



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DELLA SICUREZZA CIVILE ED INDUSTRIALE

Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria della Sicurezza Civile ed Industriale

Obsolescenza degli impianti industriali: valutazioni tecnico-economiche di adeguamenti alla Direttiva 2006/42/CE

Case-Study: impianto a motte a servizio della VDP Fonderia S.p.A.

Relatore: Ing. Lorenzo Baraldo (Dipartimento di Ingegneria Industriale)

Tutor Aziendale: Ing. Fabrizio Peruzzo (VDP Fonderia S.p.A.)

Laureando: Filippo Baron (matr. 1152010)

Anno Accademico 2017/2018

*“All alone, or in two's
The ones who really love you
Walk up and down outside the wall.
[...]
And when they've given you their all
Some stagger and fall, after all it's not easy
Banging your heart against some mad bugger's wall.”*

(“Outside The Wall”, Pink Floyd, dall'album “The Wall”, 1979)

*“Da soli, oppure in coppia,
coloro che davvero ti amano
camminano su e giù fuori dal muro.
[...]
E quando ti avranno dato tutto,
alcuni barcolleranno e cadranno a terra. Dopotutto non è facile
sbattere il cuore contro il muro di un folle.”*

Ringraziamenti

Vorrei dedicare qualche riga di questa tesi ai ringraziamenti, probabilmente non apprezzati da tutti i lettori che non mi conoscono direttamente, ma sicuramente graditi a coloro i quali sono rivolti. Questa pubblicazione rappresenta l'ultimo mattone di un grande muro, la cui costruzione è iniziata come per tutti noi con le scuole dell'obbligo, passando poi all'Università che purtroppo "d'obbligo" non è per nulla: mi permetto di dire purtroppo perché già nella generazione a cui appartengo, ed ancor più nei giovani d'oggi, ritengo che manchi un percorso che insegni a prendersi le proprie responsabilità e che faccia comprendere il valore delle cose che si imparano nella vita, ormai ultima ricchezza che ci appartiene veramente in questi anni in cui di "certo" resta gran poco.

Terminando queste arringhe filosofiche che sicuramente non fanno per me, vorrei ringraziare tutti coloro che hanno permesso in un modo o nell'altro che io arrivassi fino a questo punto, partendo prima di tutto dalla mia compagna Anna, che ha mantenuto salda la mia stabilità psico-fisica con tutte le sue forze, lottando ogni giorno contro i miei, i suoi ed anche gli altrui "demoni interiori" ed in più aiutandomi in questo percorso lungo e tortuoso: GRAZIE ANNA, ti devo veramente tutto. Il mio augurio per te, tramite questa dedica, è che tutto l'amore che doni indistintamente a tutti coloro che ti stanno attorno (e che non sempre lo meritano), ritorni a te nel momento in cui gli stessi riconosceranno il valore di ciò che tu hai donato a loro, anche semplicemente sotto forma di un semplice sorriso.

Ringrazio di cuore la VDP Fonderia S.p.A. che mi ha accolto a braccia aperte fin dal primo giorno in questa grande famiglia composta da più di 250 persone e mi ha fatto vivere una meravigliosa esperienza che porterò sempre nel cuore. In particolare ringrazio il mio tutor, l'Ing. Fabrizio Peruzzo che ha arricchito il mio bagaglio di conoscenze più di quanto ogni altro corso universitario potesse fare; ringrazio ovviamente anche la Dott.ssa Sabrina Zardo e tutto il personale del reparto manutenzione meccanica ed elettrica che mi ha fatto sentire a casa fin dai primi giorni (Kathia, Ines, Lorenzo, Andrea, Luciano, Denis, Gimi ed ovviamente tutti gli altri). Ultimi, ma non ultimi, ringrazio anche il mio relatore, l'Ing. Lorenzo Baraldo, ed il Prof. Enrico Savio, sempre presenti e disponibili lungo tutto il percorso di tirocinio e stesura di questo lavoro.

In secondo luogo, ovviamente non in ordine di importanza, devo ringraziare i miei genitori Alessandra e Roberto, mio fratello Tommaso, i miei suoceri Teresa e Mireno, i miei cognati Emma, Davide (ed il piccolo Luca) e Veronica, i miei super nonni Iside, Lina, Gino e Rino, tutti i nonni "adottati" (in special modo Francesca), i miei zii Federica, Paola e Albino, le mie cugine Martina, Ilaria e Irene e giustamente anche zii e cugini "adottati" (Nicoletta, Natale, Patrizia, Bruno, Marcello, Martino, Tommaso e Giacomo). Ringrazio anche tutti coloro il cui nome non ha trovato posto per ragioni di spazio, ma che mi sono stati accanto in ogni momento anche semplicemente facendomi sorridere.

Riassunto

Il presente lavoro di tesi è stato creato durante il proseguimento del Tirocinio Curricolare svolto presso VDP Fonderia S.p.A. di Schio (Vi) nell'anno 2018. Il tutor accademico individuato per lo svolgimento del suddetto tirocinio è stato il Prof. Enrico Savio, mentre la figura di Tutor Aziendale è stata ricoperta dall'Ing. Fabrizio Peruzzo, Responsabile del Servizio di Protezione e Prevenzione nonché responsabile del reparto di manutenzione e delle infrastrutture della suddetta azienda. Il relatore di questa tesi è l'Ing. Lorenzo Baraldo.

Il presente studio offre gli strumenti adatti per la valutazione tecnica (ed in parte anche economica) della fattibilità di adeguamenti di macchine, impianti e/o componenti obsoleti alla recente Direttiva 2006/42/CE (o "Direttiva Macchine").

La necessità di eseguire una valutazione di questo tipo deriva dalla coesistenza ormai appurata di macchinari nuovi e vecchi nel panorama industriale italiano, la quale costituisce un reale problema a livello di gestione della manutenzione, di sicurezza degli operatori e dell'assuefazione al rischio.

La gestione del rischio in impianti "misti" quindi rappresenta un ambito multidisciplinare in cui devono necessariamente coesistere figure come l'Ingegnere della Sicurezza, i responsabili della manutenzione e le persone più informate e con maggiore esperienza nel campo: i lavoratori stessi.

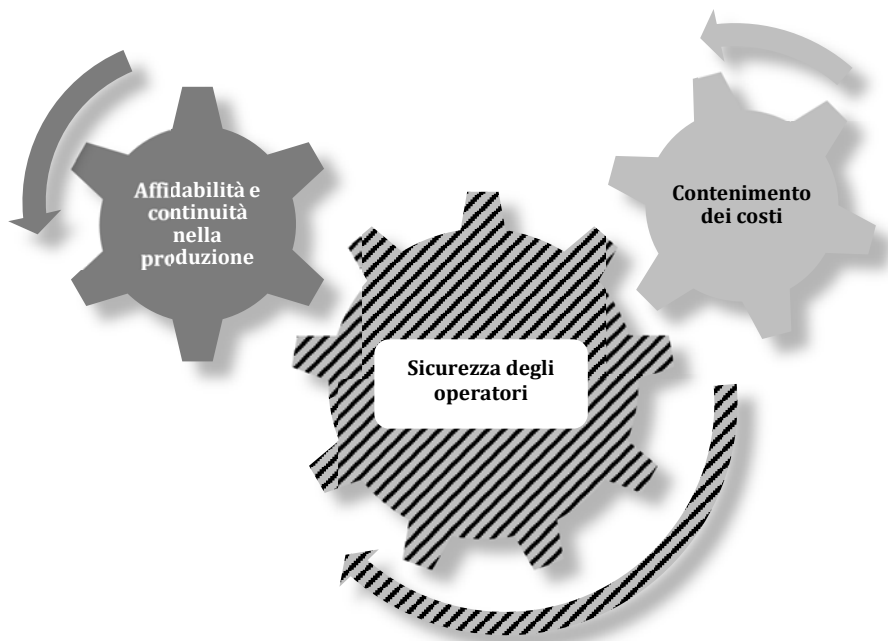
Il documento si suddivide in una prima parte introduttiva, in cui vengono richiamate le caratteristiche generali e specifiche dei pericoli in ambito industriale, con particolare attenzione al settore metalmeccanico, e viene introdotta la normativa di riferimento di seguito utilizzata. Successivamente viene analizzata la tecnica del "*revamping*" (o "ammodernamento"), grazie alla quale è possibile dare nuova vita ad un macchinario obsoleto portandolo allo stato dell'arte sia a livello tecnologico che a livello di sicurezza. Il caso presentato, progetto vero e proprio su cui è basata questa tesi, è un impianto semi-automatico di formatura e colata del 1992, attualmente in funzione in VDP Fonderia. Si è resa necessaria la valutazione del progetto di ammodernamento e messa in sicurezza di tale impianto (al posto della dismissione dello stesso) anche a seguito della variazione degli obiettivi di investimento successiva alla creazione di una *joint venture* tra VDP Fonderia ed altre 2 fonderie con sede nel bresciano e nel padovano.

Nel capitolo che presenta il *case-study* si esegue prima una valutazione del rischio, seguita dalla programmazione degli interventi richiesti per la riduzione dello stesso; successivamente viene riportato il calcolo vero e proprio del costo della messa a norma rapportato al progetto opposto di dismissione e riacquisto.

Dall'esperienza sviluppata durante il tirocinio, nascono le considerazioni fatte nei capitoli finali, riguardanti la manutenzione, i pericoli e le difficoltà incontrate dalle aziende nel garantire e coniugare la sicurezza, il contenimento dei costi e l'affidabilità degli impianti.

L'ultimo capitolo introduce l'argomento attualmente molto discusso dell'Industria 4.0, con una rapida analisi di pregi, difetti e prodotti/soluzioni disponibili nel mercato.

Come emergerà più volte nel seguito della trattazione, da questa tesi si vuole estrapolare il concetto, spesso non compreso e condiviso da tutti i professionisti ed i datori di lavoro, che un'azienda è in movimento grazie a 3 ingranaggi: la affidabilità della produzione (e del mercato), il contenimento dei costi e per ultima, ma più importante, la sicurezza degli operatori. Se uno qualsiasi di questi si blocca, la produttività è sicuramente minata ed i problemi non tardano a presentarsi. Un'attenta lettura di tale tesi, in chiave critica, può sicuramente risultare utile a tutti coloro che desiderano investire in sicurezza senza dover rinunciare alla fluidità nella produzione e senza dover affrontare costi sbalorditivi.



Infine, la tesi mette anche in evidenza quali sono gli step che è necessario e consono fare per prendere le giuste decisioni in fase di verifica sull'ammodernamento o la dismissione delle macchine/impianti.

Indice

Introduzione	1
CAPITOLO 1 – Gli impianti industriali e la sicurezza degli operatori.....	4
I. Caratterizzazione della realtà industriale metalmeccanica italiana.....	4
i. La situazione in Veneto	7
II. Cause e modalità di infortunio più frequenti.....	8
i. Il pericolo nell’ambito metalmeccanico.....	10
CAPITOLO 2 – Evoluzione normativa della sicurezza nei luoghi di lavoro	11
I. La sicurezza e la tutela dei lavoratori: problemi nati nel passato e risolti parzialmente solo nel presente	11
i. Dal 1865 agli anni ‘50	11
ii. Dagli anni ‘50 agli anni ‘80	12
iii. Dagli anni ‘90 ad oggi	12
II. La sicurezza nell’uso di macchine ed attrezzature.....	14
i. Definizioni principali e campo di applicazione.....	14
ii. Principi generali e modalità di applicazione	16
iii. Progettazione delle funzioni di sicurezza e sicurezza funzionale.....	18
CAPITOLO 3 – Macchine nuove e macchine vecchie: differenze nei requisiti di sicurezza.....	21
I. L’attestazione di conformità e la responsabilità dell’adeguamento	23
II. Rischi e problemi che potrebbero derivare dall’uso di macchine obsolete o fuori norma.....	25
i. Aggiornamento della valutazione dei rischi	26
III. Principi e tecniche attuali per il revamping.....	27
i. Revamping, retrofitting e restyling.....	32
ii. Ulteriori considerazioni riguardo i vantaggi del revamping.....	34
IV. Processo decisionale per la fattibilità di un revamping	35
V. Difficoltà nella valutazione tecnico-economica	41
CAPITOLO 4 – Case-study: impianto a motte della VDP Fonderia S.p.A.....	50
I. L’impianto a motte a servizio della VDP Fonderia.....	52

i.	Le zone e le fasi del lavoro	53
II.	Livello generale di sicurezza nell'azienda e nello specifico impianto in analisi	55
III.	Metodologia seguita per l'analisi del rischio	60
IV.	Risultati dell'analisi e programmazione degli interventi.....	66
i.	I rischi non meccanici	66
ii.	I rischi meccanici, fisici ed elettrici	68
iii.	I rischi dovuti all'assemblaggio di macchine	76
iv.	Documentazione fotografica di supporto	77
V.	Progetto esecutivo degli interventi ed individuazione dei prodotti.....	84
i.	Calcolo dei PLr delle diverse funzioni di sicurezza	99
ii.	Parametri di sicurezza dei componenti scelti.....	101
iii.	Calcolo dei PL raggiunti dalle apparecchiature scelte	106
iv.	Rendering dell'intervento.....	109
VI.	Valutazione economica dell'investimento	114
VII.	Definizione dei rischi residui e gestione degli stessi.....	117
VIII.	Ulteriori modifiche procedurali e/o tecnologiche possibili	118
CAPITOLO 5 - Considerazioni tecniche sulle attività manutentive		119
I.	La riduzione dei tempi di manutenzione.....	119
II.	La disponibilità dello storico degli eventi.....	119
III.	Comunicazione facilitata tra operatori e reparti.....	121
IV.	Modalità di funzionamento DSN.....	121
V.	Disponibilità di ricambi e assistenza software/hardware ed altri vantaggi in ambito manutentivo.....	123
CAPITOLO 6 - Prospettive future: il progetto Industria 4.0		126
I.	Un passo in più: oltre l'Industria 4.0	134
Conclusioni		137
Nomenclatura.....		141
Bibliografia		142
Appendice A – Dati INAIL		144
Appendice B – Prospetto B1 della norma UNI EN ISO 1200:2010		149

Appendice C – Calcolo del PL.....	151
Appendice D – Operazioni di manutenzione e modifiche	159
Appendice E – Calcolo del ROP.....	161
Appendice F – Planimetria aziendale.....	162
Appendice G – Misure per impedire il defeating dei sistemi di sicurezza	163

Introduzione

“L’innovazione è tutto.

Quando si è in prima linea si riesce a vedere quale sarà la prossima innovazione necessaria.

Quando si è dietro, si devono spendere le proprie energie per recuperare terreno.”

(Robert Noyce, co-fondatore di Intel e co-inventore del circuito integrato, detto anche “il Sindaco di Silicon Valley”)

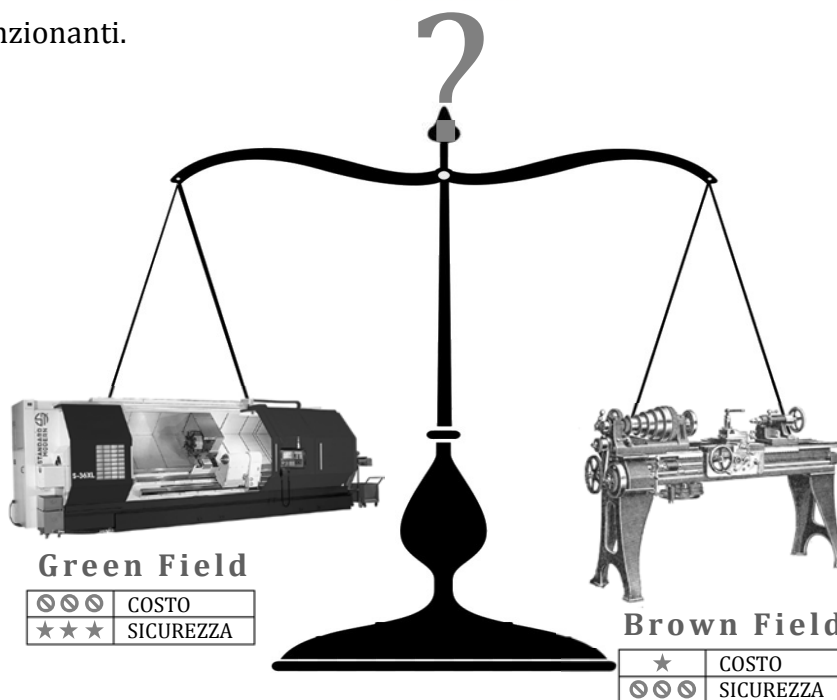
Nel 1968 Robert Noyce e Gordon Moore fondarono la Intel, in un clima di affannosa corsa alla novità tecnologica dovuta al recente boom del mercato e degli investimenti nell’elettronica. L’apoforisma riportato poche righe più in alto è attribuito proprio a Noyce, e può a prima vista sembrare utopico se si tiene conto del fatto che si riferiva agli anni 80. Ora, dopo 50 anni di progresso tecnologico, la Intel si è sviluppata in un mondo formato da aziende con enormi fondi per la ricerca e con azioni di spionaggio industriale degne delle migliori sceneggiature poliziesche, fino a diventare attualmente azienda leader nel mercato dei microprocessori (circa 85% del mercato) con un fatturato di circa 59 miliardi di dollari (2017). Quindi, a conti fatti, Noyce aveva intuito molto bene il rapporto tra economia ed innovazione.

Partendo dall’esempio riportato, questa tesi vuole evidenziare come l’innovazione sia l’elemento fondamentale per il successo di un’azienda nel mercato e come lo stato dell’arte nella sua concezione originale, ormai sia un obiettivo che si considera già come minimo. Spesso però, in antitesi a questa continua evoluzione tecnologica vi è un problema che sempre più aziende si trovano a dover affrontare: l’obsolescenza degli impianti e delle macchine.

Innanzitutto, è necessario distinguere l’usura di un macchinario dalla sua obsolescenza: questi concetti sono molto diversi tra loro, anche se spesso impropriamente vengono confusi. L’usura è la progressiva riduzione di efficienza nella lavorazione subita da una macchina a causa del processo che svolge sul componente in lavorazione (i cui fattori peggiorativi sono per esempio la grande escursione termica, la fragilità dei componenti, ecc.), mentre l’obsolescenza è la condizione che si instaura quando il macchinario continua a lavorare in modo più o meno efficiente (effetti dell’usura), ma non è fisicamente e tecnologicamente confrontabile con una macchina di uguali caratteristiche di produzione recente.

Il problema dell’usura viene risolto, come ben noto, con la manutenzione e la sostituzione dei componenti danneggiati, mentre esistono diverse vie da seguire per la soluzione di una questione di obsolescenza, ciascuna con un diverso budget di spesa.

La coesistenza in un'azienda di una porzione di parco macchine di recente costruzione (chiamato "green field") e di una porzione obsoleta (chiamata "brown field") mette l'imprenditore davanti al problema di dover garantire a ciascun lavoratore lo stesso livello di sicurezza sia che esso si trovi ad operare in uno o l'altro "campo". La risposta più ovvia sarebbe il rinnovamento dell'intero *brown field* con la sostituzione integrale di tutte le macchine, operazione che porterebbe ad un livello di sicurezza molto alto, nei confronti degli operatori che si interfacciano con le suddette, ma che comporterebbe la necessità di un investimento probabilmente di molto superiore rispetto ai mancati costi generati dall'incremento del livello di sicurezza. Dal punto di vista etico, la sostituzione dell'intero parco macchine di un'azienda, sarebbe una delle soluzioni migliori, oltre che la più semplice e rapida, ma come già detto l'investimento da affrontare potrebbe non far propendere verso quella direzione. Esistono infatti, come verrà analizzato in seguito, diversi interventi (più o meno invasivi) che consentono l'aumento del livello di sicurezza ad un costo contenuto, senza dover necessariamente eliminare del tutto macchine ancora funzionanti.



Per tale motivo, questo lavoro di tesi ha lo scopo di fornire a tecnici della sicurezza ed imprenditori uno strumento valido per valutare sia dal punto di vista tecnico, che dal punto di vista economico, la convenienza di un intervento di adeguamento allo stato dell'arte (ed oltre) di un impianto o porzione di esso.

Come esempio applicativo, in questa tesi, viene presentato il caso di un impianto per la formatura e la lavorazione delle motte, un particolare tipo di "stampo" da fonderia. Questo impianto di vecchia data, installato nell'azienda in cui è stato svolto il tirocinio curricolare, si è reso un ottimo candidato per una valutazione di fattibilità di un revamping per le considerazioni presentate in seguito.

Nei capitoli finali saranno anche presentate alcune nuove tecnologie appartenenti al mondo dell’Industria 4.0 che permettono di facilitare la gestione ed il controllo anche delle macchine più complicate, in modo da definire già un livello di partenza per i costruttori di macchine che va ben oltre il puro soddisfacimento dei requisiti minimi di legge.

Come già noto, la sicurezza degli operatori non deve essere un optional, ma bensì il punto di partenza per agevolare e facilitare la produzione, non intralciandone ritmi e modalità. Il segreto di una sicurezza ben funzionante è prima di tutto l’attenta progettazione di tutti gli aspetti, da quelli minori (come la logistica dell’azienda) a quelli fondamentali (sistemi di controllo ed automazione). Per questo motivo, si è voluto anche dal punto di vista economico concludere la fase di progettazione con una valutazione sia tecnica che economica riguardo gli interventi di riammodernamento.

Per concludere questa breve introduzione, si vuole far notare al lettore come la maggioranza degli argomenti di seguito trattati non siano direttamente frutto di nozioni imparate durante il corso di studi, quanto invece diretta conseguenza dell’esperienza vissuta durante il tirocinio presso l’azienda a cui questa tesi fa riferimento: ciò è utile per ribadire ulteriormente quanto risulti utile e fondamentale lo svolgimento del tirocinio stesso in un’ambiente che consenta agli studenti di aprire la mente verso nuove conoscenze ed esperienze.

CAPITOLO 1 – Gli impianti industriali e la sicurezza degli operatori

Il settore industriale ha, oggi, una miriade di sfaccettature diverse, ciascuna relativa a specifiche porzioni di mercato: si va dall'alimentare al chimico, dal metalmeccanico pesante alla meccanica di precisione, dalla pura trasformazione di semilavorati all'impianto completo di produzione e imballaggio, e così via, con la peculiarità che ciascuna suddivisione comporta rischi diversificati per mansione e per tipologia di mercato di appartenenza. Risulterebbe complicato quindi eseguire un'analisi completa di tutti i settori industriali a cui si potrebbe applicare tale studio, per questo motivo la tesi sarà limitata all'ambito metalmeccanico in quanto è tutt'ora uno dei settori più diffusi tra le industrie italiane.

I. Caratterizzazione della realtà industriale metalmeccanica italiana

Da un recente rapporto FederMeccanica (Giugno 2017) si può vedere come il settore metalmeccanico in Italia rappresenti un'abbondante fetta di mercato nell'ambito manifatturiero, con una rapida ricrescita dopo il periodo di crisi del 2008-2009.

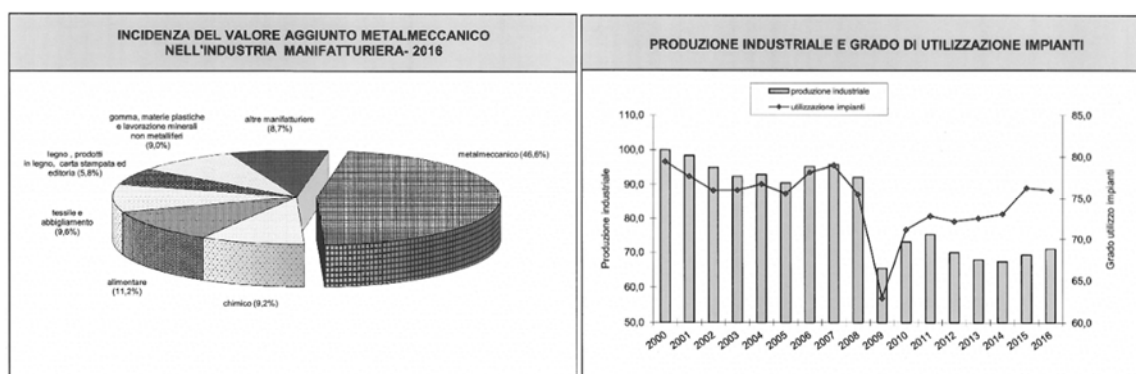


Figura 1 - Statistiche tratte dalla pubblicazione di FederMeccanica (06/2017)

In Italia sono impiegati in questo settore circa 1 milione e 600 mila persone, mentre in Germania la quota arriva a poco più di 4 milioni.

L'esorbitante numero di infortuni¹, addirittura in aumento nella Regione del Veneto rispetto al trend nazionale, è in gran parte dovuto alle usuali cause già conosciute (disattenzione, mancato uso dei DPI, comportamenti scorretti, ecc.) ma si può affermare

¹ Solo nel 2016, in Italia si sono registrati 641.544 infortuni, di cui 1.130 mortali. Significa che, considerando un numero di lavoratori pari a circa 23 milioni di abitanti (nel 2016), circa 3 persone ogni 100 hanno avuto un infortunio sul lavoro.

senza alcun dubbio che una parte di questi eventi, spesso soprattutto quelli con conseguenze fatali per il malcapitato, sono causati dall'uso di macchinari non a norma o con sicurezze eluse.

