiedere quasi un anno di attesa, in alcune casistiche.

I dati scelti coprono fino all'ultimo quinquennio disponibile, ed essendo raccolti su base regionale, è stato scelto di analizzare i dati della regione Veneto come dati di confronto. Le analisi sono basate sui quattro anni precedenti.

La struttura del dataset è la seguente:

- A. Localizzazione temporale: vengono definite la data di accadimento, la data di rilevazione, la data di definizione, la data di protocollo e la data di eventuale decesso.
- B. Localizzazione geografica dell'infortunio: luogo di accadimento;
- C. Caratteristiche dell'infortunato: l'identificativo, sotto forma di codice fiscale, il genere, l'età e il luogo di nascita;
- D. Le modalità dell'infortunio: modalità di accadimento, con o senza mezzo di trasporto;
- E. Caratteristiche amministrative della persona infortunata: identificativo del caso e definizione amministrativa;
- F. Caratteristiche medico-legali: la gravità dell'infortunio attraverso i giorni di menomazione, giorni indennizzati;
- G. Caratteristiche del Datore di Lavoro: ragione sociale, posizione assicurativa territoriale, gestione e gruppo tariffario.

In tabella si riporta la definizione dei dataset.

Tabella 2.1 Definizione dei dataset

Localizzazione dell'infortunio	temporale	Data di rilevazione	È la data di estrazione dei dati (registrati e validati) dagli archivi, qualifica temporalmente la base informativa.
		Data di protocollo (del caso)	È la data di protocollo del caso
		Data di accadimento	È la data in cui si è verificato l'infortunio
		Data di definizione	È la data della definizione amministrativa prevalente
		Data di morte	È la data di morte dell'infortunato
Localizzazione dell'infortunio	geografica	Luogo di accadimento	È il codice ISTAT della provincia ove è accaduto l'infortunio
Caratteristiche dell'infortunato		Identificativo dell'infortunato	Codice interno (per analisi longitudinali)
		Genere	È il genere dell'infortunato
		Età	È l'età dell'infortunato alla data di accadimento, espressa in anni compiuti
		Luogo di nascita	Codice catastale del luogo di nascita dell'infortunato
Modalità dell'infortunio		Modalità di accadimento	Codice della modalità (se in "occasione di lavoro" o in "itinerare")
		Con/senza mezzo di trasporto (coinvolto)	Codice della modalità (se "con" o "senza")
Caratteristiche amministrative dell'infortunio		Identificativo del caso	Codice interno (per analisi longitudinali)
		Definizione amministrativa	codice che caratterizza la situazione amministrativa del caso d'infortunio (se "positivo" o "negativo") o l'esito "in franchigia" o la situazione "in istruttoria"
		Definizione amministrativa dell'esito mortale	codice che caratterizza la situazione amministrativa del caso d'infortunio con esito mortale (se "positivo" o "negativo") o la situazione "in istruttoria"
		Indennizzo	codice della tipologia di indennizzo (se "in temporanea", "in capitale", "in rendita diretta", "in rendita a superstiti")

	Causa di negatività per l'esito mortale	codice della causa per cui il caso d'infortunio con esito mortale è definito negativo (se "attività non tutelata", per "carenza di documentazione valida", se per "difetto della condizione in itinere", per "difetto della condizione in occasione di lavoro", se per "esito mortale non riconducibile all'evento", se "persona non tutelata", se per "altre cause di negatività")
Caratteristiche medico-legali dell'infortunio	Grado di menomazione	grado complessivo della menomazione dell'integrità psicofisica dell'infortunato
	Giorni indennizzati	numero dei giorni indennizzati
Caratteristiche del Datore di Lavoro	Datore di Lavoro	codice interno identificativo del datore di lavoro (per analisi longitudinali)
	Posizione assicurativa territoriale	codice interno
	Settore di attività economica	il codice ATECO primario dell'assicurante
	Gestione	se "agricoltura", "industria e servizi", "per conto dello Stato"
	Gestione tariffaria	se "industria", "artigianato", "terziario", "altre attività"
	Grande gruppo tariffario	codice del grande gruppo tariffario (se "lavorazioni agricole e alimenti"; "chimica, carta e cuoi"; "costruzioni e impianti"; "energia e comunicazioni"; "legno e affini"; "metalli e macchinari"; "mineraria rocce e vetro"; "tessile e confezioni"; "trasporti e magazzini"; "attività varie")

## 2.2 Ottimizzazione del DATASET

Vista la notevole mole di dati, è stato scelto di operare delle selezioni, andando a trascurare alcune variabili.

Nello specifico sono state selezionate:

- A. Localizzazione temporale: l'unico riferimento temporale mantenuto è la data di accadimento, in quanto volendo analizzare l'incidenza degli infortuni, si è ritenuto più utile riferirsi esclusivamente all'evento, e non alle successive implicazioni protocollari.
- B. Localizzazione geografica dell'infortunio: al fine di ottimizzare la lettura dei dati, è stato sostituito il codice della provincia con il nome corrispondente, come definito dalla definizione dell'ISTAT per i codici statistici delle unità amministrative territoriali:
  - a. 23 -> Verona;
  - b. 24 -> Vicenza;
  - c. 25 -> Belluno;

- d. 26 -> Treviso;
- e. 27 -> Venezia;
- f. 28 -> Padova;
- g. 29 -> Rovigo;

Si è quindi considerato l'insieme di tutti gli infortuni accaduti in Veneto nel periodo selezionato, e si è poi fatto un successivo paragone con i dati riferiti solo alla Provincia di Vicenza.

- C. Caratteristiche dell'infortunato: è stato scelto di trascurare l'identificativo dell'infortunato, perché non rilevante ai fini statistici. Sono state mantenute le caratteristiche di età e luogo di nascita. Si è deciso però di non considerare i dati relativi agli infortuni occorsi a persone di sesso femminile, in quanto la realtà di comparazione non presenta operatori di sesso femminile se non nel reparto uffici, nel quale, nel periodo considerato, non si sono registrati infortuni di alcun genere.
- D. Modalità dell'infortunio: sono stati considerati i valori di infortunio della variabile "occasione di lavoro", e trascurati gli incidenti in itinere. Sono però stati mantenuti i dati relativi agli incidenti in occasione di lavoro che hanno coinvolto un mezzo di trasporto; Non sono stati considerati come infortuni i dati relativi al contagio del Nuovo Coronavirus, e non sono stati quindi inseriti nell'approfondimento statistico, in quanto nella realtà aziendale di comparazione non è stata considerato infortunio sul lavoro il contagio da coronavirus.
- E. Caratteristiche amministrative: eliminate, in quanto non utili ai fini del presente lavoro di Tesi;
- F. Caratteristiche medico legali: utilizzata la variabile "grado di menomazione", in quanto rappresentativa per l'indice di gravità di infortunio, e la variabile "giorni di indennizzo", in quanto fornisce un'informazione riguardo i giorni di lavoro "persi" per infortunio e i relativi costi di una mancata sicurezza; sono stati eliminati gli estremi dei dati: trascurati quindi i dati relativi agli infortuni con 0 giorni indennizzati e i dati relativi agli incidenti mortali.
- G. Caratteristiche del Datore di Lavoro: I dati scelti sono quelli che hanno lo stesso settore di attività (quindi lo stesso codice ATECO), e il grande gruppo tariffario riferito ai metalli e macchinari, in modo da rendere calzante il paragone tra la realtà aziendale oggetto di analisi e il settore metallurgico in generale in Veneto. Mantenuto quindi il settore di attività, ma eliminati la gestione, gestione tariffaria e il gruppo tariffario, visto che la variabile è stata fissata.

Andiamo quindi a paragonare la situazione infortunistica del settore Metalmeccanico in Veneto con la realtà oggetto di successiva analisi post-incidentale, per fornire un contesto più dettagliato riguardo alla situazione passata ed attuale.

### 2.2.1 Analisi dei dati

Andiamo ad analizzare la situazione infortunistica generale.

Come si può notare, la tendenza ricostruita a partire dai dati selezionati (circa 2000 infortuni denunciati), evidenzia una decrescita, seppur lieve, dal 2016 al 2020 per quanto riguarda la variabile “giorni di indennizzo”. La variabile “grado di menomazione”, invece, non si notano miglioramenti, con un indice di gravità che rimane quindi costante nel tempo.

Se però restringiamo il campo di analisi alla provincia di Vicenza (circa 550 infortuni denunciati), si nota una controtendenza, con un aumento della variabile “giorni di indennizzo” nel quadriennio selezionato. Ancor di più se si pensa che dall’inizio dell’anno 2020 è iniziata la pandemia di SARS-CoV-2, che ha costretto molti dipendenti a fare uso del lavoro agile per continuare la propria attività. Non di meno, il “grado di menomazione”, legato alla gravità di infortunio, è salito in maniera decisamente importante nell’ultimo anno considerato (53 infortuni denunciati nel 2020).

Grafico 2.2.1.1 Giorni indennizzati per infortuni compresi nel periodo 2016-2020. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)

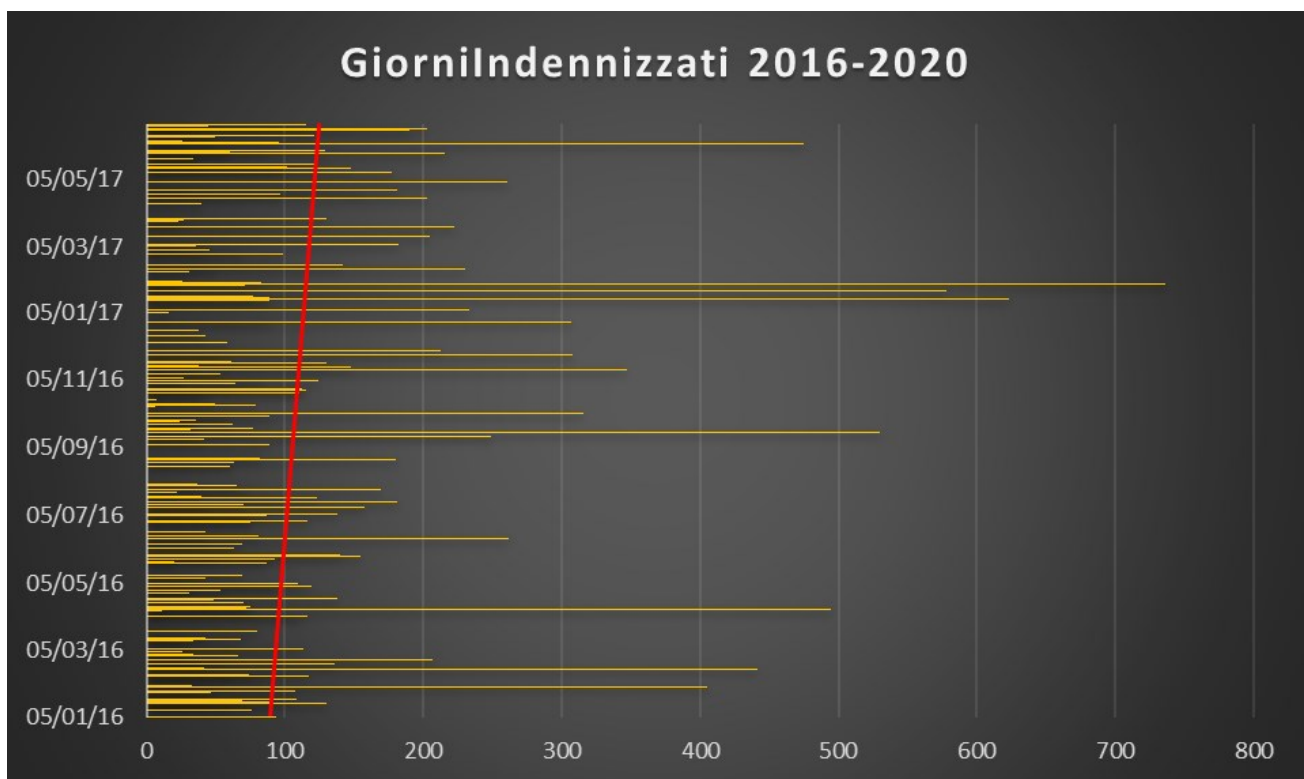


Grafico 2.2.1.2 Grado di menomazione per infortuni compresi nel periodo 2016-2020. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)



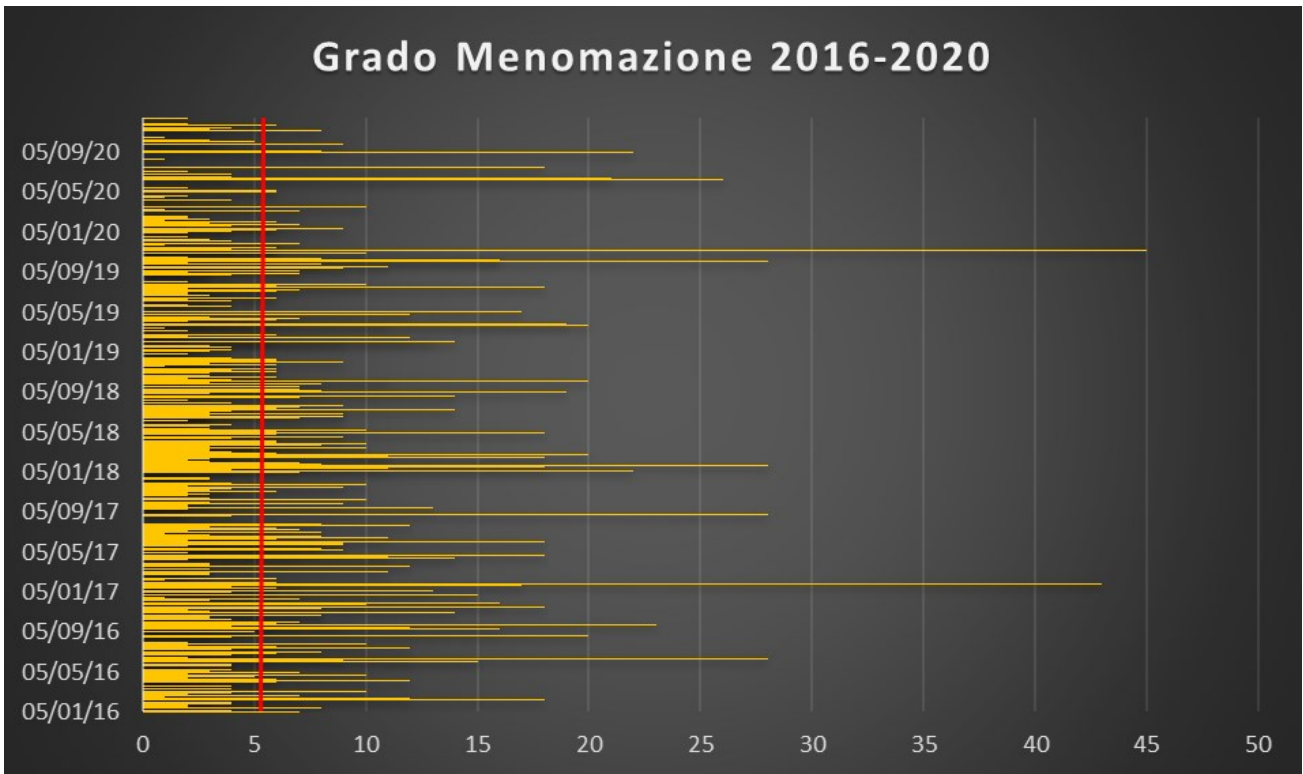


Grafico 2.2.1.3 Giorni indennizzati per infortuni compresi nel periodo 1 Gennaio 2020 – 31 Dicembre 2020. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)

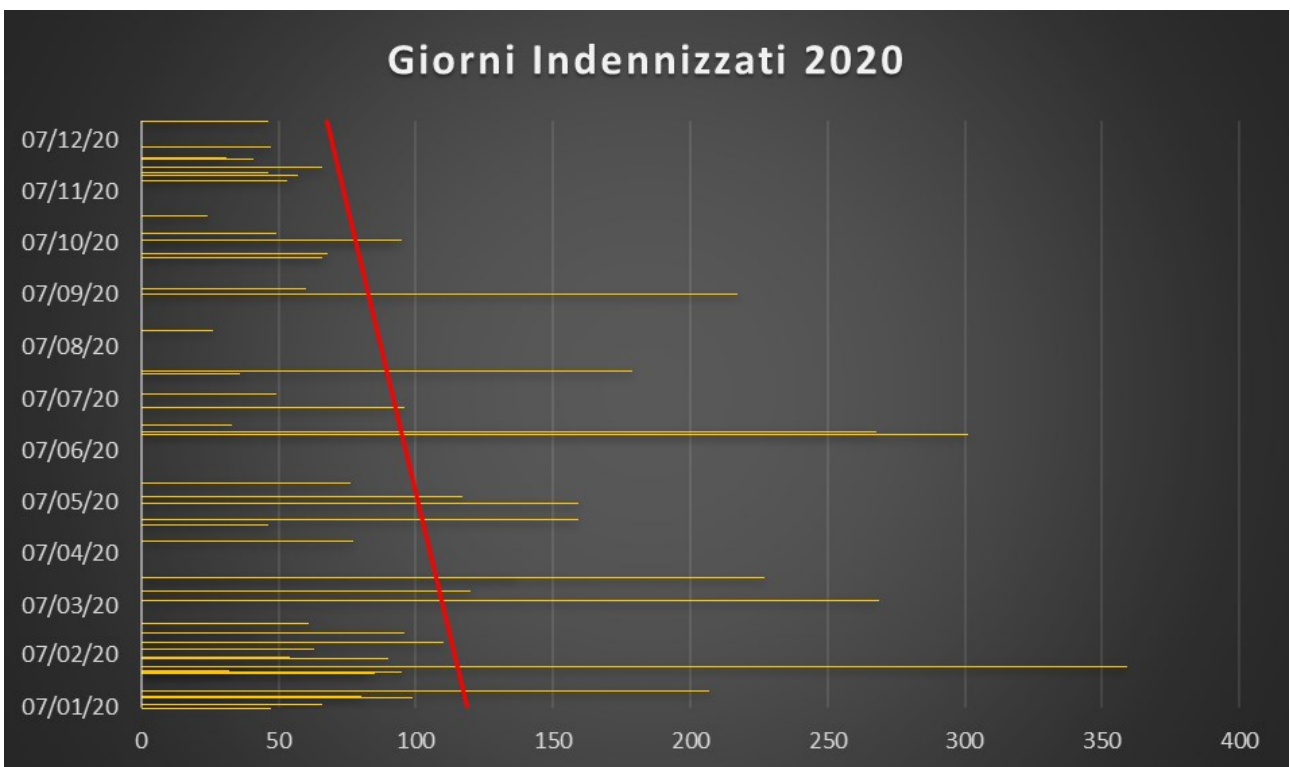
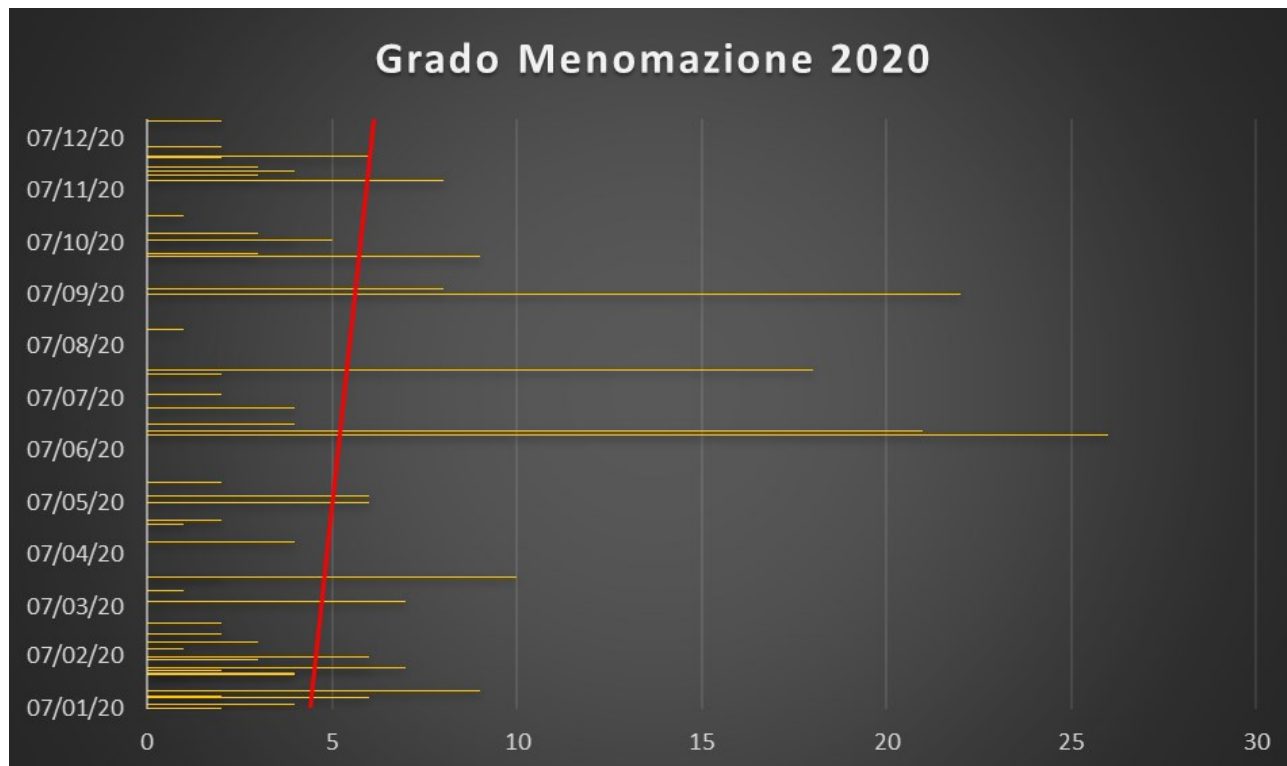


Grafico 2.2.1.4 Grado di menomazione per infortuni compresi nel periodo 1 Gennaio 2020 – 31 Dicembre 2020. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)



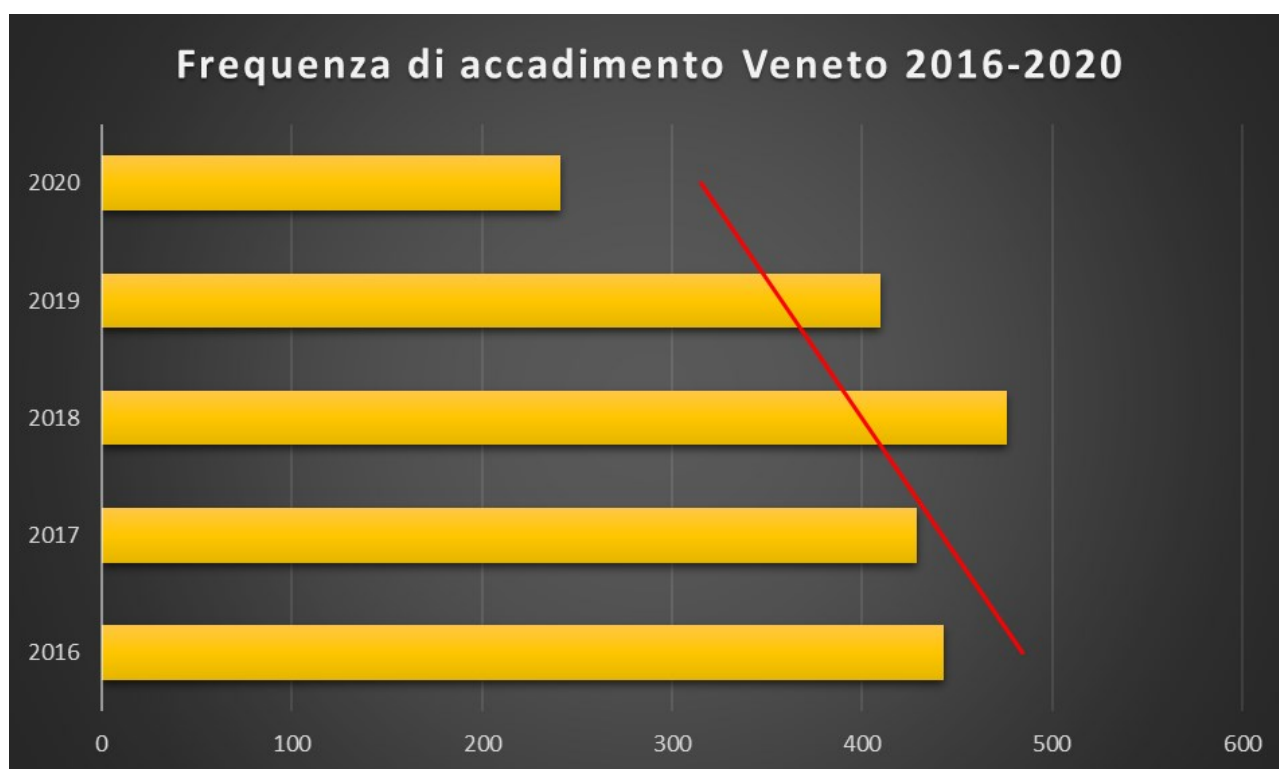
Per quanto riguarda la frequenza di accadimento dei dati rilevati, si può notare quanto segue:

Le frequenze di accadimento per infortuni in occasione di lavoro che non hanno portato a conseguenze mortali, ma che hanno però prodotto inabilità temporanee anche lievi nell'infortunato nel Veneto.

Anno di riferimento	Numero denunciati (Regione Veneto)	Giorni di inattività totali nell'anno	Grado di menomazione medio nell'anno
2016	443	45215	5.39
2017	429	46144	5.56
2018	476	44897	5.20
2019	410	38945	5.17
2020	241	20464	5.00
Totale	1999	195665	5.29

Totale: 1999 infortuni in occasione di lavoro.