Un'analisi più approfondita riguardo gli infortuni occorsi in ambito lavorativo, può essere svolta studiando i dati raccolti dall'INAIL (dati aggiornati a Maggio 2018) e riassunti per comodità nei seguenti grafici:

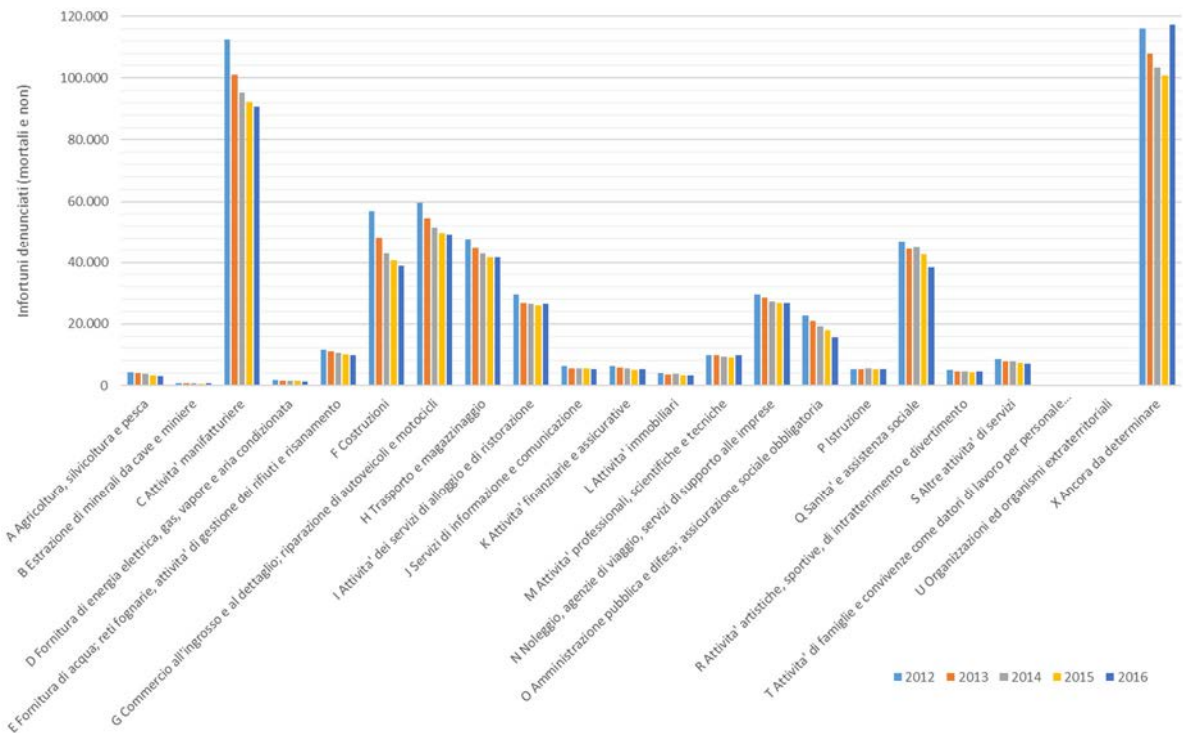


Figura 2 - Infortuni denunciati (mortali e non) divisi per settore di attività economica (Sezione Ateco)

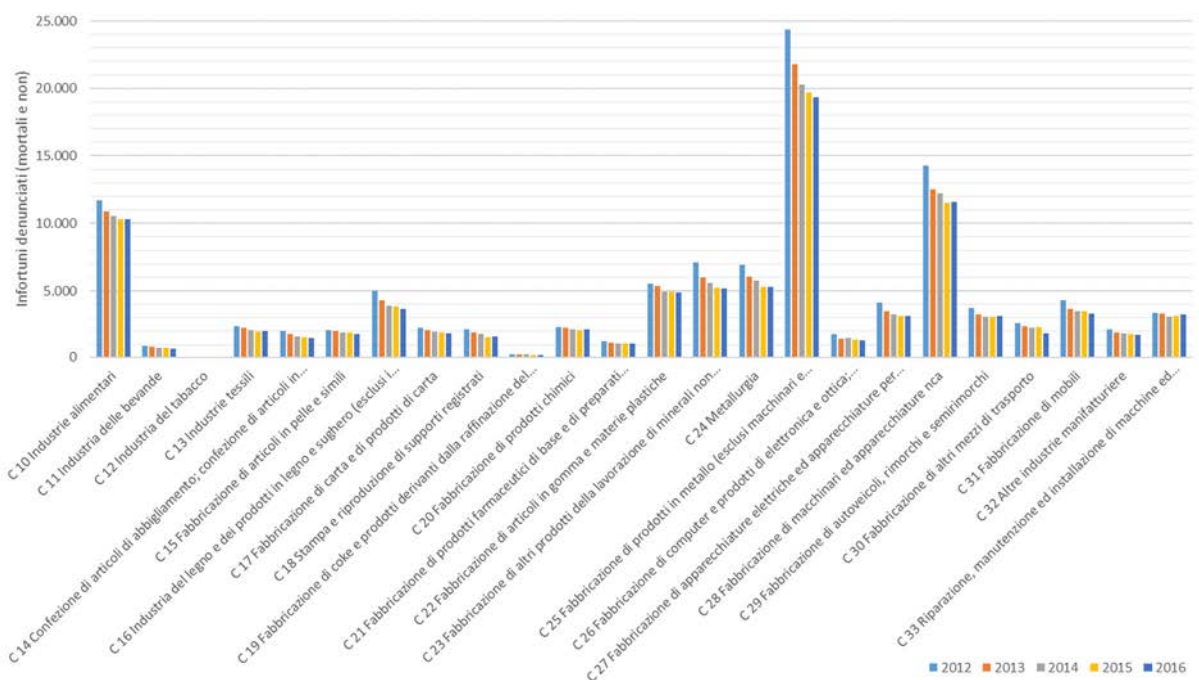


Figura 3 - Infortuni denunciati (mortali e non) divisi per Sezioni Ateco appartenenti alla categoria manifatturiera

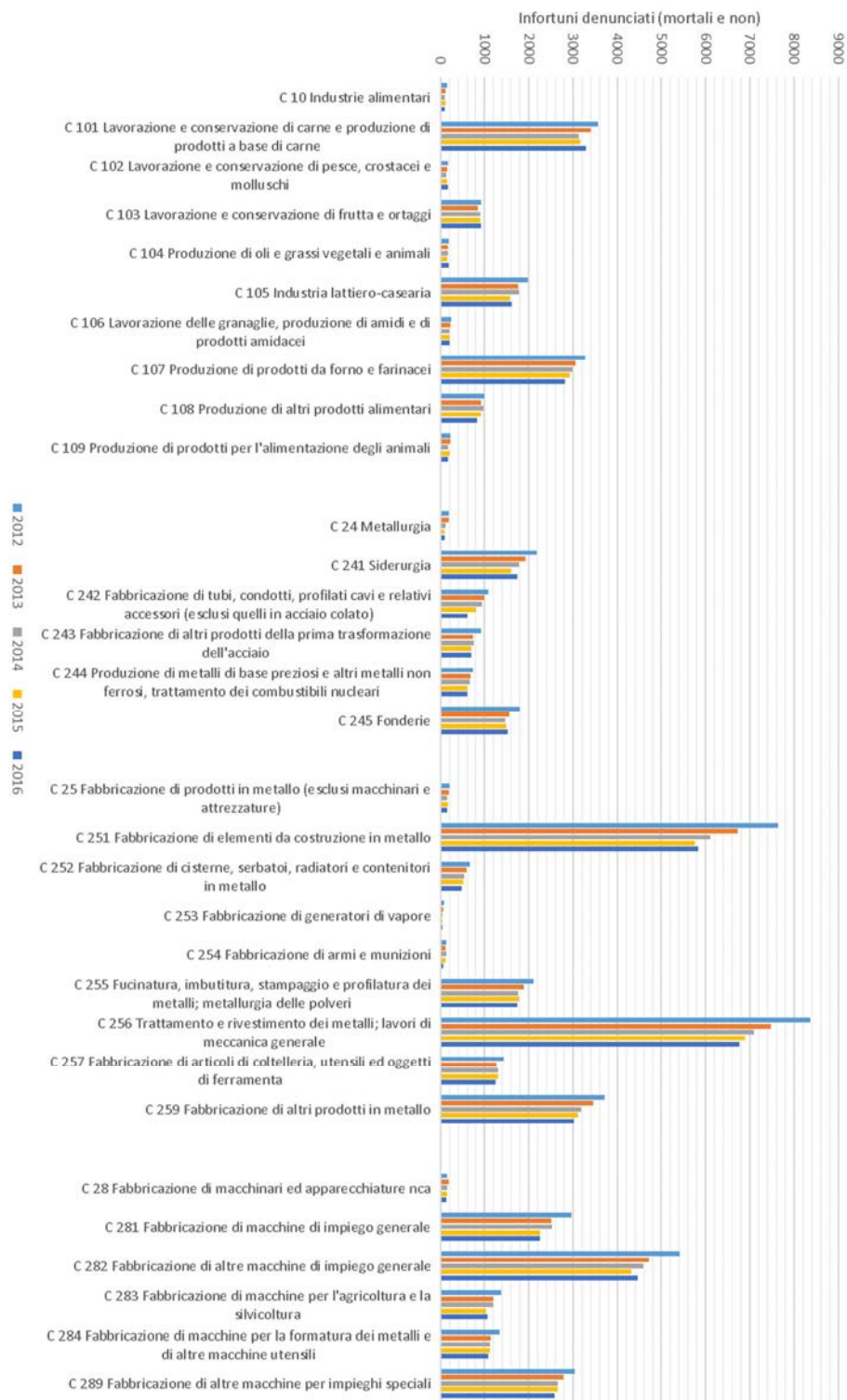


Figura 4 - Infortuni denunciati (mortalità e non) divisi per Settore Ateco, con analisi dettagliata dei settori con il numero maggiore di infortuni occorsi

Una delle osservazioni più sconvolgenti che emerge da questi dati, è il rapporto tra gli infortuni accaduti in attività “storicamente” pericolose (come l’estrazione in cave/miniere, l’edilizia, ecc.) rispetto a quelli relativi ad attività manifatturiere: per ogni infortunio segnalato in attività di tipo estrattivo se ne verificano circa 130 in ambito

manifatturiero. Ovviamente, tale osservazione è inevitabilmente inficiata dal fatto che gli operatori impiegati nel campo estrattivo sono in numero molto inferiore rispetto all’attività manifatturiera, ma tale dato indica comunque quanto risulti bassa la percezione del pericolo da parte degli operatori nell’ambiente industriale, oltre a quanto sia tuttora presente una grave questione irrisolta relativa all’assuefazione al pericolo. Quest’ultima considerazione, si può estrapolare dall’osservazione del calo del 20% circa delle denunce dal 2012 al 2016, ma con una costanza allarmante di infortuni mortali (circa 2‰ degli infortuni all’anno). Ciò che risulta ancora più problematica è la distribuzione degli infortuni per età del soggetto: la distribuzione è pressoché costante tra i 20 ed i 59 anni d’età, evidenziando che il problema della percezione del pericolo stesso è presente anche in soggetti giovani all’inizio della propria vita lavorativa (ad un livello comunque non tale da mettere a rischio la propria vita, in quanto gli infortuni mortali riguardano più la fascia 40-54 anni).

i. La situazione in Veneto

Restringendo l’analisi al territorio regionale, si possono estrapolare i seguenti dati dal rapporto annuale dell’INPS della Regione Veneto del 2016 che rappresentano anche gli esiti dei controlli eseguiti durante lo svolgimento della funzione di attività di vigilanza:

Nel 2016 sono state protocollate in Veneto 75.041 denunce di infortunio corrispondenti all’11,7% del totale, con un aumento del 2,37% rispetto all’anno precedente e con una diminuzione dello 0,21% rispetto al 2014. A livello nazionale, il decremento delle denunce nel triennio è pari al 3,33%.

Tabella 2.1 - Denunce di infortunio per modalità e anno di accadimento

		2014		2015		2016	
In occasione di lavoro	Veneto	64.493	11,37%	62.776	11,59%	64.116	11,80%
				-2,66%		2,13%	
	Italia	567.306	100,00%	541.688	100,00%	543.331	100,00%
				-4,52%		0,30%	
In itinere	Veneto	10.704	11,11%	10.530	11,02%	10.925	11,12%
				-1,63%		3,75%	
	Italia	96.321	100,00%	95.511	100,00%	98.213	100,00%
				-0,84%		2,82%	
Totale	Veneto	75.197	11,33%	73.306	11,50%	75.041	11,70%
				-2,51%		2,37%	
	Italia	663.627	100,00%	637.199	100,00%	641.544	100,00%
				-3,98%		0,68%	

Nel triennio 2014 - 2016 le denunce di infortunio con esito mortale sono diminuite a livello nazionale del 3,83%, passando da 1.175 a 1.130. Nella regione le denunce passano da 97 a 125; di queste, 34 sono relative a infortuni in itinere.

Tabella 2.2 - Denunce di infortunio con esito mortale per modalità e anno di accadimento

		2014		2015		2016	
In occasione di lavoro	Veneto	67	7,55%	78	8,02%	91	10,81%
				16,42%		16,67%	
	Italia	888	100,00%	973	100,00%	842	100,00%
				9,57%		-13,46%	
In itinere	Veneto	30	10,45%	46	14,33%	34	11,81%
				53,33%		-26,09%	
	Italia	287	100,00%	321	100,00%	288	100,00%
				11,85%		-10,28%	
Totale	Veneto	97	8,26%	124	9,58%	125	11,06%
				27,84%		0,81%	
	Italia	1.175	100,00%	1.294	100,00%	1.130	100,00%
				10,13%		-12,67%	

Nel 2016 sono state controllate in Veneto, 1.838 aziende, di queste, 1.607, ossia l’87,43%, sono risultate irregolari. Il dato è circa 0,15 punti percentuali sotto la media nazionale (+87,58%). Dalle ispezioni effettuate sono stati accertati 10.713.000 euro di premi omessi pari al 2,08% in più rispetto al 2015.

Tabella 5.1 - Attività di vigilanza

		2014		2015		2016	
Veneto	Aziende ispezionate	2.165	9,31%	1.964	9,42%	1.838	8,80%
				-9,28%		-6,42%	
	Aziende non regolari	1.933	9,50%	1.755	9,64%	1.607	8,79%
				-9,21%		-8,43%	
Italia	Premi omessi accertati	11.735	8,43%	10.495	7,70%	10.713	8,45%
				-10,57%		2,08%	
	Aziende ispezionate	23.260	100,00%	20.842	100,00%	20.876	100,00%
				-10,40%		0,16%	
Italia	Aziende non regolari	20.343	100,00%	18.207	100,00%	18.284	100,00%
				-10,80%		0,42%	
	Premi omessi accertati	139.185	100,00%	136.228	100,00%	126.717	100,00%
				-2,12%		-8,98%	

Risulta evidente da questi dati che esiste tuttora una fascia molto grande (87% nel 2016) di aziende che presentano ancora non conformità ad una o più richieste delle norme ad esse relative.

Chiaramente, si ritiene doveroso specificare che questi dati non forniscono alcuna indicazione sul tipo di non conformità e sulla tipologia d’azienda considerata, ma sono valori utili alle considerazioni sul livello di sicurezza attualmente diffuso.

II. Cause e modalità di infortunio più frequenti

Dall’analisi condotta nel 2008 dalla Commissione Europea “Occupazione, Affari Sociali e Inclusione”, è possibile dare una maggiore precisione riguardo le modalità di infortunio (anche se facendo riferimento ad un documento ormai datato, relativo al periodo 2003-2005, ma pur comunque rappresentativo).

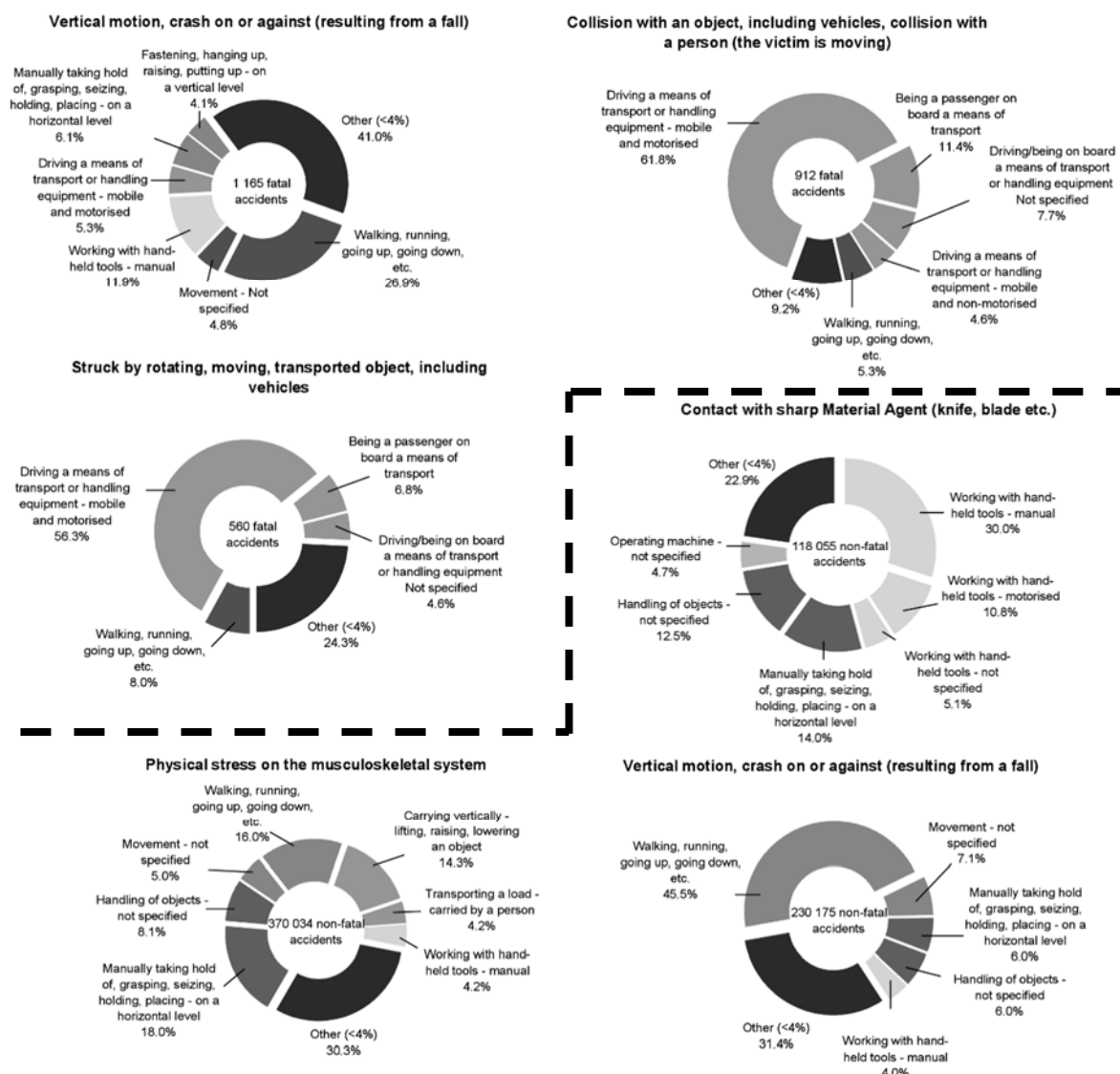


Figura 5 - Sopra la linea tratteggiata, azioni che hanno portato ad infortuni mortali; sotto la linea tratteggiata, azioni che hanno portato ad infortuni non mortali (Fonte: Causes and circumstances of accidents at work in the EU, 2008)

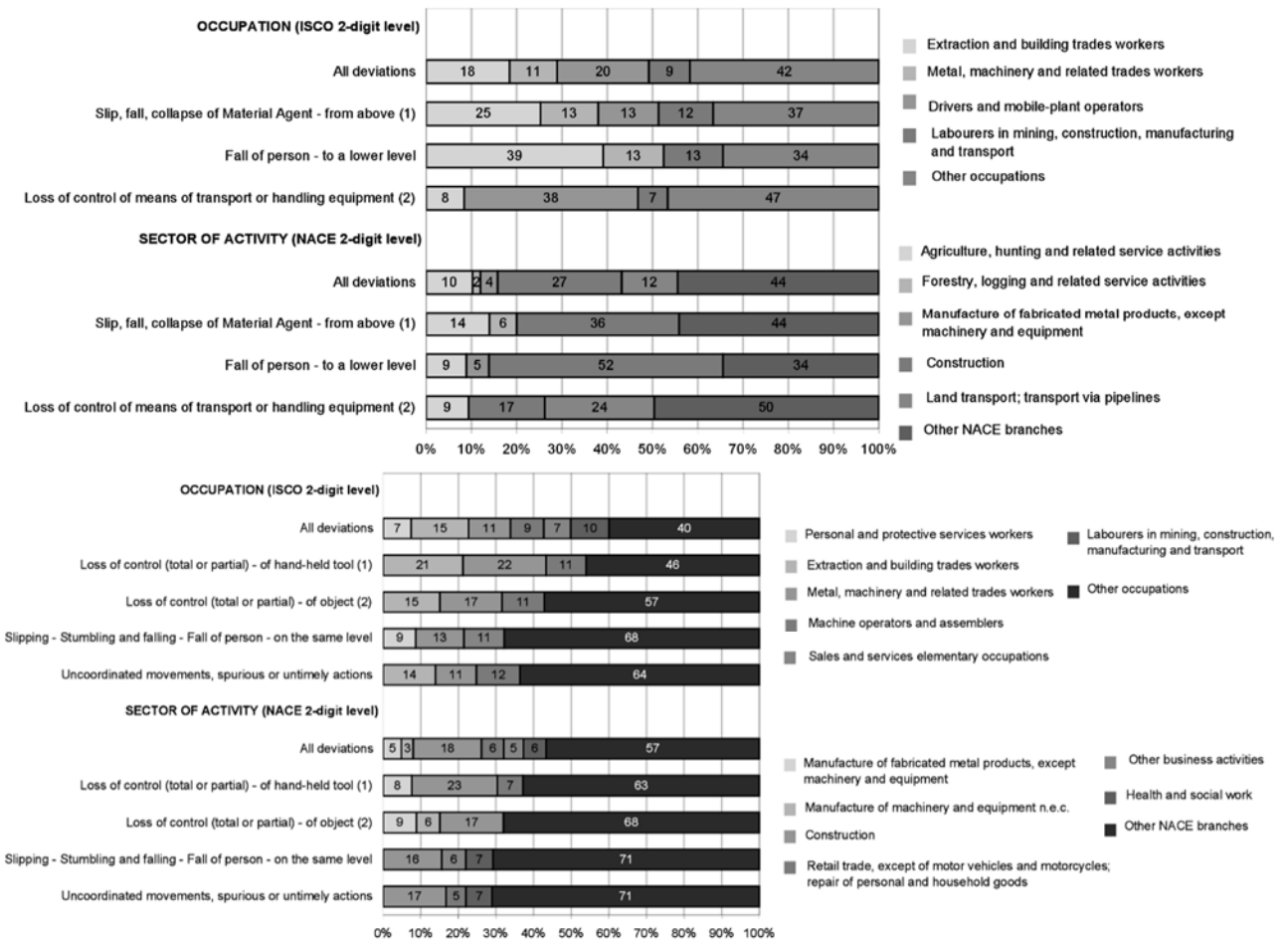


Figura 6 - Sopra, percentuale di infortuni mortali divisa per settore e causa; sotto, percentuale di infortuni non mortali divisa per settore e causa (Fonte: Causes and circumstances of accidents at work in the EU, 2008)

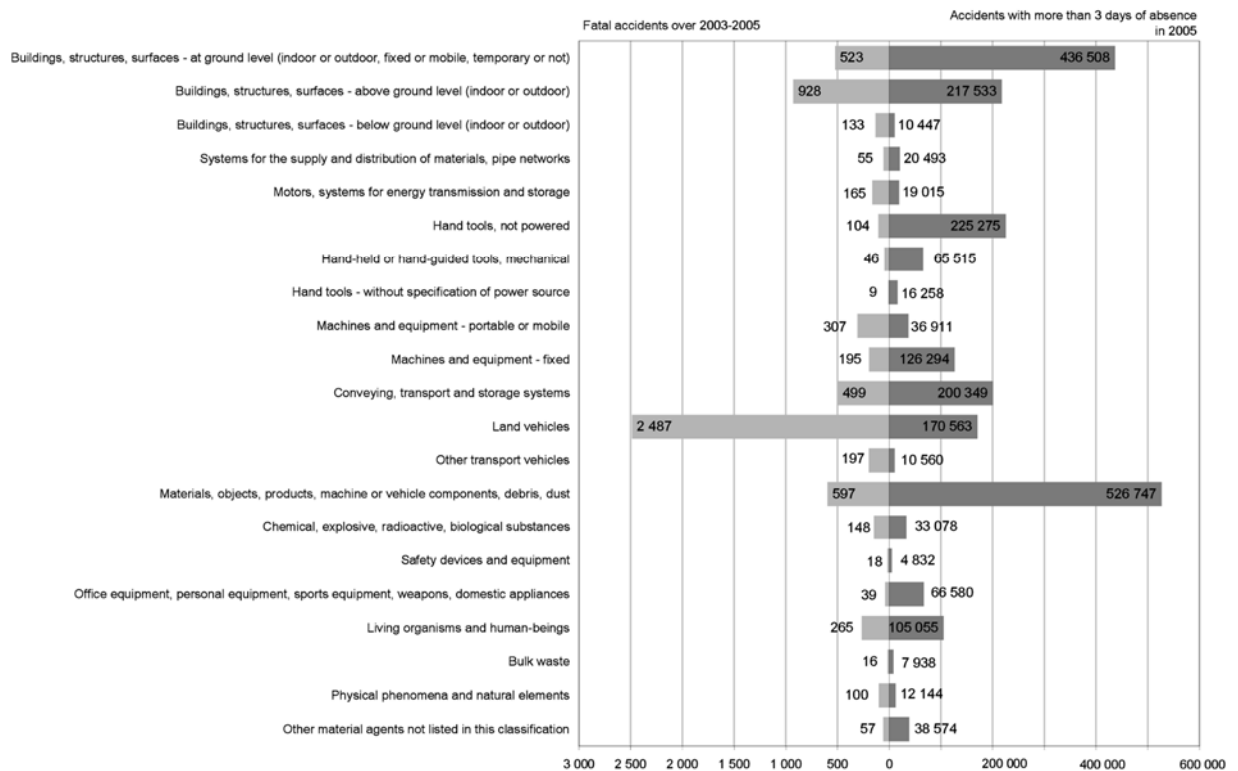


Figura 7 - Suddivisione in base all'agente fisico che ha causato l'infortunio (mortale a sinistra, non mortale a destra) (Fonte: Causes and circumstances of accidents at work in the EU, 2008)

Si può notare da queste rilevazioni riguardanti l'intera Unione Europea, come vi siano alcuni settori industriali in cui esistono specifici pericoli che tuttora causano la maggioranza degli infortuni; ad esempio, le cadute dall'alto e gli scivolamenti si verificano in maggior parte nell'ambito edile, mentre la perdita del controllo di utensili manuali od elettrici riguarda invece principalmente l'ambito meccanico.

Considerando invece l'agente vero e proprio che causa l'infortunio, si nota che l'uso di mezzi di trasporto (sia durante l'attività lavorativa, che nell'atto di raggiungere il luogo di lavoro) causa un maggior numero di infortuni fatali rispetto ad esempio di prodotti chimici e/o macchine, mentre nel caso di infortuni non fatali si ha il maggior numero di casi registrati riguardanti polveri, schegge e attrezzature manuali/motorizzate.

i. Il pericolo nell'ambito metalmeccanico

Nell'ambito metalmeccanico torna utile la lista dei pericoli riportata dalla norma UNI EN ISO 12100:2010, che verrà presentata nei successivi capitoli della presente tesi e che è stata utilizzata anche nella creazione dello strumento che ha consentito la valutazione del rischio nell'impianto in analisi.

La lista fa parte dell'Appendice B della norma e più precisamente costituisce il Prospetto B1, e viene riportata nell'Appendice B di questa tesi.

Va prestata particolare attenzione nell'uso di questa tabella come riferimento in check-list e valutazioni del rischio, in quanto alcuni campi apparentemente d'uso poco comune (ad esempio i pericoli derivanti da radiazioni) spesso vanno valutati in separata sede con valutazioni specifiche eseguite da personale esperto con strumentazioni adeguate, invece che essere semplicemente valutate mediante barratura di SI/NO in una *checklist*.

Anche la continua evoluzione delle schede di sicurezza e della normativa sui prodotti chimici va attentamente tenuta in considerazione in quanto un pericolo in precedenza escluso potrebbe rivelarsi fondato a seguito di un aggiornamento normativo.

La stessa lista torna particolarmente utile per l'analisi del rischio di apparecchiature, impianti o attrezzature che svolgono un particolare compito o lavorazione, in seguito analizzate, chiamate "macchine" dalla Direttiva 2006/42/CE.

CAPITOLO 2 - Evoluzione normativa della sicurezza nei luoghi di lavoro

Nel Capitolo 2 si introduce brevemente l'evoluzione della normativa in ambito salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, passando poi nella parte più specifica relativa alle macchine ed alla normativa che le regola. Riguardo quest'ultimo ambito, si analizzeranno brevemente i principi base che costituiscono l'attuale norma in vigore e le modalità previste per configurare la normativa con attrezzature nuove, usate, da vendere o da rottamare.

I. La sicurezza e la tutela dei lavoratori: problemi nati nel passato e risolti parzialmente solo nel presente

La questione della sicurezza nei luoghi di lavoro nacque con la Rivoluzione Industriale del XIX secolo, in seguito al graduale ed incessante aumento dello spostamento della forza lavoro dalle campagne alle fabbriche, unita alla nascita di nuove tecnologie produttive in ogni ambito industriale e dalla conseguente diffusione sempre maggiore di attrezzature a dir poco prive di ogni misura di protezione. Per arginare la piaga tristemente tuttora nota degli infortuni sul lavoro, vennero emanate le prime leggi che, in modo poco "eticamente" corretto, tutelavano i lavoratori spostando la responsabilità sui datori di lavoro indicando però come tutela del lavoratore non tanto la garanzia di sicurezza e salute, ma bensì fissando un "valore" alla vita dello stesso. Ogni evoluzione successiva, mirava specificamente all'introduzione di livelli minimi da garantire per lo svolgimento delle attività lavorative (eliminando cioè il concetto di tutela garantita solo con rimborso del danno), fino all'attuale Testo Unico che abroga molte delle precedenti disposizioni e fissa il nuovo standard di riferimento per un livello minimo di sicurezza dal quale partire poi per definire il massimo danno accettabile.

i. Dal 1865 agli anni '50

Dal Codice Civile del 1865, in cui la responsabilità era basata sulla colpa (intesa come inosservanza di un requisito o come imprudenza), si fece strada nel corso degli anni il concetto della responsabilità in capo al datore di lavoro per quanto concerne la salute dei propri dipendenti, collegata all'obbligo di risarcimento del danno cagionato (questione supportata anche ad esempio dalla Legge 80/1898, che rendeva obbligatoria l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro). Il successivo passo avanti

avvenne quasi un secolo più tardi con la stesura della Costituzione Italiana (1948) nella quale, con gli articoli 32 e 41, la salute diventa diritto fondamentale dell'uomo tanto da rappresentare giustamente l'unico vincolo all'iniziativa economica privata (principio contenuto anche nell'articolo 2087 del Codice di Procedura Civile).

ii. Dagli anni '50 agli anni '80

La mancanza di precise indicazioni tecniche riguardanti le specifiche categorie di lavoratori e dei diversi ambiti industriali, causò la scarsa efficacia delle leggi finora emanate: la soluzione del problema avvenne proprio negli anni '50, più precisamente tra il 1955 ed il 1956, quando il Governo fu delegato all'emanazione di norme più specifiche riguardo alla tutela della salute e di maggior dettaglio riguardo agli obblighi in capo ai vari livelli di potere nell'ambito aziendale (Legge 51/55). Alcuni esempi di questa legiferazione più efficiente furono il DPR 547/55 contenente regole generali per la prevenzione degli infortuni nei luoghi di lavoro, il DPR 303/56 sull'igiene del lavoro ed il DPR 164/56 relativa alla sicurezza nel campo delle costruzioni.

Con gli anni '70 e la diffusione sempre maggiore degli organismi sindacali, vennero introdotti nei contratti collettivi una serie di standard minimi di riferimento anche a livello internazionale, mentre con la Legge 300/70 ("Statuto dei Lavoratori") si trasferisce parte della responsabilità nella tutela della salute alle rappresentanze dei lavoratori, che avranno il compito di vigilare sull'ottemperanza alle indicazioni fornite dalla legge e dal datore di lavoro. Al termine degli anni '70 nascono anche le Unità Socio-Sanitarie Locali, oggi chiamate ASL, a cui spetta sia la vigilanza che l'informazione ai lavoratori.

iii. Dagli anni '90 ad oggi

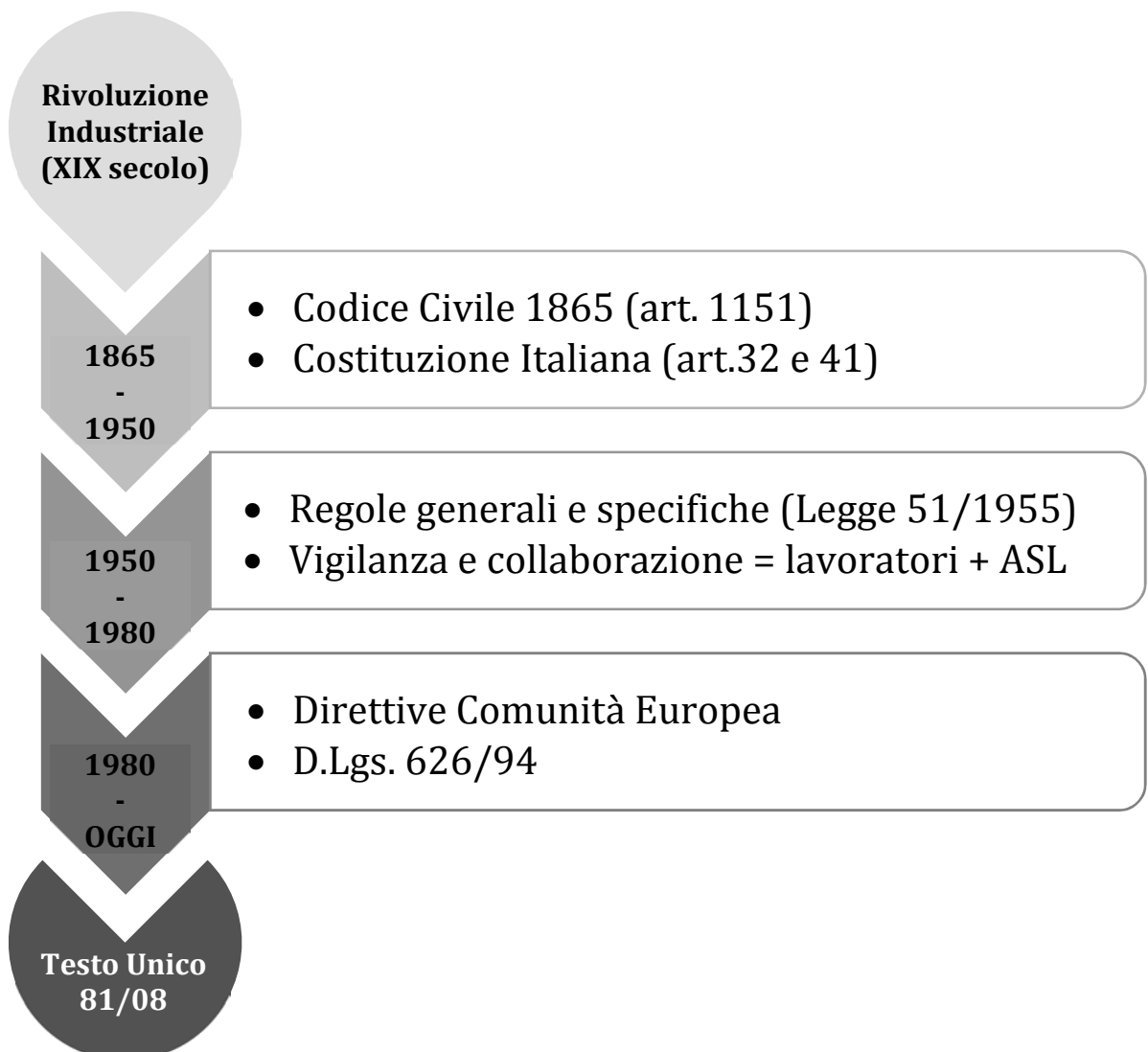
La nascita della Comunità Europea comportò da subito un notevole vantaggio dal punto di vista della sicurezza nel mondo del lavoro, in quanto le Direttive emanate dalla stessa e recepite dallo Stato Italiano in quanto membro della C.E.E. crearono i capisaldi dell'attuale normazione riguardante il suddetto ambito.

Per citarne alcuni, la Direttiva 82/501 del 1982 venne recepita in Italia con il DPR 175/1988 riguardante i rischi da incidenti rilevanti ("Legge Seveso"), le Direttive 80/1107, 82/605, 83/477, 86/188 e 88/642 vennero recepite con il D.Lgs. 277/91 riguardante l'esposizione a rischi chimici, fisici e biologici, mentre la Direttiva 91/382

venne recepita con la Legge 257/92 relativa alla cessazione dell’uso di prodotti contenenti amianto.

Anche in ambito elettrico vi fu una incredibile rivoluzione a favore della sicurezza: l’emanazione della Legge 46/90 che introdusse, insieme ad altre indicazioni tuttora valide per la sicurezza elettrica e di altri impianti, l’adozione obbligatoria del “salvavita” e di prese di sicurezza.

Per creare un insieme più armonioso di tutti gli obblighi previsti per la tutela dei lavoratori, venne emanato il D.Lgs. 626/94 che abrogava una quantità immane di norme precedenti con lo scopo di creare più ordine nella legislazione in tale ambito (operazione non propriamente riuscita). Dopo ben 14 anni, con l’approvazione del “Nuovo Testo Unico in materia di sicurezza e salute sul lavoro” (D.Lgs. 81/08), vi fu finalmente una iniziale parvenza d’ordine, ed una completezza tale da poter ricoprire ogni angolo del mondo del lavoro.



II. La sicurezza nell'uso di macchine ed attrezzature

La prima Direttiva Europea che ha introdotto obblighi comuni di sicurezza a tutti i produttori di macchine appartenenti agli stati membri è comparsa nel Giugno del 1989 con la dicitura “89/392/CEE” ed era applicabile a tutto ciò che poteva essere definito “macchina”: lo scopo principale (garantire la sicurezza delle attrezzature utilizzate in ambito industriale) è affiancato da una volontà molto forte di favorire lo scambio nel mercato europeo di prodotti sicuri in quanto rispondenti a standard comunemente accettati. Tale principio è alla base del cosiddetto “nuovo approccio” delle Direttive, nate per favorire il mercato unico. Pubblicata in Gazzetta Ufficiale nello stesso mese ed entrata in vigore nel 1993, è stata poi successivamente modificata con ulteriori Direttive che ne hanno ampliato il campo di applicazione anche ad apparecchiature intercambiabili, macchine per il sollevamento e componenti di sicurezza, oltre ad introdurre le prime indicazioni per la Marcatura CE. In Italia, la Direttiva sarà recepita solo nel 1996, con il DPR 24/07/1996 n° 459.

La 98/79/CE, una delle Direttive che hanno modificato l'originale 89/392/CEE, ha escluso dal campo di applicazione i macchinari ad uso medico ed è rimasta in vigore fino a Dicembre 2009, momento in cui è stata sostituita dalla pubblicazione più recente detta “Direttiva 2006/42/CE” o “Direttiva Macchine” (recepita in Italia nel Gennaio 2010).

i. Definizioni principali e campo di applicazione

La Direttiva Macchine definisce “**macchina**” un'attrezzatura rispondente alle seguenti diciture:

- insieme equipaggiato o destinato ad essere equipaggiato di un sistema di azionamento diverso dalla forza umana o animale diretta, composto di parti o di componenti, di cui almeno uno mobile, collegati tra loro solidamente per un'applicazione ben determinata;
- insieme di cui al primo trattino, al quale mancano solamente elementi di collegamento al sito di impiego o di allacciamento alle fonti di energia e di movimento;
- insieme di cui al primo e al secondo trattino, pronto per essere installato e che può funzionare solo dopo essere stato montato su un mezzo di trasporto o installato in un edificio o in una costruzione;
- insieme di macchine, di cui al primo, al secondo e al terzo trattino, o di quasi-macchine, di cui alla lettera g) (*nda, lettera g che definisce le “quasi macchine”*),

che per raggiungere uno stesso risultato sono disposti e comandati in modo da avere un funzionamento solidale;

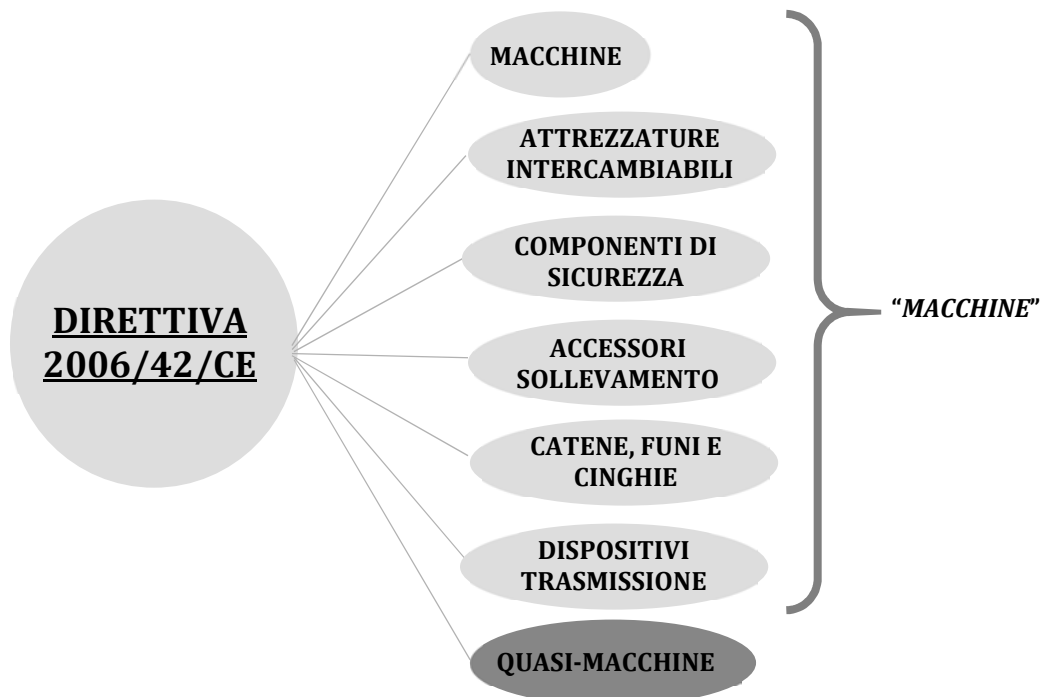
- insieme di parti o di componenti, di cui almeno uno mobile, collegati tra loro solidalmente e destinati al sollevamento di pesi e la cui unica fonte di energia è la forza umana diretta.

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

La Direttiva 2006/42/CE si applica quindi a:

- macchine;
- attrezzature intercambiabili;
- componenti di sicurezza;
- accessori di sollevamento;
- catene, funi e cinghie;
- dispositivi amovibili di trasmissione meccanica;
- quasi-macchine.

Tutti i prodotti sopra elencati, ad esclusione delle quasi-macchine, si considerano macchine ai fini del testo della Direttiva.



ii. *Principi generali e modalità di applicazione*

Dall'entrata in vigore della Direttiva, tutti i costruttori di macchine devono rispettare i requisiti minimi di sicurezza "RES" (elencati nell'Allegato 1 della Direttiva stessa) se i loro prodotti vengono fatti circolare nel mercato europeo, oltre a dover garantire la conformità del loro prodotto a queste stesse indicazioni (tramite la Dichiarazione di Conformità) apponendo la marcatura CE sullo stesso. Inoltre, per ogni possibile verifica da parte delle autorità deve essere presente un fascicolo tecnico che contenga tutto ciò che è necessario per asseverare la conformità suddetta.

In generale, per le macchine nuove da mettere in servizio, è necessario che il fabbricante apponga la marcatura CE sulla macchina e la fornisca al cliente completa di dichiarazione di conformità accertandosi che effettivamente siano stati rispettati tutti i requisiti minimi. La procedura per la certificazione è differente in base alla tipologia della macchina in esame: se essa rientra nelle macchine elencate nell'Allegato IV² si dovrà seguire la procedura in figura 8 a sinistra, altrimenti si dovrà seguire la procedura in figura 8 a destra.

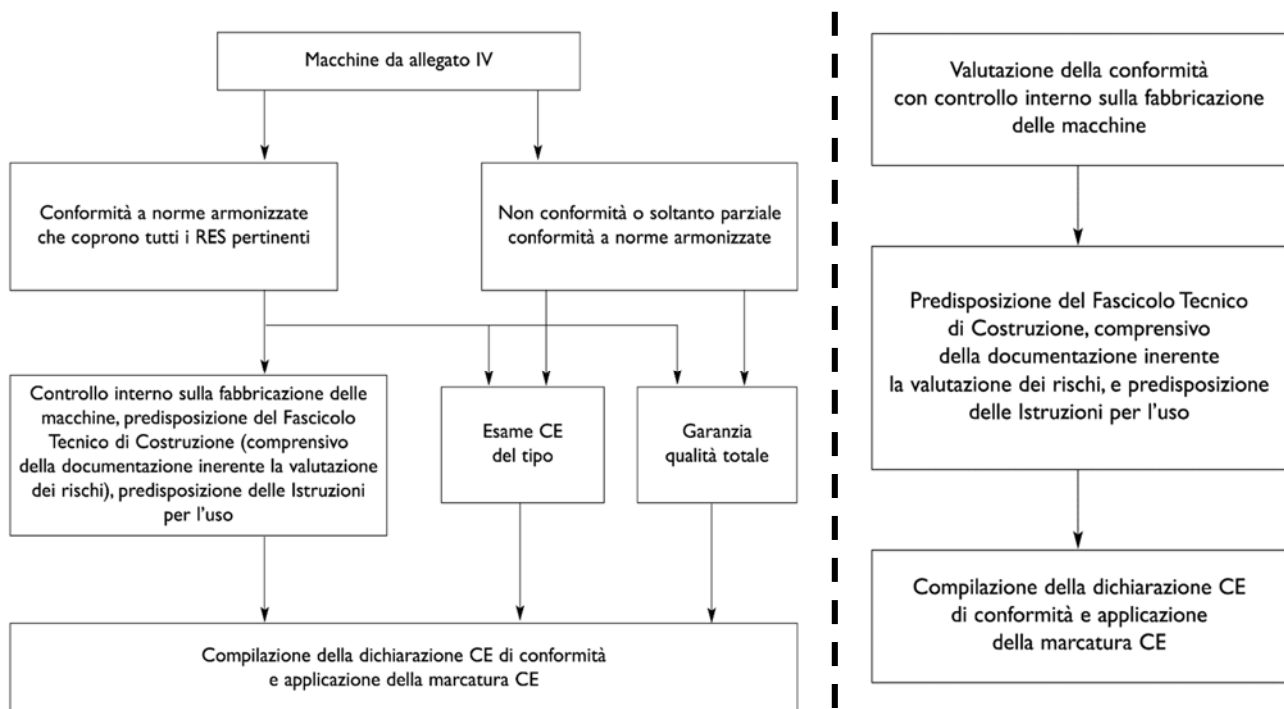


Figura 8 - Procedure per la certificazione CE di macchine appartenenti all'Allegato IV (a sinistra) e non appartenenti all'Allegato IV (a destra)

² Alcuni esempi di macchine appartenenti all'Allegato IV sono: seghe circolari, seghe a nastro, presse, componenti di sicurezza, ecc.

Le “norme armonizzate” citate nella figura precedente sono norme pubblicate dagli stati membri dell’Unione Europea che consentono una grande semplificazione sia in fase di progetto che in fase di marcatura di una macchina: infatti, seguendo pedissequamente le indicazioni contenute nelle suddette, si ha in automatico presunzione di conformità ai requisiti essenziali della Direttiva stessa. Quando possibile, è sempre consigliabile adottare tale strategia di progettazione per andare a colpire gli obiettivi della Direttiva a colpo sicuro. Esse si dividono in norme armonizzate di tipo A (norme base, contenenti i principi fondamentali), norme di tipo B (specifici dispositivi di sicurezza) e norme di tipo C (per specifiche tipologie di macchine). In ogni caso è necessario ricordare che è comunque obbligatorio procedere alla valutazione dei rischi durante la fase di progettazione e poi allegarne i risultati al fascicolo tecnico.

L’analisi del rischio può essere svolta seguendo la norma UNI EN ISO 12100:2010, con la quale è possibile identificare i pericoli appartenenti alle diverse categorie di agente pericoloso, calcolare un indice in funzione del danno possibile e della frequenza di esposizione, ed infine stilare un ordine di intervento sulla base del valore di rischio individuato. Le misure di protezione e/o prevenzione adottate riducono il rischio (senza annullarlo) e lo portano al cosiddetto “valore di rischio residuo”.

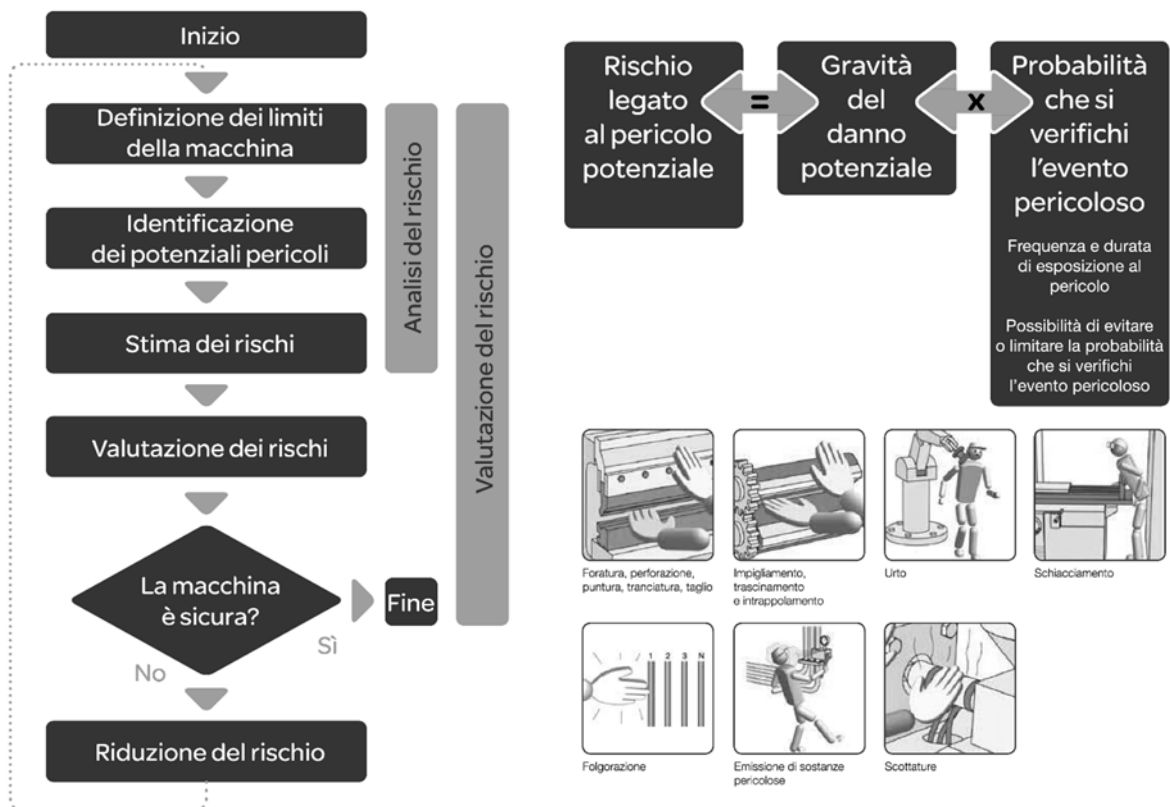


Figura 9 - Procedimento per la valutazione del rischio secondo la UNI EN ISO 12100:2010 ed esempi di rischi meccanici quasi sempre presenti nelle macchine ad uso industriale (dalla Guida Applicativa della Direttiva Macchine)

La responsabilità di verificare che la macchina acquistata sia completa di tutta la documentazione richiesta e della marcatura prevista è in capo all'utilizzatore, che diventa lui stesso "costruttore" nel momento in cui dovesse modificare "sostanzialmente" senza autorizzazione la macchina stessa, a meno che tale modifica non sia necessaria per aumentarne la sicurezza o riguardi la manutenzione ordinaria o straordinaria della stessa. In tutti gli altri casi, l'uso di una macchina modificata si configura come una nuova immissione nel mercato e quindi è obbligatorio, per colui che ha apportato tale modifica, eseguire nuovamente la verifica di conformità e la marcatura della nuova macchina. Lo stesso procedimento va eseguito nel caso di assemblaggio di macchine eseguito direttamente dall'utilizzatore o nel caso di auto-costruzione di macchine.

La responsabilità, al contrario, della conformità della macchina e della veridicità della documentazione prodotta è in capo al costruttore stesso, nei limiti previsti per un uso corretto "ragionevolmente prevedibile", dicitura con la quale si esclude la responsabilità di infortuni causati da azioni dolose o da usi scorretti e/o vietati. Le indicazioni sull'uso corretto, sul montaggio, sulla manutenzione e sull'eventuale smaltimento sono contenute nel "manuale d'uso e manutenzione" creato dal costruttore e fornito all'utilizzatore congiuntamente alla macchina stessa.

Per le quasi-macchine, quanto spiegato finora coincide completamente ad esclusione delle indicazioni relative alla dichiarazione rilasciata dal costruttore: in questo caso, le quasi-macchine vengono commercializzate accompagnate dalla dichiarazione di incorporazione, dalle istruzioni di assemblaggio, ma prive della marcatura CE (a meno che non siano soggette anche ad altre normative quali ad esempio Bassa Tensione, Compatibilità Elettromagnetica, ecc.).

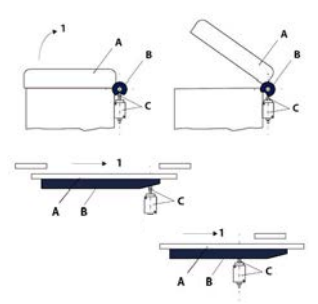
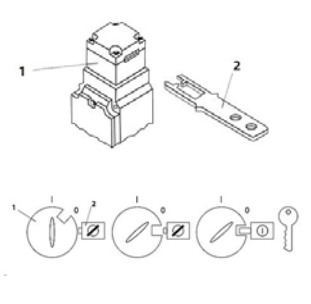
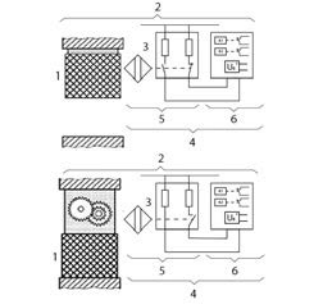
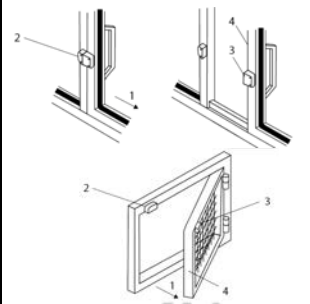
iii. Progettazione delle funzioni di sicurezza e sicurezza funzionale

In linea generale, per ottenere una macchina sicura, è necessario partire dalla prima fase (la progettazione) già riducendo i rischi, anziché doverli ridurre successivamente solo mediante misure protettive. In ogni caso, vi sono alcune funzioni della macchina che per loro natura risultano pericolose; si pensi ad esempio ad una sega circolare, nella quale eliminando il disco tagliente si elimina il rischio di taglio agli arti dell'operatore ma si perde anche completamente la funzionalità della macchina. In questi casi è possibile adottare misure preventive (riducono la frequenza di accadimento dell'incidente) o misure protettive (riducono la gravità del danno); si

riportano brevemente di seguito alcune tecnologie utilizzate più frequentemente in ambito manifatturiero per aumentare il livello di sicurezza delle macchine.

- Ripari fissi e mobili, dotati di microinterruttori per il blocco della funzione all’apertura, o ripari interbloccati fino all’interruzione della funzione pericolosa;
- Pulsanti d’emergenza e funi d’emergenza;
- Pulpiti di comando particolari (ad esempio a 2 mani, a pedale, a comando mantenuto, ecc) per evitare azionamenti involontari di funzioni pericolose;
- Barriere fotoelettriche, utili per il rilevamento di operatori in avvicinamento a zone pericolose senza però ostacolarne la vista e l’accesso, riducendo il tempo necessario invece nel caso di presenza di una barriera fisica;
- Laser scanner, per il controllo della presenza di operatori in aree a rischio elevato;
- Tappeti e sbarre sensibili alla pressione, per utilizzi simili alle barriere fotoelettriche ma adatti a condizioni d’uso più gravose;

Tabella 1 – Tipologie di interblocchi (dalla norma EN ISO 14119:2013)

TIPO 1 (non codificati)	TIPO 2 (codificati)	TIPO 3 (non codificati)	TIPO 4 (codificati)
a cerniera, a camme rotanti o lineari	a linguetta, a chiave bloccata	induttivi, magnetici, capacitivi	magnete codificato, ottici, RFID
			

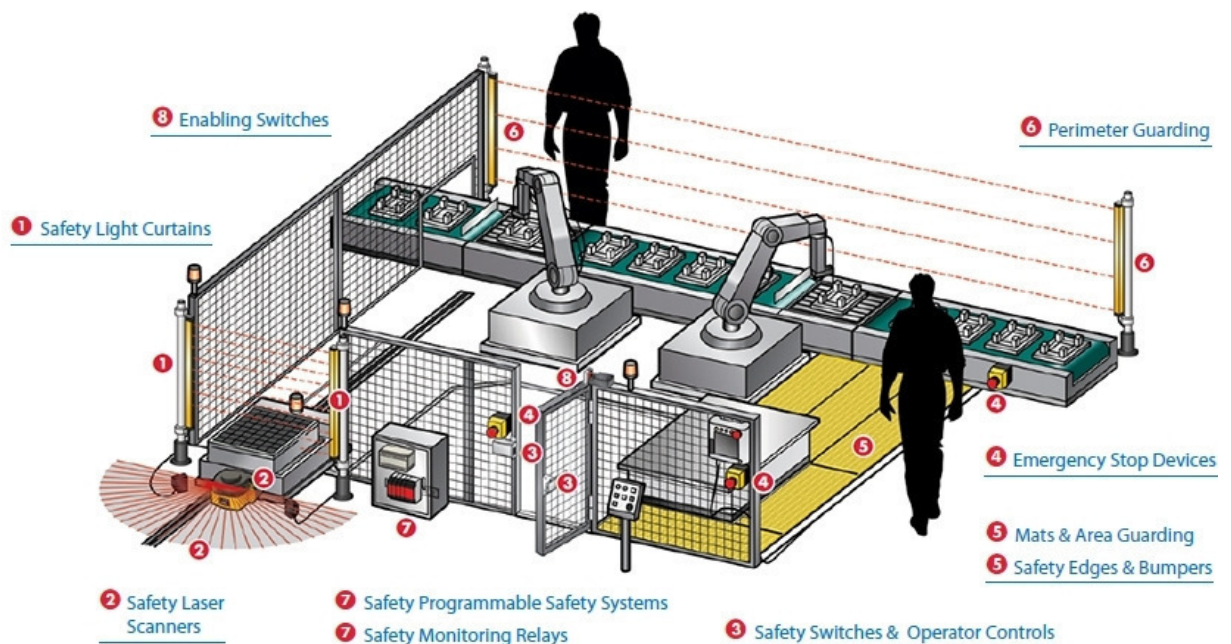


Figura 10 - Esempio tratto dal web di integrazione dei sistemi di sicurezza in una piccola isola robotizzata

Esistono 3 livelli di codifica, e per ciascuno di essi è indicato il numero massimo di variazioni possibili nella codifica: più alto è il numero, più è difficile eludere l'interblocco.

Tutti questi componenti, insieme a sensori di pressione, di livello, di portata, di contatto, di polvere, ecc., vengono collegati ad un sistema di controllo chiamato PLC che gestisce i flussi di informazioni in arrivo da ciascun componente ed esegue i programmi caricati. Esistono sul mercato sia PLC per l'automazione, che PLC di sicurezza, ed in alcuni casi addirittura PLC con modulo di sicurezza integrato. Nel capitolo relativo all'Industria 4.0 verranno presentate le nuove tecnologie per la comunicazione, il trasferimento e l'analisi dei dati.