Grafico 2.2.1.5 Frequenza di accadimento per infortuni compresi nel periodo 2016-2020 in Veneto. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)



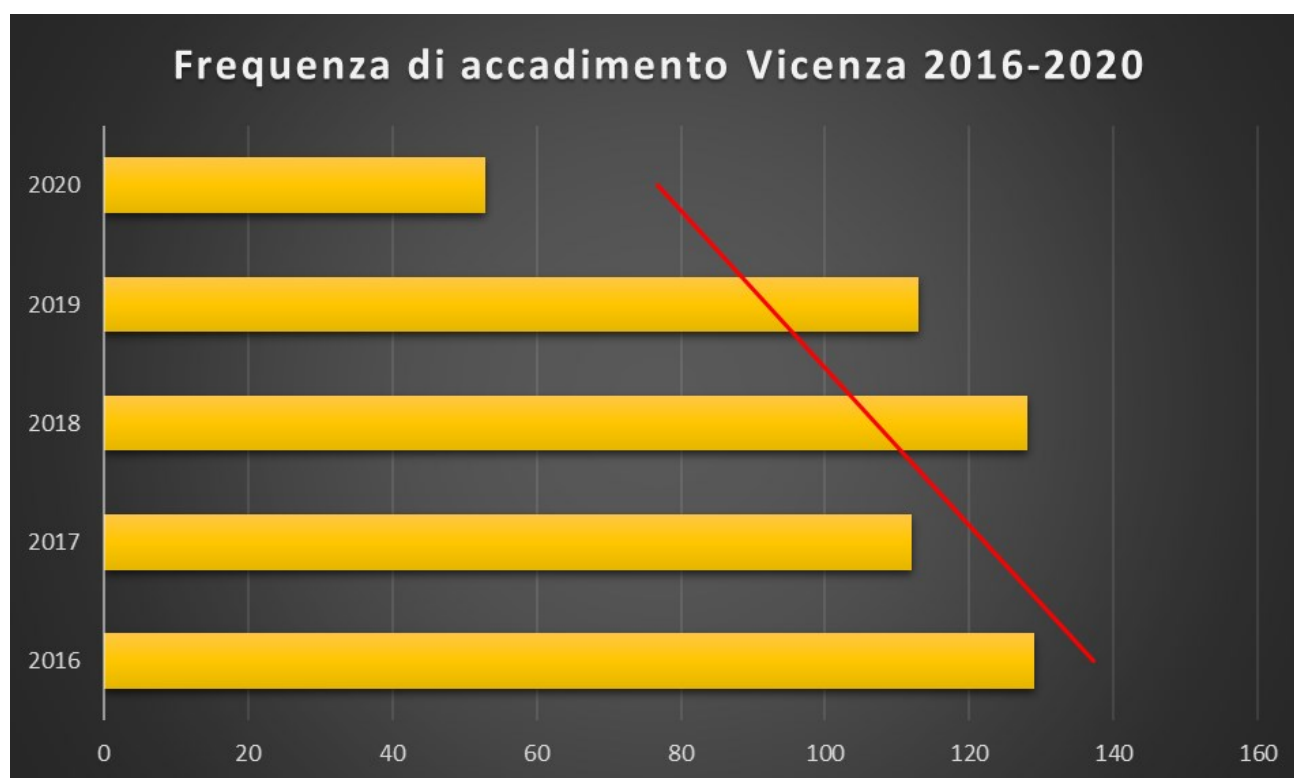
Le frequenze di accadimento per infortuni in occasione di lavoro che non hanno portato a conseguenze mortali, ma che hanno però prodotto inabilità temporanee anche lievi nell'infortunato in provincia di Vicenza.

Anno di riferimento	Numero denunciati (Provincia di Vicenza)	Giorni di inattività totali nell'anno	Grado di menomazione medio nell'anno
2016	129	12392	5.18

2017	112	11546	5.23
2018	128	13914	5.58
2019	113	11805	5.38
2020	53	5173	5.12
Totale	535	54830	5.32

Totale: 535 infortuni in occasione di lavoro.

Grafico 2.2.6 Frequenza di accadimento per infortuni compresi nel periodo 2016-2020 in Provincia di Vicenza. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfotuniVeneto>)



Come si può notare, la frequenza degli infortuni tende a diminuire nel periodo selezionato, anche se dobbiamo ricordare che l'inizio dell'anno 2020 è coinciso con l'inizio della pandemia di SARS-CoV-2, e che quindi vi è stato un calo anche per via della ridotta presenza di personale sul luogo di lavoro (gli infortuni domestici non vengono considerati come infortuni sul lavoro).

Di seguito, per completezza, è stata effettuata l'analisi sulla frequenza di accadimento tralasciando il periodo dal 1° gennaio 2020 al 31 dicembre 2020:

Grafico 2.2.1.7 Frequenza di accadimento per infortuni compresi nel periodo 2016-2019 in Veneto. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfotuniVeneto>)

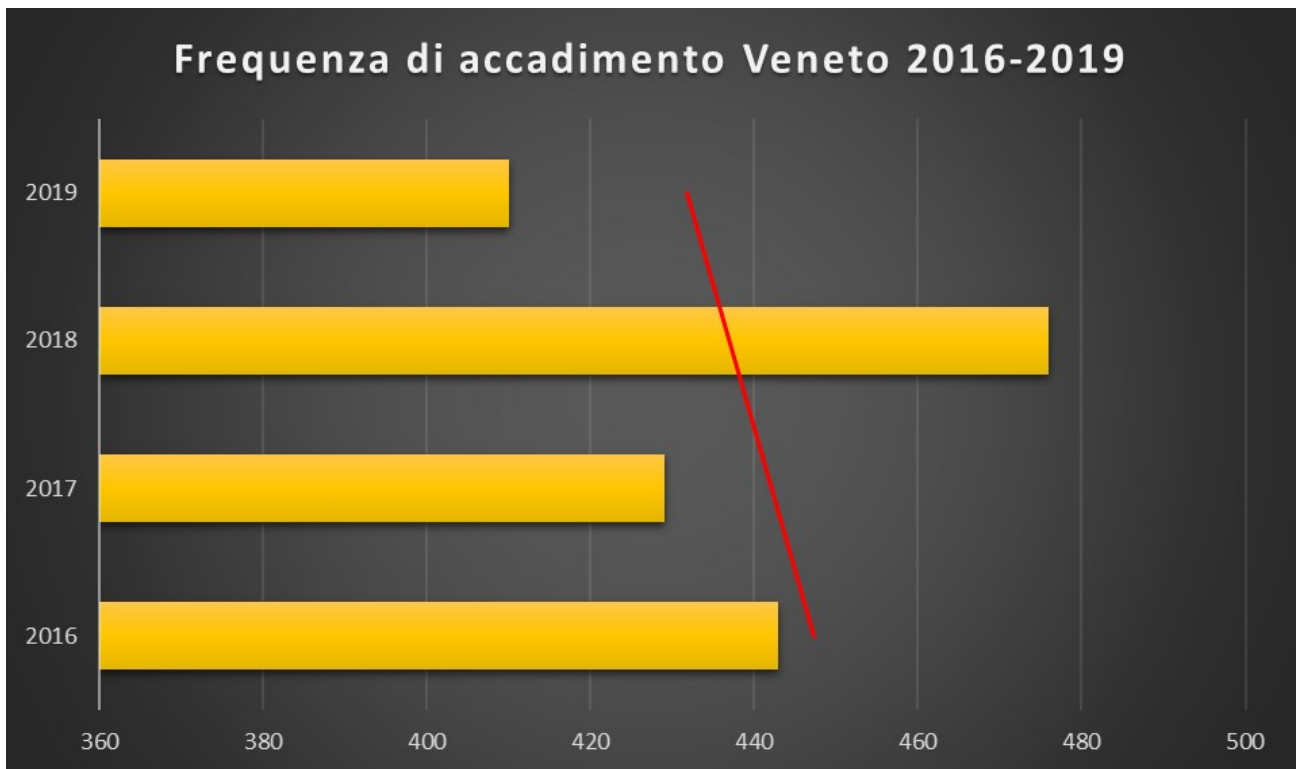
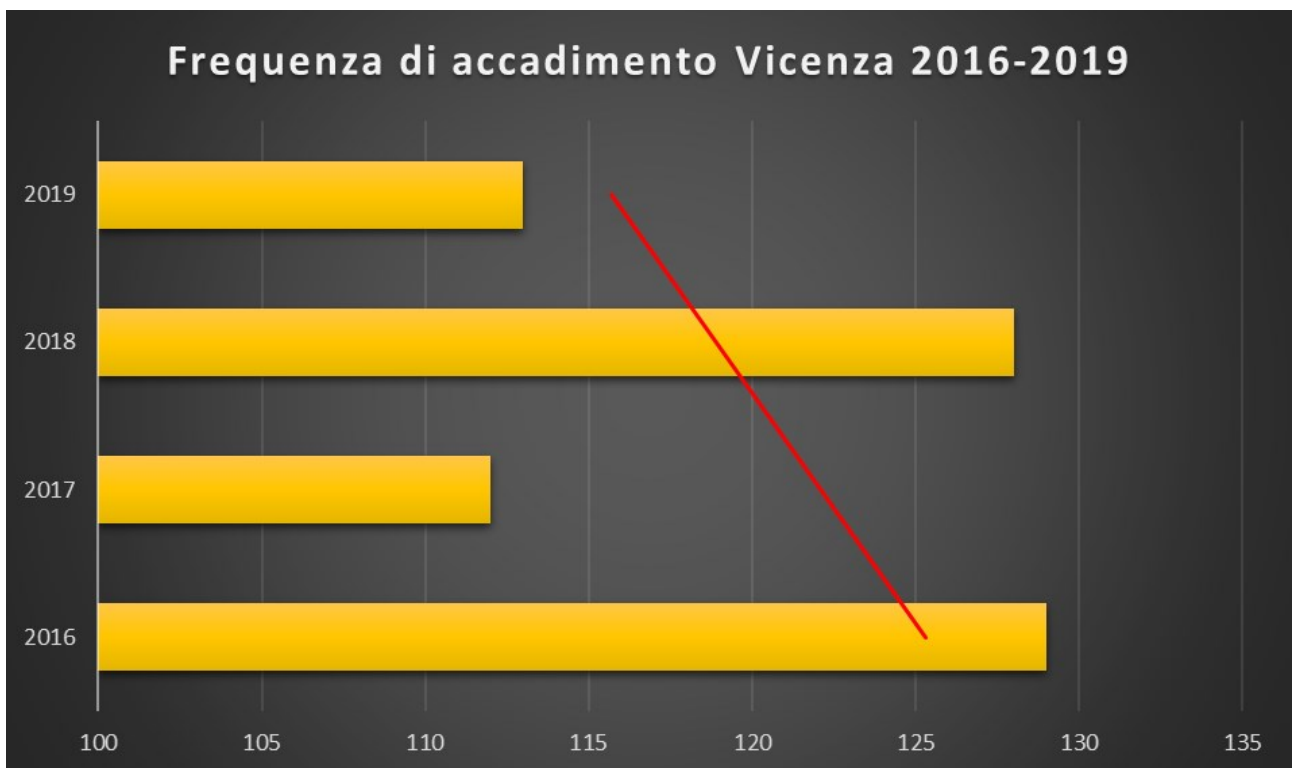


Grafico 2.2.1.8 Frequenza di accadimento per infortuni compresi nel periodo 2016-2019 in Provincia di Vicenza. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)



Come si può notare, anche in questo caso, seppur con minore propensione, la tendenza punta al ribasso.

È quindi corretto dire che si assiste ad un trend che evidenzia un calo degli infortuni nel periodo selezionato, e che l'eccezionalità dell'anno 2020 non ne modifica l'andamento in maniera radicale.

Concludendo, quindi, si può intuire che seppure la frequenza di accadimento sia in tendenza positiva, con una riduzione complessiva degli accadimenti nell'arco di tempo, la gravità degli incidenti rimane la stessa, e anzi, i giorni di prognosi sono andati aumentando.

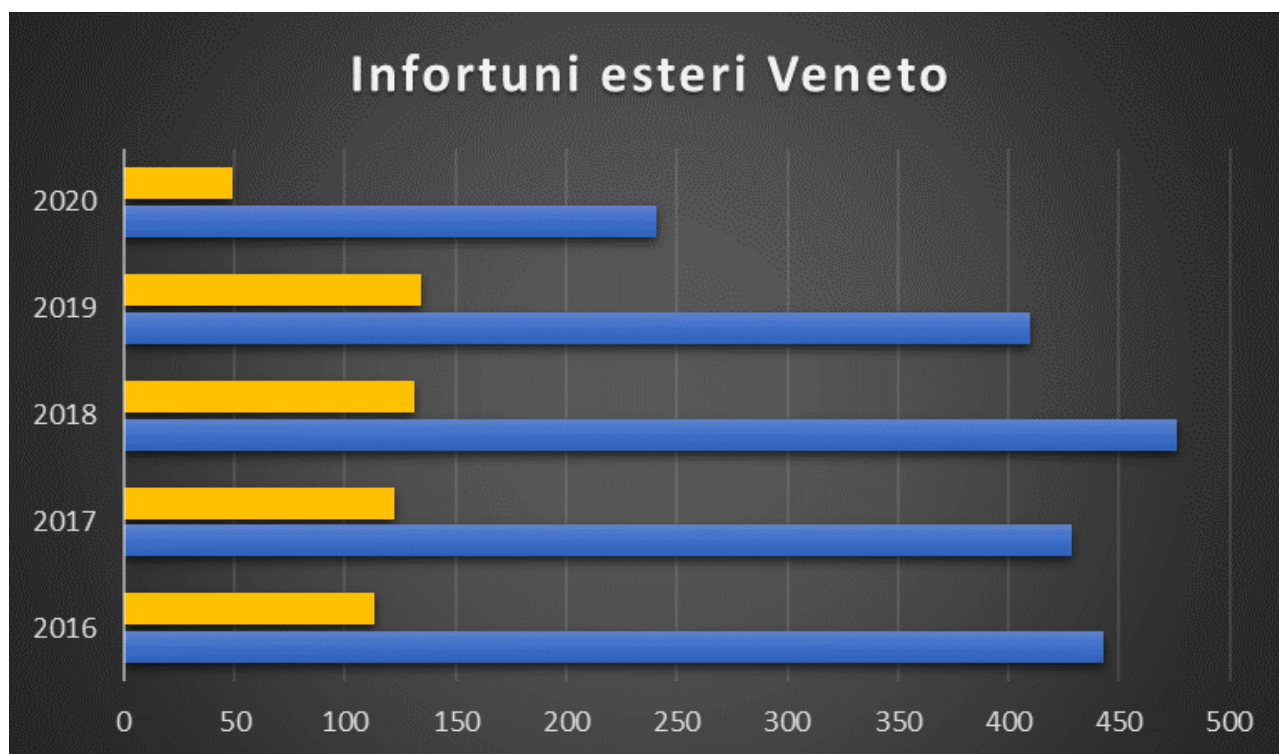
Quindi meno incidenti, ma con conseguenze più impattanti per l'infortunato.

### 2.2.1.1 La provenienza

Un'altra variabile di cui tener conto è quella della forza lavoro estera:

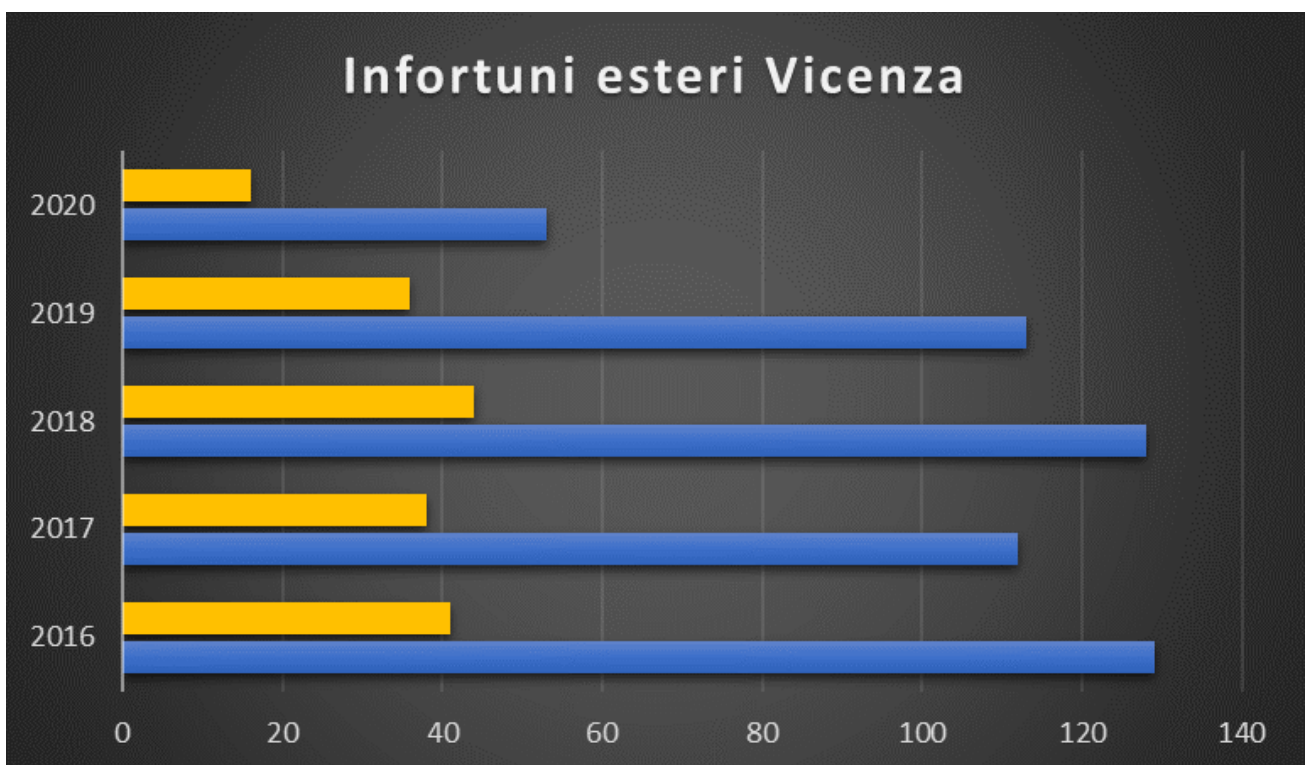
Anno	Numero infortuni (Regione Veneto)	Numero infortuni esteri denunciati (Regione Veneto)	Percentuale infortuni esteri sul totale (Regione Veneto)
2016	443	113	25.51%
2017	429	122	28.44%
2018	476	131	27.52%
2019	410	134	32.68%
2020	241	49	20.33%

Grafico 2.2.1.1.1 Numero di infortuni di personale di nazionalità diversa da quella italiana rispetto agli infortuni totali per infortuni compresi nel periodo 2016-2019 in Veneto. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfotuniVeneto>)



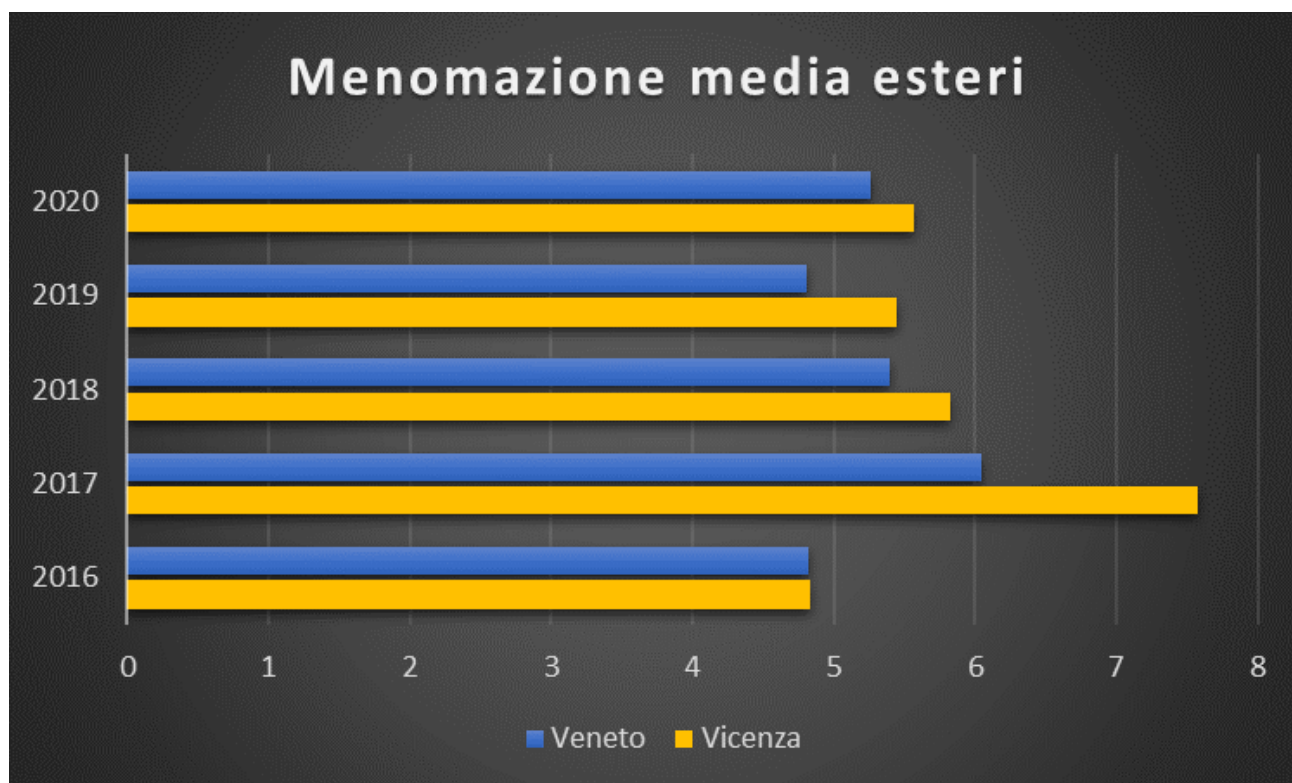
Anno	Numero infortuni (Provincia di Vicenza)	Numero infortuni esteri denunciati (Provincia di Vicenza)	Percentuale infortuni esteri sul totale (Provincia di Vicenza)
2016	129	41	31.78%
2017	112	38	33.93%
2018	128	44	34.38%
2019	113	36	31.86%
2020	53	16	30.19%

Grafico 2.2.1.1.2 Numero di infortuni di personale di nazionalità diversa da quella italiana rispetto agli infortuni totali per infortuni compresi nel periodo 2016-2019 in Provincia di Vicenza. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)



Anno	Numero infortuni esteri denunciati (Regione Veneto)	Menomazione media esteri (Regione Veneto)	Numero infortuni esteri denunciati (Provincia di Vicenza)	Menomazione media esteri (Provincia di Vicenza)
2016	113	4.82	41	4.83
2017	122	6.04	38	7.57
2018	131	5.39	44	5.81
2019	134	4.80	36	5.44
2020	49	5.26	16	5.56
Totale	549	5.26	175	5.86

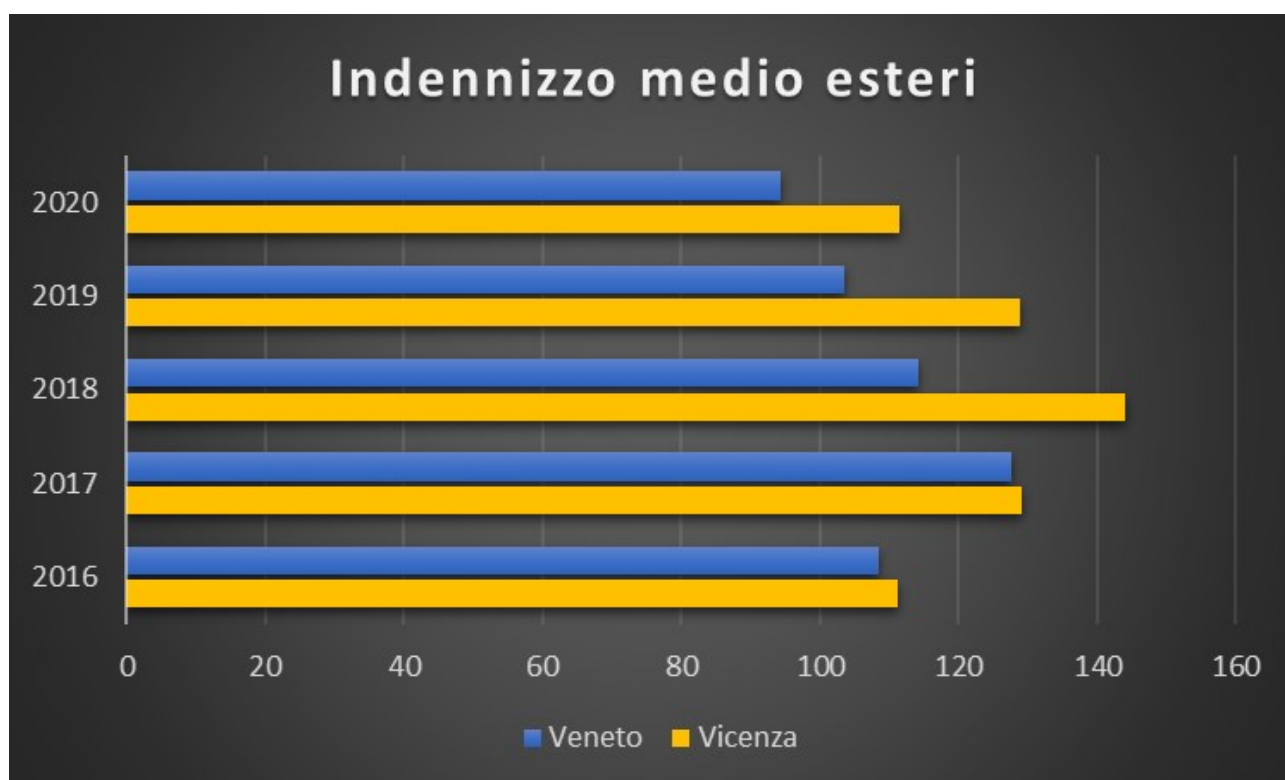
Grafico 2.2.1.1.3 Paragone del grado di menomazione media del personale di nazionalità diversa da quella italiana per infortuni compresi nel periodo 2016-2020 in Veneto e in Provincia di Vicenza. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)





Anno	Numero infortuni esteri denunciati (Regione Veneto)	Media giorni indennizzati esteri (Regione Veneto)	Numero infortuni esteri denunciati (Provincia di Vicenza)	Media giorni indennizzati esteri (Provincia di Vicenza)
2016	113	108.56	41	111.14
2017	122	127.70	38	129.21
2018	131	114.10	44	144.13
2019	134	103.62	36	128.75
2020	49	94.26	16	111.50
Totale	549	111.66	175	126.91

Grafico 2.2.1.1.3 Paragone dell'indennizzo medio del personale di nazionalità diversa da quella italiana per infortuni compresi nel periodo 2016-2020 in Veneto e in Provincia di Vicenza. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfotuniVeneto>)



Come si intuisce dai grafici ottenuti dai dati rilevati nel periodo 2016-2020, l'impatto che hanno avuto i dipendenti di origini differenti da quella italiana è discreta rispetto al totale: circa il 25% nella Regione Veneto, e il 30% nella provincia di Vicenza. Questo è dato dal fatto che spesso tali persone non padroneggiano la lingua italiana con molta confidenza, e quindi, tra le altre cause, potrebbero aver mal interpretato le istruzioni e i comandi impartiti, causando quindi una situazione incidentale per loro stessi, o per altri (non disponibili dati per quest'ultima ipotesi).

Una prassi che spesso viene tralasciata, è quella di accertarsi della corretta padronanza della lingua italiana di un lavoratore neoassunto, che quindi potrebbe non comprendere le istruzioni scritte o impartite, e portare ai risultati qui sopra descritti.

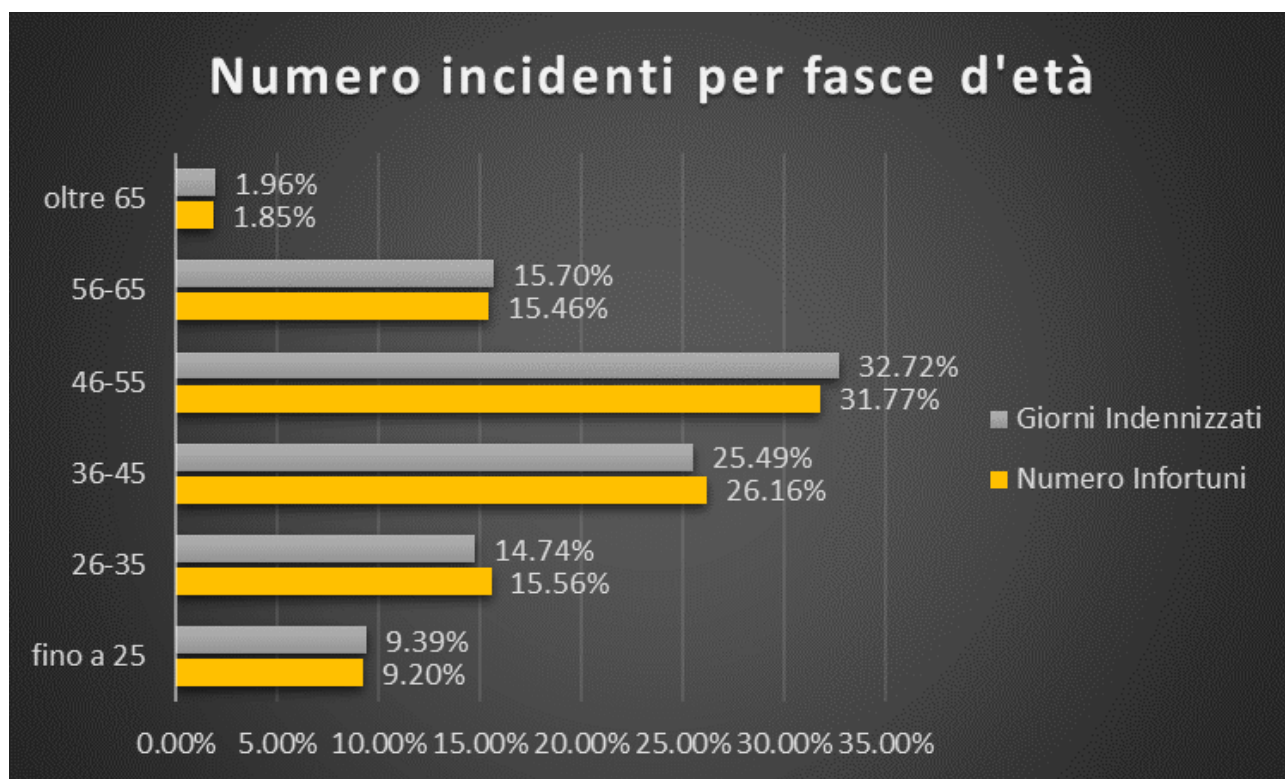
Una ulteriore motivazione potrebbe sicuramente essere data dalla diversa cultura della sicurezza che esiste nei diversi paesi di provenienza.

### 2.2.1.2 L'età

Infine, l'analisi si è concentrata anche sull'età dei soggetti infortunati:

Fasce d'età	Numero infortuni registrati (Regione Veneto)	Percentuale sugli infortuni totali (Regione Veneto)	Giorni indennizzati (Regione Veneto)	Media giorni indennizzati per infortunio (Regione Veneto)	Grado di menomazione medio (Regione Veneto)
fino a 25	184	9.20%	18372	99.84	4.59
26-35	311	15.56%	28849	92.76	4.90
36-45	523	26.16%	49866	95.34	5.15
46-55	635	31.77%	64022	100.82	5.40
56-65	309	15.46%	30727	99.44	5.76
oltre 65	37	1.85%	3829	103.48	8.45
Totale	1999	100%	195665	97.88	5.29

Grafico 2.2.1.2.1 Paragone tra il numero di giorni indennizzati e il numero di infortuni del personale suddiviso per fasce d'età per infortuni compresi nel periodo 2016-2020 in Veneto. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)



Come si nota, i dati seguono una sorta di "dipendenza lineare", ossia: indipendentemente dalla fascia d'età considerata (per scaglioni di 10 anni), il rapporto tra i giorni indennizzati e il numero di infortuni rimane

pressoché costante, e pari ad un coefficiente moltiplicativo circa pari a 100. Questo significa che, indipendentemente dall'età del lavoratore, in caso di incidente, questo sarà soggetto ad un infortunio che ne impedirà il rientro al lavoro per circa 100 giorni (oltre 3 mesi). In altre parole, un infortunio in occasione di lavoro che comporti un grado di menomazione superiore allo 0%, costerà mediamente 40'000 euro al datore di lavoro.

Grafico 2.2.1.2.2 Grado di menomazione medio del personale suddiviso per fasce d'età per infortuni compresi nel periodo 2016-2020 in Veneto. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfotuniVeneto>)



Quello che invece cresce molto nelle fasce d'età più avanzate, è il grado di menomazione medio. Questo potrebbe essere dovuto a una duplice causa: la cosiddetta "sindrome del superman", secondo la quale il lavoratore si sente invincibile, o che comunque non sia possibile che capiti a lui l'infortunio; oppure la mentalità del "si è sempre fatto così". In genere questo comporta che, anche a fronte di adeguata formazione ed addestramento, il lavoratore non sia abituato ad attuare le misure di prevenzione e protezione che necessitano di essere messe in essere. In particolare, nella mia breve esperienza, ho notato che i lavoratori più anziani faticano ad utilizzare i dispositivi di protezione individuale, soprattutto se non sono mai stati indirizzati all'uso continuo e costante di questi.

Un'efficacia pratica risolutiva, potrebbe essere quella della formazione continua, e della costante sorveglianza del personale da parte del preposto.

Analizzando il caso particolare della Provincia di Vicenza, come si può notare, i valori si avvicinano molto al caso più generale della Regione Veneto, ma il rapporto tra i giorni indennizzati e il numero di infortuni è appena superiore a quello del caso precedente. Infatti, nella Provincia di Vicenza, questo rapporto supera di poco le 100 unità.

Fasce d'età	Numero infortuni registrati (Provincia di Vicenza)	Percentuale sugli infortuni totali (Provincia di Vicenza)	Giorni indennizzati (Provincia di Vicenza)	Media giorni indennizzati per infortunio (Provincia di Vicenza)	Grado di menomazione medio (Provincia di Vicenza)
fino a 25	43	8.04%	4622	107.49	5.25
26-35	102	19.07%	10226	100.25	4.27
36-45	141	26.36%	14615	103.65	5.37
46-55	165	30.84%	16884	102.32	5.42
56-65	75	14.02%	7825	104.33	6.05
oltre 65	9	1.68%	658	73.11	9.22
Totale	535	100%	54830	102.486	5.33

Grafico 2.2.1.2.3 Paragone tra il numero di giorni indennizzati e il numero di infortuni del personale suddiviso per fasce d'età per infortuni compresi nel periodo 2016-2020 in Provincia di Vicenza. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfotuniVeneto>)

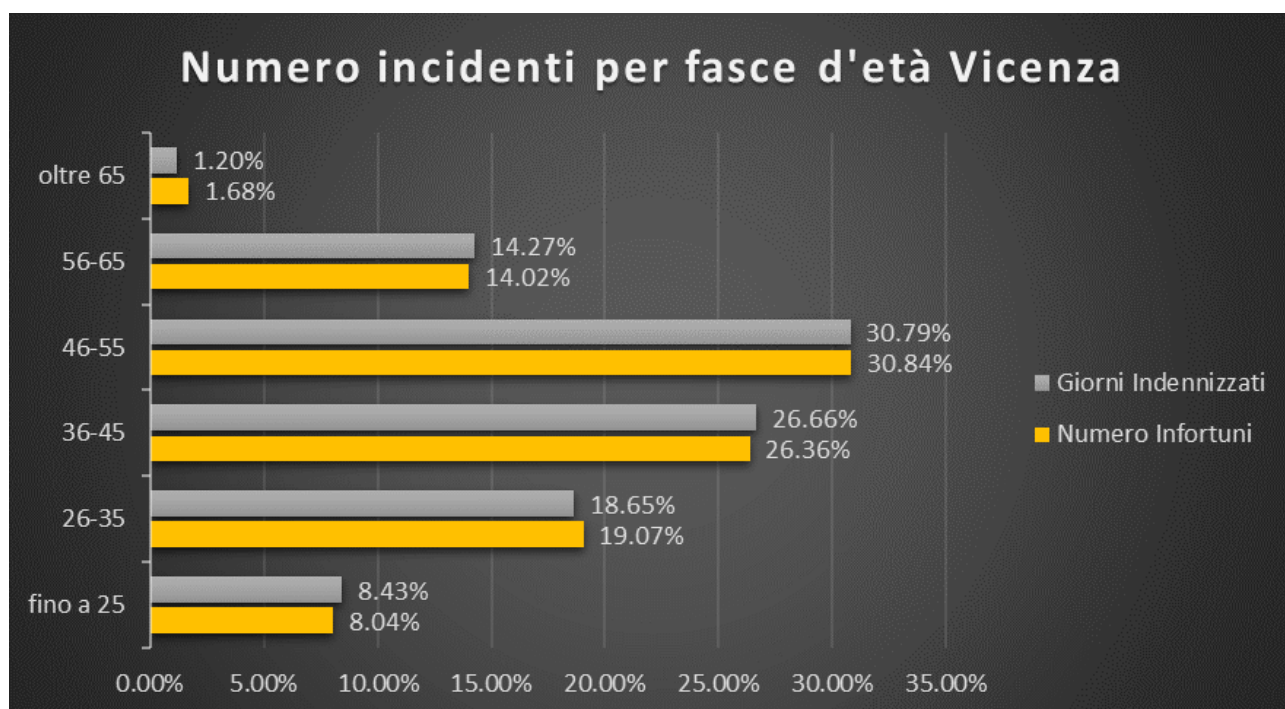


Grafico 2.2.1.2.4 Grado di menomazione medio del personale suddiviso per fasce d'età per infortuni compresi nel periodo 2016-2020 in Provincia di Vicenza. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)



Per quanto riguarda il grado di menomazione, si nota un andamento molto simile come al caso regionale, anche se le fasce d'età superiori (oltre i 56 anni di età) risultano scarse di dati, in quanto il campione di riferimento è tutto sommato ridotto rispetto al precedente.

Un'alternativa potrebbe essere quella di far intendere quali potrebbero essere le conseguenze e gli impatti successivi che questi incidenti avrebbero, non solo sulla persona, ma anche su tutta la struttura familiare che si pone dietro. A livello teorico, è stato discusso assieme all'ufficio risorse umane quali potrebbero essere gli argomenti principali verso cui indirizzare la conversazione. Si è visto che gli individui appartenenti alle fasce d'età più avanzate, hanno risposto in maniera attiva agli stimoli proposti per quanto riguarda le conseguenze che potrebbero portare ai familiari. Gli individui appartenenti a fasce d'età più giovani non hanno invece risposto in maniera propositiva, in quanto, probabilmente, non si sono sentiti direttamente esposti alle conseguenze.

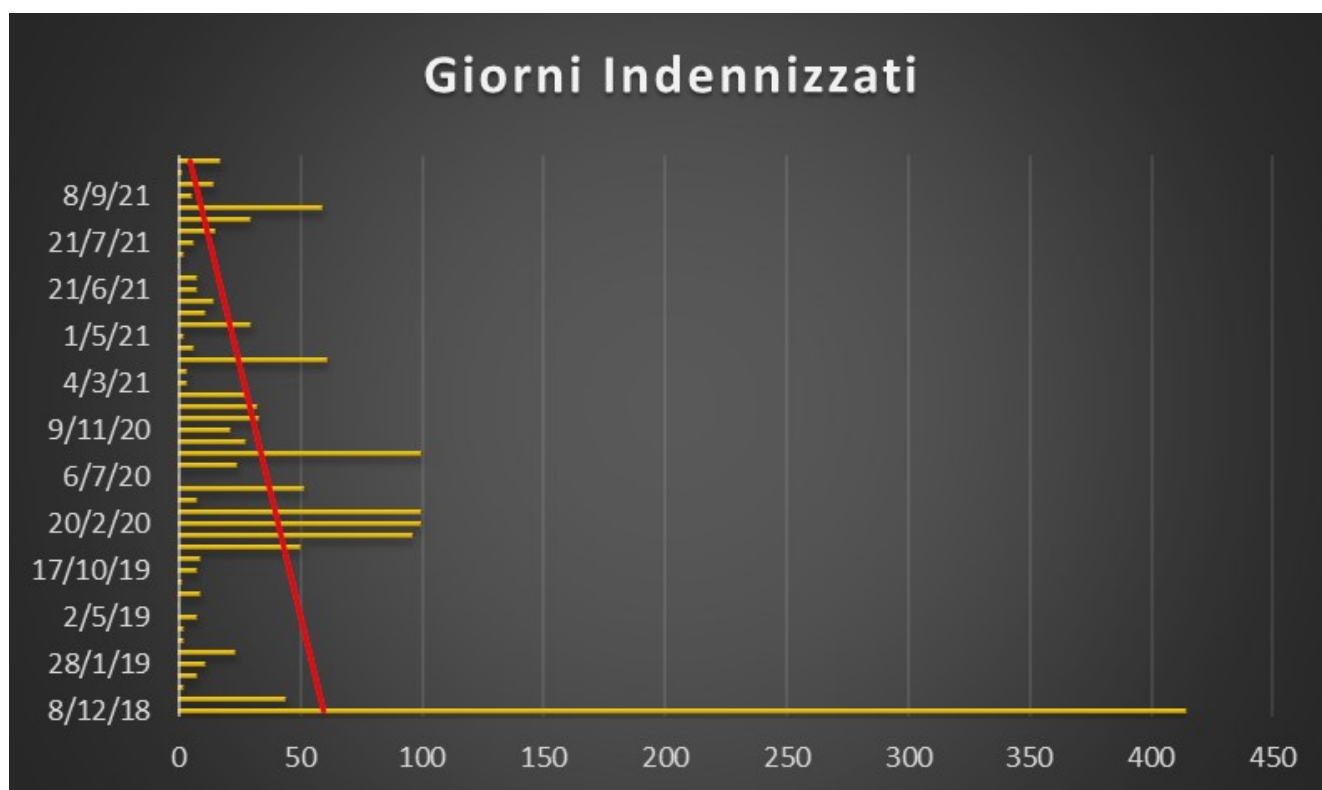
## 2.2.2 Il caso studio

Il caso analizzato di seguito, riguarda una realtà produttiva sita nella Provincia di Vicenza.

In questa azienda ho completato lo stage e, vista la passione per il settore automotive, sono successivamente rimasto per proseguire il mio percorso formativo e lavorativo nell'ambito della Sicurezza Industriale.

Durante il mio periodo di permanenza, sono stati raccolti i dati relativi agli infortuni nei tre anni precedenti (periodo di riferimento dicembre 2018 – dicembre 2021)

Grafico 2.2.2.1 Numero di giorni indennizzati per evento accidentale nel periodo di riferimento 2018-2021 nella realtà oggetto di studio. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)



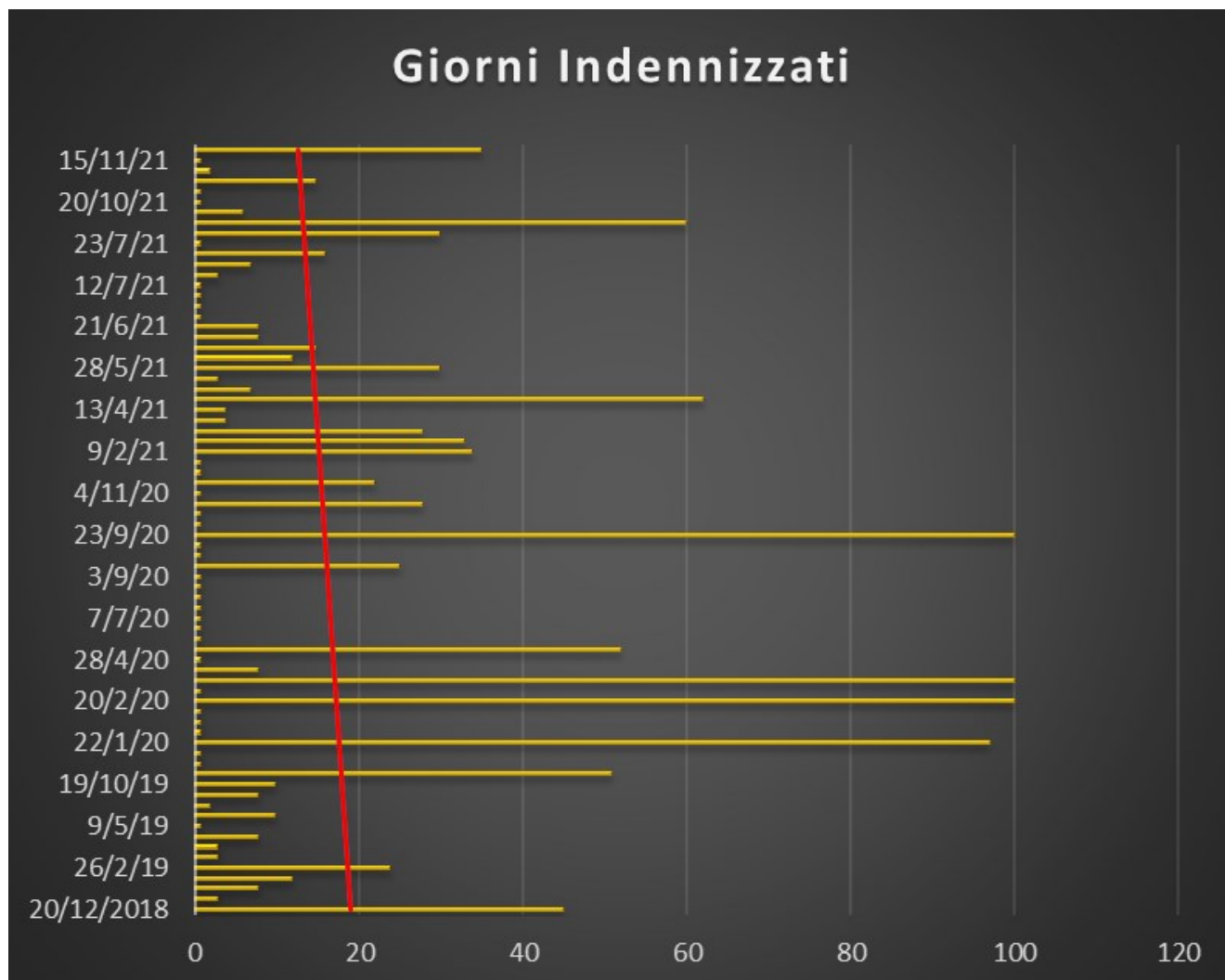
Nel dicembre 2018 si è registrato un grave infortunio che si è protratto anche negli anni successivi, con un ammontare di giorni indennizzati pari a 414 giornate. Questo infortunio ha coinvolto un ragazzo di giovane età (26 anni all'epoca dell'incidente), che manovrava un carro ponte, e successivamente ad un'errata manovra è stato schiacciato alla gambe da un coils di acciaio di 300 quintali. Le cause e le successive dinamiche precise dell'incidente non sono ancora note, e il procedimento è ancora in corso.

Come si può osservare, è un dato che per fortuna è abbastanza anomalo, che modifica sensibilmente l'andamento della linea di tendenza.

È stato quindi calcolato l'andamento escludendo gli estremi per rimuovere quel singolo particolare evento incidentale, dato che risulta un caso eccezionale. Come si può vedere dal grafico sottostante, i risultati evidenziano una tendenza che punta a diminuire nel numero dei giorni indennizzati. Le motivazioni sono molteplici:

- Un'aumentata consapevolezza del rischio successivamente all'incidente escluso, che ha indotto timore nello svolgere certe operazioni da parte del personale coinvolto;
- Una successiva più intensa formazione del personale;
- Una implementazione di più specifiche procedure operative;
- Una più rigida osservanza delle regole di sicurezza imposte.

Grafico 2.2.2.2 Numero di giorni indennizzati per evento accidentale nel periodo di riferimento 2018-2021 nella realtà oggetto di studio. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)



Successivamente, viene riportata la frequenza di accadimento nel triennio precedente.

Anno	Frequenza di accadimento	Giorni Indennizzati	Giorni Indennizzati per infortunio
2018	2	459	229.5
2019	15	144	9.5
2020	29	452	15.58
2021	30	430	14.33

Come si evince, vi è stato un notevole aumento di infortuni nel passaggio dal 2018 al 2020. Tuttavia, non essendoci stata un controllo sulla raccolta di dati, è possibile supporre che questi non siano i dati completi.

In particolare, la registrazione degli infortuni è cominciata a partire dal novembre 2019, e si è cercato di recuperare i dati precedenti dalle dichiarazioni di infortunio e dalle testimonianze del personale.

Anche se l'indice della frequenza di accadimento tende a mantenersi costante, i giorni indennizzati vanno diminuendo rispetto al numero di infortuni. È però da considerare che i dati reperiti si riferiscono solo ad infortuni che hanno generato almeno un giorno di indennizzo, mentre gli infortuni che hanno comportato 0 giorni di indennizzo sono stati classificati dalla precedente gestione come quasi incidenti (*near miss*), e si è deciso di adottare lo stesso metro di giudizio per avere uniformità nei dati.

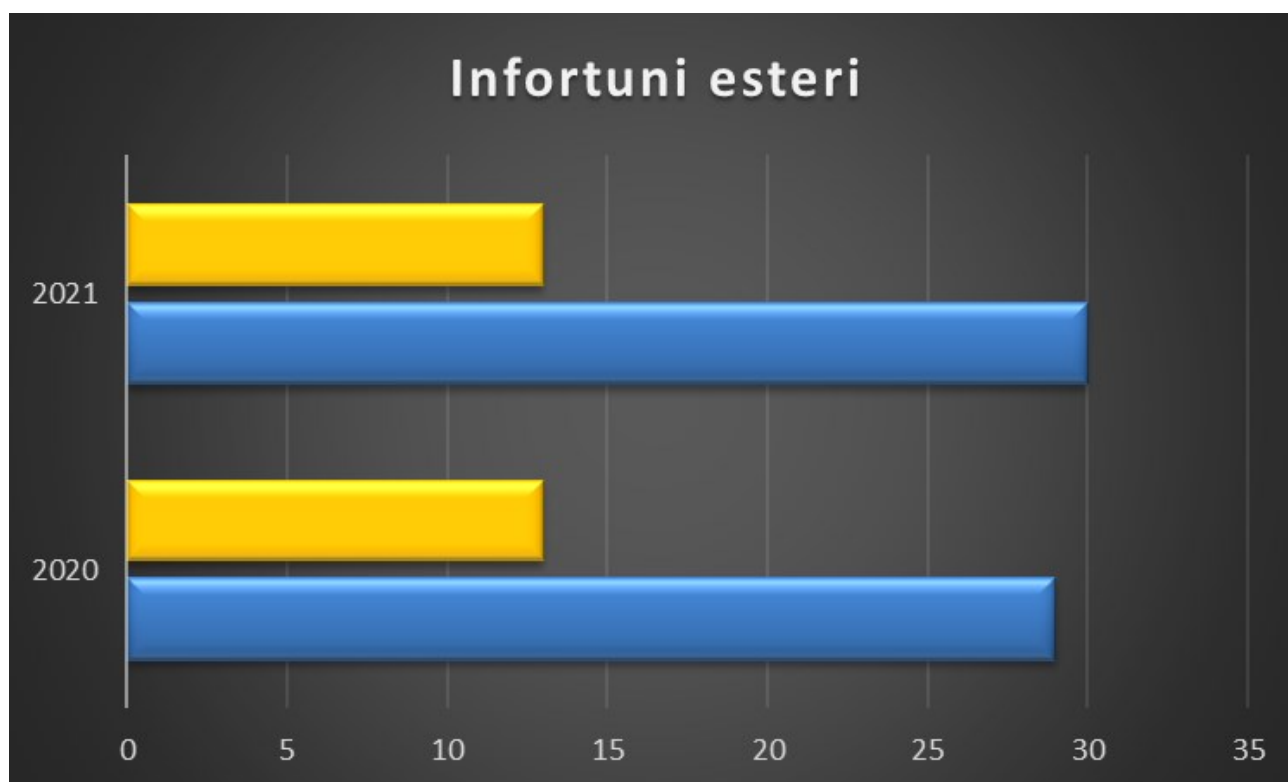
I risultati di una mancata sicurezza, in questo caso studio, risultano quindi in una media di circa 15 giorni per infortunio, e quindi un costo per l'azienda che si aggirerebbe attorno ai 6000 euro per ogni infortunio che ha richiesto almeno un giorno di assenza.