Si rimanda all'Appendice C per il calcolo dei Performance Level e degli altri valori richiesti dalla norma.

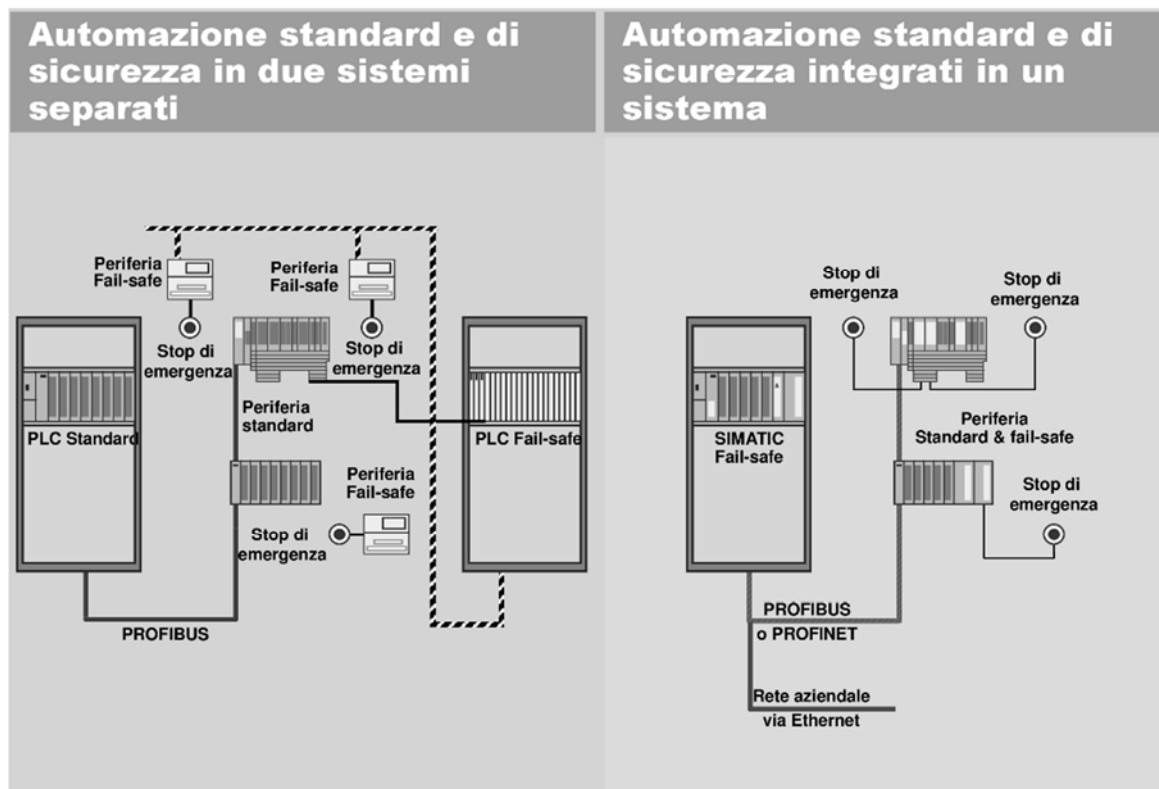


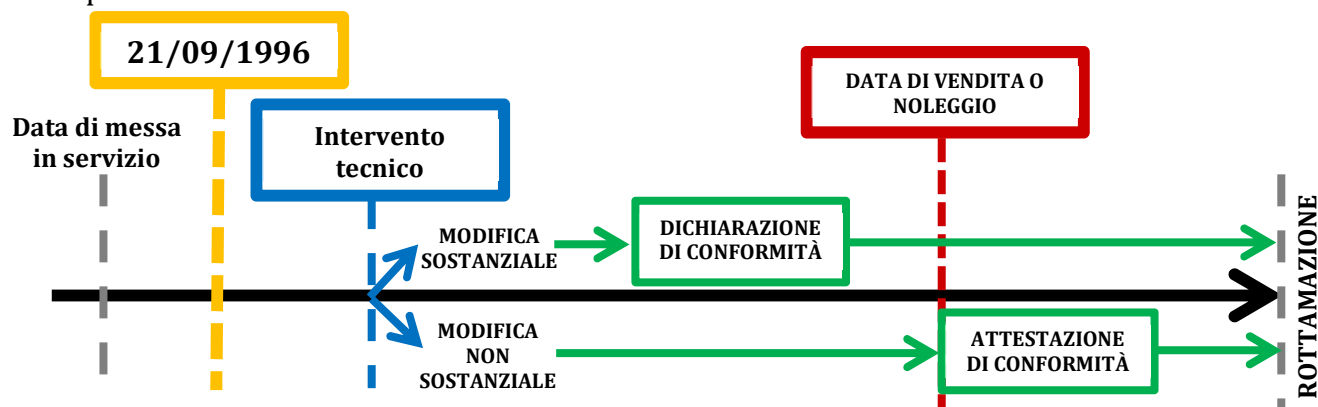
Figura 11 - Schema semplificato di come un PLC con sistema safety integrato consente una notevole diminuzione del numero di cavi e componenti installati (tratta dal sito web di Siemens Italia)

CAPITOLO 3 - Macchine nuove e macchine vecchie: differenze nei requisiti di sicurezza

Quanto esposto nel capitolo precedente costituisce la base per un progettista che si trova nella situazione di dover progettare da zero un nuovo componente o una nuova macchina. Nella realtà industriale, come già detto in precedenza, però esistevano già alcune macchine in uso da prima dell'entrata in vigore della Direttiva stessa; per queste macchine è necessario analizzare quanto richiesto dal Decreto di recepimento della Direttiva che coincide con quanto riportato nell'articolo 72 del Testo Unico 81 del 2008.

Quest'articolo indica che “nel caso di vendita, noleggio, concessione in uso, locazione finanziaria di macchine, apparecchi, utensili, ecc. non soggette a disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle Direttive comunitarie di prodotto o messe a disposizione dei lavoratori antecedentemente l'entrata in vigore delle disposizioni suddette, il soggetto “cedente” attesta sotto la propria responsabilità che le attrezzature di lavoro sono conformi ai requisiti di sicurezza stabiliti dall'Allegato V del Decreto 81/08”.

L'articolo 11 del DPR 459/1996 con cui è stata recepita la Direttiva Macchine in Italia sancisce invece che “chiunque venda, noleggi o conceda in uso o locazione finanziaria macchine o componenti di sicurezza già immessi sul mercato o già in servizio alla data di entrata in vigore del DPR 459/1996 (21 settembre 1996) deve attestare sotto la propria responsabilità che gli stessi sono conformi alla legislazione previgente il DPR 459/1996”. Quindi, nel caso in cui una macchina messa in servizio prima del 21 settembre 1996 debba essere venduta, noleggiata, affittata, od altro, ed essa non sia mai stata sottoposta a modifiche “sostanziali” tali da aver richiesto una marcatura al momento della modifica, essa deve essere accompagnata da un'attestazione di conformità alla normativa pre-esistente prodotta dall'ultimo utilizzatore della macchina prima della cessione.



In riferimento ad un’ottima pubblicazione di Federmacchine riguardante le macchine usate, è possibile suddividere quindi le macchine secondo 6 diverse categorie in base alla loro “storia”³:

	CATEGORIA					
	I	II	III	IV	V	VI
<u>Oggetto di atti di cessione?</u> <u>(sia a titolo oneroso che gratuito)</u>	SI	NO	SI	NO	SI o NO	SI o NO
<u>In funzione al momento dell’entrata</u> <u>in vigore del D.Lgs. 17/2010?</u>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<u>Marcate CE?</u> <u>(inclusa conformità “documentale”)</u>	NO	NO	NO	NO	SI	SI
<u>Hanno subito modifiche sostanziali?</u>	NO	NO	SI	SI	NO	SI

Come già detto in precedenza, una modifica si dice sostanziale se va a modificare le prestazioni o le funzioni di una macchina, introducendo nuovi potenziali pericoli prima assenti o meno importanti. Nel caso di modifica non sostanziale (per esempio, la manutenzione ordinaria od anche straordinaria in alcuni casi), oppure nel caso in cui le modifiche fossero soltanto destinate ad aumentare o ripristinare una funzione di sicurezza della macchina, non c’è alcun obbligo di eseguire nuovamente la marcatura CE di conformità (come indicato dall’art. 71 del D.Lgs. 81/08). Nell’Appendice D è riportato un breve riassunto riguardante la classificazione delle operazioni di manutenzione.

Per quanto riguarda le macchine delle Categorie V e VI, esse devono comunque mantenere le caratteristiche di sicurezza originarie e vanno sempre accompagnate dalla documentazione redatta dal costruttore; nel caso in cui fossero sottoposte a modifiche sostanziali, vanno rivisti il fascicolo tecnico ed il manuale d’uso, incorporando la nuova valutazione del rischio ed un documento che specifica ogni modifica effettuata.

Nelle Categorie I e II, la macchina non ha subito modifiche sostanziali durante la sua vita e quindi al momento dell’eventuale cessione fa testo l’Attestazione di Conformità alla normativa previgente. Se invece sono state eseguite modifiche sostanziali durante l’uso

³ In riferimento all’Articolo 71 ed all’Allegato V del D.Lgs. 81/08, ricordando che comunque la Direttiva Macchine (prima versione) è stata applicata in Italia con il DPR 459/1996 in vigore dal 21 settembre 1996.

o al momento della cessione, la macchina deve essere rimarcata CE al momento della modifica stessa, indipendentemente dal fatto che dopo possa avvenire o meno la cessione.

Ugualmente, l’obbligo di marcatura è presente anche per l’immissione nel mercato europeo di macchine di provenienza Extra-UE.

I. L’attestazione di conformità e la responsabilità dell’adeguamento

Il primo problema che si pone a chi dovesse eseguire un trasferimento (a titolo oneroso o meno) di una macchina ante-1996 e quindi non marcata CE, è la definizione della responsabilità nella produzione dell’attestazione di conformità.

Stando a quanto definito dal D.Lgs. 81/08, il venditore (noleggiatore, locatore, ecc.), all’atto della cessione di una macchina non marcata CE, deve attestare la conformità della stessa alla normativa previgente (come indicato dall’Articolo 11 del DPR 459/96), che sostanzialmente corrisponde ad attestare la conformità all’Allegato V del D.Lgs. 81/08. La responsabilità di produrre tale documentazione è in capo a chi vende/cede la macchina stessa. Se, come spesso succede, l’utilizzatore fornisce la macchina ad un rivenditore (insieme all’attestazione) il quale poi modifica in maniera sostanziale la macchina prima di rivenderla, allora l’attestazione di conformità decade ed il rivenditore ha l’obbligo di eseguire la nuova marcatura della macchina prima della sua vendita.

Più particolare è il caso in cui l’acquirente acquisti la macchina dall’utilizzatore o da un rivenditore prima di fare qualsiasi modifica, eseguita poi a proprie spese da un soggetto terzo: in questo caso, la responsabilità della nuova marcatura sarà colui che fisicamente progetterà la modifica (l’acquirente od il terzo che la modifica).

Ad ogni modo, sulla base dell’Articolo 71 del D.Lgs. 81/08, è comunque responsabilità del datore di lavoro garantire la sicurezza degli utilizzatori di una specifica attrezzatura, il quale deve garantire la conformità della stessa allo stato dell’arte per quanto riguarda la sicurezza.

L’unico caso in cui la macchina non va necessariamente accompagnata dall’attestazione di conformità, è il caso in cui la macchina venga venduta come rottame da smaltire.

Si riporta di seguito, come puro promemoria, un’indicazione delle verifiche da effettuare prima di concludere un contratto per l’acquisto di una macchina usata:

- Verificare presenza, completezza e veridicità dell’attestazione di conformità o della dichiarazione di conformità originale (se presente);
- Verificare presenza del manuale d’uso e manutenzione o comunque almeno di documentazione originale relativa alla macchina;
- Verificare assenza di modifiche non dichiarate e valutare la veridicità di quanto indicato come eventuale modifica sostanziale/non sostanziale;
- Verificare la presenza nella sede legale del venditore del fascicolo tecnico derivante dalla marcatura a seguito di un’eventuale modifica sostanziale;
- Verificare la funzionalità di tutti i componenti di sicurezza;

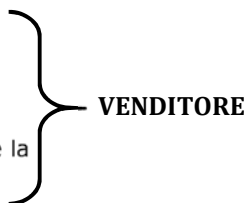
ATTESTAZIONE DI CONFORMITA'

(ai sensi dell’art. 11 co.1 del DPR 459/1996 e dell’art. 72 co.1 del D. Lgs n. 81/2008)

(denominazione della ditta)

(indirizzo)

Nella persona del Sig in qualità di..... (indicare la funzione)



DICHIARA

Sotto la propria esclusiva Responsabilità che la macchina:

.....

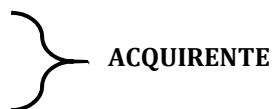
(nome, identificazione e, ove sono noti, tipo, modello, matricola, data di costruzione, breve descrizione della destinazione d'uso)

alla quale questo attestato si riferisce, è

CONFORME

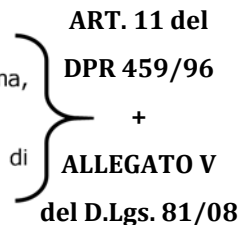
al momento della consegna alla Ditta:

.....



(nome della ditta e indirizzo di destinazione della macchina, se applicabile)

- alla legislazione italiana in materia di sicurezza, applicabile alla macchina, previgente rispetto alla data del 21 Settembre 1996;
- ai requisiti di sicurezza stabiliti dall’Allegato V del Testo Unico in materia di sicurezza, D. Lgs n.81/2008.



.....
 (data del rilascio)

.....
 (firma)

Figura 12 - Esempio di attestazione di conformità per macchine usate ante-1996 (non modificate sostanzialmente) (tratto dalla Guida Federmacchine 2011)

II. Rischi e problemi che potrebbero derivare dall'uso di macchine obsolete o fuori norma

Escludendo i rischi normalmente presenti sulla macchina dovuti alla sua normale funzionalità ed alle operazioni che svolge ordinariamente, esiste un concreto aggravio del livello di rischio nel caso in cui vengano usate macchine adeguate a normative non più in vigore insieme a macchine nuove.

L'operatore potrebbe trovarsi nella situazione di dover cambiare macchina/postazione di lavoro più volte nell'arco della giornata lavorativa, azione che ripetuta per svariati giorni può portare alla sottostima dei rischi durante l'uso di una macchina vecchia dovuta all'abitudine al sistema più sicuro delle macchine più recenti. Tali considerazioni devono essere bene analizzate nel Documento di Valutazione dei Rischi⁴ aziendale, che andrebbe provvisto di un breve paragrafo riguardante l'assuefazione al pericolo e la ripetitività delle operazioni.

Un altro aspetto da non sottovalutare è la presenza di software obsoleti coesistenti nello stesso impianto industriale con software nuovi: in tale caso, potrebbe risultare deleteria anche solo la confusione di un operatore che per errore preme un pulsante che riporta un simbolo/nomenclatura simile ad un tasto con diversa funzione in una macchina differente. Si pensi, nel caso estremo, se ciò accadesse in un impianto chimico, in cui per errore si portano a contatto due fluidi con elevata incompatibilità reciproca.

La normativa italiana, ovviamente, non può imporre agli utilizzatori uno stato dell'arte da rispettare, se non in tema di salute e sicurezza degli operatori. L'aggiornamento tecnico allo stato dell'arte rappresentato dalle macchine più innovative presenti sul mercato, andando spesso ben oltre al semplice adeguamento del livello di sicurezza, è chiamato “*revamping*” (termine che in italiano si può tradurre con “rinnovare”), le cui peculiarità verranno definite più tardi in questo capitolo.



Figura 13 - Una foto tratta dal web relativa al revamping di una linea di movimentazione di casse in legno per imballaggi (tratta dal web)

⁴ Abbreviato spesso con DVR, è il documento che risulta dall'analisi di tutti i possibili rischi derivanti dallo svolgimento delle attività lavorative in una determinata azienda. Sintetizza tutte le misure individuate per ridurre il rischio.

L'uso di una macchina obsoleta, inoltre, espone il lavoratore ad un maggiore rischio di rottura dei componenti durante l'uso, condizione che potrebbe essere più o meno grave in funzione dell'operazione svolta dalla macchina stessa (si pensi ad esempio alla rottura di un componente rotante di un tornio, rispetto alla rottura della girante di un piccolo ventilatore). Il maggiore rischio derivante dall'uso di macchine non nuove deriva quindi dalla naturale usura dei componenti (si prenda come esempio la rottura di un utensile di un trapano a colonna) e dalla probabilità che il materiale di cui ognuno di essi è costituito sia sottoposto ad un forte degrado dovuto alle condizioni di funzionamento (ad esempio, una guarnizione di una centralina oleodinamica, il cui invecchiamento potrebbe creare una perdita d'olio e conseguente perdita di pressione in un attuatore con funzioni di sicurezza). La rottura improvvisa dei componenti meccanici, elettrici ed oleodinamici di una macchina è dovuta all'usura, fenomeno spesso molto invasivo nell'ambiente industriale in cui spesso le macchine lavorano in condizioni estreme. Ad esempio, la creazione di cricche nel metallo è spesso dovuta a condizioni di funzionamento particolarmente gravose o a sforzi superiori al massimo consentito, mentre la rottura di nastri in gomma e cinghie è spesso dovuta all'invecchiamento del materiale stesso. Si possono dunque individuare 2 principali modalità di guasto di un componente: l'usura meccanica ed il degrado del materiale. Le stesse considerazioni possono essere estese ai guasti elettrici, dovuti ad esempio alla generazione di polveri conduttrici dovute all'interno di collegamenti a contatti striscianti che potrebbero generare cortocircuito tra i contatti. Anche l'esecuzione di semplici saldature, come ben noto, provoca un locale indebolimento del materiale, da cui potrebbe potenzialmente crearsi una cricca. Quindi, tutti gli interventi eseguiti su qualsiasi componente di una macchina vanno delicatamente osservati e progettati a priori.

i. Aggiornamento della valutazione dei rischi

Si desidera ricordare al lettore che la messa in funzione di un nuovo macchinario o la modifica delle modalità di svolgimento delle operazioni su una specifica apparecchiatura richiede sempre un tempestivo e completo aggiornamento del DVR aziendale, in modo da mettere al corrente tutti gli operatori che si trovano nel raggio d'azione dell'apparechiatura in esame del nuovo pericolo presente.

Molto spesso tale indicazione non viene rispettata, spesso anche con tristi esiti, in quanto si ritiene impropriamente che il DVR sia un documento statico, da aggiornare con scarsa frequenza e di poca utilità. In tale ambito, possono essere d'aiuto software specifici che aggiornano le valutazioni del rischio di ogni mansione ad ogni modifica effettuata sull'impianto produttivo.

III. Principi e tecniche attuali per il revamping

Il revamping è visto dalla normativa come una modifica sostanziale, in quanto costituisce l'aggiornamento di una macchina allo stato dell'arte attuale, mediante l'installazione di componenti non sempre di caratteristiche equivalenti a quelli preesistenti. Lo scopo principale del revamping, oltre all'ovvio aumento del livello di sicurezza, è l'aumento di efficienza del processo produttivo, ottenuta mediante miglioramento delle condizioni di lavoro, della qualità dei componenti e la riduzione degli sprechi.

Si presta particolare attenzione al fatto che non è sempre vero che il revamping comporti esso stesso implicitamente un aumento della sicurezza, in quanto invece nella maggioranza dei casi si introducono nuovi pericoli dovuti a funzioni aggiuntive della macchina aggiornata che andranno adeguatamente ridotti con gli interventi individuati dalla valutazione del rischio.

Le attuali tendenze per l'esecuzione di revamping di impianti e macchine industriali riguardano in primis l'aggiunta di nuovi dispositivi di sicurezza (oltre ai minimi già presenti) in conseguenza a *near-miss*⁵ verificatisi o a segnalazioni eseguite dagli organi di vigilanza, mentre in secundis riguardano il miglioramento ergonomico delle postazioni di lavoro e dei dispositivi di comando: l'esempio più comune è il miglioramento dell'interfaccia uomo-macchina mediante l'uso di pannelli di controllo più intuitivi, grazie alle tecnologie SCADA⁶ implementate su touch-screen con interfaccia grafica completamente personalizzabile.

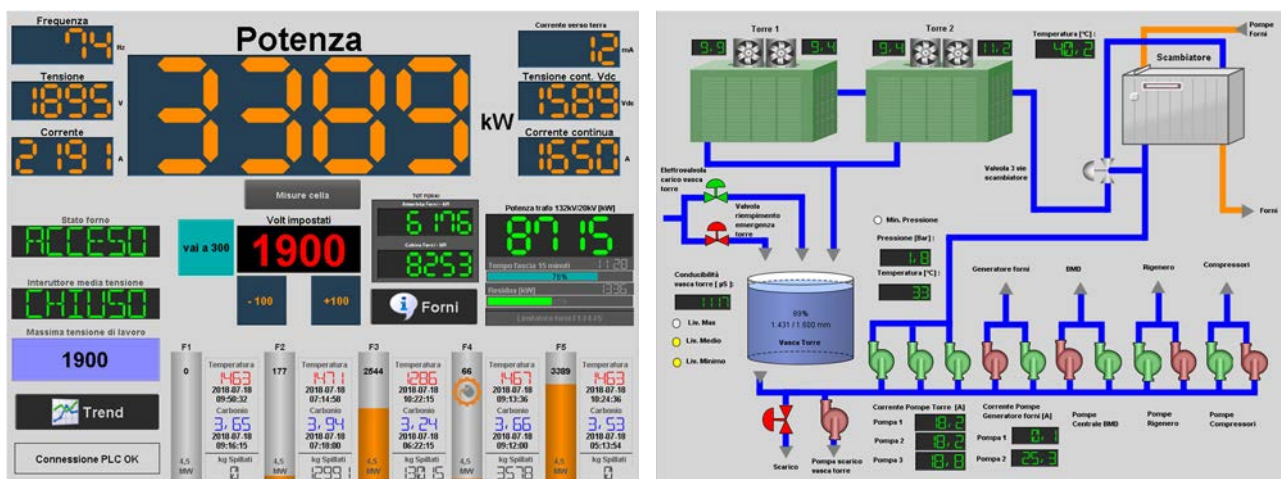


Figura 14 - Esempi di pannelli SCADA inseriti negli impianti di VDP Fonderia: a sinistra, pannello di controllo forni fusori; a destra, pannello di controllo dell'impianto di raffreddamento dei forni fusori. (© VDP Fonderia S.p.A., All Rights Reserved.)

⁵ La traduzione di "near-miss" è "mancato per poco", ed indica tutti quegli infortuni/incidenti non accaduti per pura casualità o per eliminazione anticipata del pericolo avvenuta senza volontà esplicita di intervenire sul pericolo presente.

⁶ SCADA = "Supervisory Control And Data Acquisition", cioè controllo di supervisione e acquisizione dati da processi industriali. Nella versione più moderna DCS, è possibile anche il controllo dei singoli dispositivi e parametri direttamente da remoto.

Parlando di revamping “completo” di una macchina/impianto, invece si trova invece al primo posto la sostituzione od il riammodernamento dell’intero sistema che gestisce le automazioni.

Si pensi per esempio ad una linea costituita da molti nastri trasportatori e da macchine che eseguono lavorazioni sul materiale in transito: in passato, il controllo di questi impianti avveniva tramite selezione manuale della velocità dei motori o mediante interruttori ON/OFF, senza la possibilità di regolare con precisione i parametri di processo. Grazie all’evoluzione tecnologica, da molti anni ormai è possibile demandare tale funzione ad un dispositivo assimilabile ad un computer di bordo (chiamato PLC⁷), che riceve segnali in ingresso da sensori di presenza, di pressione e quant’altro ed emette dopo le dovute elaborazioni un segnale digitale per controllare, ad esempio, la velocità di un motore. Questo ambito è definito “automazione industriale”.

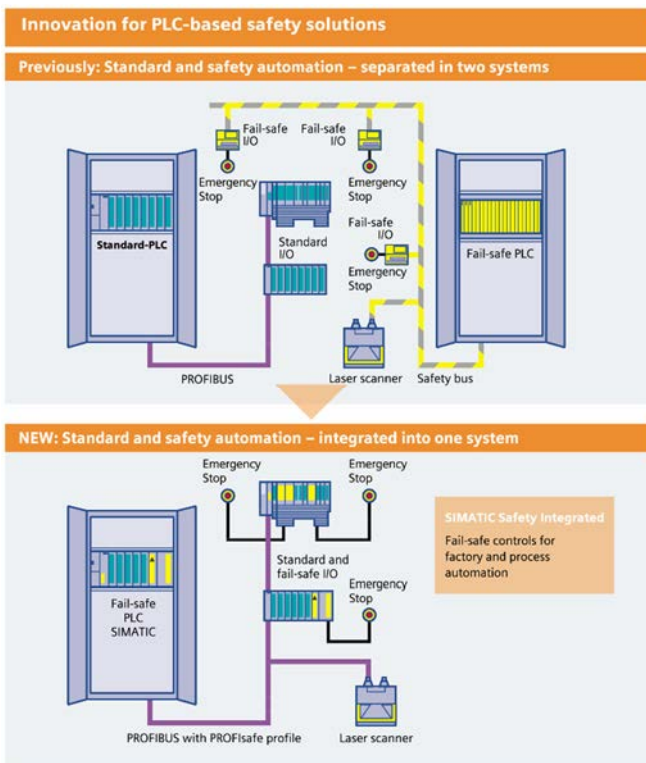


Figura 15 - Schema di collegamento con PLC di sicurezza integrato (tratta dal sito web di Siemens)

Il PLC, come già introdotto al Capitolo 1, è nato con lo scopo di automatizzare una determinata sequenza di operazioni sulla base di input sensoristici e/o meccanici (pulsanti, ecc.) ed estrapolarne una determinata sequenza in uscita sui dispositivi collegati al fine di limitare l’intervento dell’operatore a poche fasi del processo produttivo. Da pochi anni, è d’uso comune adottare un PLC con circuito di sicurezza integrato, in modo da poter fare affidamento su un’unica macchina di controllo che gestisca sia la parte Safety che la parte Automation. Nel capitolo relativo all’Industria 4.0 saranno presentate le ultime novità in ambito di controller combinati.

Chiaramente, il revamping non comporta solo vantaggi riguardanti l’incremento della produttività e delle performance, ma bensì anche miglioramenti relativi alla flessibilità della linea di produzione ed alla qualità del prodotto finito, grazie al miglior controllo sul processo, oltre ad un chiaro aumento del livello di sicurezza per il personale, unito alla riduzione dei costi di produzione.

⁷ PLC = “Programmable Logic Controller” ossia Controller a Logica Programmabile

Il revamping infatti, configurandosi nel 90% dei casi come una modifica sostanziale, comporta l'obbligo di marcatura della macchina/impianto su cui è eseguito e quindi è inevitabile la necessaria aggiunta di sistemi di sicurezza sicuramente più all'avanguardia di quelli già presenti. Va anche considerato però che lo stesso macchinario, acquistato come nuovo dal produttore, sarà già dotato dei più recenti sistemi di sicurezza: va valutata quindi la convenienza alla sostituzione integrale della macchina oppure al semplice revamping della stessa (questione presentata tra poche pagine).

Un aspetto spesso poco considerato nelle valutazioni di fattibilità di un intervento di revamping è lo *shift* delle attività di manutenzione: eseguendo una manutenzione pesante, che riguardi cioè anche la completa sostituzione di componenti o intere porzioni di impianto, si risolve parzialmente il problema dell'usura "generalizzata" che spesso comporta la necessità di molteplici piccoli interventi di manutenzione e di conseguenza tante fermate d'impianto anche molto ravvicinate nel tempo.