### 2.2.2.1 La provenienza

Analizziamo ora l'incidenza del personale estero:

Anno	Numero infortuni	Numero infortuni esteri	Percentuale infortuni esteri sul totale	Media giorni indennizzati esteri
2020	29	13	44.82%	19
2021	30	13	43.33%	12.61

Grafico 2.2.2.1 Numero di infortuni di personale di nazionalità diversa da quella italiana rispetto agli infortuni totali per infortuni compresi nel periodo 2016-2019 in Provincia di Vicenza. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)



Quasi la metà degli infortuni hanno visto come soggetto infortunato una persona di nazionalità estera, e in due occasioni, la persona infortunata è la stessa.



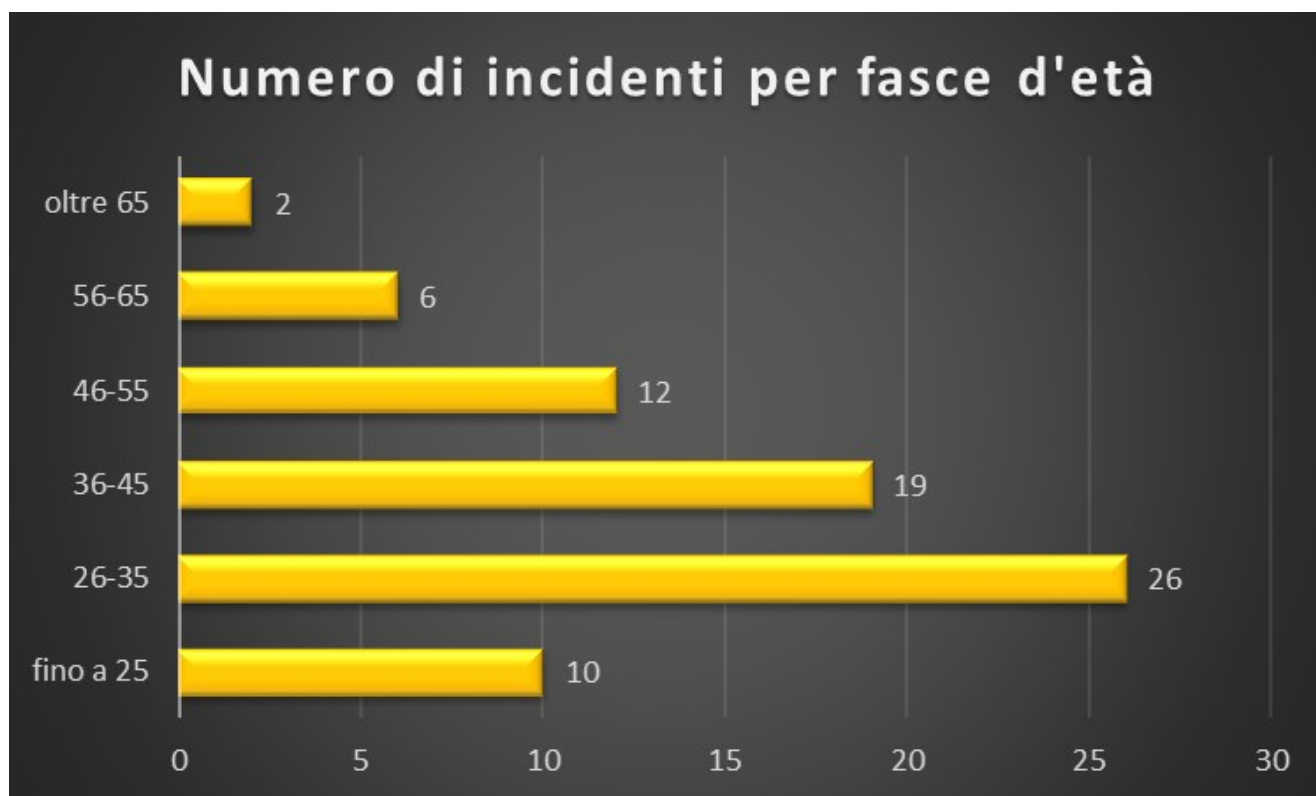
Dall'indagine fatta internamente per capirne le motivazioni, è risultato nella maggior parte dei casi che la causa fosse una errata messa in pratica della procedura, ma non per scarsa conoscenza della lingua, ma semplicemente per convenienza in termini di tempo e di fatica.

Si sono comunque verificati dei casi di infortunio per mancato recepimento dei corretti ordini, e in quel caso si è proceduto a redigere le istruzioni operative in lingua inglese e francese, visto che la maggior parte del personale estero proviene dalle colonie africane, ed è stata poi effettuata una ulteriore spiegazione a tutto il reparto interessato per quanto riguarda il corretto modo di procedere.

### 2.2.2.2 L'età

Viene di seguito analizzata la frequenza di accadimento secondo l'età dell'infortunato.

Grafico 2.2.2.1 Numero di infortuni di personale suddiviso per fasce d'età per infortuni compresi nel periodo di riferimento 2018-2021 nella realtà aziendale oggetto di studio. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021. <https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)



Come detto in precedenza, gli infortuni si distribuiscono su una gaussiana attorno alle fasce d'età intermedie. Questo perché la maggior parte del campione di riferimento ha un'età compresa tra i 28 e i 48 anni.

In questo caso, il baricentro della curva risulta spostato verso le fasce d'età più basse, anche se è da tenere conto che l'indice di gravità, ossia i giorni indennizzati, aumenta con il progredire dell'età:

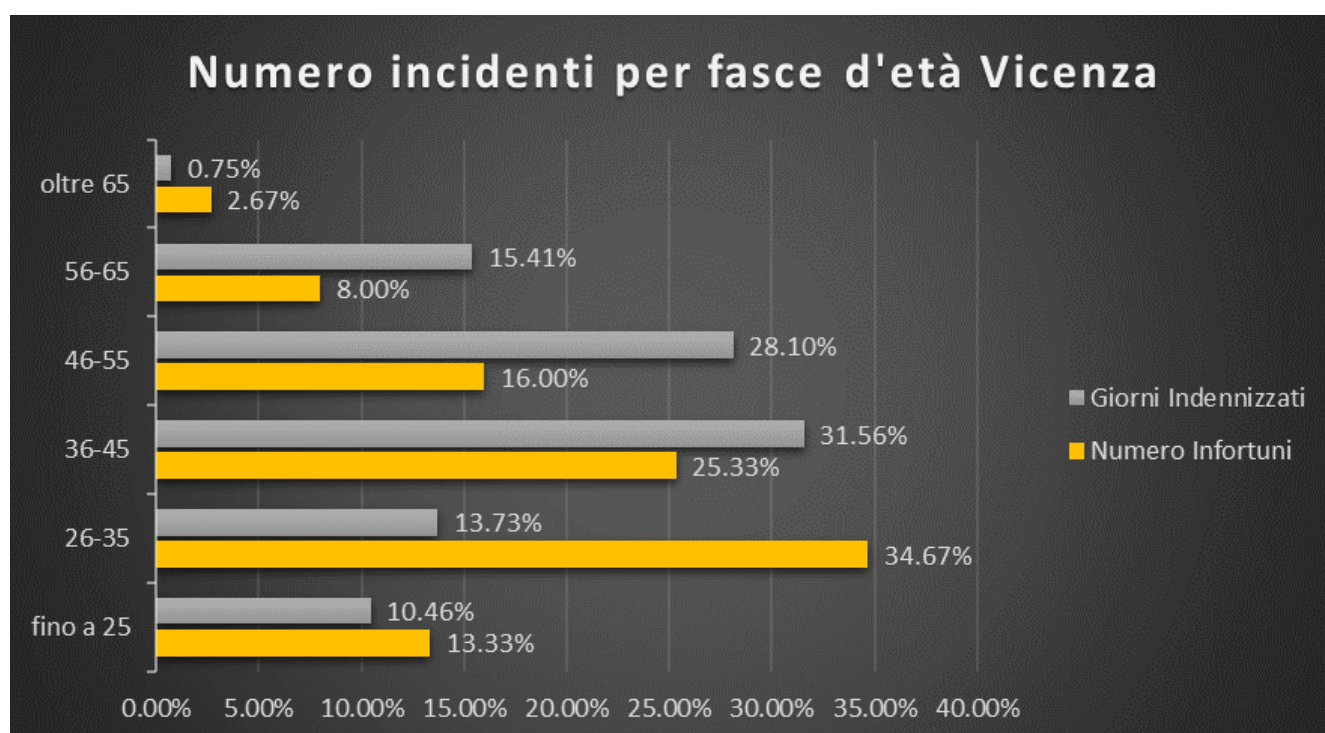
Fasce d'età	Numero infortuni registrati	Percentuale sugli infortuni totali	Giorni indennizzati	Media giorni indennizzati per infortunio
fino a 25	10	13.33%	112	11.2
26-35	26	34.66%	147	5.65
36-45	19	25.33%	338	17.78

46-55	12	16.00%	301	25.08
56-65	6	8.00%	165	27.5
oltre 65	2	2.66%	8	4
Totale	75	100%	1071	14.28

Come si può notare, i dati sono insufficienti per delineare una linearità tra i giorni di indennizzo e numero di infortuni.

Grafico 2.2.2.2.1 Paragone tra il numero di infortuni di personale suddiviso per fasce d'età e i giorni indennizzati per fasce d'età per infortuni compresi nel periodo di riferimento 2018-2021 nella realtà aziendale oggetto di studio. (Open data INAIL: Dati con cadenza semestrale infortuni Veneto. Data di pubblicazione 23 Dicembre 2021.

<https://dati.inail.it/opendata/elements1/DatiConCadenzaSemestraleInfortuniVeneto>)



Si ha però una controtendenza: nelle fasce d'età più giovani, i giorni indennizzati stanno "sotto" ai giorni di infortunio. Questo significa che gli infortuni sono più frequenti, ma più lievi. Viceversa, nelle fasce d'età avanzate, i giorni indennizzati sono "sopra" al numero di accadimenti, e questo significa che gli infortuni sono di entità superiore come gravità.

In ogni caso, supponendo di mediare i giorni indennizzati con il numero di infortuni, il risultato che si ottiene è che per ogni infortunio, un dipendente è rimasto assente per circa 15 giorni, con un costo che si potrebbe supporre circa di 6000 euro per infortunio, come già precedentemente valutato. Tuttavia, a differenza di quanto riscontrato precedentemente, riusciamo a capire quale sia la fascia con più impatto, da un punto di vista economico.

Infatti, dai 46 ai 66 anni, i giorni medi di assenza si alzano fino a 26 ciascuno, con un impatto economico che arriva fino a 10.400, ossia quasi il doppio rispetto a prima.

L'approccio che è stato utilizzato in questo senso è stato quello di operare un controllo più serrato, oltre che una reiterata ripetizione delle procedure di lavoro al personale delle fasce d'età più avanzate.

## 2.3 Analisi Post-Incidentale

L'analisi del rischio trova fondamento nella risposta a due semplici seppur importanti quesiti:

1. Cosa può andare storto?
2. Se qualcosa dovesse andare storto, *qual* è la probabilità che ciò accada, e *quali* sarebbero le conseguenze?

Per rispondere a queste domande ci si focalizzava sul problema, e si cercava di trovare le possibili soluzioni a posteriori, quando il danno era potenzialmente già compiuto. Oggi, il nuovo approccio dell'analisi post incidentale punta alla prevenzione, andando ad operare affinché l'evento avverso non si realizzi.

Tuttavia, nonostante i grandi sforzi compiuti nell'inventare, creare e diffondere metodi di analisi sempre migliori e più sofisticati, è comunque impensabile poter azzerare il possibile rischio associato ad un evento avverso. Di conseguenza è ovviamente necessario affrontare il problema anche da un punto di vista che analizzi le possibili conseguenze di una tale situazione, e determinare quali siano le condizioni più sfavorevoli che hanno generato l'evento in modo da agire su quelle in prima battuta, e successivamente sulle altre a cascata, in modo da ridurre probabilità e danni attesi.

L'analisi post-incidentale, quindi, si può definire come una parte del processo investigativo incidentale, inteso come processo di gestione posto in atto con lo specifico obbiettivo di apprendere la cause dirette ed indirette di un evento incidentale e di intraprendere le misure correttive necessarie per prevenire il ripetersi di eventi simili, sia i suoi effetti e le circostanze collaterali alla sua evoluzione, e altresì di intraprendere le misure per contenere le conseguenze di eventuali eventi simili in futuro.

Nell'ambito del sistema di gestione della sicurezza, un assioma fondamentale dell'analisi post-incidentale è quello che qualunque incidente ha le sue radici, più o meno lontane, in un malfunzionamento del sistema stesso. In altre parole, è possibile identificare qualche aspetto del sistema di gestione della sicurezza che se fosse stato adeguatamente predisposto ed attuato, avrebbe potuto prevenire l'incidente occorso.

Le cause del malfunzionamento, quindi, possono essere ricercate nella carenza di pianificazione, organizzazione, attuazione e/o controllo.

Anche quando l'evento iniziatore (causa immediata) di un incidente è riconducibile ad un particolare e specifico fatto tecnico o errore umano (come la rottura di un componente o un'operazione non correttamente eseguita), l'esperienza dimostra che tali cause possono essere ricondotte a delle cause di natura gestionale (quindi, rispetto gli esempi sopra citati, ad un difetto di progettazione, o ad una carenza di qualificazione e addestramento).

Quello che porterebbe ad un effettivo miglioramento si otterrebbe se le cause fossero adeguatamente identificate e rimosse o corrette alla radice. In caso contrario, con il tempo, l'evento sarebbe destinato a ripetersi, anche se non identico, ma in maniera comunque simile.

Stabilito che l'analisi deve essere condotta in maniera opportuna, quindi come elemento vero e proprio del sistema di gestione come azione di audit, in termini generali, questa si può articolare nelle seguenti fasi:

- Attivazione e conduzione;
- Partecipazione di terzi;
- Raccomandazioni e verifica di attuazione;
- Comunicazione;
- Registrazione, reporting e analisi degli incidenti e dei quasi-incidenti (near-miss).

### 2.3.1 Tecniche strutturate di analisi

In anni recenti sono state sviluppate diverse tecniche come strumento per le analisi post-incidentali strutturate, basate sulle teorie della causalità e dei fattori umani.

Tutte le tecniche si basano su tre aspetti principali:

- organizzazione delle informazioni sull'incidente a valle della raccolta dei fatti;
- descrizione della causalità dell'incidente e sviluppo delle ipotesi di ulteriore approfondimento specialistico;
- identificazione e formulazione delle azioni correttive.

Queste, pertanto, possono fornire un utile supporto, e aiutano a focalizzare gli aspetti causali significativi. Inoltre, molte di queste tecniche sviluppano direttamente una struttura utile a configurare e a sottolineare, in termini documentali, le relazioni tra causa ed effetto. Permettono inoltre di sviluppare degli efficaci metodi di aiuto per la comunicazione e l'interiorizzazione degli insegnamenti appresi.

Dal punto di vista della logica coinvolta, le tecniche possono essere ricondotte a tre diversi approcci fondamentali:

- approccio deduttivo;
- approccio induttivo;
- approccio morfologico.

#### 2.3.1.1 Approccio deduttivo:

L'approccio deduttivo presuppone un percorso logico che parte dalla situazione generale, e tende a rivelare il particolare che ha originato l'evento iniziatore. In altri termini, la logica deduttiva parte da un punto di vista nell'andamento temporale degli eventi e guarda indietro, al fine di esaminare i punti precedenti.

Un esempio molto noto di questo approccio è la tecnica del Fault Tree Analysis (FTA), soprattutto applicata nelle analisi di sicurezza.

##### 2.3.1.1.1 Fault Tree Analysis (FTA)

La FTA, o "Albero dei Guasti", è una tecnica adatta all'identificazione delle cause di un evento incidentale, che trovò i primi impieghi nell'ambito dell'analisi di sicurezza di impianti molto complessi, come quelli nucleari e di processo.

L'applicazione di questo metodo consente di portare alla costruzione di un modello grafico, a rappresentazione delle possibili combinazioni di tutti i guasti e/o errori umani che possono portare all'incidente.

Un punto di forza è costituito dalla possibilità di ricondurre l'evento finale a tutta la serie di cause radice che lo possono far avvenire, e di spostare quindi l'attenzione dell'analista alla prevenzione dell'incidente stesso.

La rappresentazione dell'albero pone l'incidente all'estremo superiore della struttura (Top Event) ed è collegato agli eventi intermedi o di base, attraverso collegamenti causali e porte logiche. Tali porte possono essere caratterizzate da più ingressi, ma hanno sempre una sola uscita. La lettura dell'albero avviene sia in maniera qualitativa, attraverso i simboli dell'algebra Booleana, sia in maniera quantitativa, grazie all'attribuzione di fattori di frequenza che consentiranno all'analista di determinare la frequenza totale finale del Top Event. La via più breve che congiunge l'evento base con quello finale è chiamata "sequenza minima degli eventi", e se l'analisi è stata condotta correttamente, gli eventi base di una sequenza minima rappresentano le cause radice dell'incidente.

### 2.3.1.2 Approccio induttivo

Questo approccio, viceversa, porta il processo logico a seguire il percorso inverso, ossia, partendo dal particolare, tende a raffigurare la situazione generale finale. Comparato con l'approccio deduttivo, che è strettamente logico-sequenziale, questa tipologia di analisi parte dal postulato per cui si è verificato un determinato evento iniziatore, e si determina quale effetto ha sul funzionamento del sistema.

Sempre nei confronti dell'analisi di sicurezza, alcune tecniche molto conosciute sono la Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), l'Hazard and Operability Study (HAZOP) e l'Event Tree Analysis (ETA).

Spesso, a partire dalla ricostruzione generale ottenuta con approccio deduttivo, è necessario il ricorso puntuale ad un approccio induttivo, per scendere in qualche modo nel dettaglio per dimostrare in maniera inequivocabile il collegamento causa-effetto.

L'approccio misto può essere in ogni caso utile nell'ambito dell'analisi post-incidentale, particolarmente quando riveste notevole importanza la tempistica e la successione degli eventi.

Tuttavia, uno dei punti critici nell'applicazione delle tecniche miste è costituito dalla reale consapevolezza del grado di copertura raggiunto nella determinazione dei modi di guasto (approccio deduttivo), ovvero delle situazioni di malfunzionamento di sistema o di processo (approccio induttivo).

L'analista dovrà rendersi conto fino a che profondità spingere il grado di dettaglio e l'estensione dell'analisi, e questo richiede certamente una notevole esperienza.

### 2.3.1.3 Approccio morfologico

Tale approccio all'analisi post-incidentale pone l'attenzione alla struttura stessa del sistema esaminato, focalizzandosi sugli elementi pericolosi già noti, in base alla natura ed alla conformazione del sistema, con lo scopo di porre in evidenza quelli maggiormente significativi per la sicurezza.

In sostanza non vengono strettamente ricercate le varie deviazioni al sistema, ma piuttosto l'analista pone l'attenzione a considerare le fonti di pericolo note. Come si intuisce, quindi, l'efficacia dell'analisi dipende fortemente dal grado di conoscenza del sistema e dall'esperienza operativa dell'analista.

## 2.4 Metodologie adottate

Tra le numerose tecniche di analisi, quelle più utilizzate in ambito industriale, e che hanno mosso i primi passi nell'industria del automotive sono la *Fault Tree Analysis (FTA)* e la *Causal Tree Method (CTM)*.

Nel seguente paragrafo analizzeremo i punti comuni e differenti delle due tecniche, e successivamente verranno paragonate al caso studio della realtà aziendale.

### 2.4.1 Fault Tree Analysis (FTA)

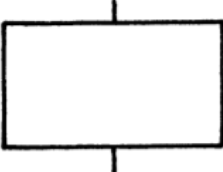
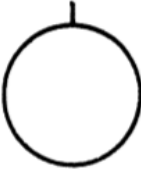

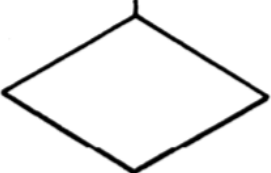
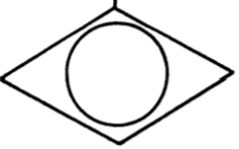
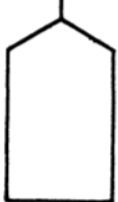
L'albero dei guasti (Fault-tree Analysis), fu concepito nel 1961 da H. A. Watson, del Bell Telephone Laboratories, assieme all'aeronautica militare statunitense, per studiare il sistema di controllo al lancio del missile Minute Man.

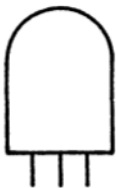
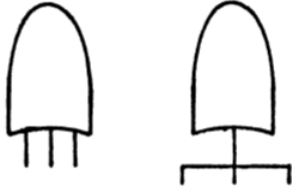
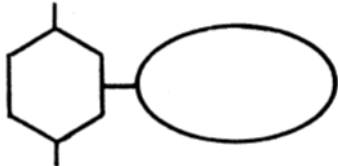
Successivamente, nel 1965, al Safety Symposium sponsorizzato dall'università di Washington e dalla compagnia aerea Boeing, furono presentati numerosi studi che esaltarono la virtuosità di questo metodo di analisi post-incidentale. Quel momento segnò l'inizio di una larga diffusione nell'interesse di utilizzare la *fault-tree analysis* come strumento affidabile per garantire un sistema di sicurezza per sistemi dinamici complessi, come, per esempio, i reattori delle centrali nucleari.

Dal 1960 sono stati fatti grandi sforzi nel risolvere gli alberi dei guasti per ottenere informazioni affidabili sulla complessità dei sistemi. L'importanza di questa analisi per il mondo industriale è molto ben chiarita e sottolineata nel Reactor Safety Study, un saggio di oltre 1000 pagine nei riguardi della tecnica di analisi finora discussa.

Il concetto fondamentale nella *fault-tree analysis* è la traduzione di un sistema fisico in un diagramma logico strutturato, dove alcune specifiche cause portano ad un unico evento principale (TOP event) di interesse. Questo diagramma logico è costruito seguendo la simbologia indicata in tabella:

Tabella 2.2 Simbologia analisi FTA:

RAPPRESENTAZIONE DI EVENTI		
	EVENTO INTERMEDIO	Il rettangolo identifica un evento che risulta dalla combinazione di eventi anomali attraverso la porta logica di input.
	EVENTO BASE	Il cerchio descrive un evento base, che non richiede ulteriori indagini. La frequenza e i modi di guasto di questi eventi sono da ricercare in dati empirici e da banche dati consolidate.
	CATENA DI EVENTI	I triangoli sono usati come simboli di trasferimento: una linea dalla punta superiore indica un trasferimento in entrata, mentre una linea laterale indica un trasferimento in uscita.
	EVENTO PRIMARIO	Il diamante indica che le possibili cause dell'evento non sono ulteriormente indagabili. Questo perché le informazioni necessarie non sono reperibili.
	SOTTO-ALBERO	Il cerchio inscritto in un diamante indica che esiste un sotto-albero, ma che tale evento è stato analizzato a parte, e ne sono stati indicati solo i risultati.
	INTERRUTTORE	la casa è usata come un interruttore per includere o eliminare parti dell'albero dei guasti, dato che queste parti possono applicarsi o meno a certe situazioni.

OPERATORI LOGICI		
	AND	Il cancello AND descrive l'operazione logica nella quale è richiesta la coesistenza di tutti gli eventi in input per produrre l'evento di output.
	OR	L'operatore OR definisce situazioni dove l'evento di output esisterà se uno o più degli eventi di input si avvererà.
	INHIBIT	INHIBIT è l'operatore logico che descrive la relazione di causalità tra due guasti. Se le condizioni sono soddisfatte, l'evento di input produce direttamente l'evento di output. Gli eventi devono quindi verificarsi con una certa sequenzialità perché si verifichi il danno.

#### 2.4.1.1 Definizione dei sistemi

La necessità di applicare la metodologia dell'albero delle cause nasce dalla possibilità che si presenti un evento avverso indesiderato (TOP event), e dal bisogno quindi di impedire che questo avvenga.

Per eseguire un'analisi significativa, sono generalmente necessari i seguenti sistemi di informazione:

- Modalità di funzionamento e di guasto dei componenti: Una descrizione di come gli stati di uscita di ogni componente sono influenzati dagli stati di ingresso e dalle modalità operative interne di quel componente;
- Grafico del sistema: Una descrizione di come i componenti sono interconnessi. Uno schema funzionale del sistema deve mostrare tutte le interconnessioni funzionali e identificare ogni componente;
- Condizioni al contorno del sistema: Queste definiscono la situazione per la quale l'albero dei guasti deve essere disegnato. L'evento superiore, le condizioni iniziali esistenti o gli eventi non consentiti, e il cima dell'albero sono condizioni al contorno del sistema.

#### 2.4.1.2 Costruzione del sistema ad albero

La costruzione dell'albero è generalmente molto dispendiosa in termini di tempo, e oltretutto molto complessa. La sintesi operata dall'aiuto di computer è molto applicata, e ha portato allo sviluppo di nuove proposte metodologiche, di seguito brevemente descritte.

La metodologia generale per la costruzione fu proposta da David Haasl, che ideò una struttura che stabilisce delle regole per determinare il tipo di cancello da utilizzare e gli ingressi al cancello.

J.B. Fussell iniziò la costruzione automatizzata con il suo *Synthetic Tree Model (STM)* e presentò un codice informatico, *DRAFT*, per i sistemi elettrici. L'idea dietro STM è la modellazione di ogni dispositivo nel sistema con una funzione di trasferimento dei guasti. Queste funzioni di trasferimento per vari componenti vengono poi combinate e modificate per formare l'albero dei guasti finale.

Powers & Tompkins hanno ideato un metodo per la costruzione automatizzata di alberi di guasto per i sistemi chimici. Hanno introdotto l'uso di modelli di input/output per descrivere relazioni locali di causa ed effetto tra variabili ed eventi di guasto per un singolo componente di un sistema. L'approccio da loro ideato consiste prima nel suddividere un sistema in blocchi costituenti, e definire le loro operazioni tramite modelli di unità, poi accoppiare questi sistematicamente per formare l'albero.

Salem, Apostolakis e Okrent hanno ideato e creato il codice *CAT (Computer Automated Tree)* che presenta un approccio generale, implementato con l'ausilio del computer, per la modellazione di sistemi nucleari e altri sistemi complessi che coinvolgono interazioni meccaniche, elettriche, idrauliche e umane, così come effetti di causa comune. Il codice CAT si basa sull'uso di tabelle decisionali come modellazione dei componenti, e una procedura di editing passo dopo passo accoppiando i componenti e tracciando attraverso il sistema per costruire l'albero dei guasti.

Il programma Lapp & Powers Fault Tree Synthesis (FTS) genera prima un diaframma (grafo diretto) per la rappresentazione del sistema, e poi usa un algoritmo di sintesi degli alberi di guasto per dedurre l'albero di guasto dal modello di diaframma del sistema da analizzare.

Camarda et al. hanno proposto un algoritmo efficiente per la sintesi automatica dell'albero dei guasti dal grafico dell'affidabilità per grandi sistemi, che è generalmente molto più facile da ottenere dell'albero dei guasti, perché i modi in cui un sistema fisico può funzionare sono molto meno di quelli in cui lo stesso può fallire.

Taylor & Hollo usano modelli di componenti algebrici per costruire un diagramma causa-conseguenza (*Cause-consequence diagram, CCD*). Il diagramma Causa-Conseguenza è la rappresentazione più completa del suo genere e ha recentemente generato un'attenzione diffusa come metodo per l'analisi di affidabilità e sicurezza dei sistemi complessi. Estende la metodologia fault-tree per descrivere meglio gli effetti sequenziali delle catene di incidenti e per aumentare la loro visibilità nella procedura di analisi.

#### 2.4.1.3 Valutazione dell'albero dei guasti

La valutazione di un albero dei guasti può essere di 3 tipologie a seconda dello scopo dell'analisi condotta:

- Qualitativa;
- Quantitativa;
- Semi-quantitativa;

##### 2.4.1.3.1 Valutazione qualitativa

La valutazione qualitativa consiste nell'identificazione del minimo percorso comune e la causa comune di guasto. I due approcci più usati per determinare il minimo set di tagli per l'albero sono il metodo di simulazione di Monte Carlo e il metodo deterministico.

La procedura di simulazione di Monte Carlo, per trovare gli insiemi minimi di taglio, assegna un tempo al fallimento per ogni componente, di solito basato su una distribuzione esponenziale del fallimento. Questi tempi di rottura sono scelti generando prima per ogni componente un numero casuale uniformemente distribuito tra 0 e 1, e poi trovando il corrispondente tempo di rottura. In un'esecuzione del metodo Monte Carlo, il tempo di fallimento è generato per ogni componente, poi gli stati dei componenti sono impostati su "fallito", uno alla volta in ordine di tempo crescente, fino a quando l'evento superiore è prodotto. Questo genera un set di tagli che è poi ridotto a un set di taglio minimo.

L'idea base dietro il metodo deterministico è di diretta espansione o riduzione dell'evento finale (TOP event) in termini di eventi costituenti base, attraverso l'uso dell'algebra Booleana. Uno dei primi programmi per i calcolatori ad usare il metodo deterministico fu il *PREP program* sviluppato da Vesely e Narum. Il programma utilizza un algoritmo di test a combinazione diretta (COMBS) per il suo approccio deterministico.



Fussell e Vesely svilupparono successivamente un algoritmo alternativo che non aveva bisogno di test di combinazione. Era basato, infatti, sulla condizione che il cancello AND incrementa sempre il numero del taglio, mentre il cancello OR aumenta sempre il numero dei tagli. Questo algoritmo fu designato per accettare solo le condizioni AND oppure OR.

Mentre i metodi di cui sopra per trovare gli insiemi minimi di taglio si applicano per alberi di guasti s-coerenti, cioè un albero di guasti che è limitato a contenere solo porte AND e OR, il codice informatico SETS trova le implicazioni prime di un albero di guasti non coerente. Le prime implicazioni sono come gli insiemi di taglio minimo, tranne che possono contenere eventi di base complementari.

Kumamoto & Henley hanno sviluppato un algoritmo top-down per ottenere insiemi di prime implicazioni di alberi di guasto non coerenti, il cui guasto di causa comune è qualsiasi evento o condizione che provoca guasti di più componenti. Un evento di causa comune importante è, quindi, una causa di guasto secondaria che è comune a tutti gli eventi base in uno o più insiemi di taglio minimo dell'hardware. Sono state sviluppate due metodologie per l'analisi delle cause comuni:

Il primo, chiamato COMCAN, è stato sviluppato dalla Aerojet Nuclear Company per la US Energy Research and Development Administration. Il programma richiede come input qualsiasi set di taglio minimo sia stato selezionato dall'albero dei guasti e la suscettibilità di causa generica per ogni evento di base in ogni categoria. L'algoritmo cerca quindi quei set di tagli minimi che sono composti da eventi di base che sono tutti suscettibili della stessa causa generica, e questa ricerca viene ripetuta per ogni categoria. Tuttavia, per sistemi complessi, determinare la lista di insiemi minimi di tagli diventa un compito difficile e spesso impossibile. Il tempo di calcolo del computer e la capacità di memorizzazione diventano proibitivi. Qualsiasi metodo che richiede la lista di tutti gli insiemi di tagli minimi come input è limitato.

Per superare questa difficoltà, una nuova procedura è stata proposta da Wagner et al. Questo secondo approccio, senza esaminare tutti i set di tagli minimi, individua i set di tagli minimi di qualsiasi ordine che potrebbero fallire per cause comuni.

Per l'analisi quantitativa del fallimento per cause comuni, W. E. Vesely ha sviluppato una tecnica di stima statistica per il fallimento per cause comuni specializzando il modello esponenziale multivariato di Marshall-Olkin.

#### 2.4.1.3.2 Valutazione quantitativa:

Oltre le valutazioni qualitative eseguite sul sistema, le valutazioni quantitative del fault tree sono di grande interesse. Con l'aiuto dei parametri di affidabilità (probabilità di guasto o non disponibilità del sistema), può essere calcolata la frequenza di un evento richiesto deducendola sia dalle loro osservazioni (per esempio prova di laboratorio o esperienza del campo) sia da sorgenti di dati rilevanti.

Come definito nei paragrafi precedenti, per passare da un'analisi puramente qualitativa ad un'analisi quantitativa, è necessario applicare delle probabilità di guasto, ottenute dalla letteratura tramite "La teoria dell'affidabilità". Questa studia il comportamento dei sistemi e dei componenti, con lo scopo di determinare la vita media, la sopravvivenza, e la percentuale di buon funzionamento del sistema.

L'affidabilità (R, come reliability) è una funzione dello stato del componente (C), dalle condizioni ambientali e dalle sollecitazioni a cui è sottoposto (A) e dal fattore tempo (t):

$$R = R(C, A, t)$$

(2.4.1.3.2. 1)

Considerando un numero di componenti al tempo t, possiamo ovviamente dire:

$$N_o = N_V(t) + N_G(t)$$

(2.4.1.3.2. 2)

Ossia che la somma dei componenti “vivi” e i componenti “guasti” sia pari al numero totale di componenti<sup>1</sup>.

Definiamo quindi l’affidabilità come rapporto

$$R(t) = \frac{N_V(t)}{N_o}$$

(2.4.1.3.2. 3)

E l’inaffidabilità (F) come

$$F(t) = \frac{N_G(t)}{N_o} = 1 - \frac{N_V(t)}{N_o} = 1 - R(t)$$

(2.4.1.3.2. 4)

Da cui otteniamo che R(t) e F(t) sono funzioni di probabilità. A questo punto definiamo la densità di probabilità dell’inaffidabilità:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{d(1-R(t))}{dt} = - \frac{dR(t)}{dt}$$

(2.4.1.3.2. 5)

Il prodotto  $f(t) \cdot dt$  rappresenta la probabilità che il componente individuato si guasti nell’intervallo di tempo considerato fra t e t+dt.

---

<sup>1</sup> questo vale per componenti definiti “bistabili”, ossia caratterizzati dal fatto che possono funzionare o meno. Chiaramente, se lo stato del componente può variare con continuità tra lo stato di funzionamento e lo stato di non funzionamento, l’equazione si complica.

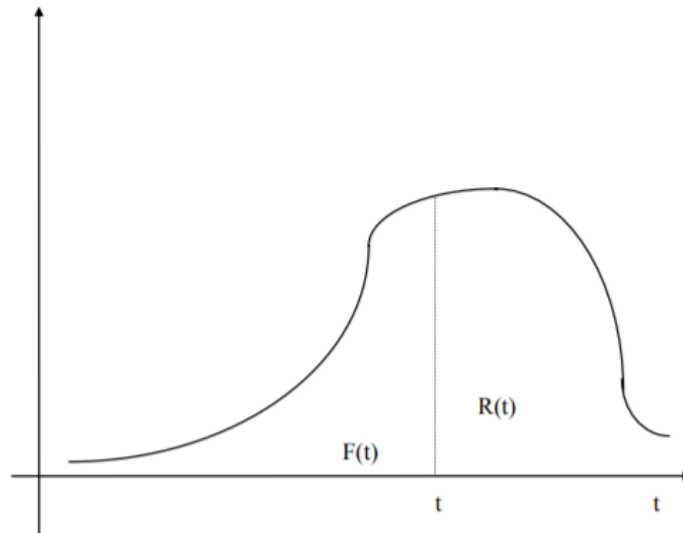


Figura 2.4.3.2.1 Distribuzione dell'inaffidabilità

Come si evince in figura 2.4.3.2.1, presa una generica funzione di distribuzione dell'inaffidabilità nel tempo, si nota come l'area sottesa dalla curva dal tempo iniziale  $t=0$  al tempo  $t$ , rappresenta il valore di  $F(t)$ , che è la probabilità di guasto dei componenti scelti tra i tempi  $t=0$  e  $t$ .

Una grandezza di notevole importanza è anche il tasso di guasto ( $Z$ ), definito come il rapporto tra il numero di componenti guasti al tempo  $t$ , e il numero di componenti totali:

$$Z(t) \cdot dt = \frac{-R(t+dt) - (-R(t))}{R(t)} = -\frac{dR(t)}{R(t)} = \frac{f(t)dt}{R(t)}$$

(2.4.1.3.2. 6)

Da cui discende la seguente

$$R(t) = e^{-\int_0^t Z(t)dt}$$

(2.4.1.3.2. 7)

Alcuni componenti sono caratterizzati da quella che viene chiamata la *proprietà di non memoria*, dal punto di vista dell'affidabilità. In altre parole, il tasso di guasto si mantiene costante nel tempo, e non dipende dal particolare istante di tempo considerato.

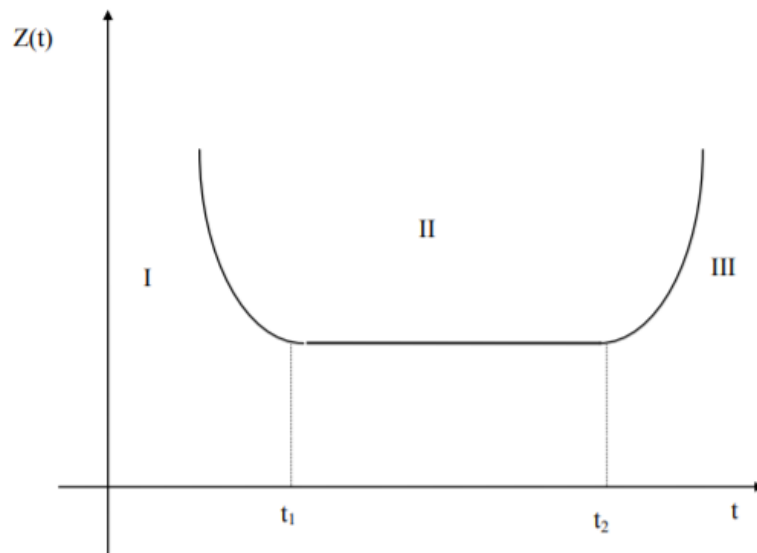


Figura 2.4.3.2.2 Curva del tasso di guasto costante (*bath tube curve*)

La curva del tasso di guasto è caratterizzata dalle seguenti fasi:

- La regione I, definita del “Periodo di insuccesso anticipato”, è caratteristica dei componenti che sono stati concepiti, progettati o realizzati male. Dopo la messa in opera e il primo utilizzo di un componente, si entra nella prima fase di vita: il rodaggio.
- La regione II, o “Periodo di errore casuale”, è caratteristica dei componenti con tasso di guasto costante, nei quali il guasto si manifesta in modo casuale (es. componenti elettronici), le cui cause sono riconducibili a errori operativi, guasti in manutenzione o durante un sovraccarico occasionale.
- La regione III, detta “Periodo di fallimento dell’usura”, è tipica dei componenti meccanici, caratterizzati dal fenomeno dell’usura, della corrosione e del creep, e che registrano in questa fase un aumento repentino del tasso di guasto.

La valutazione quantitativa dell’albero dei guasto viene svolta prendendo i tassi di guasto relativi alla regione II ovvero con guasto costante.

I casi studio successivamente analizzati sono però basati sull’affidabilità umana, che a differenza di quanto sopra citato per i tassi di guasto dei componenti meccanici ed elettrici, è molto complessa, e per cui allo stato attuale non esiste una metodologia universalmente riconosciuta per l’analisi di questo fattore.

Il primo approccio sistematico a tale componente fu attribuito a Rasmussen, che per lo studio degli impianti nucleari, analizzò il ruolo dell’operatore dell’impianto. A questi vengono richiesti ben precisi modi di agire sotto forma di istruzioni operative e procedure scritte. Sulla base dei compiti richiesti, Rasmussen introdusse la seguente categorizzazione dei diversi possibili interventi, basati su:

- l’abilità (skill based);
- l’uso di regole o procedure scritte (rule based);
- la conoscenza (knowledge based).

I primi consistono in azioni semplici, che l’operatore compie con automatismo, al verificarsi di determinate condizioni. Di questa categoria fanno parte azioni molto semplici, nelle quali l’uomo è quasi un automa, e per le quali è relativamente semplice predisporre dei test per estrarre dati di probabilità di azione corretta in funzione dei diversi fattori che condizionano il comportamento umano.

I secondi sono collocati ad un livello intermedio, e sono azioni che richiedono un processo più complicato di valutazione, come per esempio riconoscere il tipo di intervento necessario, e quindi scegliere il tipo corretto di procedura da intraprendere.

Infine abbiamo il livello “cognitivo”, per la quale la valutazione viene fatta per conoscenza del processo fisico e dopo un’accurata analisi della situazione.

L’uomo fa quindi parte di questo sistema, ed è un componente del tutto particolare, a cui vengono attribuiti compiti di vario genere, siano essi normali e usuali, o inusuali e poco frequenti. A differenza degli altri componenti fisici dell’impianto, è dotato delle seguenti peculiarità:

- è molto sensibile alle condizioni esterne;
- è un componente “adattivo”, ossia, in funzione delle conoscenze e dell’esperienza tende a modificare il compito assegnato;
- gli vengono attribuite diverse funzioni contemporaneamente, e può quindi spostare l’attenzione da una funzione ad un’altra;
- reagisce in maniera differente alle procedure psicologiche, programmate o sulla conoscenza a seconda dello stato di stress e dalla ripetitività delle azioni a cui è sottoposto.

Da queste considerazioni si può dedurre che gli errori generati derivino da due differenti fonti: errori di comportamento o errori dovuti ad un livello di prestazione non compatibile con la capacità dell’uomo.

Possiamo poi classificare gli errori umani secondo tre tipologie:

- *errori randomici*, che sono dovuti ad una naturale fluttuazione di prestazioni dell’uomo di azioni ripetute;
- *errori sistematici*, dovuti ad un comportamento errato e alla tendenza dell’uomo di costruirsi un proprio “modello di impianto”, e a ipotizzare situazioni già sperimentate, stereotipi e azioni simili;
- *errori sporadici*, legati alla grande variabilità del comportamento umano. Questi eventi sono eccezionali, e per loro natura poco prevedibili e trattabili.

Nel caso di errori sistematici, dovuti a comportamenti errati, è possibile una quantificazione quando esistano delle possibilità di retroazione e di correzione, che abbiano a loro volta carattere ripetitivo.

Il problema però si complica di molto quando si passa ad errori di squilibrio tra le esigenze della macchina e la capacità dell’uomo: gli errori in queste situazioni sono dovuti sia alla macchina che all’uomo, che è fortemente influenzato in maniera non lineare dal carico, ossia dallo stato di tensione nervosa in cui si viene a trovare. Di conseguenza anche le relative situazioni che ne scaturiscono sono differenti caso per caso, e diventa quindi complesso identificare e attribuire una probabilità di accadimento all’errore compiuto.

#### 2.4.1.3.3 Valutazione semi-quantitativa:

Come suggerisce il nome, questa valutazione si compone di una parte di valutazione qualitativa, con la descrizione degli eventi e dei modi di guasto, a cui poi si assoceranno dei valori di probabilità di accadimento che consentiranno di quantificare la probabilità di accadimento finale attraverso la combinazione di questi con l’utilizzo dell’algebra Booleana.

I limiti migliorati per i metodi di cui sopra possono talvolta essere ottenuti utilizzando la decomposizione modulare. L’analisi degli alberi dei guasti non coerenti procede in modo simile. Invece di trovare gli insiemi minimi di taglio nelle strutture s-coerenti, i primi implicanti sono identificati negli alberi di guasto non coerenti. Tutti i metodi applicabili agli alberi di guasto s-coerenti, tranne i limiti del taglio minimo (o percorso minimo), possono essere estesi agli alberi di guasto non coerenti.

Alla fine degli anni '60, sofisticati programmi per il computer erano disponibili per ottenere informazioni probabilistiche relativamente al *TOP event*, a partire dalle informazioni probabilistiche degli eventi base attraverso l'uso del Metodo Monte Carlo.

Per ridurre il tempo di lavoro del computer ad un livello accettabile, una procedura di campionamento statistico chiamata campionamento d'importanza è usata nelle analisi Monte Carlo. Questa tecnica dipende dalla distorsione della simulazione attraverso l'uso di un'altra distribuzione, in modo che il componente o la combinazione di componenti che causano l'evento improbabile siano enfatizzati nel campionamento. Per non distorcere il risultato finale, le correzioni vengono fatte alla fine.

In conclusione, l'analisi ad albero dei guasti è uno strumento versatile che ha rapidamente conquistato il favore di coloro che sono coinvolti nei calcoli di affidabilità e sicurezza. Ma i modelli fault-tree hanno degli svantaggi. Probabilmente il più importante è il costo di sviluppo nella prima applicazione ad un sistema. Qualche tecnica di analisi induttiva, come la *Failure-Mode-and-Effects Analysis (FMEA)*, è una tecnica molto più semplice e conveniente da applicare nell'analisi di piccoli sistemi quando un'analisi dei guasti a punto singolo è adeguata. Tuttavia, quando i sistemi diventano più complessi e le conseguenze degli incidenti diventano catastrofiche, si dovrebbe applicare una tecnica come l'analisi ad albero dei guasti. L'analisi ad albero dei guasti può dirigere efficientemente gli sforzi di un analista nel considerare solo quegli eventi di base che possono contribuire al fallimento del sistema e rappresentare la relazione dell'errore umano e delle condizioni ambientali nel causare il fallimento del sistema. Con il rapido progresso dell'analisi automatizzata dell'albero dei guasti, questa tecnica può essere uno strumento analitico di affidabilità più efficace e sofisticato.

Una grande difficoltà con la valutazione quantitativa dei fault-tree (così come qualsiasi tecnica quantitativa di affidabilità) è la mancanza di dati pertinenti sul tasso di fallimento. Tuttavia, le valutazioni quantitative sono particolarmente preziose per confrontare i progetti di sistemi che hanno componenti simili. I risultati non sono così sensibili ai dati sul tasso di guasto come lo è una determinazione assoluta della probabilità di guasto del sistema. A causa delle incertezze nei dati di tasso di guasto, l'analisi quantitativa degli alberi di guasto ha il suo più grande valore quando vengono fatte determinazioni relative piuttosto che assolute. L'analisi ad albero dei guasti è quindi meglio applicata durante le fasi di progettazione dettagliata di un sistema.

Per l'analista della sicurezza del sistema, gli alberi dei guasti forniscono una base oggettiva per analizzare le modalità e le probabilità di guasto e valutare l'affidabilità complessiva. La logica semplice si applica sia ai sistemi che ai sottosistemi, ed è un efficace strumento di visualizzazione per la gestione e l'ingegneria; e per il controllo di processo o l'analista di sistema aerospaziale così come per l'ingegnere di progettazione nucleare.

#### 2.4.1.3.4 Metodo di applicazione

FTA è un metodo dalle applicazioni più varie. Può essere usato sia preventivamente (approccio consigliato), oltre che per identificare le cause di non conformità già rilevate.

I simboli utilizzati nel diagramma logico ad albero FTA, sono chiamati *logic gates*: OR e AND

Il punto di partenza è lo stato del sistema che può presentarsi come funzionante o difettoso. All'estremità in alto, si inserisce l'evento top, come primo nodo contenente la dichiarazione dell'evento indesiderato. Si supponga, per esempio, che il sistema sia formato da un motore elettrico, una batteria e due interruttori e che l'evento indesiderato sia l'impossibilità di spegnere il motore.

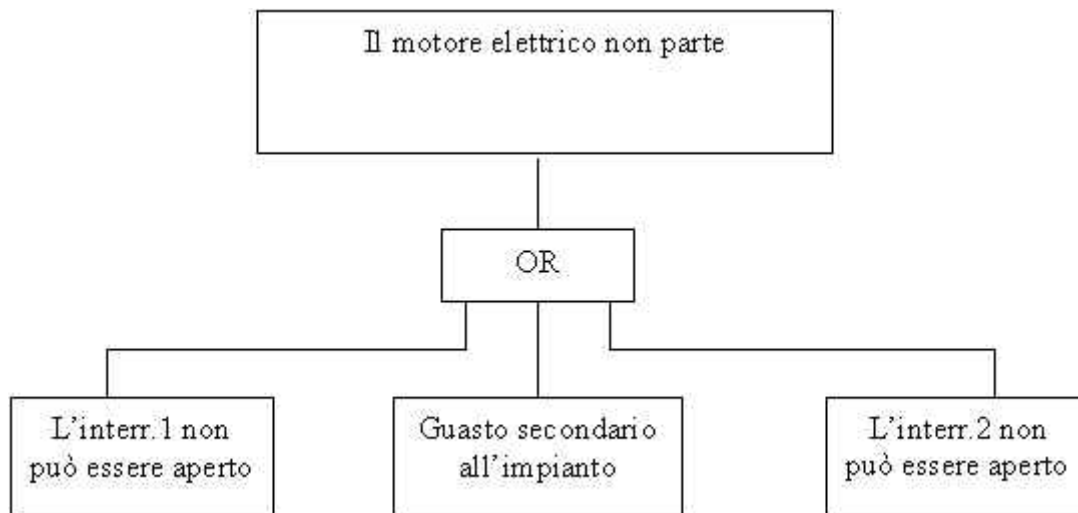


Figura 2.4.3.4.1 Esempio di applicazione di FTA.

Per definizione, il *Top Event* è un nodo senza successori. Seguendo, a questo punto, le regole dell'algebra booleana, si associa il numero binario 1 al manifestarsi di tale stato (il motore elettrico non si spegne) e il numero binario 0 allo stato opposto di funzionante.

Il top event è una combinazione (output) di altri difetti/guasti legati al sistema, ai suoi componenti o a condizioni esterne.

Rifacendosi all'esempio del motore elettrico che non si spegne, ciò può essere causato dalla non apertura di entrambi gli interruttori.

Input 1	Input 2	Output
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

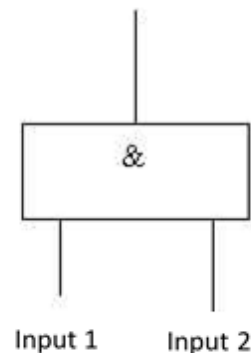


Figura 2.4.3.4.2 Processo logico AND nella FTA.

In quest'esempio il manifestarsi del top event dipende da cosiddetti stati predecessori secondo la nota funzione booleana AND. Con la funzione AND lo stato del successore si conferma (1 = motore che non si ferma) quando entrambi gli stati dei predecessori si confermano (1 = interruttore che non si apre).

Se si suppone, invece, che l'evento indesiderato sia il motore che non si avvia (=1), la funzione booleana che si utilizza è l'OR. (Immagine 2.4.3.4.1).

Input 1	Input 2	Output
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

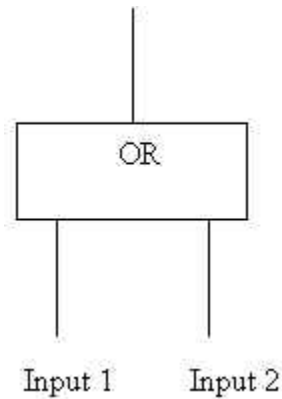


Figura 2.4.3.4.3 Processo logico OR nella FTA.

Con questa funzione lo stato del successore (1 = motore che non parte) si conferma quando almeno uno degli stati dei predecessori si conferma (=1).