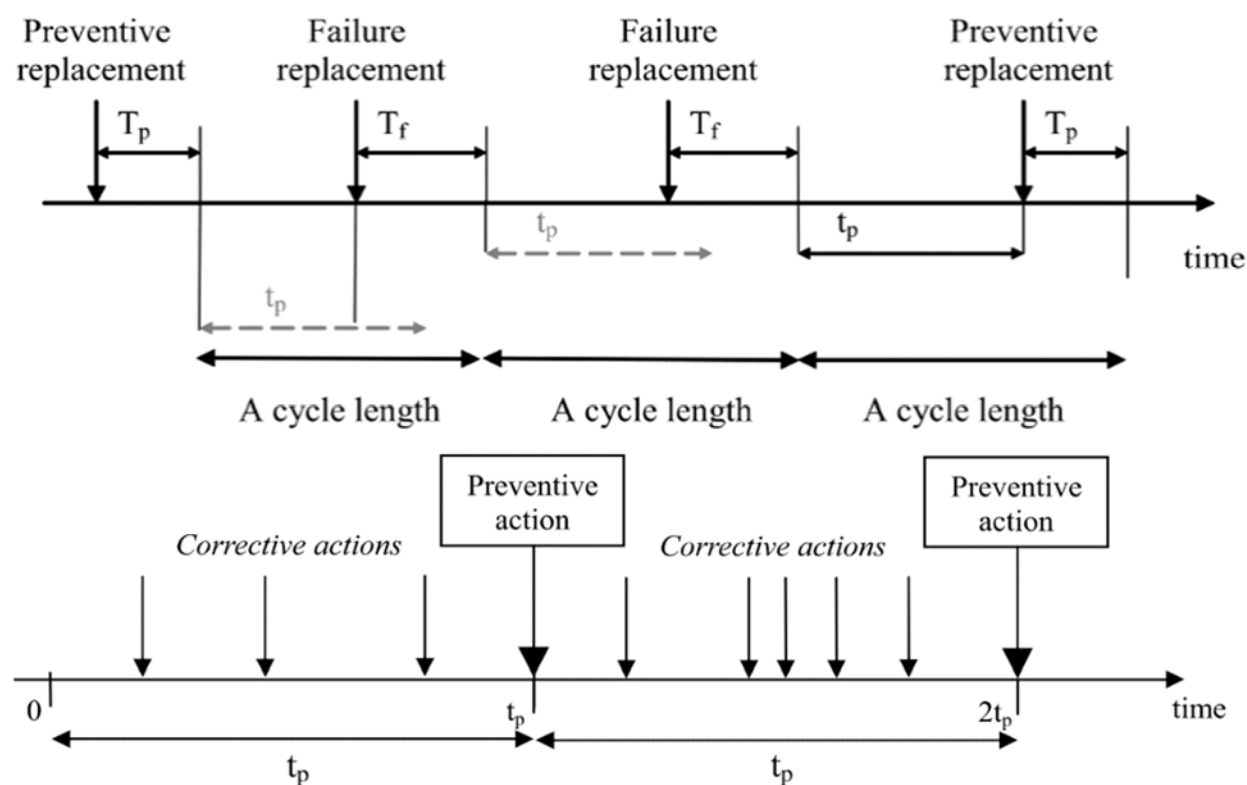


Figura 16 - In alto, tante manutenzioni frequenti per piccole rotture comportano "cicli produttivi" più brevi e meno costanti; in basso, piccole correzioni durante il funzionamento non rendono necessario lo stop, mentre si eseguono interventi preventivi programmati al fine di allungare i "cicli produttivi" e renderli quanto più costanti possibile (tratto dal testo di Manzini et al.)

Le azioni preventive, ovviamente, non possono essere applicate a tutti i componenti per motivi di convenienza economica o insostituibilità, ma anche solo applicandole su componenti deteriorabili con una certa cadenza (ad esempio cinghie, cuscinetti, alberi, ecc.) si riesce ad ottenere un'ottima prevenzione di fermi d'impianto non previsti.

Questo punto di vista relativo alla manutenzione può essere evidenziato osservando le cosiddette “bathtub curves”, cioè una serie di grafici che mostrano la variazione del numero di *failure* di un determinato componente all’avanzare della vita del componente stesso.

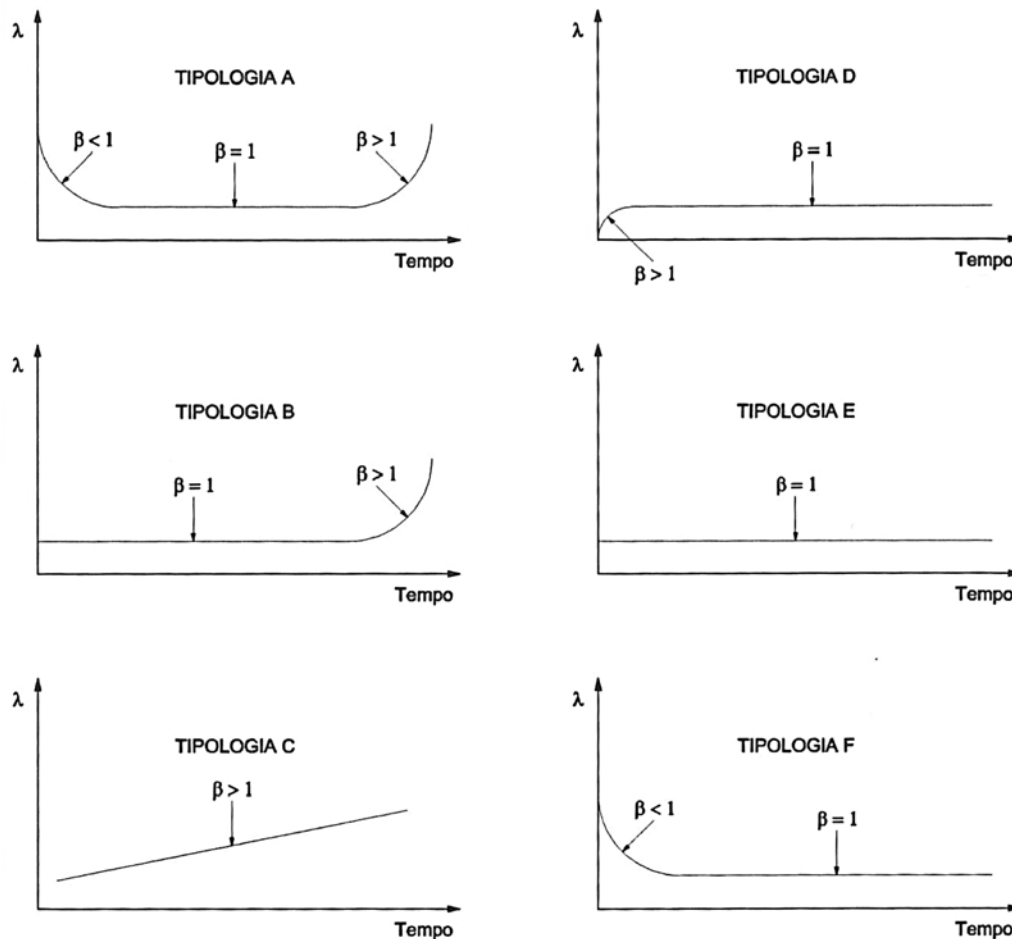


Figura 17 - Tipi di curve bathtub (tratta dal testo di Marigo M.)

Dalla figura sopra riportata si nota come esistano diversi tipi di curve, ben differenti dalla più diffusa “Tipologia A”: questa è caratterizzata da una zona iniziale con una elevata “mortalità infantile” successivamente decrescente in breve tempo (in quanto si evidenziano rapidamente difetti nei componenti nuovi ed essi vengono sostituiti rapidamente), seguita da una zona con tasso di guasto costante e con un impennamento finale dovuto all’usura. La tipologia B invece, non ha la zona iniziale di elevato *failure rate* in quanto, ad esempio, ogni componente viene testato prima dell’installazione (spesso applicabile ai motori a combustione interna). La tipologia C, a tasso costante e crescente con bassa pendenza, è classica per le turbine a vapore ed a gas in quanto si ha usura graduale e pressoché costante a causa dello scorrimento del fluido. La tipologia D ha un tasso inizialmente nullo grazie ai test eseguiti sui componenti, ma poi crescente fino ad un livello costante a causa della normale usura dovuta all’uso del componente.

Infine, la tipologia E si presenta per componenti soggetti a guasti random, mentre la tipologia F è la classica evidenziata da tutti i componenti elettronici.

La procedura di *retrofit*, simile ma non uguale al revamping, interviene prima dell'evento di rottura, estendendo la vita utile della macchina come evidenziato dalla figura sotto riportata, intervenendo sui componenti usurati ed aggiungendo nuove funzionalità:

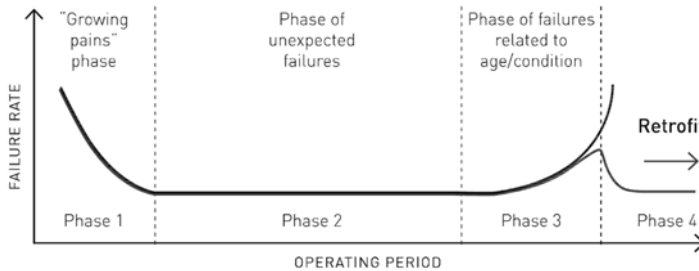
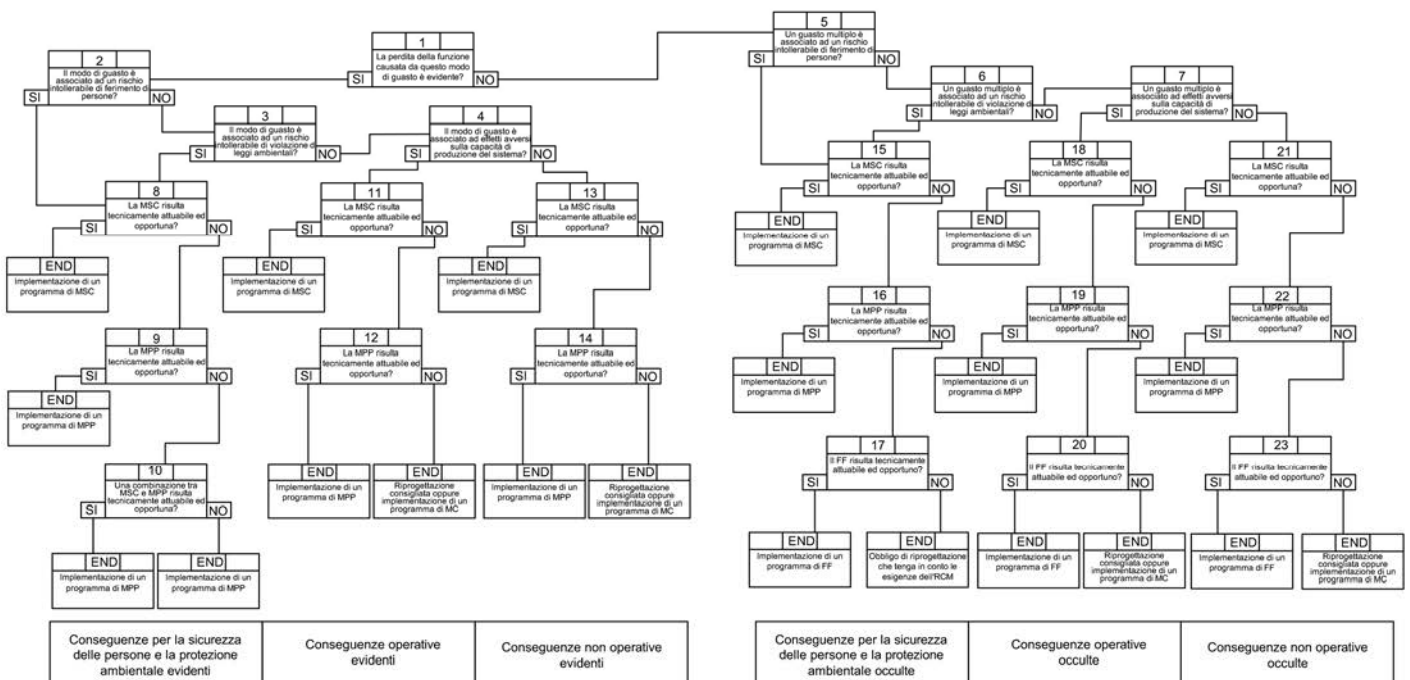


Figura 18 - Intervento di retrofit e modifica della vita della macchina

Un'ulteriore considerazione può essere fatta riguardo al revamping: esso può essere visto come una estensione della vita utile della macchina/impianto su cui viene eseguito, in quanto l'uso di componenti nuovi, mantenendo una porzione di struttura preesistente, comporta (oltre alla marcatura CE "nuova") anche una sorta di rinnovo della garanzia del produttore dei singoli componenti tale per cui (in linea teorica) non dovrebbero verificarsi guasti in tempi relativamente brevi nei componenti sostituiti.

Esistendo diverse tipologie di manutenzione, come evidenziato in precedenza, è possibile scegliere la più adatta al tipo di macchina in fase di analisi: questa scelta va eseguita in funzione delle conseguenze che un potenziale guasto potrebbe avere sull'intera macchina, come evidenziato dalla procedura riportata qui sotto ed estratta dal testo di Marzio Marigo citato nella bibliografia (la legenda delle abbreviazioni utilizzate si trova nella sezione "nomenclatura" nella parte finale di questa tesi).



Un ottimo riassunto dei pro e dei contro di ogni strategia manutentiva, sulle quali non si ritiene necessario dilungarsi ulteriormente in quanto riguardano solo marginalmente la presente tesi, è data dallo schema sotto riportato.

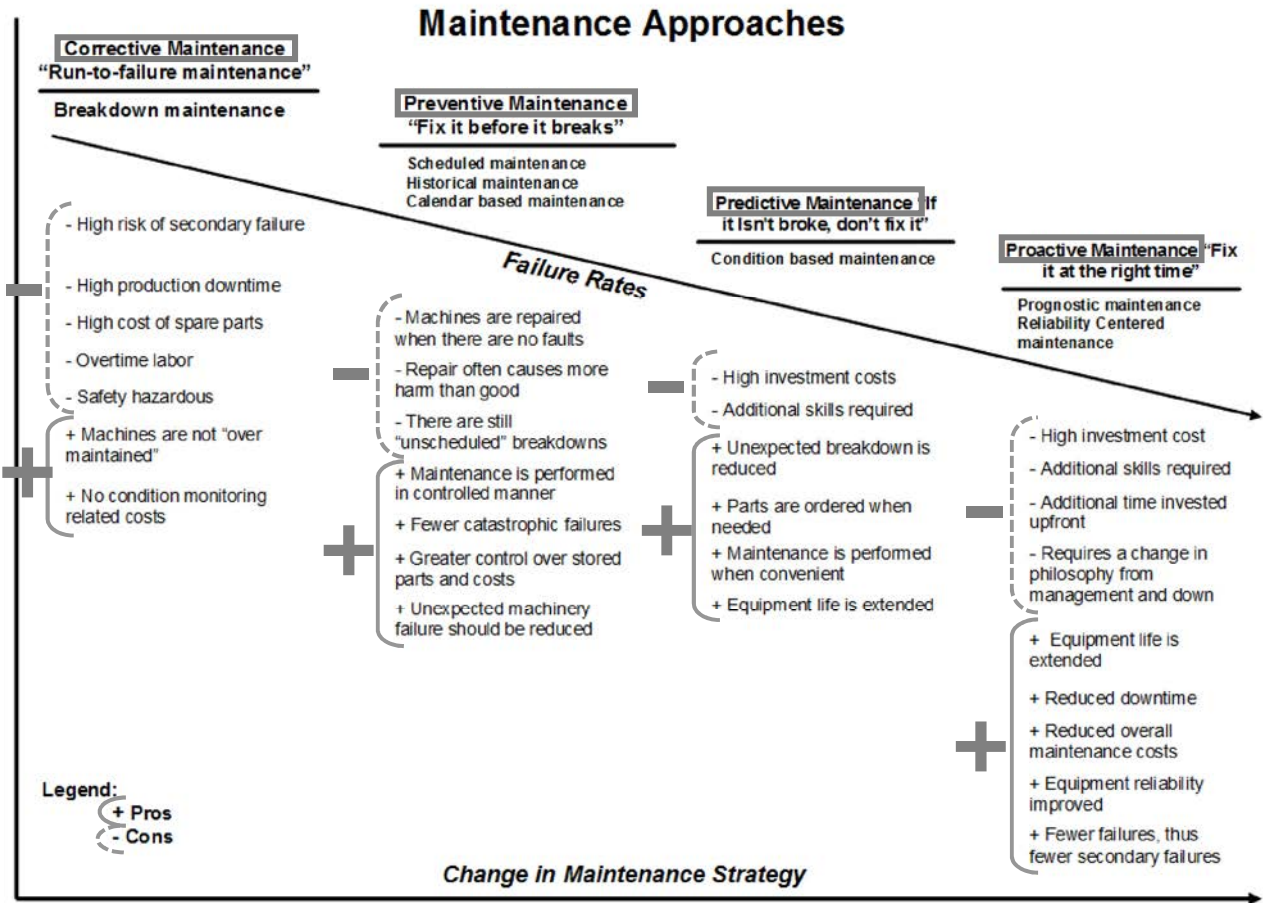


Figura 19 - Variazione del failure rate al variare della strategia manutentiva (tratto dal Condition Based Maintenance DoD Guidebook, USA, 2008)

Risulta ovviamente evidente che una strategia manutentiva di tipo proattivo è la migliore in termini di estensione di vita e di sicurezza/affidabilità, ma è la più esosa in termini d’investimento per le aziende.

i. Revamping, retrofitting e restyling

Una breve nota va fatta riguardo la differenza esistente tra questi tre vocaboli, spesso usati senza cognizione di causa in modo indistinto: il *revamping* è un processo destinato ad allungare la vita di una macchina/impianto, anche in relazione ad eventuali aggiornamenti normativi in materia di sicurezza, il *retrofitting* invece è un processo destinato sia alla sostituzione di componenti usurati e obsoleti, sia all’implementazione di nuove funzionalità e sistemi prima assenti. Infine, il *restyling* è un processo relativo principalmente all’aspetto estetico e può essere meglio interpretato come “ristrutturazione” ma senza azioni di aumento delle funzionalità.

Volendo essere precisi, si può affermare che spesso viene inteso *revamping* anche ciò che sarebbe in realtà definito *retrofitting*, in quanto non avrebbe senso nella maggioranza dei casi eseguire una pura sostituzione di componenti usurati con altri di uguali caratteristiche (pena altrimenti la necessaria previsione di un’ulteriore sostituzione in tempi relativamente brevi).



Figura 20 - Chiaro esempio di revamping: i componenti originali sono stati sostituiti con nuovi componenti con caratteristiche simili, mentre è stato sostituito completamente solo il sistema di comando (tratta dal web)



Figura 21 - Esempio di puro restyling: i componenti sono stati puliti, sostituiti o aggiustati ma non è stata aggiunta alcuna funzione (nemmeno di sicurezza) (tratta dal web)



Figura 22 - Un esempio di retrofitting: la macchina nuova non ha nulla a che vedere con l’originale in quanto quasi tutti i componenti sono stati rimossi e rimpiazzati con attrezzature con funzioni aggiuntive (tratta dal web)

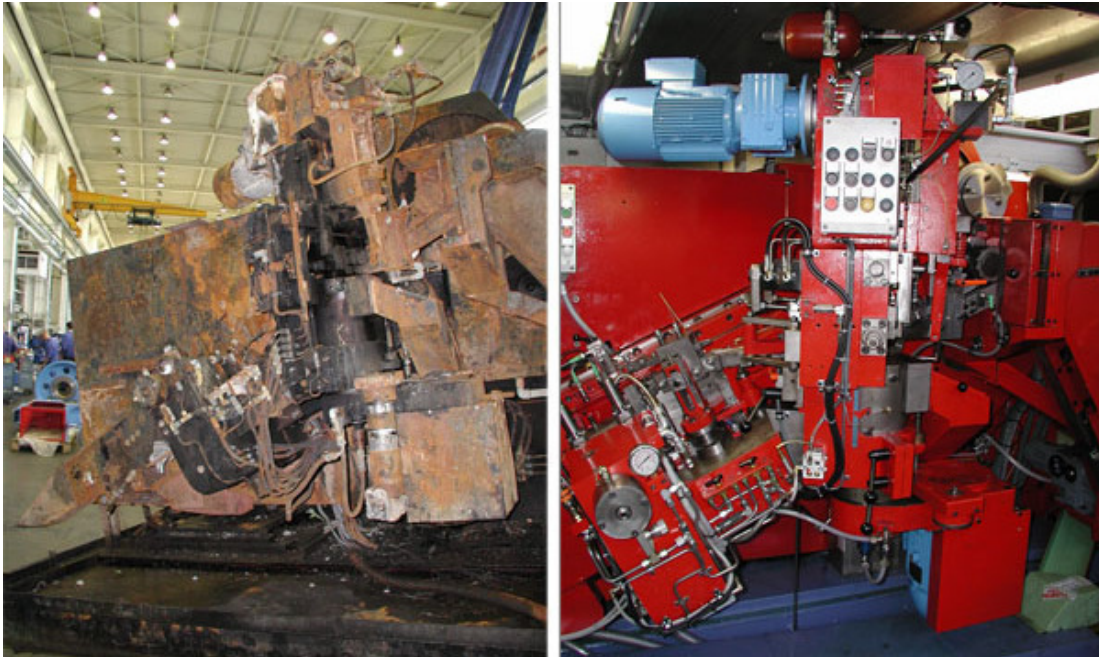


Figura 23 - Un esempio borderline: in questo caso sono stati sostituiti componenti funzionali e di sicurezza, ma sono state aggiunte anche nuove funzioni, oltre ad un'evidente ristrutturazione della struttura originale (tratta dal web)

ii. ***Ulteriori considerazioni riguardo i vantaggi del revamping***

Vi sono molte altre considerazioni da fare riguardo la convenienza di un intervento di revamping, le quali magari possono risultare secondarie a livello d'importanza rispetto alla sicurezza degli operatori, ma che dal punto di vista economico comportano ulteriori benefici.

La prima questione riguarda la connettività, in quanto l'adozione di sistemi di comando e/o controllo di recente costruzione comporta in automatico la presenza di interfacce pronte per la "rivoluzione" Industria 4.0. Con nuovi sistemi computerizzati, si diminuisce anche il tempo medio di riparazione, in quanto viene indicato direttamente dalla macchina il problema da risolvere e la procedura da seguire.

Un'ulteriore considerazione riguarda uno dei contenuti poi trattati nel Capitolo 5, cioè la maggior garanzia di compatibilità: sostituendo in toto od in parte i componenti originali con parti nuove, è garantita la disponibilità di ricambi per un tempo pressoché illimitato. Può accadere spesso che, in caso di rottura di un componente speciale di una macchina datata, il proprietario si trovi davanti al problema di trovare un ricambio se non originale almeno compatibile: in tal caso, le alternative sono la fabbricazione su misura o l'adozione di tecnologie di *additive manufacturing*, soluzioni entrambe applicabili a patto di avere il disegno originale o perlomeno la possibilità di poterlo produrre con tecnologie a costo contenuto (escludendo quindi tomografia 3D, laser scanning, ecc.).

IV. Processo decisionale per la fattibilità di un revamping

Vi sono molteplici situazioni in cui un'azienda si può trovare per arrivare a valutare un revamping, a partire da una semplice azione programmata nel budget per l'anno successivo dettata da considerazioni di tipo analitico-produttive, per arrivare fino all'infausta situazione conseguente ad un infortunio sul luogo di lavoro. Un caso intermedio, può essere la conseguenza di una segnalazione, effettuata da un lavoratore all'RLS o da un organo di vigilanza durante una visita ispettiva, relativa alla scarsa condizione di sicurezza esistente sulla macchina in analisi. In tutti i casi sopra presentati, è prevalentemente il Responsabile del Servizio di Protezione e Prevenzione a raccogliere la necessità di intervento ed a portarla agli occhi del Datore di Lavoro; quest'ultimo, a seconda della "dimensione" e della complessità del progetto, chiederà ad un dirigente di creare un team, composto da RSPP, progettisti, elettricisti, manutentori e responsabili degli acquisti, che dovrà occuparsi di valutare l'investimento sia dal punto di vista economico che dal punto di vista tecnico. È infatti proprio questo il punto chiave di questa tipologia di intervento: il delicato equilibrio tra convenienza tecnica, convenienza economica e richieste normative. Se tale bilancia pendesse verso una delle situazioni più che dalle altre, si rischierebbe di avere un progetto ottimo dal punto di vista produttivo e di sicurezza, ma disastroso per il bilancio aziendale (o viceversa). Chiaramente, finora ci si è riferiti al caso in cui un intervento di questo tipo venga effettuato mediante risorse interne, sia di progettazione che di intervento; nel caso in cui l'azienda non disponesse di risorse o competenze tali da poter affrontare un percorso di questo tipo, esistono molte aziende specializzate o studi di consulenza appositamente preparati per questi tipi di intervento. In questo caso però, è necessario considerare sicuramente il costo più alto per la fase progettuale, anche semplicemente per istruire i nuovi progettisti sulla realtà aziendale su cui si affacceranno.

Il primo step che il team di valutazione dovrà affrontare è la definizione dei limiti fisici, temporali ed economici dell'intervento: infatti, se l'intervento prevede l'aggiunta di nuove funzionalità alla macchina, vanno definiti come nel momento in cui si progetta una nuova macchina i limiti d'uso della stessa, i quali poi definiranno la maggior parte delle scelte progettuali eseguite. I limiti di budget e di tempo, invece sono utili per inquadrare correttamente l'investimento nella realtà operativa aziendale, per evitare di avere prolungamento eccessivo delle tempistiche o spese impreviste durante la realizzazione degli interventi.

Il secondo step, in realtà, è prettamente valutativo e consiste infatti in una valutazione sulla strategicità della macchina/impianto sulla base delle sue peculiarità costruttive

e produttive (ad esempio, macchine costruite su misura, oppure progettate in modo da garantire un certo standard ora non più disponibile, ecc.), la quale si concluderà definendo se risulta idealmente più conveniente l'alienazione dell'impianto vecchio a favore di un impianto nuovo, oppure l'esecuzione dell'intervento stesso.

Tali considerazioni, unitamente alla valutazione dei costi di tutti gli eventuali interventi futuri imprevedibili (dovuti a rotture di componenti difficilmente riparabili o addirittura irreparabili), alla valutazione dei costi dovuti al fermo impianto ed alla realizzazione dell'intervento, trovano spiegazione della parte finale del presente capitolo.

Nel caso in cui fosse possibile misurare fisicamente lo stato di salute di tutti i componenti (escludendo chiaramente le rotture dovute ad eventi imprevedibili), e la macchina/impianto risultasse di costruzione complicata e molto particolare, oppure nel caso in cui la stessa sia di importanza fondamentale per il proseguimento della produzione, allora è si può proseguire la valutazione con l'analisi degli interventi.

In questa fase, i progettisti meccanici, unitamente ai progettisti elettrici, agli esperti di sicurezza delle macchine ed al RSPP, analizzano la normativa ed eseguono la valutazione dei rischi, i cui risultati saranno il punto di partenza per la progettazione degli interventi da eseguire nel caso in cui il revamping risultasse conveniente. Una volta individuate le misure preventive/protettive da mettere in atto per alzare il livello di sicurezza, allora è necessario passare alla parte progettuale pura, in cui si individuano i componenti di sicurezza pezzo per pezzo e si eseguono i calcoli per la definizione dei parametri richiesti dalla normativa. Conclusa la valutazione tecnica vera e propria, è necessario passare alla valutazione economica, ambito di riferimento dei responsabili degli acquisti che detengono "gelosamente" i prezziari e gli sconti richiedibili a ciascun fornitore. È necessario richiedere invece dei preventivi per tutti i componenti non disponibili direttamente sul mercato, oltre che per avere un costo di riferimento per una macchina di simili prestazioni ma di nuova generazione.

Tali informazioni sono fondamentali per procedere al confronto degli investimenti vero e proprio, necessariamente eseguito su due piani contemporaneamente: il primo piano riguarda i costi da sostenere, mentre il secondo riguarda i benefici ottenibili con le due soluzioni.

I costi da considerare, nel caso di sostituzione completa della macchina/impianto sono riassumibili con la formula:

*COSTO*_{SOSTITUZIONE}

$$= C_{PROGETTAZIONE} + C_{SMONTAGGIO} + C_{SMALTIMENTO} + C_{NUOVO IMPIANTO} + C_{INSTALLAZIONE} + C_{AVVIO IMPIANTO} + C_{TARATURE/REGOLAZIONI} + C_{FERMO IMPIANTO} + (C_{NUOVA FORMAZIONE} + C_{INTERVENTI COLLEGATI})$$

I costi inseriti tra parentesi sono costi non necessariamente presenti, ma che spesso possono risultare particolarmente elevati nel caso in cui la nuova macchina/impianto sia tecnicamente molto differente da quella sostituita (ad esempio, layout diverso, collegamenti di impianti ausiliari con caratteristiche richieste diverse, ecc.).

Nel caso in cui, invece, si opti per l'intervento di revamping andranno considerati:

*COSTO*_{INTERVENTO}

$$= C_{PROGETTAZIONE} + C_{MATERIALE} + C_{MANODOPERA} + C_{FERMO IMPIANTO} + C_{RIAVVIO IMPIANTO} + C_{SMALTIMENTO COMPONENTI} + C_{NUOVA FORMAZIONE} + C_{RIMARCATURA} + (C_{INTERVENTI COLLEGATI})$$

Come analizzato nel paragrafo seguente, la difficoltà di stima risiede nel calcolo del costo della manutenzione a lungo termine, in quanto è facilmente intuibile che è più probabile una rottura imprevista in un impianto da poco riammodernato, rispetto ad una macchina nuova (ammesso che la stessa sia ben testata). Per lo stesso motivo, è difficile anche stimare la difficoltà di reperimento di componenti di ricambio per le rotture future: per questo, è consigliabile seguire la strada di “sostituire tutto ciò che si può rompere”. In tal senso, esistono alcuni componenti però che nel caso di rottura risultano insostituibili o sostituibili con un costo esorbitante, tanto da far propendere verso la dismissione: tali componenti (ad esempio, basamenti delle macchine, fondazioni, componenti costruiti su misura, ecc.) devono per quanto possibile essere analizzati molto approfonditamente per valutarne lo stato di salute, ancor prima di poter passare allo step successivo della valutazione.

Sul piano dei benefici, purtroppo, la stima risulta ancor più complicata data la “non-tangibilità” del flusso di denaro: infatti, i benefici derivanti dalla sostituzione della macchina o dall'esecuzione dell'intervento, sono principalmente dovuti all'aumento delle condizioni di sicurezza per gli operatori che si interfacciano con la macchina stessa e la conseguente riduzione dei costi da sostenere per la risoluzione di eventi incidentali (costi diretti, come l'aumento del premio INAIL, le sanzioni da pagare in caso di rilevazione di non conformità da parte dell'autorità, ecc., oltre ai costi indiretti, tra i quali si trovano il peggioramento dell'immagine aziendale, la compensazione da eseguire in termini di nuove assunzioni/turni per sopperire all'assenza dell'infortunato, ecc.). Se si considerassero però solo questi benefici (visti come

mancati costi), la valutazione sarebbe decisamente sottostimata: infatti è necessario considerare che la nuova macchina o la macchina riammodernata comportano, oltre all'aumento del livello di sicurezza, anche un indubbio aumento di produttività, "beneficio" che effettivamente concretizza un flusso di denaro tale da rendere accettabile la scelta di investimento (in qualsiasi delle due direzioni).

Una delle evidenze che emerge dall'analisi della fattibilità dell'investimento, consiste nell'evidente differenza che permane tra i livelli tecnologici e di sicurezza tra la macchina nuova e la macchina ammodernata: tale *gap*, va stimato confrontando la produttività ottenibile da entrambe gli investimenti per quanto riguarda il livello tecnologico, mentre nell'ambito della sicurezza il confronto non è sempre immediato.

Come sarà analizzato meglio nel paragrafo e nel capitolo seguente, infatti, esistono svariati "livelli" di approfondimento per intervenire in una macchina/impianto, ciascuno dei quali comporta costi sempre maggiori, ma benefici sempre migliori sia in termini di produttività che di sicurezza. Il cavillo della questione, dopo tutte queste considerazioni, consiste proprio nel trovare il punto esatto di equilibrio tra benefici e costi in entrambe i casi di intervento, come se ci si trovasse davanti ad una bilancia a 4 braccia.



Il confronto, come già precedentemente introdotto, va eseguito sul piano benefici e sul piano costi contemporaneamente. Si precisa nuovamente come risulti fondamentale la considerazione prima di tutto dei benefici in termini di sicurezza, passando poi ai benefici in termini di produttività, in quanto la motivazione principale che spinge un'azienda ad affrontare un investimento di qualsiasi genere è nella maggioranza dei casi proprio una soluzione ad una questione di scarsa sicurezza.

Per concludere il processo, una volta valutata la convenienza tecnica ed economica dell'investimento (in qualsiasi delle due alternative) si procede verso la realizzazione dell'intervento vero e proprio, al termine del quale (nel caso di esecuzione del

revamping) sarà necessaria una fase revisoria in cui il team precedentemente incaricato dell’esecuzione del progetto analizza tutte le azioni intraprese ed esegue la nuova valutazione del rischio, individuando eventuali ulteriori rischi da ridurre o misure da adottare. Una volta redatto un report dell’intervento e creato il nuovo “fascicolo tecnico”, si può procedere alla nuova marcatura della macchina/impianto, se le modifiche eseguite hanno intaccato l’originale conformità apposta dal produttore.

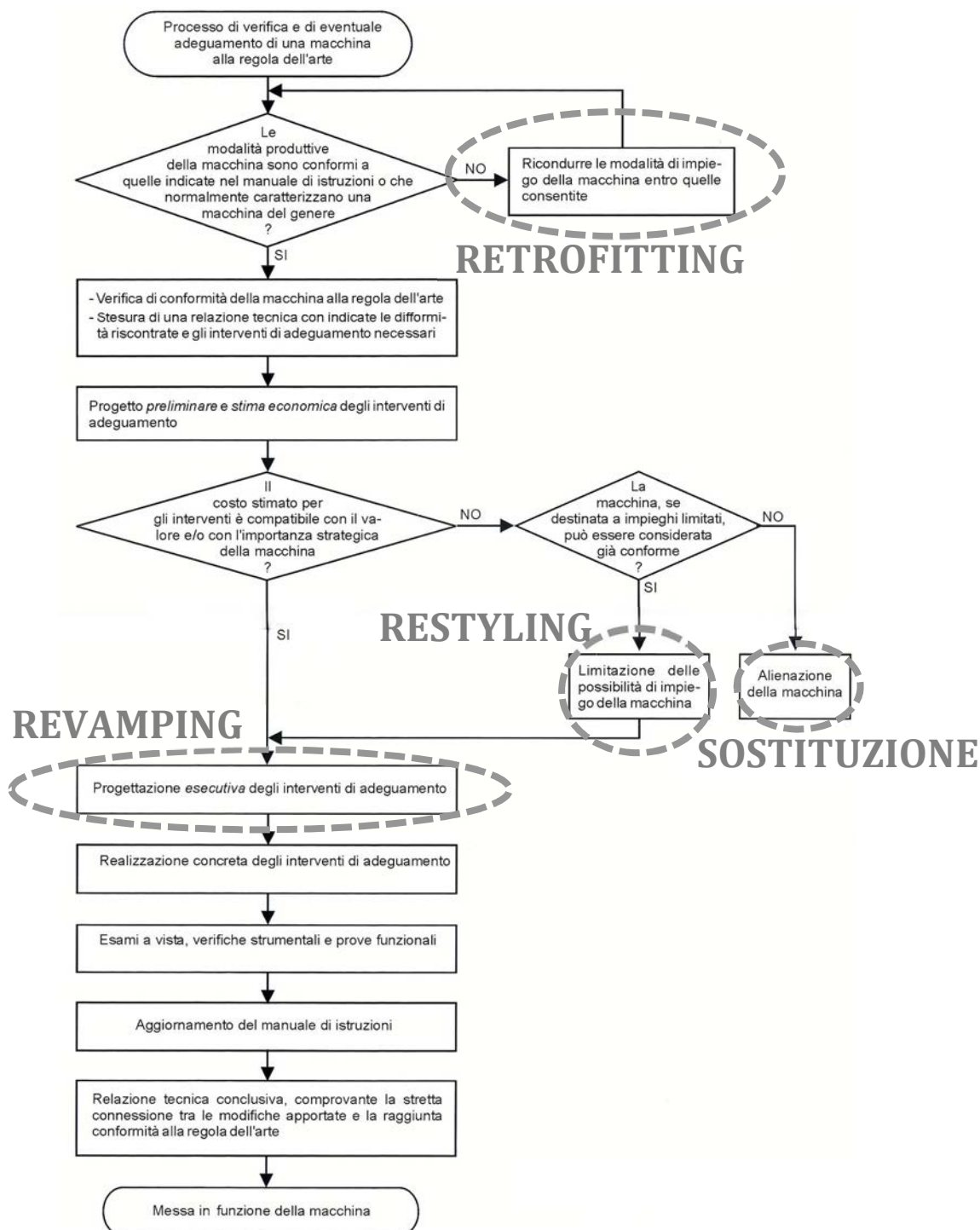
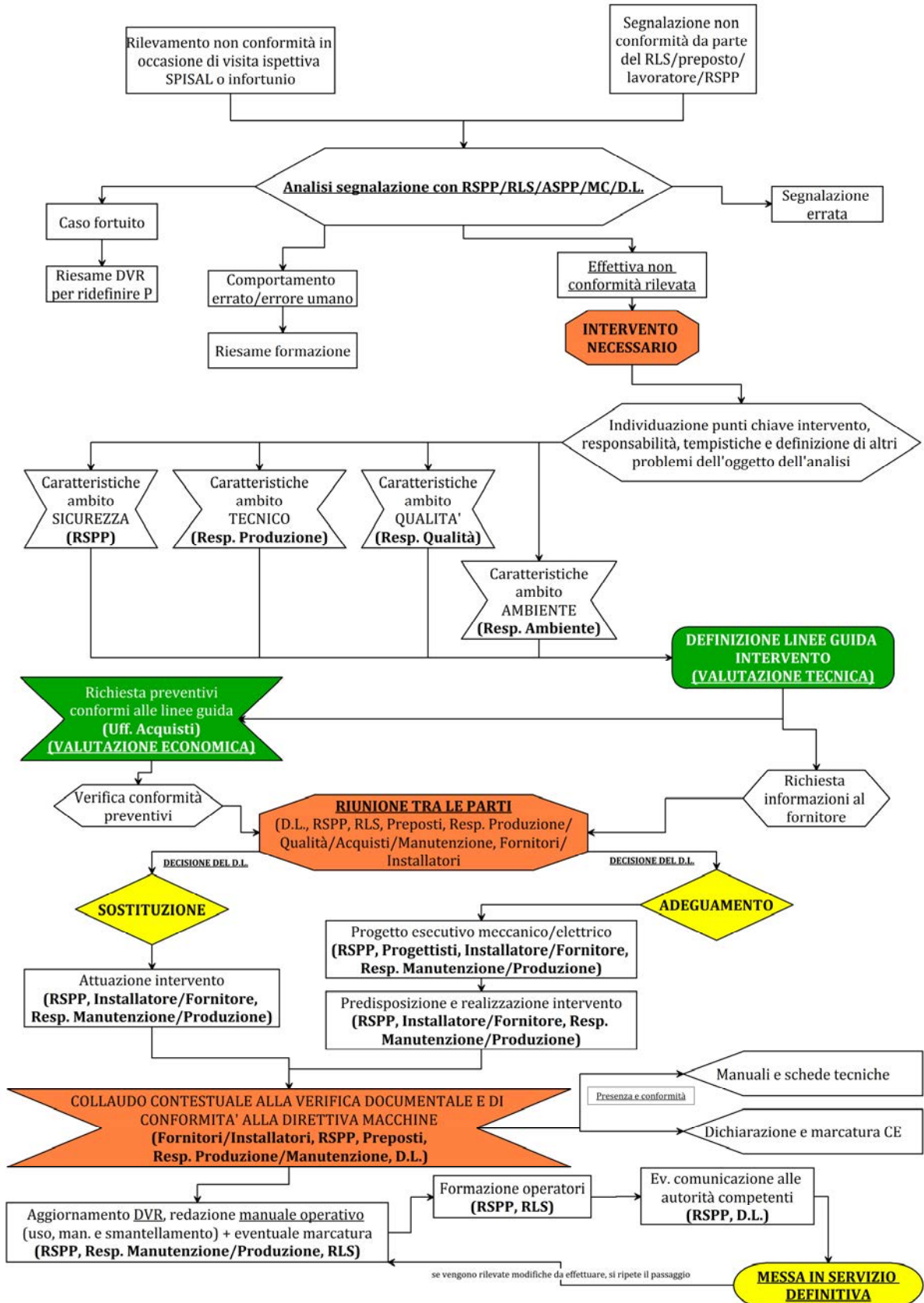


Figura 24 - Processo decisionale per la valutazione tecnico/economica dell’investimento (tratto dal testo di Enrico Grassani “Manutenzione e sicurezza delle macchine”, edito da Ed. Delfino nel 2011)

Volendo schematizzare ulteriormente il processo di valutazione dell'intervento, è possibile individuare con il seguente schema la singola responsabilità per ogni fase del processo decisionale:



V. Difficoltà nella valutazione tecnico-economica

Finora sono stati individuati principalmente vantaggi nell'applicazione di processi di *revamping/retrofitting*, ma come per ogni caso reale vi sono anche alcuni svantaggi non trascurabili: il primo tra tutti è la necessità di bloccare temporaneamente il funzionamento della macchina/impianto da ammodernare per il tempo necessario allo svolgimento degli interventi manutentivi. Tale blocco, eseguito soprattutto nei casi in cui è necessario un completo smontaggio, invio del materiale a ditte esterne e rimontaggio successivo, può risultare particolarmente lungo (in alcuni casi emersi dalla letteratura disponibile, esso può estendersi anche a più di 6-8 mesi). È inoltre particolarmente evidente che il problema si presenta maggiormente in alcune specifiche tipologie d'industria. Per fare un esempio, si pensi a dover aggiornare o modificare la linea di adduzione di un prodotto chimico all'interno di un'azienda che usa lo stesso, in diverse quantità, per creare tutti i propri prodotti. Pur predisponendo in anticipo tutte le nuove strutture, è comunque necessario interrompere la produzione per tutto il tempo richiesto dallo smontaggio, la modifica ed il rimontaggio dei componenti, tanto maggiore quanto più pericoloso è il prodotto chimico trattato (operazioni di inertizzazione, pulizia, e così via). All'estremo opposto, si può presentare il caso ad esempio di un tornio a servizio di una falegnameria che ne possiede altri 2 perfettamente funzionanti: in questo caso, la fermata della macchina può rallentare la produzione ma sicuramente non la fermerà completamente.

Altre problematiche che si possono presentare, poi discusse anch'esse nel Capitolo 5, riguardano la scarsità o l'incompletezza dei documenti disponibili, i quali devono essere certamente presenti per non incorrere in pesanti sanzioni (modifica di macchine senza successiva marcatura, sanzione amministrativa da 4.000 € a 24.000 €)⁸.

Va purtroppo considerata, come già evidenziato, anche la questione riguardante i componenti non sostituibili: ad esempio, si prenda in considerazione il *revamping* di un magazzino automatico in cui, al termine dei lavori di adattamento e rinnovo dei componenti meccanici, si verifica un cedimento delle fondazioni che lo rende inutilizzabile. Il tal caso è evidente come la mancata verifica di tutti i componenti, inclusi quelli più essenziali che spesso non fanno nemmeno parte della macchina stessa, abbia comportato una perdita economica immane senza alcun risultato utile.

Si può indicativamente stimare, per macchine industriali di tipo ordinario e non speciale, che con un *revamping* progettato e realizzato correttamente è possibile risparmiare da

⁸ In riferimento all'Articolo 15 del D.Lgs. 27 gennaio 2010, n. 17 (decreto di attuazione Direttiva Macchine).

1/3 a 2/3 del costo di una nuova macchina sostitutiva di uguali caratteristiche ma più recente.

I fattori positivi da tenere in considerazione sono quindi:

- Il maggior ricavo per l'aumento della produttività;
- Il mancato costo degli infortuni evitati;
- Il maggior ricavo derivato dal miglioramento dell'immagine pubblica dell'azienda;
- Il risparmio su eventuali DPI non più necessari a seguito dell'intervento (ad esempio, se si interviene su un trapano a colonna installandovi un riparo, non sono più necessari gli occhiali protettivi se questo riparo protegge bene l'operatore dai trucioli che si creano);
- Il risparmio sulla manutenzione frequente dovuta a rotture improvvise e dei conseguenti brevi ma frequenti fermi d'impianto;
- Il risparmio sull'uso di componenti facilmente reperibili per le manutenzioni future e su eventuali riparazioni in garanzia;
- Il risparmio sull'acquisto di una nuova macchina e sullo smaltimento della vecchia;

I fattori negativi da analizzare, invece sono:

- La perdita di denaro dovuta al fermo impianto per l'esecuzione dei lavori;
- Il costo delle riparazioni, del materiale e della manodopera impiegata (anche se interna);
- Gli eventuali costi dovuti alla ripartenza della macchina/impianto;
- L'eventuale perdita dovuta all'interferenza del lavoro con altre zone di produzione rimaste attive (rallentamenti);
- I costi dovuti alla rimarcatura a fine lavori ed all'aggiornamento del DVR;
- I costi dovuti ad eventuali aggiunte negli apprestamenti di sicurezza già presenti ed all'aggiornamento della formazione del personale;
- Il mancato ricavo derivante da un'eventuale vendita della macchina vecchia (come funzionante o come rottame);
- Il costo di eventuali aggiornamenti software o hardware anche di altre attrezzature dell'azienda e/o adeguamenti degli impianti presenti;

Va da sé che l'individuazione di eventuali *bottleneck*⁹ è fondamentale fin dalla fase della progettazione dell'intervento stesso, in quanto un singolo errore di progettazione in un componente costruito su misura può anche raddoppiare i tempi di completamento dell'intervento. Si può notare dalla figura riportata tra poche righe, come il tempo totale di fermo di una macchina o di un impianto sia costituito infatti da tante piccole successioni di slot temporali in cui è eseguita una ben precisa azione: tra queste, si trova

⁹ "Bottleneck" = "Collo di bottiglia", cioè un punto del progetto in cui potrebbero presentarsi problemi improvvisi che rallentano l'esecuzione dello stesso e sottraggono molte risorse per la loro soluzione.

anche appunto il tempo impiegato per la fornitura dei nuovi componenti. Se questa azione è fatta come nella maggior parte dei casi in modo "anticipato", si riesce ad annullare questo slot temporale, in quanto il fermo impianto viene fatto solo quando ogni componente necessario è già a magazzino; il problema si presenta se, durante il montaggio, questi risultassero errati a causa di un errore progettuale.

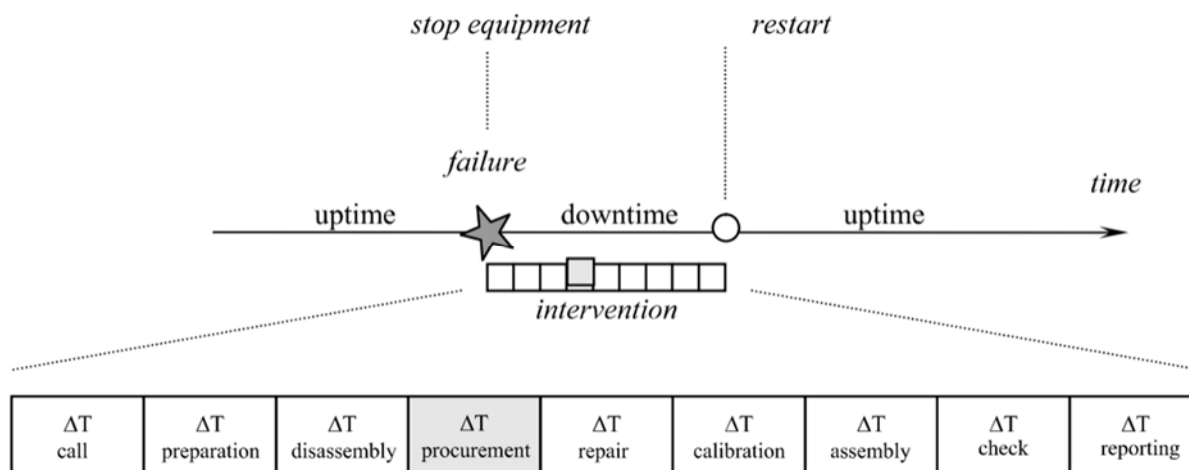
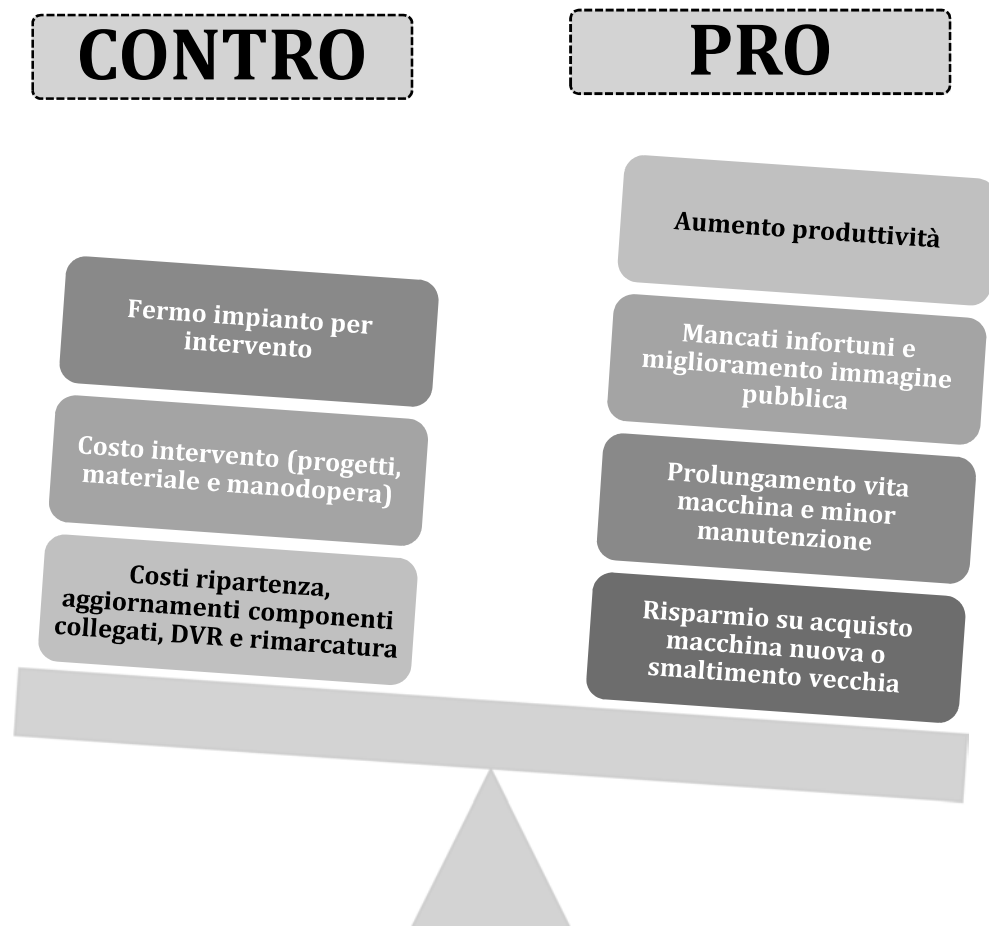


Figura 25 - Composizione del tempo di downtime di un impianto/macchina per un intervento manutentivo (tratto dal testo di Manzini et al.)

Oltre agli errori prettamente tecnici più comuni, è opportuno evidenziare che esistono anche innumerevoli errori dal punto di vista economico in cui è possibile incappare durante la valutazione di un intervento di questo genere: uno dei più comuni risulta la considerazione che un intervento sia conveniente semplicemente se il costo del revamping è inferiore all'acquisto di una nuova macchina. Purtroppo non c'è nulla di più sbagliato che limitarsi a tale considerazione, in ragione del fatto che è preferibile un revamping non fatto rispetto ad uno fatto nel modo sbagliato. Spiegando meglio questo concetto, si può affermare che un intervento conveniente dal punto di vista economico, può risultare tecnicamente inutile se questo non comporta un reale vantaggio in termini di sicurezza, produttività o miglioramento del processo intero di produzione.

Portando un esempio qualsiasi, si pensi ad un tornio di vecchia concezione, senza controllo numerico e senza alcun apprestamento di sicurezza: l'installazione di ripari mobili, pulsanti d'emergenza ed eventuali carterizzazioni per organi in movimento risulta obbligatoria per legge, oltre ad essere eticamente corretta da parte del datore di lavoro nei confronti dei lavoratori, mentre l'installazione anche di un sistema a controllo numerico non è un requisito di legge. Il datore di lavoro potrebbe essere spinto a scegliere a questo punto i componenti più economici, non considerando magari la scarsa utilità degli stessi nei confronti del processo produttivo, a fronte però di spese da sostenere in ogni caso per quanto riguarda la marcatura e quant'altro. In questo caso, se il datore avesse limitato l'intervento all'aggiunta di presidi di sicurezza, non sarebbe

stata necessaria alcuna ri-marcatura. Volendo invece ottenere un miglioramento nelle lavorazioni o nel processo produttivo, il datore di lavoro potrebbe aver valutato la convenienza di effettuare un vero e proprio miglioramento funzionale o, al contrario, una completa sostituzione del macchinario.



A questo punto, è possibile definire una serie di step per individuare il corretto livello di complessità dell'intervento da mettere in atto; tali considerazioni sono così riassumibili:

- **STEP 1 – Gestione della sicurezza**
 - Installazione ove richiesto di ripari, ripari interbloccati, barriere fotoelettriche, pulsanti d'emergenza, laser scanner, pedane e/o bordi sensibili
 - Aggiornamento circuiti di comando da manuali a controllo elettronico
- **STEP 2 – Sostituzione componenti obsoleti con modelli uguali ma aggiornati**
 - Sostituzione dispositivi elettrici ed elettronici (schede, motori, luci, ecc.)
 - Sostituzione PLC e SCADA obsoleti senza apportare nuove funzioni
- **STEP 3 – Integrazione di nuovi componenti elettronici**
 - Aggiunta di funzionalità nella componentistica elettrica, incluse supervisione e diagnostica

- Modifiche al software ed all'impianto elettrico
- **STEP 4 - Integrazioni aggiuntive**
 - Integrazione di nuove macchine, componenti o periferiche
 - Aggiornamento connettività e controllo remoto delle macchine

Come già evidenziato, dallo STEP 3 in poi, è necessario ri-marcare la macchina o l'impianto, mentre fin dal primo STEP è consigliato vivamente un aggiornamento della valutazione dei rischi ed una pianificazione delle sostituzioni e delle manutenzioni programmate. Dal primo passo al quarto è inevitabile un aumento dei costi dell'intervento, compensato però dai miglioramenti portati al processo produttivo stesso.

Esistono altre considerazioni da fare, prima di propendere senza dubbi verso un intervento di revamping: le prime due riguardano la fase vera e propria di realizzazione dell'intervento, mentre ne esiste una terza non trattata finora ma di fondamentale importanza, tanto che sarà un punto fondamentale nelle conclusioni finali di convenienza.

Partendo dall'inizio, è necessario considerare immediatamente quale sarà la forza-lavoro impiegata per la realizzazione dell'intervento stesso: nel caso in cui l'azienda sia dotata di addetti specifici per la manutenzione, è senz'altro conveniente l'impiego degli stessi nei lavori a patto che gli stessi posseggano un *know-how* sufficiente per un intervento così complesso. In alcuni casi riportati in letteratura, si rileva come sia preferibile adottare questa strategia per le macchine più comuni, rivolgendosi invece a tecnici e manutentori esterni nel caso in cui (ad esempio) la casa produttrice della macchina metta a disposizione un *customer service* ad hoc per le manutenzioni. Nella maggioranza dei casi, quando ci si trova a valutare un intervento di revamping, ci si trova davanti a macchine od impianti decisamente obsolete e dalla costruzione su misura o con funzioni speciali: a questo punto non risulterebbe facile trovare tecnici esterni che conoscono perfettamente la macchina stessa tanto quanto un manutentore interno.

La seconda considerazione va fatta sulla vera e propria realtà aziendale con cui si entra in contatto: è evidente come un fermo macchina per una fresa da falegnameria sia decisamente meno invasivo e costoso del fermo macchina di un forno fusorio da fonderia. Per questo motivo, come già ribadito più volte, è fondamentale la pianificazione precisa di ogni fase dell'intervento e la disponibilità di tutti i componenti a magazzino ancor prima di iniziare l'intervento stesso.

Quest'ultima indicazione si collega perfettamente all'ultimo punto da considerare: la definizione del magazzino ricambi. Dopo un intervento di questo genere, solitamente,

l'azienda deve considerare seriamente l'acquisto di ricambi da tenere a magazzino per gestire le future rotture, in ogni caso presenti anche nella prima fase dopo il *restart* (si vedano appunto le curve bathtub). La quantità di ricambi da conservare è il risultato di un problema di minimizzazione dei costi di magazzino (tanto maggiori quanto la quantità è alta) incrociati con i costi di acquisto dei ricambi stessi (tanto minore quanto la quantità è alta). La curva risultante dalla combinazione delle due voci di costo è riportata nel grafico seguente ed il suo punto di minimo è l'*optimal level*.