Quando si sviluppa l'analisi FTA, gli insuccessi del componente (inputs) sono classificati in tre categorie:

Guasto primario: l'insuccesso primario è dovuta alla costruzione o alle caratteristiche materiali del componente stesso.

Guasto secondario: insuccesso del componente è causato da influenze esterne inaccettabili, come per esempio condizioni ambientali, condizioni di applicazione o l'influenza di altre componenti del sistema.

Guasto di comando è causato da errori di natura umana (operativi) o per uso scorretto.

Per essere capaci di fare di un sistema tecnicamente molto complesso un modello realistico, è necessario seguire i seguenti step operativi:

1. Analisi del Sistema;
2. Definizione dell'evento primo e criteri di guasto;
3. Determinazione dei parametri di attendibilità e degli intervalli di tempo;
4. Determinazione dei modi di guasto di un componente;
5. Preparazione dell'albero dei guasti;
6. Analisi di sensibilità.

Analisi del Sistema:

La preparazione di un albero degli errori presuppone l'esatta conoscenza dei processi funzionali in situazione di normale attività del sistema. Attraverso una simile analisi, il funzionamento del sistema considerato, tenendo conto delle sue relazioni con l'ambiente, verrà costruito in modo chiaro e trasparente. Per definire chiaramente il sistema, tutte le funzioni in esso coinvolte devono essere mostrate e legate a tutti gli elementi del sistema. Dovranno quindi essere considerati in modo appropriato i target di performance e le tolleranze di ciascuna delle funzioni. Per raggiungere un simile risultato, documenti tecnici, specifiche di performance e disegni diventeranno strumenti indispensabili e insostituibili. Per illustrare, poi, le connessioni di sistema e le influenze di interfaccia, verranno impiegati i diagrammi funzionali a blocchi. Il sistema si trova a dover rispettare e mantenere i requisiti funzionali sotto l'influenza di condizioni ambientali specifiche non strettamente attinenti agli aspetti tecnici del sistema, durante diverse fasi operative. Al pari delle caratteristiche fisiche e chimiche degli elementi del sistema, andranno quindi, anche considerate le influenze ambientali.



Qui il sistema deve essere esaminato con riguardo ai seguenti aspetti:

- Interdipendenza e cooperazione degli elementi del sistema nella creazione e determinazione delle funzioni del sistema;
- Reazioni del sistema alle condizioni ambientali;
- Reazioni del sistema in caso di guasti interni o guasti attribuibili alle fonti sostenenti il sistema stesso.

Definizione dell'evento primario (*Top Event*) e dei criteri di guasto:

La significatività di un FTA dipende dalla descrizione del top event e dalle relative condizioni di frontiera. Nella determinazione del top event due sono i possibili approcci:

#### *Approccio preventivo*

Se l'FTA viene condotta a scopi preventivi, le definizioni del top event scaturiscono da non conformità di funzioni o dalla necessità di soddisfare specifici requisiti. Nella definizione del top event, inoltre, al pari delle conformità del prodotto andranno ugualmente considerati aspetti legati alla sicurezza.

#### *Approccio correttivo*

Qui, invece, il top event viene definito sulla base di un problema insorto o di un guasto al sistema già verificatosi.

Definizione dei parametri di attendibilità e degli intervalli temporali:

Nel valutare, quantitativamente un albero dei guasti, occorrerà distinguere i casi in cui si intende valutare le probabilità di guasto in un determinato periodo di tempo oppure questa stessa vada considerata per periodi casuali. E' evidente che una valutazione di tipo quantitativo per il top event richiederà poi una valutazione simile per gli eventi base.

Determinazione dei modi di guasto di un componente:

Dopo un'analisi del sistema e una definizione del top event, tutti i modi di guasto dei componenti da riconsiderare secondo il modello dell'albero dei guasti devono essere differenziati. Per l'elaborazione di un FTA dettagliato, normalmente non è sufficiente usare guasti indifferenziati dei componenti come eventi base. Al contrario modi di guasto diversi di uno stesso componente possono avere effetti completamente diversi sul top event, così che essi potrebbero essere attribuiti sotto un medesimo evento base, ma dover tuttavia essere inseriti in un'area diversa nell'albero dei guasti. Quando, tuttavia, siamo chiamati a determinare l'attendibilità dei parametri per gli eventi base, sorge una difficoltà aggiuntiva legata al fatto che le probabilità di guasto sono conosciute ma non sono distinte in funzione del loro specifico effetto sul top event per i singoli modi di guasto. Alcuni data books contengono informazioni sui modi di guasto di alcuni componenti.

Se non sono disponibili informazioni quantitative sui modi di guasto, è possibile in ultima analisi riferirsi all'ipotesi peggiore usando la probabilità di guasto complessiva di un componente come stima della più elevata probabilità del singolo modo di guasto. Nel momento in cui sia stata già predisposta o conclusa un'analisi dei modi di guasto tipo FMEA, l'FTA potrà prendere avvio sulla base degli stessi dati ricavati dall'FMEA sui modi di guasto.

Preparazione dell'albero dei guasti:

Per ottenere risultati compatibili e limitare l'arbitrarietà del soggetto preposto allo sviluppo di un albero dei guasti, è necessario stabilire specifiche procedure (vedi Tabella 2.4.3.4.1). Punto di

partenza nell'elaborazione dell'albero è l'identificazione del top event del sistema da esaminare. In primo luogo si stabilisce se il top event descritto può essere riconosciuto come guasto di un singolo elemento del sistema. In questo caso, una connessione OR individua al massimo 3 inputs: un guasto primario, un guasto secondario, un guasto di comando. Negli altri casi saranno identificati tutti quei guasti che individualmente o congiuntamente hanno determinato il top event. Come già menzionato, il guasto primario non ha ulteriori e successivi sviluppi, come anche i guasti secondari e di comando non relativi al sistema esaminato

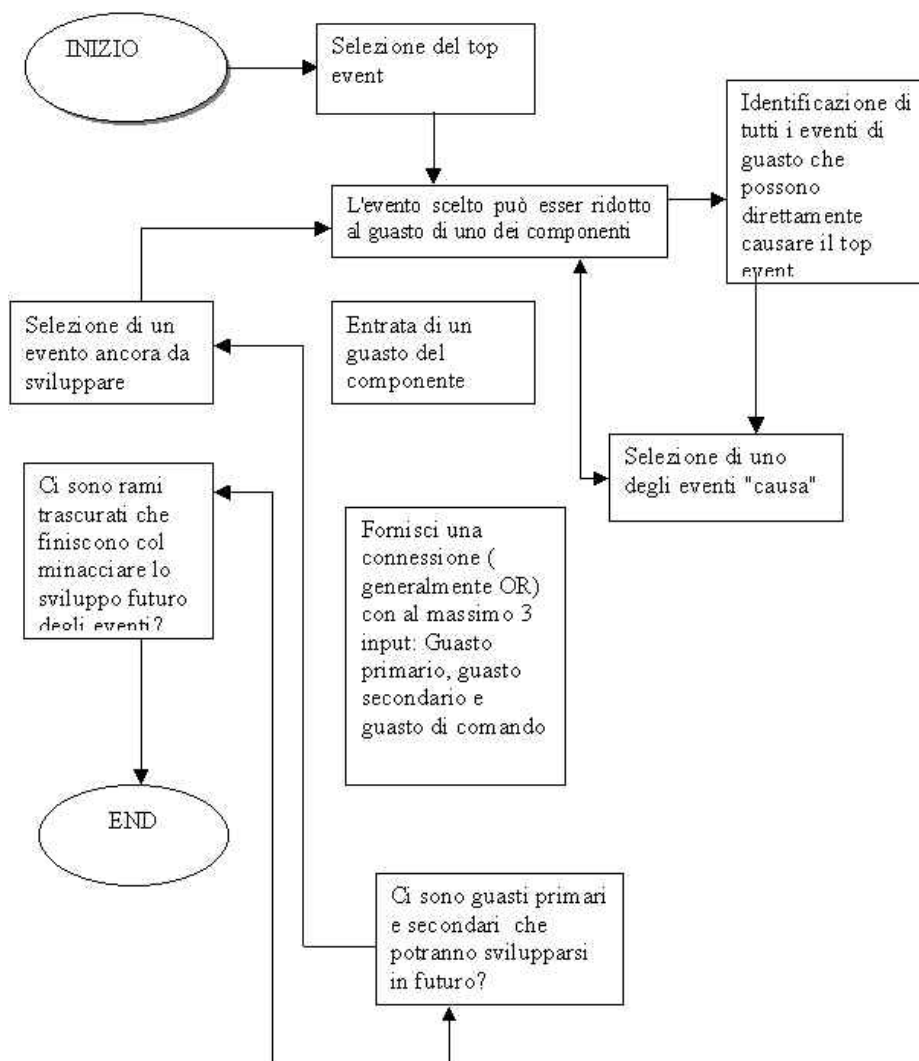


Figura 2.4.3.4.1 Schema logico per la preparazione di un albero dei guasti.

#### Analisi di sensibilità:

Il calcolo di probabilità del top event esistente permette ai *decision makers* di avere un globale giudizio, sul livello di accettabilità della probabilità rilevata. Se il livello è basso, occorrerà chiedersi quali eventi di base causano avvenimenti inaccettabili e quali possano essere le misure per una loro eliminazione.

Consente l'identificazione di elementi di base e di sistemi minimi ridotti, che influenzano prevalentemente la probabilità esistente. L'importanza degli eventi di base e dei sistemi ridotti è descritta dai così detti parametri importanti. Calcolando l'importanza per tutti gli eventi di base o per i sistemi minimi ridotti, potremmo acquisire una sequenza quantitativa di importanza. Perciò si

ottengono indicazioni le cui misure possono effettivamente minimizzare la probabilità esistente del top event.

## 2.5 Causal Tree Method – CTM

Esistono svariate metodologie per analizzare le cause radice (RCA, root cause analysis) di un singolo evento. Una tecnica che consente di analizzare le cause radice, e che si è sviluppata proprio nell'ambito dell'analisi di incidenti sul luogo di lavoro è la *Causal Tree Method (CTM)*.

Ma cos'è il CTM?

È un metodo grafico per descrivere un evento per mettere in evidenza le sue cause radice. L'albero viene sviluppato a ritroso andando a rispondere alla domanda "Perché?", a partire dalla cima (*Top Event*), e continuando a creare ramificazioni fino a quando si trovano delle cause radice.

Non è un metodo di investigazione atto a reperire dati o a mappare la sequenzialità degli eventi, ma piuttosto è utile per analizzare perché gli eventi critici sono avvenuti e perché hanno portato, o hanno contribuito, all'incidente o all'infortunio.

La *Causal Tree Method* fu originariamente sviluppata da Leplat, e consiste nella creazione di un albero delle cause. Il metodo usa la logica deduttiva con l'obiettivo di costruire un albero con logiche semplici da applicare, in maniera tale da poter essere applicato con diversi gradi di complessità. È un metodo dotato anche di grande flessibilità e, come per altri metodi grafici, fornisce una utile rappresentazione grafica degli eventi.

Se l'incidente è un sintomo, la sua analisi dovrebbe dare informazioni molto utili sulle varie forme di malfunzionamento che lo hanno causato e dovrebbe quindi permettere di indirizzare le misure di sicurezza nel modo più utile. Analizzare l'incidente significa scoprire le sue origini per capire quali siano le circostanze del suo accadimento. Questa è la parte più complicata e difficile, per via della complessità del sistema di variabili. Tuttavia è possibile scomporre e analizzare il sistema in differenti livelli. Nella maggior parte dei casi basterà limitarsi a selezionare solo i fattori più importanti da cui è scaturito l'evento incidentale. È per da tenere a mente che l'analisi dell'incidente sarà sempre determinata dall'analisi della situazione da cui l'incidente ha avuto origine. (Leplat, J., 1978, Accident and Work Analysis. Journal of Occupation Accidentets, 1:331-340)

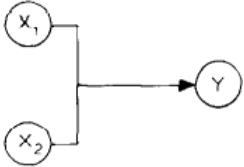
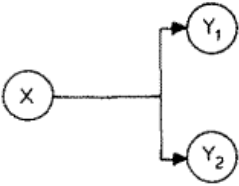
Il principio di base del metodo consiste in un incidente che è il risultato di cambiamenti o variazioni del processo normale. L'analista deve identificare i cambiamenti nel sistema, elencare questi cambiamenti, organizzarli in un diagramma e definire la loro interrelazione. A differenza di un albero dei guasti, il metodo include solo i rami che portano effettivamente all'incidente. Così non vengono rappresentate le porte "OR", ma sono rappresentate solo le porte "AND". La costruzione del diagramma è guidata da semplici regole che specificano le catene di eventi e le relazioni risultanti.

L'analisi CTM richiede che questa sia intrapresa da un gruppo che includa la vittima o altre persone coinvolte (se possibile), un supervisore, un ingegnere della sicurezza, un membro del comitato di sicurezza, e qualcuno esperto nell'utilizzo e applicazione della metodologia.

Il metodo, inoltre, richiede una preventiva identificazione dei fattori causali per mezzo della raccolta dati. Viene quindi redatta una lista di fatti e accadimenti, come risultato di questa fase di raccolta dati del processo di analisi dell'incidente o dell'infortunio.

L'albero causale è usato per mettere in ordine questi fatti e identificare la relazione tra loro. L'albero inizia con l'evento finale (l'EVENTO) e lavora a ritroso:



	<p>CONFLUENZA</p>	<p>Questa relazione indica che in assenza dei due eventi indipendenti <math>X_1</math> e <math>X_2</math>, l'evento <math>Y</math> non avverrà. In particolare, possiamo dire: no <math>Y</math> senza <math>X_1</math>, no <math>Y</math> senza <math>X_2</math>, no <math>Y</math> senza <math>X_1</math> e <math>X_2</math>. La combinazione di due o più eventualità è la più frequente, dato che è difficile individuare eventi con una causa unica di accadimento.</p>
	<p>RAMIFICAZIONE</p>	<p>Questa relazione indica che senza <math>X</math>, né <math>Y_1</math> né <math>Y_2</math> potranno verificarsi. Difficile da identificare una causa radice che dia origine a più eventi avversi, in quanto lo studio avviene a ritroso, e quindi con l'obiettivo di scovare le cause radice, e non di trovare possibili successive implicazioni.</p>

Descrizione dell'incidente o dell'infortunio: questa fase descrive la storia dell'evento in modo oggettivo, usando frasi brevi che riportano i fatti e i fattori di un incidente, che non dovrebbero enfatizzare la questione del valore giudiziario o interpretazioni. Tutti gli eventi (cause) che culminano nell'evento indesiderato stesso devono essere descritti.

Organizzazione e analisi dei dati: i dati raccolti devono essere organizzati in modo da permettere una descrizione coerente dell'evento indesiderato e permetta all'analista di vedere più pienamente come è successo. Solo dopo preparato la descrizione dell'evento è che si dovrebbe analizzare e interpretare le informazioni registrate che guideranno le azioni di prevenzione. L'organizzazione degli eventi è effettuata rating, in forma semplificata, elencati in attività (individuo, compito, materiale e ambiente di lavoro). I fatti abituali (contrassegnati con □) sono quelle caratteristiche dell'attività considerate di routine. I fatti di variazione (contrassegnati con O) sono quelli che in qualche modo hanno interferito con l'attività di routine causando cambiamenti imprevisti che alterano il lavoro normale. Un esempio di questa organizzazione e simboli utilizzati dal CTM sono mostrati nella tabella:

Tabella 2.5.1.2 Esempi di eventi componenti l'albero della CTM.

FATTI (esempio)	COMPONENTI	□ O
Il lavoratore si è rotto una gamba	Individuale (I)	O
Il cancello gli ha colpito la gamba	Mansione (T)	O
La massa del cancello è 90 kg	Materiale (M)	□
Presenza di una forte pioggia	Ambiente di lavoro (WE)	□

### 2.5.2 Conduzione dell'analisi

Il gruppo di lavoro selezionato per l'analisi deve raccogliere i dati e ricostruire l'incidente. Questo metodo prevede una sintesi scritta piuttosto che una forma diagrammatica. Da queste informazioni il gruppo di lavoro deve estrarre i fatti relativi all'incidente. Ogni "fatto" è un evento o avvenimento singolare.

La lista dei fatti è usata nella costruzione dell'albero causale. L'evento finale serve come punto di partenza e il gruppo deve selezionare i fatti dalla lista che hanno contribuito a questo incidente.

Lavorando un livello alla volta, il gruppo lavora a ritroso attraverso l'evento fino ad un punto raggiunto il quale il gruppo concorda che sarebbe improduttivo andare oltre.

Per raggiungere questo obiettivo, vengono poste tre domande:

1. Quali sono le cause di questo risultato?

Si considerano gli elementi della lista, e si selezionano quelli che sono d'accordo nel contribuire. Le due domande successive sono considerate da questa lista filtrata prima che gli elementi siano aggiunti all'albero.

2. Cosa era direttamente necessario per causare il risultato finale?

Solo i fattori che erano direttamente necessari per far sì che il risultato si verificasse dovrebbero essere selezionati. Questo metodo cerca solo quello che è successo e non quello che sarebbe potuto succedere.

3. Questi fattori (identificati al punto 2) sono sufficienti per aver causato il risultato?

Se no, la squadra deve identificare altri fattori necessari per completare la logica dell'albero. Se la risposta è sì, allora il gruppo può passare alla fase successiva, considerando tutti i fatti identificati come risultato finale e scomponendoli a turno.

La scelta dei fatti e il modo in cui l'albero è strutturato devono essere concordati all'unanimità dal gruppo. Quando il gruppo decide che è stato raggiunto un livello di dettaglio sufficiente, deve interrompere l'analisi. Al gruppo viene sempre chiesto di identificare un minimo di tre fattori per ogni un fattore per ogni incidente, uno per ciascuna delle tre grandi categorie: fattori organizzativi, umani e materiali.

### 3 Caso studio: Azienda del settore automotive, deformazione a freddo.

Nel presente capitolo è stata applicata la metodologia CTM al caso pratico di un'azienda terzista nel territorio veneto, attiva nel settore automotive, che come unica lavorazione utilizza macchinari per la deformazione a freddo di lamiera e semilavorati di ferro e alluminio.

È stata effettuata una raccolta dati che comprendeva gli infortuni occorsi nei 2 anni appena trascorsi, non comprendendo però infortuni in itinere e contagi da covid-19.

Gli infortuni sono stati raccolti in un file suddiviso nelle seguenti categorizzazioni:

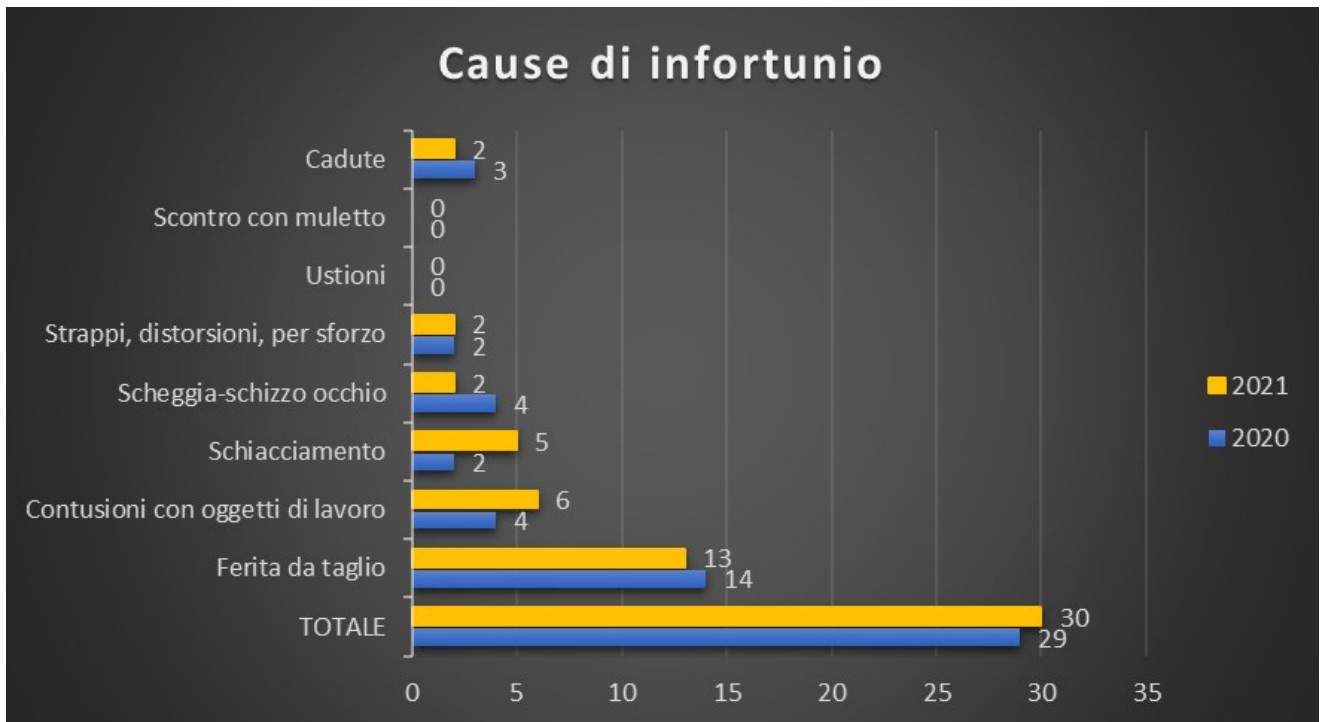
- data di accadimento;
- età dell'infortunato;
- reparto;
- nazionalità;
- causa;
- giorni indennizzati;
- data di rientro.

Sono state poi identificate le seguenti macrocategorie per suddividere gli eventi:

Tipologia	2020	Dati in %
Ferita da taglio	14	48.3%
Contusioni con oggetti di lavoro	4	13.8%
Schiacciamento	2	6.9%
Scheggia-schizzo occhio	4	13.8%
Strappi, distorsioni, per sforzo	2	6.9%
Ustioni	0	0.0%
Scontro con muletto	0	0.0%
Cadute	3	10.3%
TOTALE	29	100.0%

Tipologia	2021	Dati in %
Ferita da taglio	13	43.3%
Contusioni con oggetti di lavoro	6	20.0%
Schiacciamento	5	16.7%
Scheggia-schizzo occhio	2	6.7%
Strappi, distorsioni, per sforzo	2	6.7%
Ustioni	0	0.0%
Scontro con muletto	0	0.0%
Cadute	2	6.7%
TOTALE	30	100.0%

Grafico 2.6.1 Infortuni suddivisi nelle principali cause di accadimento negli anni 2020 e 2021.



Come si denota dai dati qui sopra riportati, la maggior parte degli infortuni è legata a tagli (seppur di lieve entità) e, in secondo luogo, a contusioni con oggetti da lavoro.

Ma perché vi è una così ampia prevalenza nelle ferite da taglio? Perché si ripetono così spesso?

Per rispondere a questa domanda, e al perché siano avvenuti alcuni di questi incidenti, si è applicato la metodologia di analisi del *Causal Tree Method* (CTM), per analizzare appunto le possibili cause radice che legano gli infortuni al loro continuo ripetersi.

Sono stati presi come esempio 3 casi pratici:

- un infortunio di lieve entità, legato ad una ferita da taglio;
- un infortunio di media entità, dovuto ad uno schiacciamento della mano;
- un infortunio di entità grave, innescato da una caduta da una scala.



### 3.1 Applicazione del Fault Tree Analysis

In questo paragrafo si va ad analizzare i casi studio secondo il metodo del FTA dal punto di vista qualitativo, senza quindi attribuirvi una frequenza di accadimento.

Tale metodologia nasce per lo più per quantificare i guasti a sistemi con un approccio rigido, e ha quindi necessità di essere modificato per potersi adattare alle esigenze di valutazione di incidenti sul lavoro non dipendenti da fallimento di attrezzature o sistemi. In altre parole i sistemi definiti si baseranno per lo più su comportamenti umani, che non sono quindi facilmente quantificabili da una percentuale di accadimento dell'errore umano derivante, come approfondito nel capitolo 2.4.1.3.2.

#### 3.1.1 Caso studio 1: Ferita da taglio, 21 giugno 2021.

Prima di analizzare il caso studio è necessario determinare il sistema in cui la persona sta operando. In particolare, la sequenza di operazioni compiute è la seguente:

- Operatore 1 carica il semilavorato da pressare;
- Operatore 1 effettua la stampa del pezzo;
- Operatore 2 scarica il pezzo stampato;
- Operatore 2 ripone il pezzo stampato nei contenitori.

A questo punto, è necessario capire dove potrebbero sorgere delle problematiche, ossia quali potrebbero essere i "guasti" al sistema sopra identificato:

- L'operatore 2 riporta una ferita da taglio;
- Questo è dovuto al fatto che il guanto si sia rotto, unito al fatto che la lamiera è molto tagliente;
- Il guanto si è rotto perché si è usurato (numero di cicli di lavoro elevato), oppure perché il guanto non era adatto a quella lavorazione.

L'albero dei guasti che ne deriva è rappresentato di seguito.