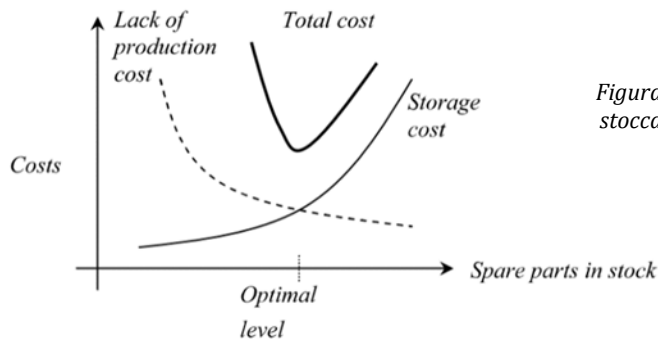


Figura 26 - Ottimizzazione della quantità di ricambi da stoccare a magazzino (tratto dal testo di Manzini et al.)

Sulla base di quanto esaminato finora e supportato dai rari e scarni dati recuperati dalla letteratura del settore¹⁰, si può ipotizzare che un revamping completo, senza voler adottare soluzioni particolarmente futuristiche ed esagerate, può costare da 1/5 a 3/4 del costo di una macchina nuova. Risulta chiaro ed evidente che i tempi di realizzazione dell'intervento e l'onnipresente (seppur minimo) gap tecnologico restante non devono essere penalizzanti oltre il risparmio sul costo di una nuova macchina. Per avere quindi un'indicazione di massima sulla convenienza, sulla base dei casi analizzati dalla letteratura recuperata, si può affermare che un revamping può ancora avere un buon risultato se il suo costo si aggira intorno al massimo al 40-50% del costo della stessa macchina nuova. Per costi superiori va ben valutata la possibilità che in futuro possano verificarsi guasti irreparabili¹¹ che inficerebbero la possibilità di recuperare l'investimento in quanto il macchinario andrebbe smaltito perché inutilizzabile. In altri casi, si è evidenziato come sia senza dubbio molto conveniente effettuare interventi di questo tipo solo su macchine ed impianti molto particolari, complessi o costruiti su misura, in quanto per tutte le macchine ordinarie oramai esiste un mercato ben consolidato con molti modelli per ogni fascia di prezzo e con una tempistica per la sostituzione e rimessa in funzione nemmeno confrontabile con un intervento di revamping completo.

¹⁰ Per queste considerazioni, sono risultate molto utili anche le esperienze raccontate dagli imprenditori che hanno valutato interventi di revamping nelle loro aziende, raccolte dal sito www.meccanicaneews.com nell'articolo citato in bibliografia.

¹¹ Per esempio, una cricca invisibile nel basamento di una macchina utensile può propagarsi velocemente se la stessa viene utilizzata per lavorazioni più pesanti o con vibrazioni/velocità maggiori a seguito del revamping, portando così in breve tempo ad una rottura per cedimento del basamento stesso.

Il commento finale che è possibile fare riguardo ad interventi che vanno oltre il semplice adeguamento alle norme, è il seguente: dal punto di vista aziendale questo può essere inteso come un vero e proprio costo *sunk*¹² in quanto l'investimento per una sicurezza aggiuntiva od il riammodernamento di un sistema produttivo senza un obbligo di legge ben preciso, rappresentano nel breve periodo un flusso di cassa puramente negativo. In realtà, come già analizzato nel presente capitolo, l'impresa può trarre molti vantaggi da un intervento di questo tipo, spesso difficilmente stimabili e quindi trascurati. Partendo dai flussi di cassa in uscita si avrà senza dubbio la necessità di investire una modesta somma di denaro per il materiale da acquistare per l'intervento, unita all'eventuale fermo della produzione ed alla forza-lavoro aggiuntiva da impiegare per procedere ai singoli interventi (se l'intervento è eseguito dalla manodopera dipendente) o dal costo della manodopera esterna. I flussi di cassa positivi, meno tangibili in quanto non avvengono fisicamente, saranno senza dubbio in primo luogo la maggior sicurezza per gli operatori¹³, unita alla maggior flessibilità di produzione, alla minor perdita di denaro per fermi di produzione imprevisti ed alla miglior immagine pubblica dell'azienda (frutto dell'aumento di sicurezza percepito dagli operatori). Come già riportato in precedenza, si vogliono ricordare anche gli ulteriori piccoli costi che l'impresa deve affrontare per portare a termine l'intervento, tra i quali si trovano i costi per il progetto dell'intervento, i costi per la ri-marcatura e per l'aggiornamento di DVR e piani di sicurezza. Tutti questi, se considerati singolarmente, possono risultare molto piccoli rispetto all'investimento complessivo, ma richiedono un'attenta valutazione per evitare di creare un circolo vizioso di continue revisioni e modifiche al progetto che non fanno altro che aumentare il tempo di fuori-servizio della macchina stessa.

Nel caso oggetto di questo studio, l'impianto risulta già costantemente mantenuto e tenuto a regime mediante interventi di manutenzione programmata e non; lo scopo dell'azienda quindi è solo relativo all'aumento del livello di sicurezza, unito all'implementazione dei sistemi di telecontrollo e gestione da remoto prima elencati. Inoltre, l'azienda è provvista di un reparto manutenzione con conoscenza ottima delle macchine e delle tecnologie scelte dall'azienda stessa: per questo motivo, tutto l'intervento verrà gestito da meccanici ed elettricisti dipendenti dell'azienda durante il mese di Agosto, periodo durante il quale il rischio di interferenza con altre lavorazioni è praticamente nullo e l'impianto sarebbe comunque fermo. La peculiarità di quest'azienda è proprio la concentrazione di tutte le manutenzioni di grosso calibro nel

¹² “Costo sunk” = in economia, è il termine usato per intendere i costi irrecuperabili, quali ad esempio (facendo un'analisi eticamente scorretta) i costi per la sicurezza. Tale punto di vista nei confronti dei costi per la sicurezza viene screditato nel presente capitolo.

¹³ Chiaramente, maggior sicurezza per gli operatori equivale a mancati costi per gli incidenti evitati e per le sanzioni evitate.

periodo estivo, così da garantire un costo praticamente pari a zero per il fermo impianto ed una manodopera comunque presente in stabilimento per altre mansioni e quindi con un costo aggiuntivo per questi interventi decisamente minimo.

Si vuole ora, a puro carattere indicativo, dare un valore economico ad alcuni dei possibili incidenti che potrebbero verificarsi nell'impianto presentato in seguito, dimostrando il modo di dire ormai molto diffuso ma di poco carattere ingegneristico "la sicurezza paga". Si pensi di riuscire a ridurre il rischio di contatto tra l'operatore ed una qualsiasi parte in movimento (nell'impianto analizzato in seguito, ad esempio, la rulliera in fase di spostamento della cassa, la ribaltatrice in movimento, i manipolatori in fase di carico, spostamento o scarico, i carri trasferitori durante il percorso sulle rotaie, ecc.): nel migliore dei casi un evento del genere può provocare schiacciamento o fratture a carico degli arti superiori/inferiori, lacerazioni, amputazioni od una combinazione delle precedenti, fino al caso più grave in cui l'operatore perde la vita. Tramite il *tool online* messo a disposizione dall'Occupational Safety and Health Administration (O.S.H.A.) per la campagna "\$afety Pays" (riportato in bibliografia), è possibile calcolare una stima dei costi diretti ed indiretti di ciascuna tipologia di infortunio. I costi diretti considerati sono il premio maggiorato per l'assicurazione del lavoratore, le ore lavorative perse da pagare all'infortunato ed il trattamento sanitario, mentre tra i costi indiretti considerati si trovano il costo di messa in sicurezza dell'area, il costo per il ripristino delle macchine e dei materiali eventualmente danneggiati, le perdite per eventuali fermi produzione, il costo del personale che si deve occupare della gestione della sicurezza e della burocrazia per l'infortunio, il costo per l'assunzione e la formazione di nuovo personale e così via. Risultano escluse dalla stima, in quanto difficilmente calcolabili, le stime per i costi legali da affrontare, le sanzioni emesse dall'autorità competente e la cattiva pubblicità dell'azienda verso i propri *stakeholder*. Grazie a queste considerazioni si possono calcolare i seguenti costi:

<u>INJURY TYPE</u>	<u>DIRECT COST</u>	<u>INDIRECT COST</u>
Amputation	\$ 77,995	\$ 85,794
Multiple Physical Injuries Only	\$ 73,749	\$ 81,123
Fracture	\$ 50,778	\$ 55,855
Contusion	\$ 27,511	\$ 30,262
Laceration	\$ 19,713	\$ 21,684

Si può notare ovviamente al crescere di gravità dell'infortunio aumentano sia i costi diretti che i costi indiretti. Per danni di lieve entità e quindi dal costo diretto minimo, si

ha però un innalzamento dei costi indiretti in quanto un infortunio rappresenta sempre e comunque un costo imprevisto per l'azienda e quindi i costi indiretti risultano in ogni caso elevati. Adoperandosi per eseguire interventi che migliorino la sicurezza e riducano una parte dei rischi, alcune di queste conseguenze non si verificano più in quanto il pericolo è assente o ridotto al punto tale da non rappresentare più un problema per gli operatori. Eseguendo un lavoro ragionato e preciso, le possibili conseguenze si riducono al massimo a lievi lacerazioni o contusioni, derivanti più da uso scorretto della macchina, disattenzione o dolo che da contatto accidentale.

Per quanto di scarsa concretezza si vuole anche citare il risultato di una ricerca svolta dall'International Social Security Association (I.S.S.A.) che fissa una media pari a 2,2 del cosiddetto ROP¹⁴; si può affermare cioè che per ogni unità di moneta spesa in sicurezza, in media si ottiene un ritorno economico di circa 2,2 unità di moneta. Nell'appendice E è riportato il calcolo di tale valore.

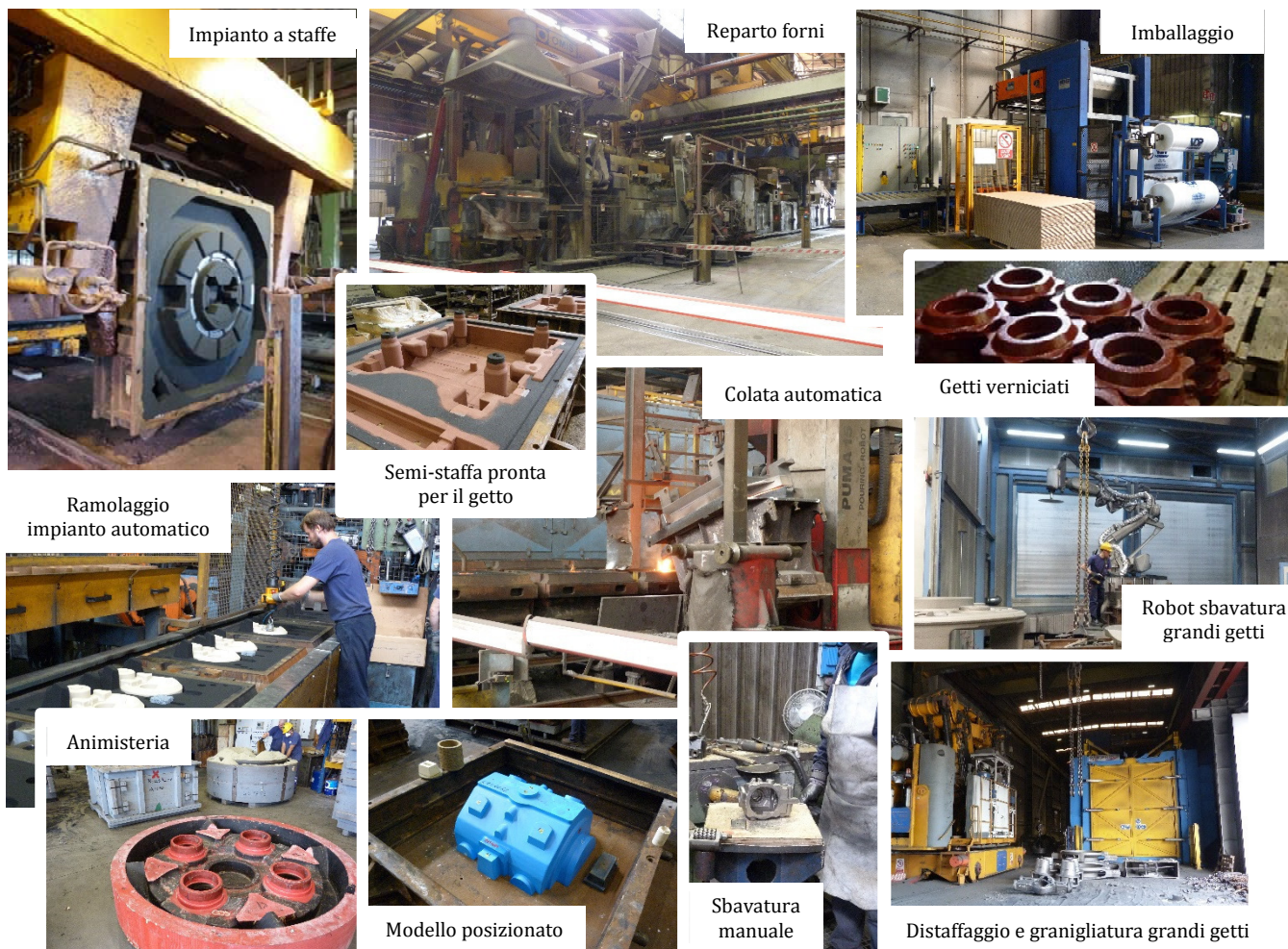
Tenendo conto di tutte le considerazioni fatte finora relativamente alla convenienza tecnico-economica di un intervento di ammodernamento, riassumendo si può affermare che:

- Il puro adeguamento agli obblighi di legge rappresenta un costo complessivo che spesso è superiore al valore della macchina; in questo caso è necessario valutare la vetustà della stessa ed eventualmente procedere alla sostituzione completa;
- La realizzazione di interventi di calibro superiore al puro adeguamento alle norme è di indubbia convenienza economica nell'uso della macchina, a patto che la spesa sostenuta non sia superiore al costo d'acquisto di un nuovo macchinario;
- Considerando solo i costi di investimento nell'esecuzione di qualsiasi intervento, nessuna delle precedenti opzioni di intervento risulterebbe conveniente; spesso però il calcolo dei ricavi non fisici e dei mancati costi non è semplice e potrebbe introdurre errori anche molto grandi nella valutazione;
- In conclusione, prima di definire la convenienza di una determinata tipologia di intervento, è necessario considerare il rischio che l'azienda può permettersi di gestire per un investimento di grande valore.

¹⁴ ROP (*“Return on Prevention”*)¹⁴ è un indice derivato dal rapporto tra la somma di benefici economici e non derivanti dall'attività di prevenzione dei rischi ed il costo di investimento affrontato

CAPITOLO 4 – Case-study: impianto a motte della VDP Fonderia S.p.A.

Nasce nel 1992 a Schio (Vi) la VDP Fonderia S.p.A., azienda che tuttora esporta in tutto il mondo i suoi getti in ghisa sferoidale e ghisa grigia dal peso che varia tra i 500 grammi e le 100 tonnellate. L'azienda è dotata di più impianti separati per la preparazione dei semilavorati, tra cui un impianto di formatura automatizzato (capacità massima fino a 120 staffe/ora, con staffe di dimensioni massime 80x70 cm per 60 cm di altezza) dotato di magazzino automatico per le placche, una linea di formatura a mano per gli stampi di dimensioni dai 130 cm ai 12 metri, con fosse di getto alte dai 2 ai 4 metri, un impianto a staffe per i getti di medie dimensioni ed un impianto a motte, analizzato di seguito come caso studio. Il magazzino automatico per le staffe di medie/grandi dimensioni è uno dei più grandi in Europa a livello di portata totale a parità di dimensiona massima stoccabile. La movimentazione delle siviere provenienti dai 5 forni fusori (2 di questi a bassa frequenza ed i rimanenti a media frequenza, per un totale di 140 tonnellate fuse all'ora) è gestita da remoto, con un sistema di approvvigionamento del metallo e di creazione delle "ricette" computerizzato, mentre l'atto della colata avviene mediante carri su rotaie completamente robotizzati. L'aspirazione dei fumi caldi dei forni avviene mediante un sistema centralizzato che preleva i fumi sia dalla bocca di carico che dal becco di colata. Anche l'impianto di raffreddamento dei getti, la distaffatura, la granigliatura e la prima sgrossatura dei pezzi sono processi completamente automatizzati. Altre fasi automatizzate sono la finitura tramite stazioni robotizzate (per alcune linee di produzione), la verniciatura e la preparazione per la spedizione dei pezzi finiti. L'impianto automatico è definito "a terra verde" nel senso che la terra da fonderia (sabbia silicea additivata con bentonite e nero minerale) viene continuamente ritrattata e rilavorata per tornare alle condizioni ottimali d'utilizzo: anche questa porzione d'impianto è completamente automatizzata in quanto sono installate macchine per il controllo in continuo delle specifiche chimico-fisiche della terra che regolano il dosaggio degli additivi. La terra da fonderia utilizzata per la formatura a mano, nell'impianto a motte e nell'impianto a staffe, invece, è costituita da sabbia silicea additivata con resine fenoliche o furaniche e con gli opportuni catalizzatori. I modelli di grandi dimensioni vengono immagazzinati in più di 5000 metri quadri di magazzino semiautomatico sotterraneo, mentre un laboratorio altamente specializzato e con attrezzature all'avanguardia provvede ad eseguire i test sui getti di prova. Altri reparti dell'azienda sono l'animisteria (in cui vengono prodotte le anime di grandi dimensioni), la modelleria (in cui vengono creati i modelli in legno), il reparto di distaffaggio/granigliatura grandi getti e la sbavatura/verniciatura grandi getti.



Alcuni esempi di prodotti gestiti dal sistema di formatura e colata automatico sono alberi motore, componenti per compressori, carcasse pompe e altre apparecchiature oleodinamiche. La formatura ed il getto manuale invece, vengono usati per componenti per impianti eolici, turbine a gas e a vapore, carcasse per motori di grandi dimensioni e componenti per grosse macchine utensili.



I. L'impianto a motte a servizio della VDP Fonderia

La colata in motte è una tecnica che prevede l'utilizzo di un mix di resine attivate da un induritore per mantenere la forma del modello durante la fase di colata. In questo modo, è possibile rimuovere la staffa perimetrale immediatamente dopo la formatura in quanto la "motta" generata passa subito alla fase di verniciatura e cottura in forno diventando molto resistente grazie appunto alle resine utilizzate. Questa tecnica consente una notevole riduzione dei tempi per la creazione di ogni singola forma ed una notevole diminuzione della necessità di stoccaggio delle staffe di diverse dimensioni, in quanto ne sono sufficienti poche unità per poter garantire il *loop* nella zona di formatura e sformatura. L'impianto oggetto di questo studio, è installato nella VDP Fonderia di Schio (Vi) risale al 1992 ed era prodotto dalla IMF, una storica azienda del Nord Italia da poco fallita.

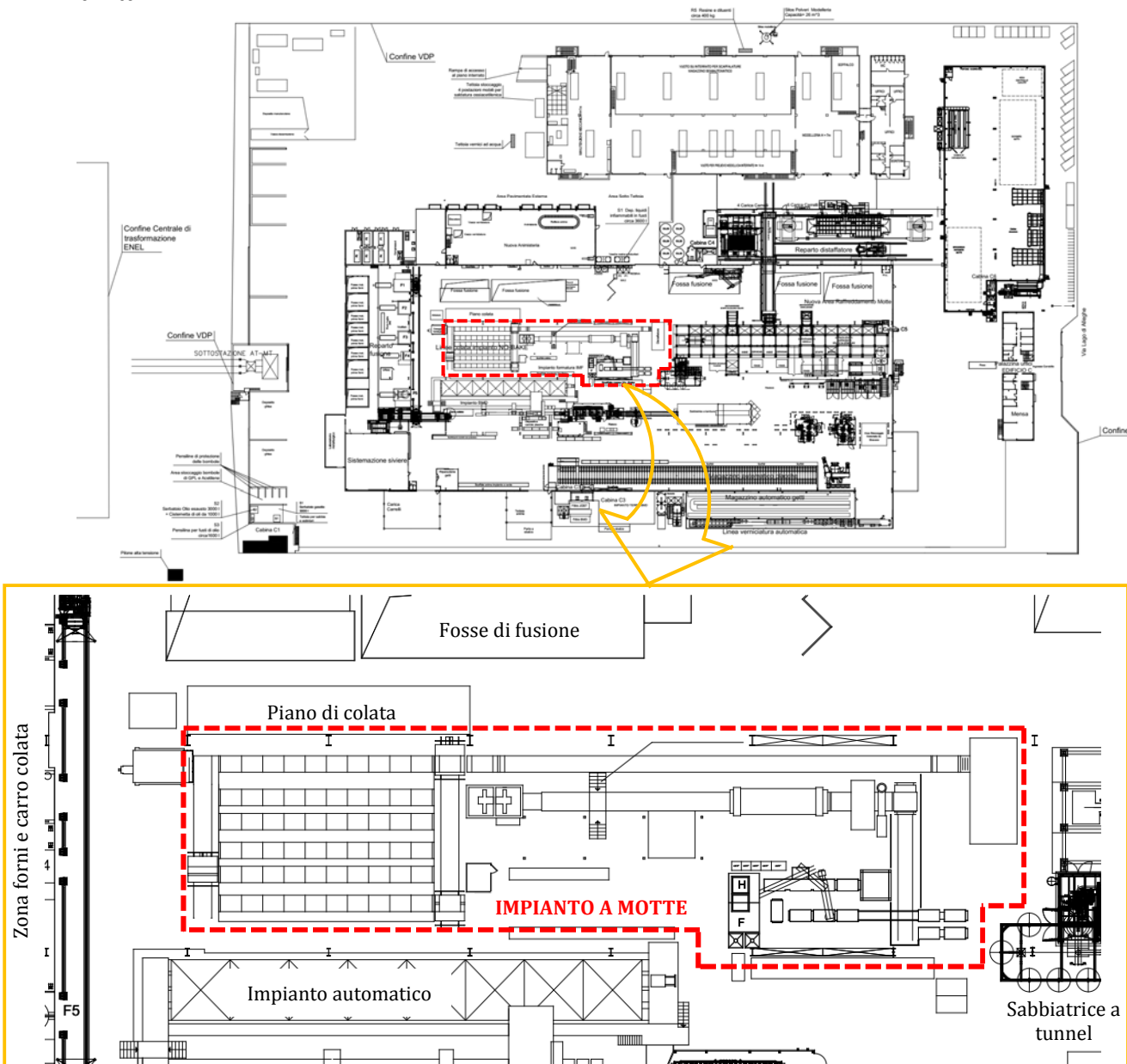
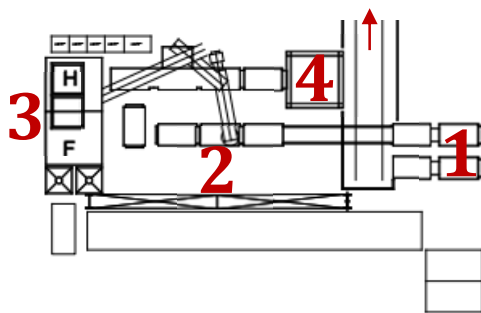


Figura 27 - Inquadramento dell'impianto a motte nell'azienda (nell'Appendice F è disponibile la planimetria ad alta definizione)

Come si può notare dalle planimetrie dello stabilimento riportate nella pagina precedente, l'impianto in analisi è posizionato tra l'area dei forni fusori e la zona di colata in fossa per getti di grande dimensione. La vicinanza a queste zone, oltre che all'impianto automatico di formatura ed all'impianto a staffe (rispettivamente per getti piccoli e medi), hanno reso necessaria anche la scelta di protezioni perimetrali per dividere gli impianti l'uno dall'altro (come in seguito analizzato più in dettaglio).

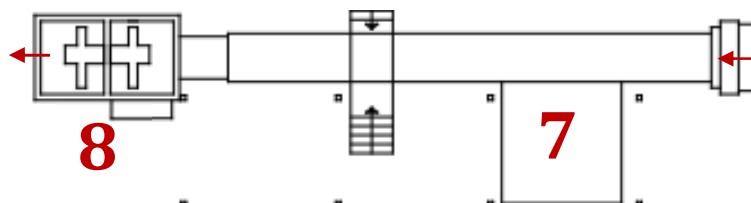
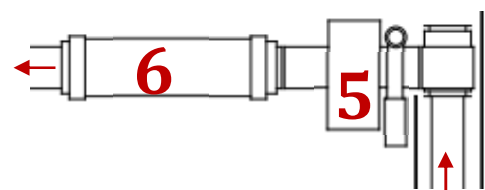
i. Le zone e le fasi del lavoro

Il primo step si svolge nella zona di formatura, ove l'addetto preleva le placche superiori ed inferiori del modello dal sistema di carrelli portaplacche evidenziato in figura con il numero 1. Successivamente, la placca viene posizionata sulla rulliera, viene posizionata la staffa perimetrale temporanea ed il tutto viene riempito (2) con la terra da fonderia additivata con apposite resine termoindurenti (3, silos e mescolatore). Il compattamento e l'eliminazione dei vuoti viene fatto mediante vibrazione della tavola che supporta il modello. Dopo un brevissimo periodo di riposo, l'insieme placca-staffa viene posizionato su una macchina chiamata "ribaltatrice" che, come si può intuire dal nome, ribalta l'insieme su un nastro



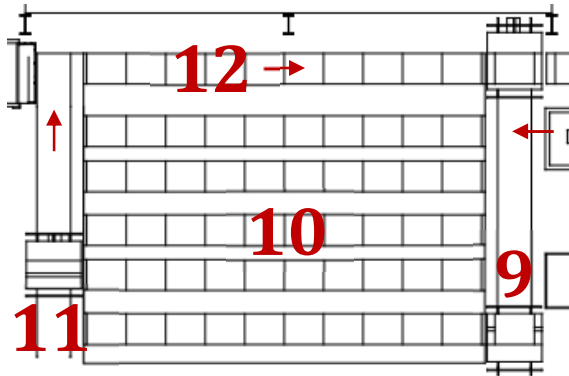
trasportatore trattenendo la staffa con la placca (4). Si ha così la creazione della prima mezza "motta", cioè un semi-stampo senza staffa perimetrale. La mezza motta prosegue nel resto dell'impianto attraverso un carrello trasferitore autonomo, mentre la placca e la staffa ritornano verso l'operatore.

Le semi-motte dalla ribaltatrice arrivano alla stazione di verniciatura (5), in cui un manipolatore solleva la motta semisolida dal nastro e la inclina verso l'operatore in modo che lo stesso possa applicarvi uno strato di vernice protettiva. Terminata l'applicazione della vernice mediante uno spruzzatore, la semi-motta viene riposizionata sul nastro e scorre verso il tunnel di essiccazione (6) in cui la resina e la vernice si induriscono definitivamente.

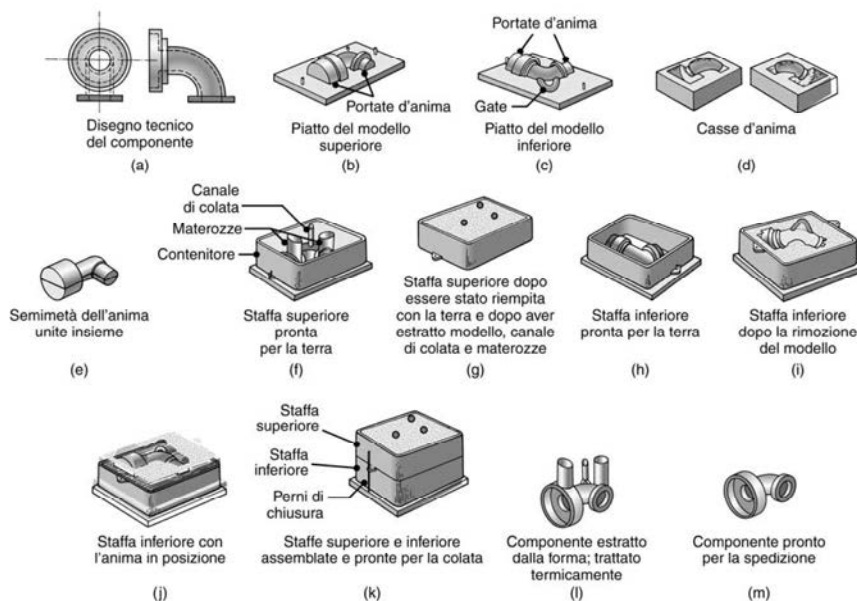
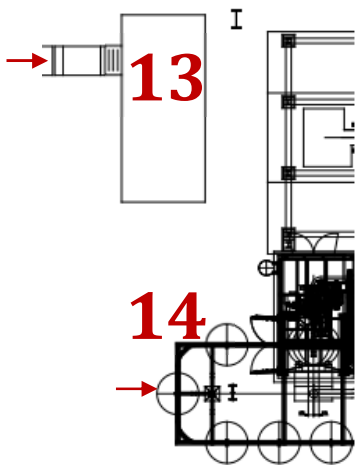


Nella stazione di ramolaggio (7) vengono posizionate manualmente o mediante piccole gru a bandiera le

anime, cioè le parti interne del getto che non potevano essere create mediante “stampaggio” del modello sulla terra. La semi-motta inferiore con le anime posizionate, riceve la semi-motta superiore mediante un manipolatore aereo a 2 braccia che prende quest’ultima e la ribalta, posizionandola poi con estrema precisione sopra la semi-motta inferiore. La motta completa a questo punto viene prelevata da un carro automatizzato (9) che la scarica in uno dei nastri dove poi avverrà la colata del metallo fuso (10). Una volta completata la colata, eseguita manualmente dagli operatori mediante siviera agganciata ad un carroponete, le motte vengono gradualmente caricate da un carrello automatizzato (11) e trasferite sul nastro di raffreddamento (12) che



prosegue fino al distaffatore (13), una grande tavola vibrante forata che libera il getto dalla terra circostante. I getti, ancora ricchi di imperfezioni superficiali dovute alla colata in terra, vengono caricati su supporti verticali agganciati ad una guida a soffitto per essere trasferiti alla sabbiatrice a tunnel (14), in cui l’azione di microsferi abrasive rende la superficie pulita e molto resistente. Da qui, i semilavorati passeranno alla fase di finitura, eseguita manualmente o tramite isole robotizzate, ed alla verniciatura (se richiesta) anch’essa eseguita da un impianto automatico a ciclo continuo. Il processo si conclude con l’imballaggio (altra porzione d’impianto automatizzata) e la spedizione.