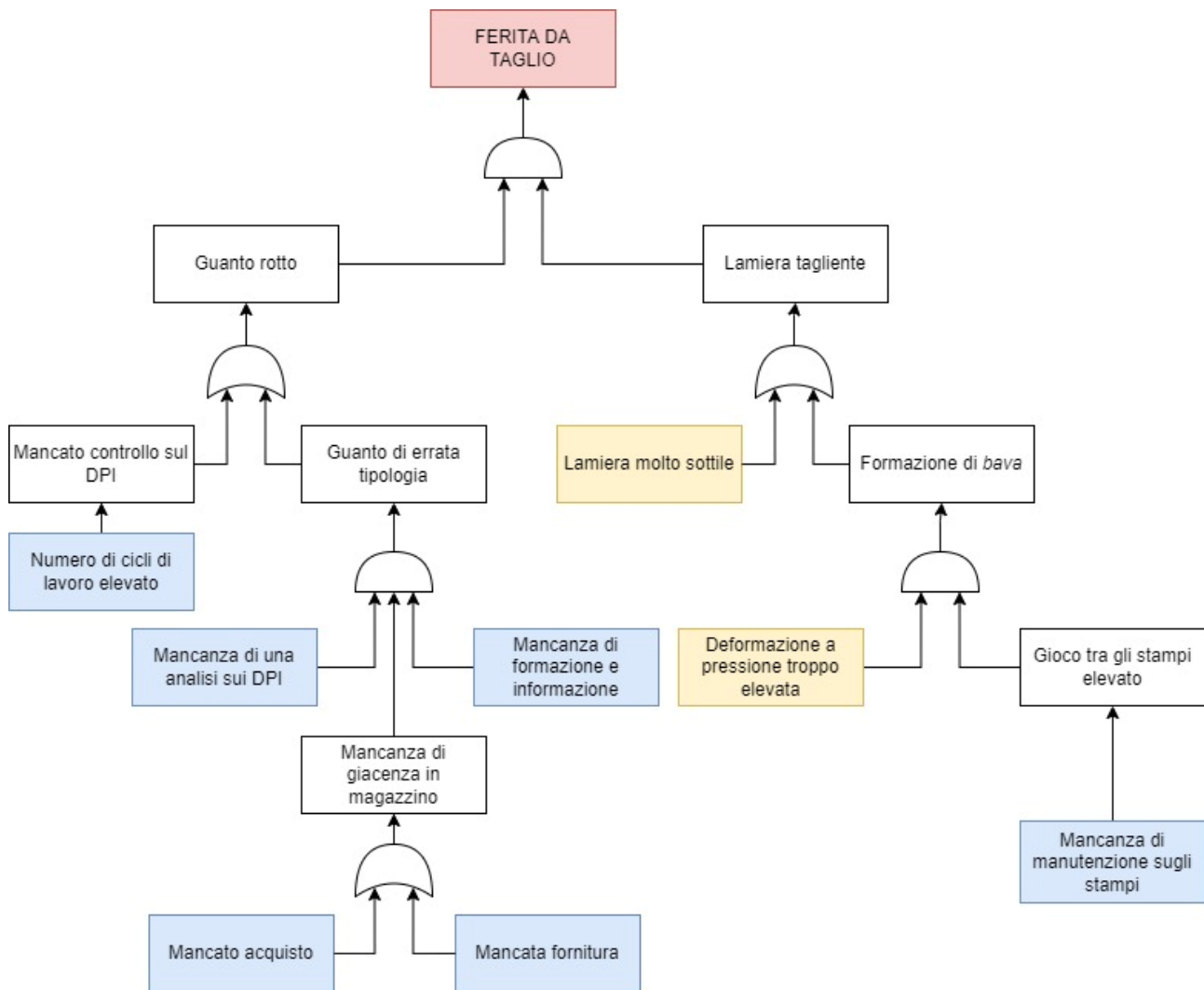


Figura 3.1.1 Fault Tree Analysis per una ferita da taglio.

Come si può notare, le cause radice identificate sono le seguenti:

- Numero elevato di cicli di lavoro;
- Mancanza di un'analisi sui DPI;
- Mancanza di formazione sulla scelta e utilizzo dei DPI;
- Mancato acquisto;
- Mancata fornitura;
- Mancata manutenzione sugli stampi;
- Lamiera molto sottile;
- Deformazione a pressione troppo elevata

Le ultime due cause (la lamiera sottile e la pressione elevata) sono variabili dovute al processo di lavoro, che richiede l'utilizzo di quella specifica tipologia di materiale, forma ed energia, per poter produrre il pezzo desiderato.

### 3.1.2 Caso studio 2: Schiacciamento, 11 settembre 2020.

Anche in questo caso è necessario determinare la sequenza di operazioni compiute normalmente:

- Il carico viene portato baia di carico dal carrello elevatore dall'operatore 1;
- Il camion si posiziona con il rimorchio verso la baia di carico;

- L'operatore 2 carica il rimorchio con l'ausilio di mezzi di movimentazione e sollevamento (transpallet);
- Una volta caricato il camion, l'operatore 2 chiude il rimorchio, e il camion riparte.

In questa sequenza di eventi è facile capire che le attrezzature di movimentazione e sollevamento, diventano cruciali per la buona riuscita delle operazioni. La mancanza di attrezzatura porterebbe ad un elevato rischio di infortunio, proprio come è successo nel caso studio analizzato.

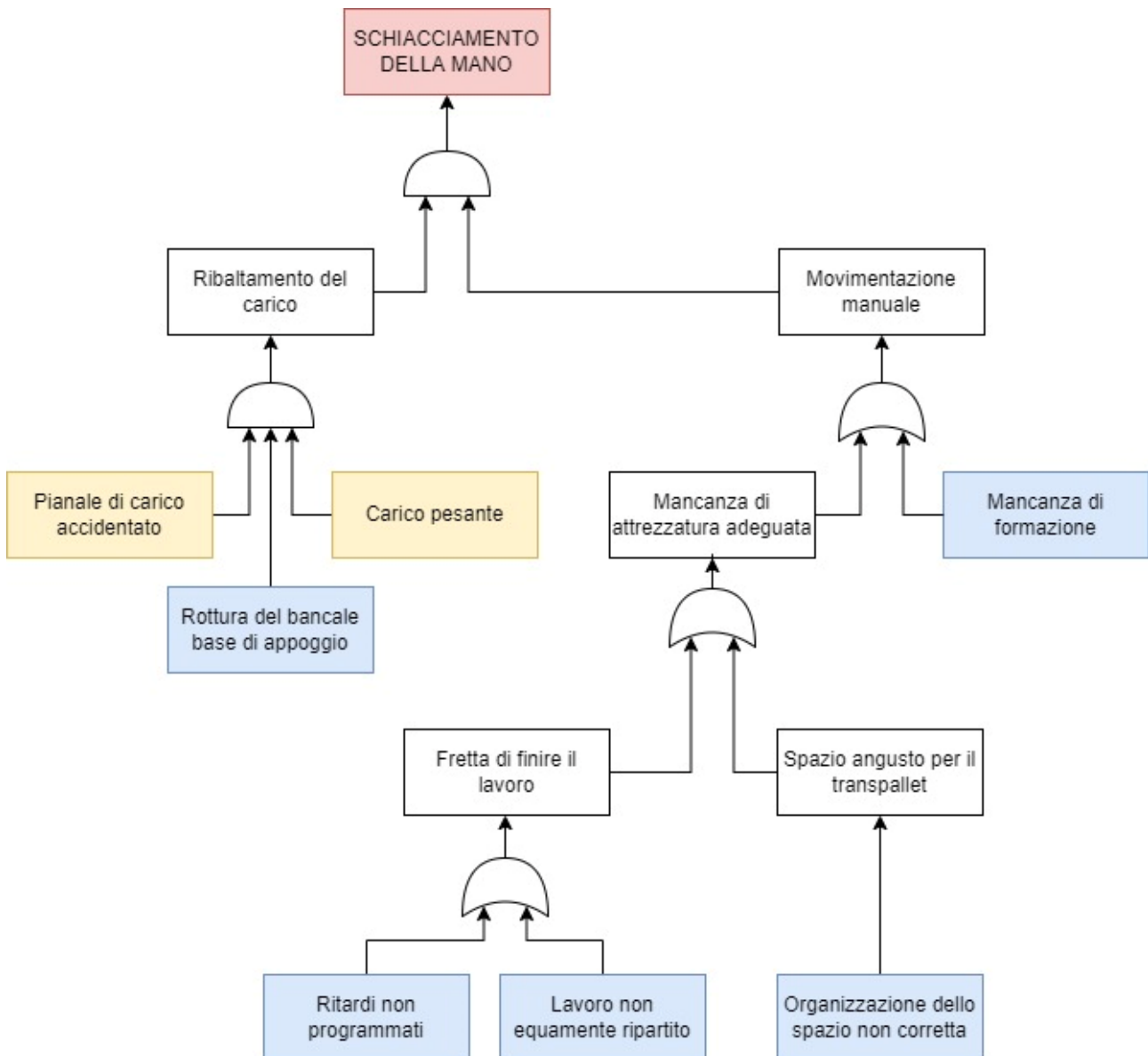


Figura 3.1.2 Fault Tree Analysis per lo schiacciamento di una mano.

Le cause radice che sono state evidenziate dall'analisi sono quindi le seguenti:

- Mancanza di formazione;
- Organizzazione dello spazio non corretta;
- Lavoro non equamente ripartito;
- Ritardi non programmati;
- Rottura del bancale come base di appoggio del carico;
- Carico di peso elevato;
- Pianale di carico accidentato.

Come nel caso precedente, le cause individuate in arancione (pianale di carico accidentato e carico pesante) non sono direttamente influenzabili, in quanto dipendono dall'azienda che ha la proprietà del camion, e dal fatto che i pezzi e i bancali sono imposti in quelle misure, materiali e numero di pezzi dall'azienda che ha commissionato il lavoro.

### 3.1.3 Caso studio 3: Caduta, 21 aprile 2021.

Partiamo con il descrivere il sistema di lavoro solitamente adottato, e analizziamo poi le deviazioni:

- L'operatore 1 prende la scala;
- L'operatore 1 posiziona la scala e la fissa, o la ancora se possibile, o si fa aiutare dall'operatore 2 per tenere salda la scala;
- L'operatore 1 sale la scala ed effettua la lavorazione;
- L'operatore 1 scende la scala.

Seppur molto semplici, queste operazioni hanno generato un infortunio molto grave.

Si denota subito che la mancanza di un appoggio sicuro, o la mancanza di un secondo operatore, porterebbe ad un ribaltamento della scala, provocando così la caduta a terra della persona.

In questo caso, le cause radice individuate sono le seguenti:

- Piedini usurati;
- Pavimento scivoloso;
- Scala non adatta per essere ancorata;
- Età avanzata dell'operatore;
- Mancanza di formazione e informazione;
- Mancanza di organizzazione del lavoro;
- Organico poco numeroso;
- Situazione di malessere occasionale.

Anche in quest'ultimo caso, vi sono cause (situazione di malessere occasionale) non direttamente controllabili, in quanto non prevedibili, oppure non dipendenti dalla volontà dell'operatore.

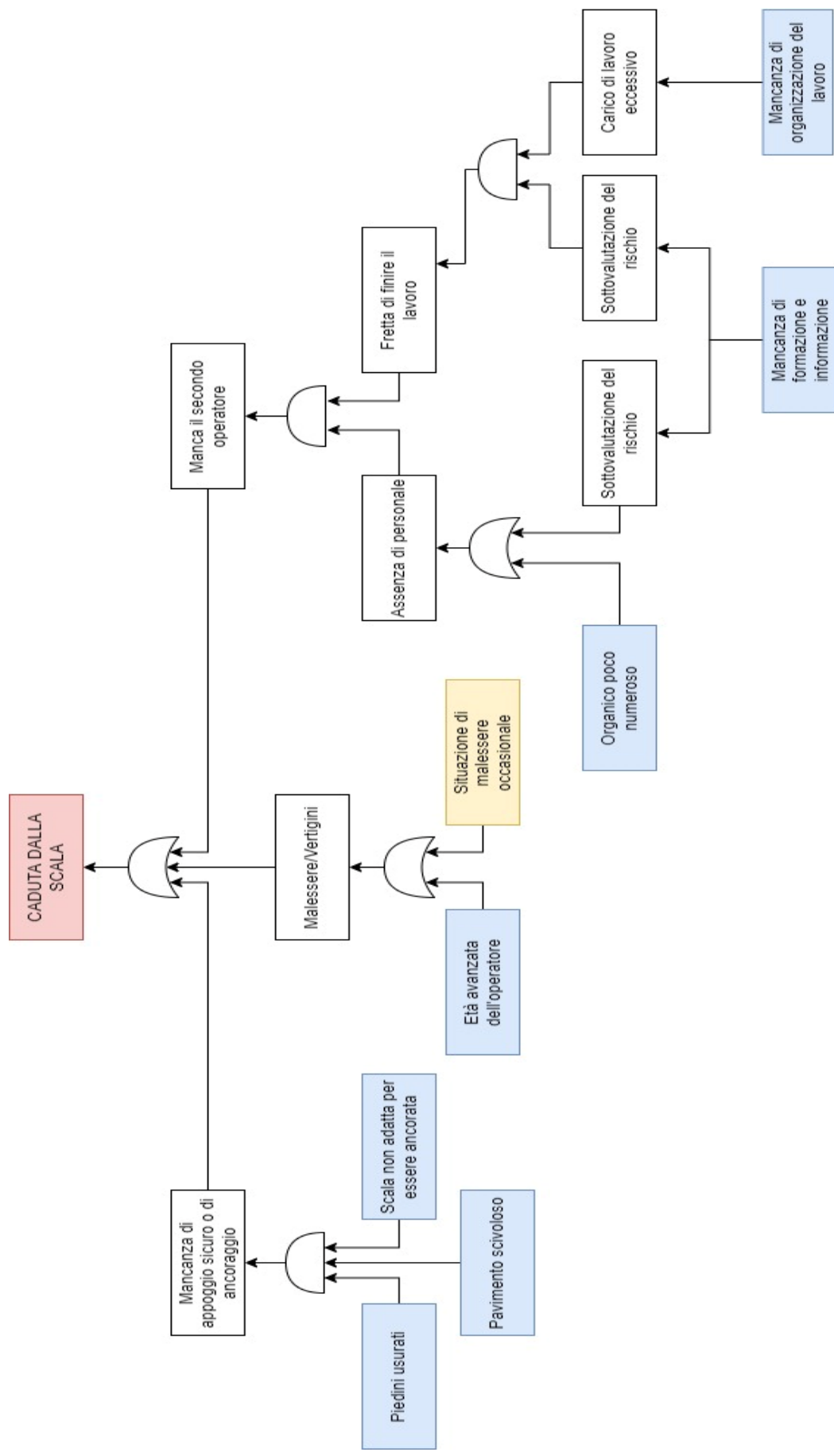


Figura 3.1.3 Fault Tree Analysis per la caduta da una scala.

## 3.2 Applicazione del Causal Tree Method

In questo paragrafo si va a determinare l'albero con il metodo del CTM, metodo nato proprio in ambito di sicurezza sui luoghi di lavoro.

### 3.2.1 Caso studio 1: Ferita da taglio, 21 giugno 2021.

Il primo caso studio tratta la ferita da taglio alla mano destra, causata dalla movimentazione di una lamiera di spessore 0.2 mm, utilizzata nello stampaggio di pezzi da assemblare per il settore automotive.

La mansione che ricopriva l'operatore era quella di accatastamento dei pezzi semilavorati in uscita dal macchinario, per poi trasportarli alla successiva stazione di lavorazione.

Come primo punto, è stata analizzata la situazione al momento della ferita. In particolare, alle ore 15.30 circa, l'operatore era in postazione per ricevere i pezzi stampati, e, durante la movimentazione di uno di questi, ha lamentato un dolore all'incavo tra il pollice e l'indice della mano destra. Levatosi il guanto, ha rilevato una ferita da taglio alla mano, che la squadra di primo soccorso interno ha provveduta a disinfettare e medicare applicando i punti istantanei. Tuttavia è stato necessario comunque un accesso successivo al pronto soccorso per l'applicazione dei punti medicali. La durata totale dell'infortunio è risultata in 8 giorni lavorativi, senza per fortuna conseguenze permanenti.

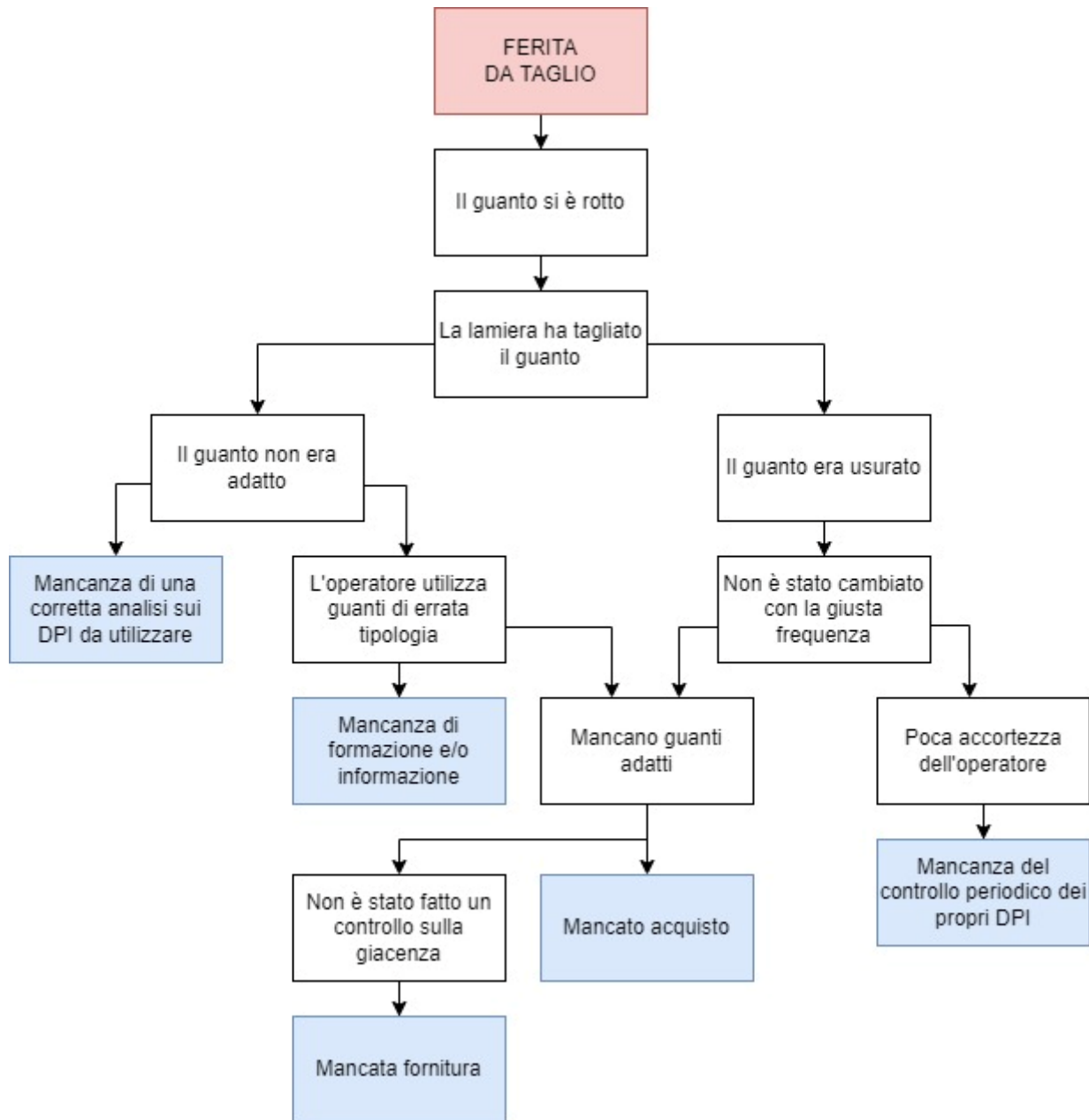


Figura 3.2.1 Albero delle cause per una ferita da taglio, ricavato con il Causal Tree Method.

Come si può dedurre dall'analisi soprastante, l'albero parte dall'evento incidentale (nel riquadro rosso) e si ramifica fino agli eventi che hanno generato il *Top Event*, la cosiddette cause radice (riquadri azzurri).

In questa particolare analisi, si è analizzato come la ferita sia stata provocata dalla rottura del guanto, e quindi dalla mancata protezione fornita del DPI. Infatti, dato che la lavorazione non poteva essere svolta in altro modo se non quello della movimentazione manuale dei pezzi, la causa scatenante è stata proprio la rottura del DPI. Da questo poi, si è cercato di capire a cosa sia dovuta questa situazione, e si è cominciato a ramificare l'albero in due rami principali:

- DPI inadeguato;
- DPI usurato.

Sorgono quindi spontanee le correlazioni successive, rispondendo alla domanda "Perché?". Infatti, è logico ragionare sul fatto che il DPI non fosse corretto in quanto o l'operatore ha effettuato una scelta scorretta, o ancora a monte, non gli sono stati forniti i DPI corretti. E questo può dipendere dal fatto che è mancata una

fornitura, o dal fatto che è mancato l'acquisto dei DPI scelti. In particolare, è stato riscontrata una problematica legata agli acquisti di materiale da parte dei fornitori, che hanno quindi temporaneamente dilazionato la distribuzione tra i vari clienti richiedenti.

Si evince quindi che le cause radice emerse sono le seguenti:

- Mancanza di un'analisi sui DPI da utilizzare per ogni lavorazione;
- Mancanza di formazione/informazione;
- Mancata fornitura;
- Mancato acquisto;
- Mancato controllo periodico dei DPI.

### 3.2.2 Caso studio 2: Schiacciamento, 11 settembre 2020.

Il secondo caso studio tratta lo schiacciamento della mano destra di un operatore di magazzino intento a controllare il materiale appena caricato, accatastato su un pallet, per il successivo trasporto a terzi.

Descrizione della situazione incidentale: verso le ore 8.50, l'operatore aveva appena imballato e caricato un pallet di materiale sul retro di un camion per il trasporto, e, salito sul rimorchio, stava movimentando manualmente il pallet per sistemarlo accanto ad un altro. Messa la mano sotto al pallet per la movimentazione, lo stesso gli procurava uno schiacciamento del dito che, torcendosi, ha procurato una frattura alla falange del terzo dito della mano destra (dito medio). L'operatore è stato preso in carico dalla squadra di primo soccorso interno, che ha provveduto alla fasciatura della ferita riportata. È stato però necessario un successivo ingresso al pronto soccorso ospedaliero per il dolore che si protraeva durante la giornata lavorativa. Sono quindi state fatte delle lastre ed è stata rilevata la frattura alla falange. I giorni di prognosi sono stati 22, e anche in questo caso, senza conseguenze durature per l'infortunato.



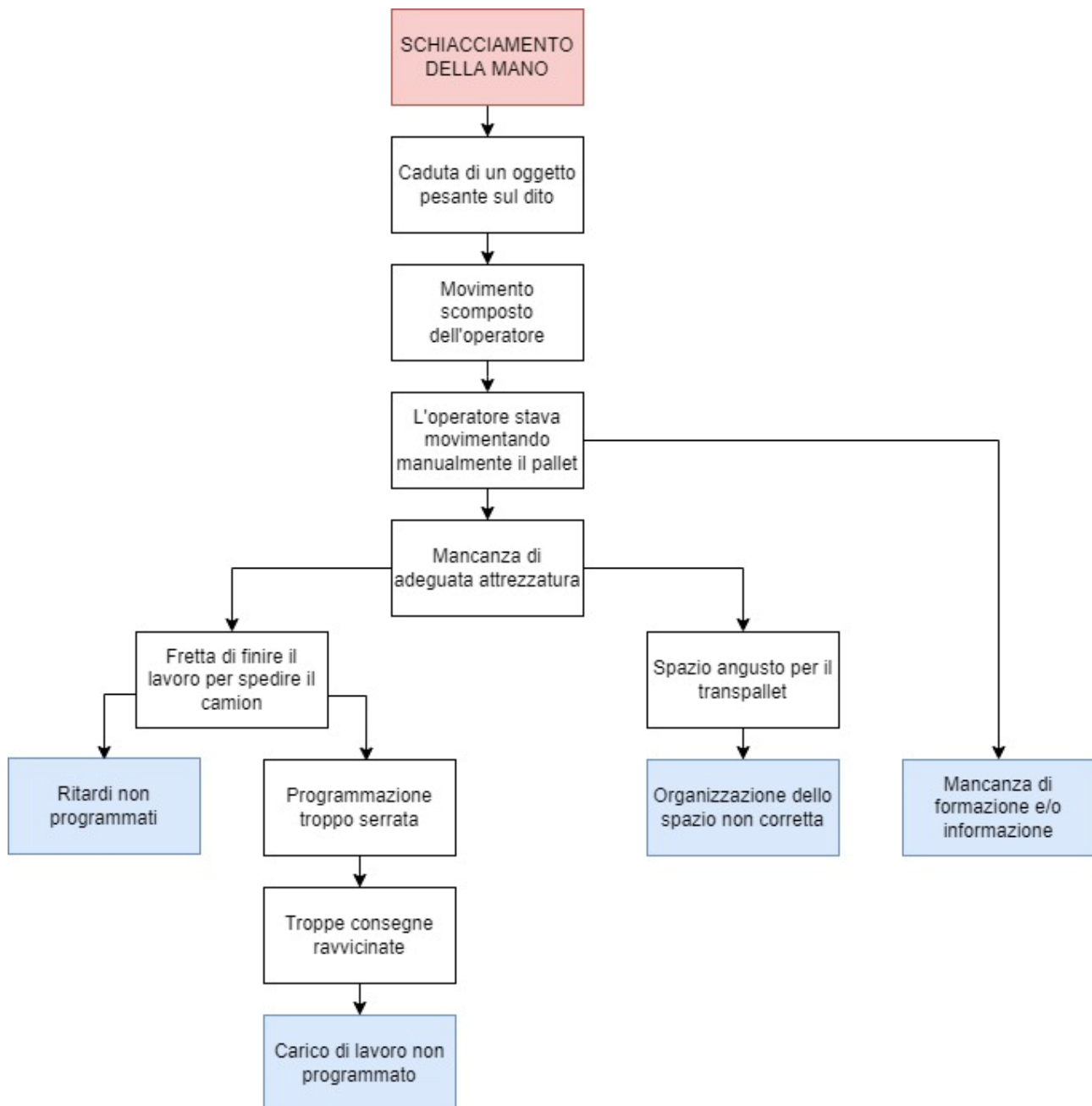


Figura 3.2.2 Albero delle cause per uno schiacciamento della mano, ricavato con il Causal Tree Method.

Nel secondo caso studio, l'azione incidentale è stata causata da una pratica non corretta dell'operatore che, a seguito di un movimento scomposto, si è procurato una ferita lacero-contusa alla mano. Indagando a posteriori, si è scoperto che il transpallet che doveva essere utilizzato dall'operatore, era momentaneamente occupato, che per velocizzare le operazioni di carico ha pensato di operare manualmente. Questa causalità di eventi è dovuta sia alla necessità di effettuare lavori di carico e scarico in maniera molto serrata, sia alla mancata previsione da parte della programmazione di possibili ritardi non preventivati.

L'operatore ha giustificato la sua scelta indicando come troppo angusto lo spazio presente sul rimorchio del camion per l'utilizzo di un mezzo di movimentazione, anche se solitamente tali operazioni venivano, e vengono ancora oggi effettuate con tale strumentazione. Mancano però testimonianze analitiche o fotografiche della situazione all'interno del rimorchio al momento dell'incidente.

Concludendo, le cause radice emerse sono le seguenti:

- Ritardi non programmati;
- Carico di lavoro non programmato;
- Organizzazione non corretta dello spazio;
- Mancanza di formazione/informazione.

### 3.2.3 Caso studio 3: Caduta, 21 aprile 2021.

Il terzo caso studio analizza l'incidente da caduta da una scala di un operatore della manutenzione generale, intento nella sostituzione di lampadine delle luci al soffitto, in sala conferenze.

Alle ore 9.00 circa, il manutentore addetto alle manutenzioni generali, si accingeva a prendere la scala telescopica a pioli per la sostituzione delle luci e delle tapparelle nella sala conferenze. Successivamente, l'infortunato ha riferito di aver posizionato la scala appoggiandola ad una delle travature sporgenti del soffitto, mentre i piedi della scala scivolavano e facevano cadere l'infortunato a terra. Durante la caduta, l'infortunato ha sbattuto la testa su un tavolo procurandosi una ferita da taglio al mento e una contusione al capo. La prognosi iniziale è stata di 30 giorni, con successive continuazioni, per un totale di altri 30 giorni. Questo ha quindi causato un totale in termini di giorni di indennizzo pari a 60, e all'infortunato è stato successivamente imposta una limitazione alla mansione dalla visita medica al rientro dall'incidente.

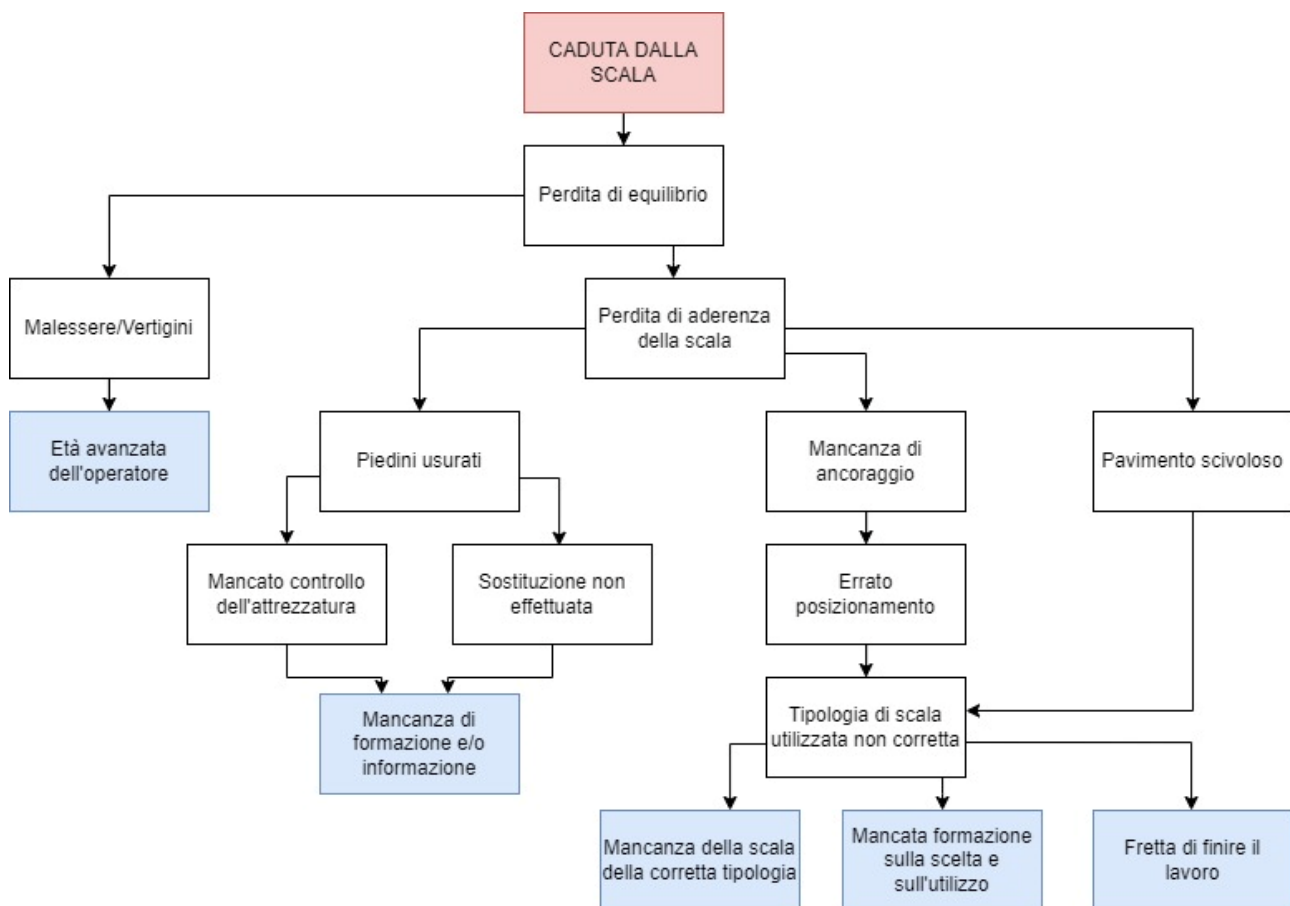


Figura 3.2.3 Albero delle cause per una caduta da una scala, ricavato con il Causal Tree Method.

Nell'ultimo caso studio la caduta dalla scala dell'operatore è stata attribuita alla perdita di equilibrio che questo ha avuto durante le lavorazioni a quota inferiore ai 2 metri. Non si tratta di lavoro in quota, ma questo ha comunque comportato un'assenza molto prolungata per via delle profonde ferite riportate. Le cause di questa possibile perdita di equilibrio sono state indicate dall'operatore come pavimento scivoloso, e come

malessere dato dalle vertigini provate. Non essendo stato mai provato tale disagio prima, non è mai stata presa in considerazione la possibilità di sostituire tale operatore ad una mansione differente.

Contestualmente a questo, è stata registrata la perdita di aderenza della scala dovuta all'usura dei piedini gommati che poggiavano al pavimento. Questo è dovuto al fatto che, dopo ripetuti utilizzi, è fisiologico che si fossero usurati, ma non è mai stata segnalata la necessità della sostituzione dei piedini o della scala, in quanto non è mai stato effettuato un controllo visivo su quest'ultima.

Come per il primo caso studio, la mancata analisi sulla tipologia di scala da utilizzare per le differenti lavorazioni è stata classificata come causa radice, in quanto è possibile che un'accurata valutazione del rischio avrebbe potuto indicare quale fosse la migliore scelta da effettuare nella scelta della strumentazione, oltre che dei DPI adatti per lavori in quota e a livello.

A seguito quindi di indagini, sono state quindi riscontrate le seguenti cause radice caratterizzanti l'ultimo caso studio:

- Età avanzata dell'operatore;
- Mancanza di formazione/informazione;
- Mancanza della corretta tipologia di scala;
- Mancanza di formazione sulla scelta e sull'uso delle scale;
- Fretta di finire il lavoro.

### 3.3 Cause radice e possibili soluzioni

Andiamo quindi ad elencare quindi le cause radice e le possibili soluzioni che si consiglia di implementare per andare a ridurre l'incidenza degli infortuni precedentemente visti e analizzati.

Caso studio 1: Nel primo caso, la principale azione che a mio parere dovrebbe essere intrapresa è quella di predisporre una formazione ad hoc per quel che riguarda la scelta e l'utilizzo dei dispositivi di protezione individuale.

Durante il mio percorso di formazione all'interno dell'azienda sono quindi state intraprese le seguenti azioni di miglioramento per agire preventivamente sui possibili futuri infortuni:

- Dato che mancava un'analisi approfondita sulla tipologia di DPI da utilizzare per ogni lavorazione, si è provveduto a creare una tabella informativa per distinguere la tipologia di guanti da utilizzare per ogni lavorazione, specificando che i guanti di una certa marca e modello fossero adatti per le lavorazioni con rischi meccanici di taglio.
- È stata poi illustrata ai capireparto, che hanno provveduto a informare i propri sottoposti riguardo alle regole di utilizzo dei guanti presenti.
- È stato richiesto e successivamente approvato il passaggio ad un altro fornitore che, assieme al precedente, riforniscono i distributori di DPI con cadenza mensile.
- È stato impostato un limite di prelievo di 3 guanti a settimana, e in caso di mancato prelievo si chiede all'operatore di controllare il guanto per verificarne l'integrità. Questa pratica è ancora molto discussa, in quanto non viene regolarmente svolta dai lavoratori, che si limitano a cambiare i guanti una volta usurati, ma senza effettuare un controllo preventivo.

È anche stata presa in considerazione l'ipotesi di cambiare tipologia di guanto, ma il personale operatore ha espresso un dissenso, in quanto i guanti ora in utilizzo sono stati ritenuti più comodi, garantendo maggiore manipolabilità dei pezzi. La possibile variazione di un DPI potrebbe aver avuto risvolti opposti a quelli sperati, riducendo la frequenza di utilizzo dei DPI, e potrebbe essere argomento per un futuro lavoro di Tesi.

Caso studio 2: Nel secondo caso, la causa principale su cui a io parere sarebbe urgente agire, è quella dell'organizzazione sia del lavoro, che dello spazio di magazzino:

- È stato quindi intrapreso un percorso condiviso con l'Ufficio di Programmazione Aziendale, affinché si dilazionasse il carico di lavoro.
- Non avendo riscontrato miglioramenti, è stato poi richiesto all'Ufficio del Personale e al Reparto Logistica la possibilità di prevedere un nuovo inserimento di personale. È stato infine organizzato un incontro con il responsabile del Reparto Logistica e gli operatori, per riprendere i concetti riguardo alla movimentazione manuale dei carichi.
- Assieme al Responsabile della Logistica è stato analizzato lo stato di fatto della disponibilità di spazio presente in magazzino, che però risulta molto variabile, in quanto il carico di lavoro, e conseguentemente il volume della produzione, variano notevolmente durante l'anno, andando quindi a rendere poco prevedibile l'organizzazione dello spazio.
- È stato infine richiesta un aggiornamento della valutazione MMC, per la movimentazione manuale dei carichi.

Caso studio 3: Nell'ultimo caso studio, è stato messo in evidenza alla direzione come sia necessario provvedere alla formazione di nuovo personale per sostituire in futuro quello già esistente. Questo significherebbe sia una riduzione di incidenti dovuti all'età avanzata del personale, sia ai fini della continuità del lavoro. L'addestramento di nuovo personale, magari in una fascia d'età medio bassa, consentirebbe di mantenere un continuo proseguimento delle attività lavorative, senza perdere la conoscenza delle attività da svolgere.

- Dopo la visita medica necessaria per il rientro al lavoro a seguito dell'incidente, all'operatore sono state imposte delle limitazioni per i lavori in quota e per lavorazioni a livello che implicino l'uso di scale e trabattelli.
- È stata poi predisposta e diffusa l'istruzione operativa per l'utilizzo delle scale portatili, contenente anche le nozioni base su quali siano i requisiti da verificare per definire una scala a norma di utilizzo.
- È stata richiesta, e subito accolta, l'acquisizione di nuove scale, opportunamente certificate e di diverse tipologie, in modo da garantire una possibilità di scelta agli operatori.
- È stata poi valutata la possibilità di inserire nuovo personale per i lavori di manutenzione generale, così come è stata valutata la possibilità di affidare tali lavorazioni a ditte appaltatrici esterne.

Purtroppo non è facile individuare le possibili soluzioni alla problematica riguardante i tempi di lavoro, in quanto è profondamente attaccata all'ego stesso della persona. Durante la mia breve esperienza, ho constatato che nella maggior parte delle volte è l'operatore stesso che, anche in assenza di pretese dal superiore, si mette in condizioni di poca sicurezza, o per svolgere un lavoro con fretta, o per pigrizia nel mettersi in condizioni di maggior sicurezza. In questo caso, la soluzione che viene proposta è quella di una più frequente formazione per riprendere i concetti di una mancata sicurezza in ambienti di lavoro.

## CAPITOLO 4: CONCLUSIONI

Nei capitoli componenti questa Tesi, sono stati analizzati sia l'incidenza degli infortuni a livello statistico, nell'ambiente di lavoro che ci circonda, sia le possibili cause, per degli infortuni tipo, che hanno caratterizzato la storia incidentale di una realtà produttiva della Provincia di Vicenza, attiva nel settore della produzione di minuteria metallica e del settore automotive.

Si sono potute riscontrare alcune similitudini con il campione di riferimento regionale, andando quindi a delineare una linea di tendenza al ribasso verso la cui si sta dirigendo la situazione infortunistica generale in Veneto e provincia.

In particolare, sono state indagate le cause radice di questi possibili infortuni tipo, attraverso un'analisi CTM (*Casual Tree Method*), che come visto nel capitolo 2.5 ad essa dedicato, fonda le proprie origini nell'analisi degli infortuni sul lavoro.

Queste analisi, applicate a 3 eventi incidentali avvenuti nella realtà aziendale sopra accennata, ha portato a caratterizzare differenti cause radice (*root causes*), che si sono rivelate simili e, in qualche modo, tra loro collegate: una causa che è stata riconosciuta come comune era la mancata formazione del personale riguardo temi specifici del lavoro (dalla scelta e uso dei DPI alla scelta e uso delle attrezzature di lavoro). La formazione che spesso si identifica come mancante o non sufficiente, va a definire la formazione obbligatoria imposta da Legge dall'Accordo Stato Regioni. Spesso, quello che manca, è una formazione, seppur molto breve, riguardo alle corrette procedure da applicare, e quindi una formazione ad hoc per il personale, costruita per il caso specifico della realtà che si ha di fronte. Questa attività è molto complessa e dispendiosa in termini di tempo, ma che può avere effetti benefici per evitare in molti casi l'evento incidentale, che come visto, costa alle aziende così come allo Stato, parecchie migliaia di euro per ogni infortunio.

Un'altra causa radice comune rilevata durante l'analisi, è la mancanza di organizzazione a tutti i livelli, che può avere effetti deleteri sia per la produttività che per la situazione infortunistica. Come è emerso, un'errata programmazione del lavoro, così come una mancata organizzazione di quelle che sono le forniture e gli acquisti, comportano una richiesta, in termini di tempo, che porta a velocizzare, se non addirittura bypassare, alcune procedure o alcuni comportamenti che sono di solito tenuti in ambiente di lavoro, andando così a creare i *Top Event* precedentemente analizzati.

Le soluzioni che sono state proposte nel capitolo 2.6.4 e qui riprese per ovviare a queste problematiche riguardano, nel caso specifico, soluzioni che potrebbero essere adattate a tutti, o quasi, gli infortuni registrati nell'azienda oggetto di studio.

Per cercare soluzioni che possano essere applicate a tutti gli eventi occorsi nel tempo, è chiaro che il presente lavoro di Tesi non sarebbe sufficiente, e necessiterebbe di molto più tempo di studio e di analisi, magari con l'applicazione di altre tecniche più strutturate e corpose.

È comunque auspicabile procedere con una formazione più puntualizzata sulla realtà aziendale che ci si trova di fronte, in modo da calare molto di più nel contesto anche il personale a cui è destinata.

Riprendendo i concetti introdotti con il decreto-legge 21 ottobre 2021, n. 146 (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale 21 ottobre 2021, n. 252), al Capo III "*Rafforzamento della disciplina in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro*", sono state sottolineate alcune importanti novità, tra cui la formazione al datore di lavoro in tema di salute e sicurezza, oltre ad una maggiore responsabilità ai preposti, che saranno soggetti ad un aggiornamento molto più frequente sul tema della formazione per la sicurezza (ogni 2 anni anziché 5 anni).

Questo conferma che la formazione deve essere fornita a tutti i livelli e in maniera specifica ad ogni persona facente parte dell'ambiente, lavoratore o proprietà, con continuità e con regolarità, in modo da far apprendere l'importanza della sicurezza, e farla diventare parte integrante del modo di lavorare.



## BIBLIOGRAFIA

IHME (Institute for Health Metrics and Evaluation) (2016). Rethinking development and health: Findings from the Global Burden of Disease Study. Seattle, WA: IHME Database. Disponibile a: <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool?params=gbd-api-2016-permalink/7193a516026f9a7df17cf73ea9ce3a5d>

INAIL (Istituto Nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro) (2015). Istituto nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro workers compensation scheme; Annual financial accounts. Disponibile a: <https://www.inail.it/cs/internet/home.html>

INAIL (Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro) (2016). Bilancio consuntivo final report. Disponibile a: <https://www.inail.it/cs/internet/istituto/amministrazione-trasparente/bilanci/bilancio-preventivo-e-conuntivo-anno-2000/ammt-bilancio-consuntivo-2016.html>

APAT (2005) Analisi post-incidentale nelle attività a rischio di incidente rilevante. Manuali e linee guida 33/2005. Disponibile a: <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003400/3480-mlg33-2005.pdf>

Bronwing R.L., 1975, Analyze Losses by Diagram, Hydrocarbon Processing, 54:253-257.

Arendt J.S., 1983, A Chemical Plant Accident Using Fault Tree Analysis. Paper 11°, Proceedings of 17th Annual Loss Prevention Symposium. New York: American Institute of Chemical Engineers.

Vesely W.E. et al., 1981, Fault Tree Handbook, NUREG-0492. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

Center for Chemical Process Safety (CCPS), 1989, Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Assessment, New York: American Institute of Chemical Engineers. Pp. 509-518.

Lee, W. S.; Grosh, D. L.; Tillman, F. A.; Lie, C. H. (1985). "Fault Tree Analysis, Methods, and Applications - A Review", R-34(3), 194-203.

Bell Telephone Laboratories, "Launch control safety study", Section VII, vol 1, Bell Telephone Labs., Murray Hill, NJ USA. 1961.

Reactor Safety Study-An Assessment of Accident Risk in U.S., Commercial Nuclear Power Plants, WASH-1400 (NUREG-75/014), US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 1975 Oct.

D. F. Haasl, "Advanced concepts on fault tree analysis", System Safety Symposium, The Boeing Company, Seattle, Washington, 1965 June 8-9.

J. B. Fussell, "Synthetic tree model-A formal methodology for fault tree construction", ANCR-1098, 1973 Mar.

G. J. Powers, F. C. Tompkins, "Fault tree synthesis for chemical process", AIChE Journal, vol 20, 1974 Mar, pp 376-387.

S. L. Salem, G. E. Apostolakis, D. Okrent, "A computer-oriented approach to fault tree construction", EPRI NP-288, Electric Power Research Institute, 1976 Nov.

J. R. Taylor, E. Hollo, "Algorithm and programs for consequence diagram and fault tree construction", Report No. RISO-M-1907, Danish Atomic Energy Commission, Roskilde, Denmark, 1977.

P. Camarda, F. Corsi, A. Trentadue, "An efficient simple algorithm for fault tree automatic synthesis from the reliability graph", IEEE Trans. Reliability, vol R-27, 1978 Aug, pp 215-221.

W. E. Vesely, R. E. Narum, "PREP and KITT computer code for the automatic evaluation of a fault tree", Idaho Nuclear Corporation, Idaho Falls, Idaho, IN-1349, 1970.

H. E. Lambert, "Fault trees for decision making in system analysis," Lawrence Livermore Laboratory, University of California, Livermore, UCRL-51829, 1975 Oct.

T. L. Chu, G. Apostolakis, "Methods for probabilistic analysis of noncoherent fault trees," IEEE Trans. Reliability, vol R-29, 1980 Dec, pp 354-360.

Fithri, Prima; Riva, Nidi Annisa; Susanti, Lusi; Yuliandra, Berry (2018). [IEEE 2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA) - Singapore (2018.4.26-2018.4.28)] 2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA) - Safety analysis at weaving department of PT. X Bogor using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA). 382–385.

Cristea, G; Constantinescu, DM (2017). A comparative critical study between FMEA and FTA risk analysis methods. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 252.

O'Connor P 2002 Practical Reliability Engineering ed John Wiley and Sons (Chichester) p 513.

MIL-STD-1629A, Military Standard: Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis. -<http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1600-1699/>

SAE ARP4761 Standard - Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment. - <http://standards.sae.org/wip/arp4761a/>

Vose D 2008 Risk Analysis: A Quantitative Guide ed John Wiley and Sons (London) p 735.

Bertsche B 2008 Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability ed Springer Berlin (Heidelberg) p 492.

Tinga T 2013 Principles of Loads and Failure Mechanisms: Applications in Maintenance, Reliability and Design ed Springer (London) p 307.

Yu S., Liu J., Yang Q. and Pan M. 2011 Proc. of 9th Int. Conf. on Reliability, Maintainability and Safety pp 954-60.

Johansson P 2006 Variation mode and effect analysis: A practical tool for quality improvement Quality and Reliability Engineering International 8 865-76.

Johannesson P 2009 Variation mode and effect analysis: An application to fatigue life prediction Quality and Reliability Engineering International 2 167-79.

R.Billinton, R.N.Allan: "Reliability evaluation of engineering systems", Plenum Press, New York, 1992.

Leplat, J., 1978, "Accident and Work Analysis", Journal of Occupation Accidentets, 1:331-340.

N. Rasmussen et al.: "An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants", US NRC Report WASH 1400, Washington (USA), 1975.

G.C. Bello, V. Colombari: "The Human Factors in Risk Analyses of Process Plants: the Control Room Operator Model TESEO - Reliability Engineering", 1, 3 (1980).



## SITOGRAFIA

quotidianosicurezza.it:

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/sintesi-storia-sicurezza-lavoro-italia.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-della-normativa-sulla-sicurezza-sul-lavoro-in-italia-capitolo-uno.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-normativa-sicurezza-due-l-unionismo-professionale.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-normativa-sicurezza-capitolo-tre-nascita-del-corpo-ispettori.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-sicurezza-normativa-4-la-normativa-nel-ventennio.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-normativa-sicurezza-cinque-la-carta-costituzionale.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-normativa-sicurezza-sei-evoluzione-dell-assicurazione-contro-gli-infortuni-sul-lavoro.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-normativa-sicurezza-sette-il-corpus-normativo-prevenzionale.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-normativa-sicurezza-otto-sistema-di-sicurezza-globale-nei-processi-produttivi-le-direttive-ue.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-normativa-sicurezza-nove-il-nuovo-sistema-prevenzionale-nasce-negli-anni-novanta.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-normativa-sicurezza-dieci-organizzazione-internazionale-e-nazioni-unite.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-normativa-sicurezza-undici-committente-garante-sicurezza-in-edilizia.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-normativa-sicurezza-dodici-funzione-sociale-dell-ispezione-del-lavoro.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-normativa-sicurezza-tredici-la-funzione-preventiva-dell-ispezione-lavoro.htm>

<https://www.quotidianosicurezza.it/sicurezza-sul-lavoro/esperto-risponde/storia-normativa-sicurezza-quattordici-il-testo-unico-nove-aprile-duemilaotto-n-ottantuno.htm>

<https://www.lavoro.gov.it/temi-e-priorita/previdenza/focus-on/Assicurazione-contro-infortuni-sul-lavoro-e-malattie-professionali/Pagine/Infortunio-sul-lavoro.aspx>

<https://www.inail.it/cs/internet/attivita/prestazioni/infortunio-sul-lavoro.html>

<https://osha.europa.eu/en/publications/value-occupational-safety-and-health-and-societal-costs-work-related-injuries-and>

<https://www.inail.it/cs/internet/comunicazione/sala-stampa/comunicati-stampa/com-stampa-relazione-annuale-inail-2020.html>

<https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-appendice-statistica-relazione-annuale-inail-2020.pdf>

<https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-relazione-annuale-anno-2020.pdf>

<https://www.qualityi.it/fta.html>

[http://dma.ing.uniroma1.it/users/m\\_sicur\\_c1/Dispensa%209.pdf](http://dma.ing.uniroma1.it/users/m_sicur_c1/Dispensa%209.pdf)

<http://www.artes-srl.org/index.php/menu-software/smenu-bda> (BDA)

[http://everyspec.com/MIL-HDBK/MIL-HDBK-0200-0299/MIL-HDBK-217F\\_14591/](http://everyspec.com/MIL-HDBK/MIL-HDBK-0200-0299/MIL-HDBK-217F_14591/) (MIL-217)



## *RINGRAZIAMENTI*

Che dire, anche questa avventura è giunta al termine. Con un filo di commozione scrivo queste righe di ringraziamento alle persone che mi hanno aiutato a maturare durante questo percorso Universitario che volge ormai al tramonto.

Innanzitutto voglio ringraziare la mia Relatrice, la Professoressa e Ingegner Vianello Chiara, per avermi supportato fino alla fine nello svolgimento di questo lavoro di Tesi, per gli indispensabili consigli e la pazienza dimostratami in questi mesi.

I miei ringraziamenti vanno alla mia famiglia:

in primo luogo alla mia mamma e al mio papà, che con costanza mi hanno sempre spronato a continuare con impegno per portare a termine questa esperienza;

ringrazio mio fratello Federico e la mia sorellina Agnese, che hanno sempre creduto nelle mie possibilità, e mi sono sempre stati vicini nei momenti di difficoltà;

un grazie anche a Valentina, che mi supporta ogni giorno con la sua solare presenza.

Un piccolo ricordo anche a mio nonno Giovanni, che mi starà osservando con orgoglio, spero, da lassù.

Grazie a tutti!

Luca