NOTA:

Nell’immagine a fianco è rappresentato il processo di colata in staffe, che si differenzia dalla colata in motte solo per il fatto che la staffa viene lasciata in posizione dopo aver creato lo stampo da riempire (nelle motte, la staffa usata per la formatura viene tolta dopo la solidificazione della resina).

(tratto dal testo “Tecnologia Meccanica” di S. Kalpakjian e S. Schmid, 5^a ed., Pearson, 2012)

II. Livello generale di sicurezza nell’azienda e nello specifico impianto in analisi

La VDP Fonderia da anni ormai ha adottato una linea guida particolarmente tesa all’innovazione tecnologica per quanto riguarda la gestione dei propri impianti. Tale scelta, approfondita tra poche righe, è dovuta alla notevole semplificazione delle operazioni ordinarie di controllo, raccolta dati e manutenzione resa possibile grazie ad innovativi sistemi informatici programmabili. La tecnologia attualmente presente in questa azienda è costituita da PLC marchiati Siemens della serie S7, dotati di moduli di sicurezza integrati, per la gestione contemporanea dell’automazione e dei sistemi di sicurezza installati. Tali PLC sono collegati in rete mediante collegamenti ProfiNet¹⁵, e ad essi vengono collegati sensori, attuatori, schede di controllo per motori e moduli programmabili di sicurezza (quest’ultimi, mediante collegamenti ProfiSafe che offrono maggiore affidabilità data la funzione di sicurezza richiesta).

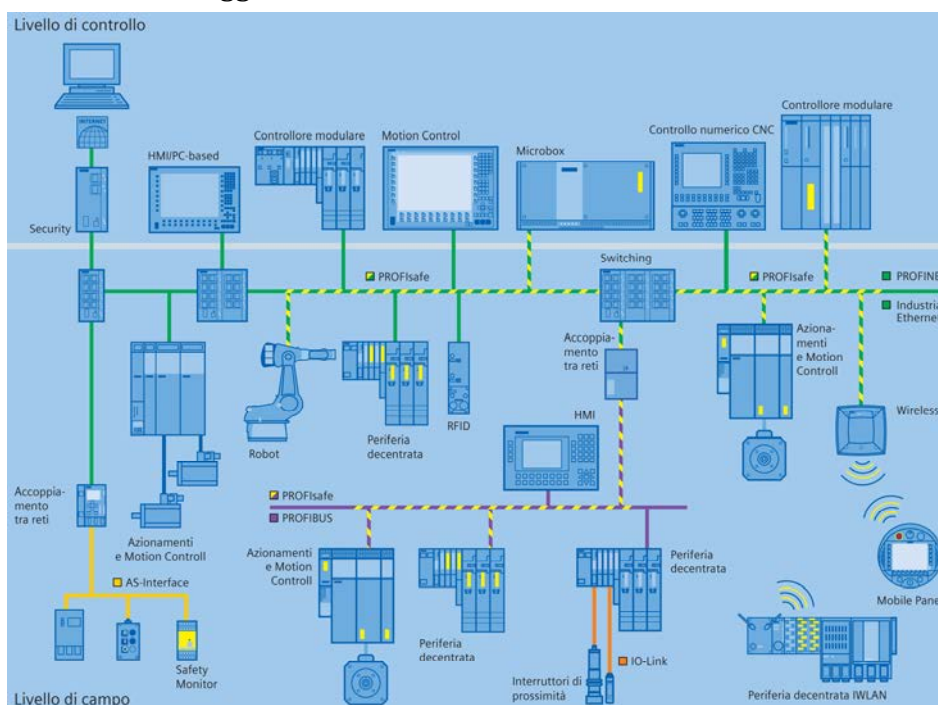


Figura 28 - Schema esemplificativo dei collegamenti possibili tra PLC e componenti, mediante ProfiNet, ProfiSafe e bus di campo ProfiBus (tratto dalla brochure sul protocollo ProfiNet di Siemens)

Ciascun componente è configurato mediante PC tramite una specifica programmazione eseguita direttamente sugli ingressi analogici e digitali del PLC. Il software utilizzato per la programmazione del PLC è Step 7, un software proprietario Siemens che utilizza 2 possibili linguaggi di programmazione (KOP e FUP). La programmazione dei singoli input/output avviene mediante la creazione di funzioni,

¹⁵ ProfiNet = sistema di connessione tra apparecchi di controllo e sensori/attuatori mediante rete Ethernet industriale.

blocchi organizzativi e blocchi funzionali ciascuno con specifica funzione di “reazione” agli eventi rilevati agli ingressi.

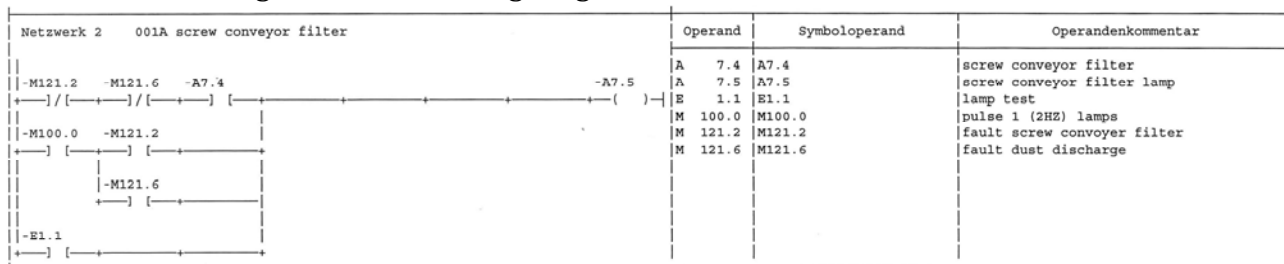


Figura 29 - Semplice esempio di programmazione in linguaggio KOP, prima dell’attuale Step 7: l’esempio riporta le istruzioni per l’accensione della spia “coclea in funzione” nel quadro di comando di un filtro d’aspirazione con recupero delle polveri a coclea d’estrazione. La spia rappresenta l’uscita A7.5, che si accende quando tutti i contatti precedenti sono chiusi; quindi, nel caso in cui non vi sono segnalazioni di guasto nel funzionamento della coclea o del sistema di scarico polveri (M121.2 e M121.6), oppure nel caso in cui uno di questi sistemi segnali un guasto (contatto aperto) essa pulsa a 2 Hz. La spia è accesa anche quando viene premuto il tasto di test delle lampade (E1.1). Data l’origine tedesca del linguaggio KOP, si vuole mettere in evidenza che i contatti “A” rappresentano “Ausgang” = “Uscita” ed i contatti “E” rappresentano “Eingang” = “Ingresso”, mentre il simbolo]/[rappresenta un contatto normalmente aperto e]/[un contatto normalmente chiuso.

Il controllo del sistema può anche essere eseguito wireless, mediante opportuni moduli Wi-Fi o Bluetooth. Un caso molto interessante (anche se costruito utilizzando moduli dell’azienda Phoenix Contact anziché Siemens) è il sistema adottato per lo sgancio elettrico di un grande manipolatore su rotaie usato per movimentare i getti di grandi dimensioni: il PLC presente a bordo della macchina che ne gestisce l’automazione e la sicurezza è stato collegato mediante una delle due porte Ethernet ad un modulo Bluetooth. Il modulo ricevente è posizionato sul quadro elettrico a terra del reparto e a sua volta collegato ad un controllore PLC. L’azionamento di un pulsante d’emergenza specifico all’interno della cabina del manipolatore, comporta lo sgancio remoto dell’alimentazione alla macchina.



Figura 30 - Da sinistra, schema dello sgancio remoto, modulo Bluetooth bidirezionale e controllore PLC (tratti dal catalogo Phoenix Contact); sotto, il manipolatore per grandi getti su cui è installato questo sistema.



Una delle peculiarità derivanti dall'utilizzo di sistemi di supervisione e comando di questo tipo, è la possibilità di avere un controllo in tempo reale di tutti i parametri di processo, dello stato di sensori, interruttori e componenti elettromeccanici, oleodinamici e pneumatici di qualsiasi tipo, visualizzando ciascuno di essi mediante comode videate create su misura completamente da remoto e senza alcuna necessità di collegamento fisico della postazione di controllo al singolo PLC. Questo è possibile grazie appunto alla connessione in rete di tutti i singoli PLC, le cui informazioni vengono trattate da un server centralizzato e rese disponibili agli utenti mediante pannelli di controllo attivi o passivi completamente digitali (questa tecnologia è chiamata “SCADA”, come già spiegato in precedenza).

Questa tecnologia, sebbene molto più costosa di un semplice quadro elettrico ricco di led di stato e pulsanti, risulta particolarmente indicata per impianti di grandi dimensioni per alcuni semplici motivi: il primo tra tutti è che l'interfaccia grafica personalizzabile, è molto più *user-friendly* di un quadro elettrico, in cui non sempre è facile distinguere la funzione di un determinato pulsante in modo rapido e sicuro. Si badi bene che, in ogni caso, la Direttiva Macchine prevede che ogni pulsante debba essere inequivocabilmente distinguibile mediante etichettatura o marchiatura della funzione sullo stesso¹⁶, ma si pensi alla quantità enorme di comandi presenti in un quadro di comando relativo ad un impianto intero ed alla possibilità di confondere un numero di una pompa o di una valvola con un altro. Dato questo semplice e banale esempio, se l'interfaccia grafica diventa digitale, allora ciascun componente mostrato nella *main window* potrebbe avere una serie di finestre secondarie, ciascuna con determinate funzioni aggiuntive (in modo da poter estendere anche la descrizione di ogni singola funzione); nel complesso, si ridurrebbe senza alcun dubbio il rischio di errore umano, a patto di seguire comuni regole di buona prassi progettuale (come ad esempio, la ridondanza dei sistemi di sicurezza e dei sensori, la regolazione della sensibilità dei comandi e dei pulsanti, e così via), fornite anche dalla norma CEI EN 60204-1:2016 relativa all'equipaggiamento elettrico delle macchine.

Altri vantaggi indiscutibili derivanti dall'uso di questo tipo di tecnologia, sono ad esempio: il minor tempo impiegato per la formazione dei nuovi assunti, l'esecuzione automatica di tutti i test di routine relativi al funzionamento delle macchine, la rilevazione di dati utili di qualsiasi tipo (punto analizzato più approfonditamente nel capitolo successivo), la possibilità di implementare algoritmi di *Artificial Intelligence* per contrastare il *defeating*¹⁷ dei sistemi di sicurezza, l'integrazione semplice di

¹⁶ Al punto 1.2.2 della Direttiva 2006/42/CE, “Dispositivi di comando”.

¹⁷ Con il termine “*defeating*” si intendono tutte le manomissioni dei sistemi di sicurezza, tra cui l'uso di “chiavette” per eludere interblocchi, mascheratura di fotocellule, spostamento di microinterruttori, e così via.

sistemi di allarme e segnalazione ottico-acustica e comunicazione via smartphone degli avvisi, la verifica in tempo reale dello stato dei singoli componenti (ad esempio, per la verifica dei cuscinetti mediante contaore, sensori di temperatura e celle di carico), ed infine la diminuzione dei tempi di intervento per ripristino di allarmi e risoluzione problemi. Questi ultimi due punti, relativi alla manutenzione, verranno trattati nel capitolo successivo.

Come in ogni realtà aziendale, non tutti i sistemi però sono aggiornati al livello tecnologico più alto disponibile: ad esempio, nell'azienda in cui è installato l'impianto oggetto di questo studio, coesistono PLC di diversi produttori, sensori di ogni tipo, sensibilità e anno di costruzione, valvolame magari obsoleto ma perfettamente funzionante e così via. Relativamente a questo studio, ad esempio, l'impianto è attualmente dotato di un PLC Siemens S5, non particolarmente datato, ma non rispondente a determinati requisiti utili al controllo da remoto dello stesso; tale componente, con una spesa decisamente contenuta, può essere trasformato in un sistema più moderno e rispondente ai requisiti tecnologici di connettività richiesti dall'azienda.

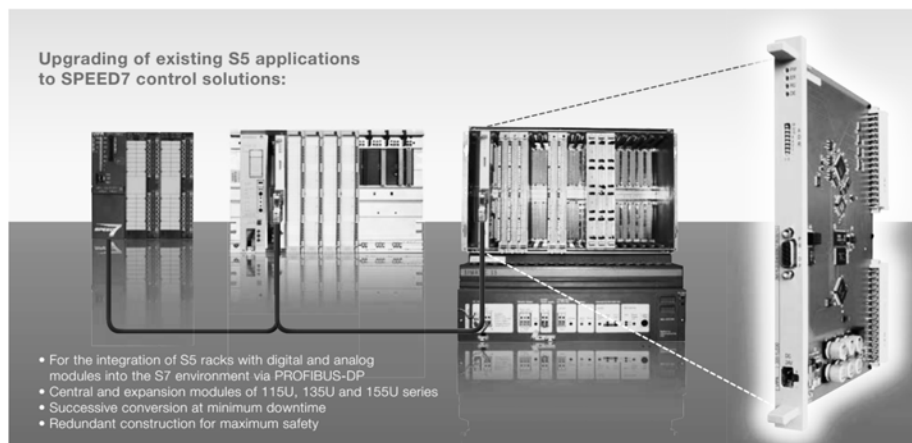


Figura 31 - Scheda IM306 DP Slave, prodotta da Vipa GmbH, per l'upgrade da PLC della precedente generazione S5 a modelli recenti S7 (tratto dal sito web www.vipa.com)

L'intervento previsto per l'aggiornamento tecnologico dell'impianto consiste nell'aggiunta di una scheda IM 306 costruita dall'azienda tedesca VIPA specificamente per aggiornare i PLC della vecchia generazione. Tale scheda, installata direttamente in una baia vuota del controller S5, permette l'utilizzo di tutti i moduli d'espansione precedentemente installati e già cablati, semplicemente trasmettendo le informazioni dal vecchio rack con ingressi ed uscite fino alla CPU di nuova generazione tramite collegamento PROFIBUS. Da qui, il collegamento in rete della stessa (se non già previsto dal modello installato, in quanto disponibile solo nei modelli più costosi) può essere effettuato installando un modulo di conversione IE/PB LINK PN IO della

Il problema del defeating di riduce con l'utilizzo di interblocchi codificati come i sensori RFID ed i sensori magnetici codificati. Si riporta nell'Appendice G un riassunto dei sistemi per impedire il defeating.

Siemens che funge da router tra PROFIBUS e PROFINET, consentendo la connessione dell'intero impianto alla rete *Industrial Ethernet* aziendale.

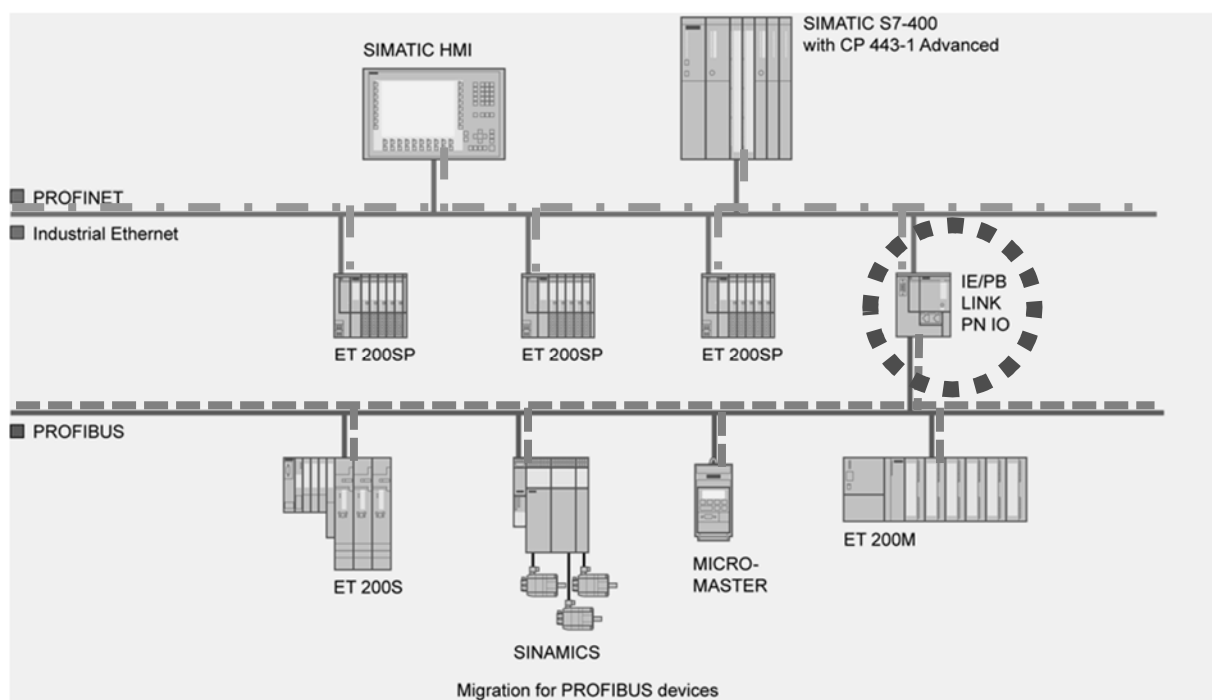


Figura 32 - Schema semplificato di collegamento tra sistemi PROFIBUS e PROFINET tramite IE/PB LINK PN IO (tratto dalla guida Siemens per la conversione da S5 a S7)

Dalla figura sopra riportata, nella parte collegata in PROFIBUS nell'impianto in analisi sarà collegata la scheda IM306 che consente di connettere la vecchia rack alla nuova CPU.

Già da queste piccole osservazioni è possibile notare come, con un investimento non particolarmente elevato, sia possibile portare un qualsiasi impianto industriale ad un livello di sicurezza e di tecnologia molto avanzato. Si vuole ulteriormente ribadire però che questo tipo di "aggiornamento" per ogni tipo di macchina/impianto non è obbligatorio dal punto di vista legislativo: come già analizzato in precedenza, la macchina deve essere rispondente a ben precisi canoni di sicurezza (contenuti nell'Allegato V del D.Lgs. 81/08) per essere ritenuta "sicura". Tutte le modifiche apportate per aggiungere funzionalità o per diminuire il gap tecnologico della macchina stessa rispetto allo stato dell'arte, per normativa si configurano come modifiche sostanziali (a meno che non riguardino solo sistemi di sicurezza) e quindi richiedono la Marcatura CE della nuova macchina.

III. Metodologia seguita per l'analisi del rischio

Durante il tirocinio svolto presso la VDP Fonderia, è stata prodotta una serie di manuali operativi, relativi ad insiemi di macchine assemblati direttamente nel luogo di installazione. Secondo quanto indicato dalla Direttiva 2006/42/CE (“Direttiva Macchine”), si evince che:

[...] il termine “macchina” indica uno dei prodotti elencati all’articolo 1, paragrafo 1, lettere da a) a f). [...]

[...]

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

[...]

(Dall’articolo 2, lettera a)

[...]

Il soggetto che realizza un insieme di macchine ne è considerato il fabbricante ed è pertanto sua responsabilità garantire che tale insieme, nel suo complesso, ottemperi ai requisiti di sicurezza e tutela della salute stabiliti dalla direttiva macchine [...]

[...]

Il fabbricante dell’insieme di macchine deve:

- condurre le adeguate valutazioni di conformità per l’insieme di macchine [...]

- apporre una marcatura determinata (ad esempio, una targhetta specifica) sull’insieme di macchine [...], inclusa la marcatura CE;

- stilare e firmare una dichiarazione CE di conformità per l’insieme di macchine [...]

(Dal commento §38 della Guida alla Direttiva Macchine, 2^a edizione, Giugno 2010)

Da quanto evidenziato dal commento §39 della guida sopra citata, emerge come si debba necessariamente ripetere la marcatura CE ad ogni nuova aggiunta o sostituzione di macchine dall’insieme, se le nuove macchine non sono provviste di marcatura CE.

Viste le richieste della Direttiva in merito agli insiemi di macchine, l’azienda ha ritenuto opportuno eseguire una nuova valutazione del rischio ed una rimarcatura di tutti gli impianti del reparto produttivo, in quanto ciascuno di essi è propriamente definibile “insieme di macchine”. Per poter procedere alla marcatura, si è scelto di creare un documento che accorpasse tutte le indicazioni generali e specifiche di ciascuna macchina, partendo dal trasporto, al montaggio, all’installazione, all’uso, all’immagazzinamento, fino ad arrivare allo smontaggio ed allo smaltimento, riportando in esso anche tutte le scadenze richieste per la corretta manutenzione di ogni componente. In questo modo, è stato possibile creare un “manuale d’impianto”, utile a qualsiasi operatore che debba configurarsi a vario titolo con una delle

macchine: infatti, a corredo dello stesso, sono stati selezionati tutti i disegni meccanici di particolari ed insiemi, gli schemi elettrici, pneumatici ed oleodinamici, oltre a tutte le dichiarazioni di conformità e liste di ricambi per ogni macchina. Per poter dichiarare la conformità alla Direttiva dell'insieme, si è reso necessario valutare separatamente il rischio per alcune macchine non marcate CE, individuando gli interventi di messa a norma relativi a ciascuna di esse. Per valutare infine i rischi derivanti dall'assemblaggio delle stesse, è stato creato un foglio di calcolo in cui, rispondendo ad una serie di domande relative ad impianti di servizio, luogo di installazione, procedure aziendali di gestione del rischio, e così via, viene valutato con un punteggio percentuale il livello di sicurezza¹⁸ dell'impianto stesso. Il procedimento, ripetuto per tutti gli insiemi di macchine citati di seguito, è stato concluso con la redazione della dichiarazione di conformità e l'apposizione della targhetta CE riportante la matricola dell'impianto.

Durante il tirocinio questo procedimento è stato eseguito per:

- L'intero impianto di rigenero e trattamento della terra da fonderia
- L'impianto a staffe
- L'impianto automatico di formatura e granigliatura
- Il reparto fusorio, in quanto sistema con funzionamento autonomo di scarico dei forni e trasporto siviere
- Un carro di trasferimento per siviere di grandi dimensioni

L'impianto a motte, oggetto dello studio eseguito in questa tesi, è stato riservato appunto per quest'ultima in quanto di più complicata costruzione e quindi con rischi più difficili da ridurre. Seguendo quanto già eseguito durante il tirocinio, con poche modifiche dovute alla maggiore difficoltà nella valutazione dei rischi, l'impianto è stato osservato dettagliatamente in ciascuna sua parte e successivamente è stata redatta una valutazione dei rischi, basata sulla norma di riferimento EN ISO 12100:2010 seguendo il tradizionale schema, riportato per completezza nella pagina successiva.

A questa iniziale valutazione, come previsto dalla norma stessa, si è resa necessaria la reiterazione della ponderazione del rischio a seguito dell'applicazione delle misure preventive e protettive individuate. Il livello di rischio residuo deve essere accettabile in termini di gravità del danno, probabilità di accadimento e frequenza di esposizione al pericolo, oppure in termini di evitabilità del danno.

¹⁸ Accettabile se superiore all'80%, richiede interventi di adeguamento tra il 70% e l'80%, inaccettabile per valori inferiori al 70%.

La valutazione stessa è stata eseguita utilizzando un metodo ibrido, più oggettivo nella definizione dei parametri per la ponderazione del rischio rispetto ad un metodo a matrice 4x4¹⁹. I parametri utilizzati sono riportati nella pagina successiva.

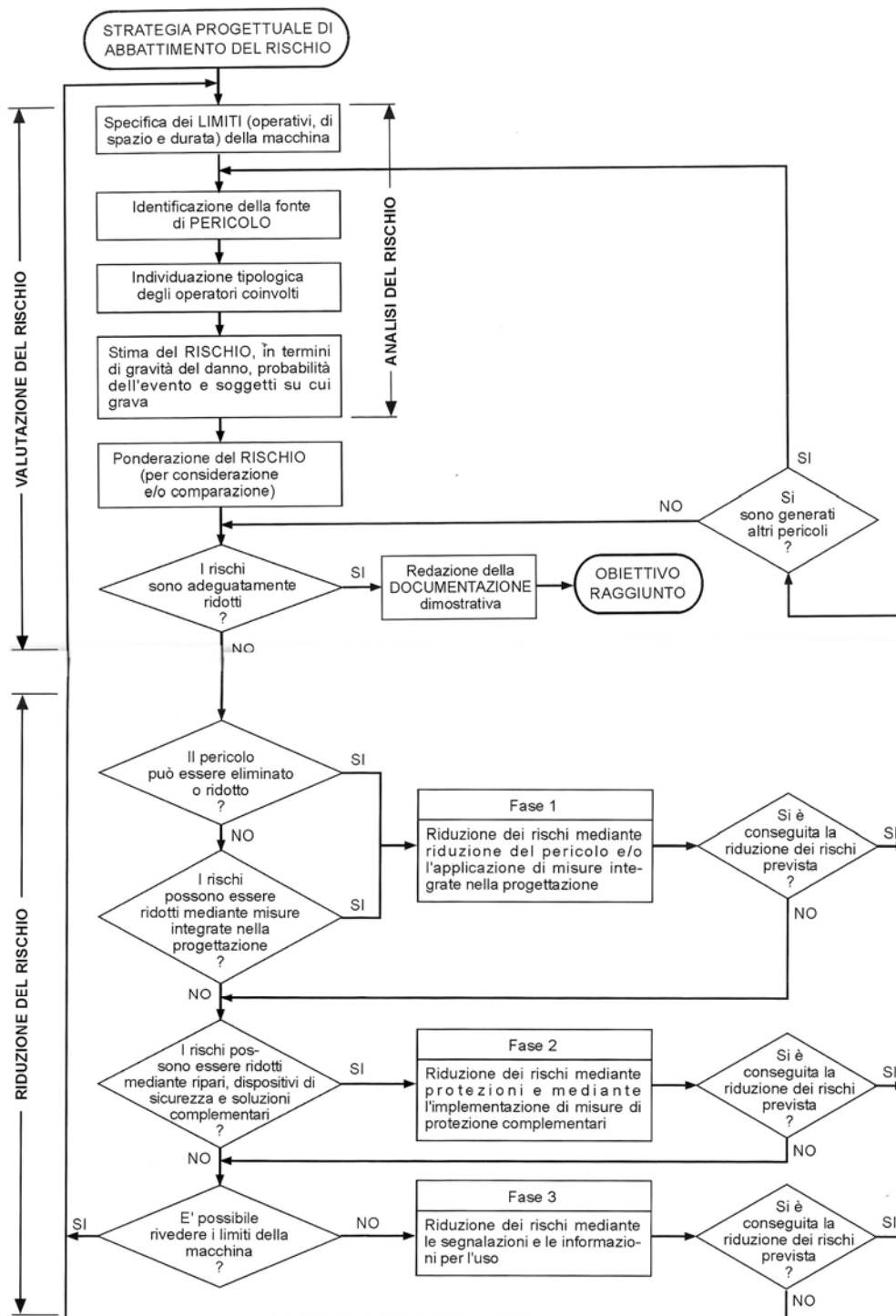


Figura 33 - Processo di valutazione e riduzione del rischio secondo la EN ISO 12100:2010 (tratto dal testo di Enrico Grassani "Sicurezza sulle macchine", Ed. Delfino, 5^a edizione, 2012)

¹⁹ Con questa dicitura ci si riferisce alla matrice $R=PxD$ che considera solamente probabilità e danno, senza considerare frequenza di esposizione al pericolo ed evitabilità del danno.

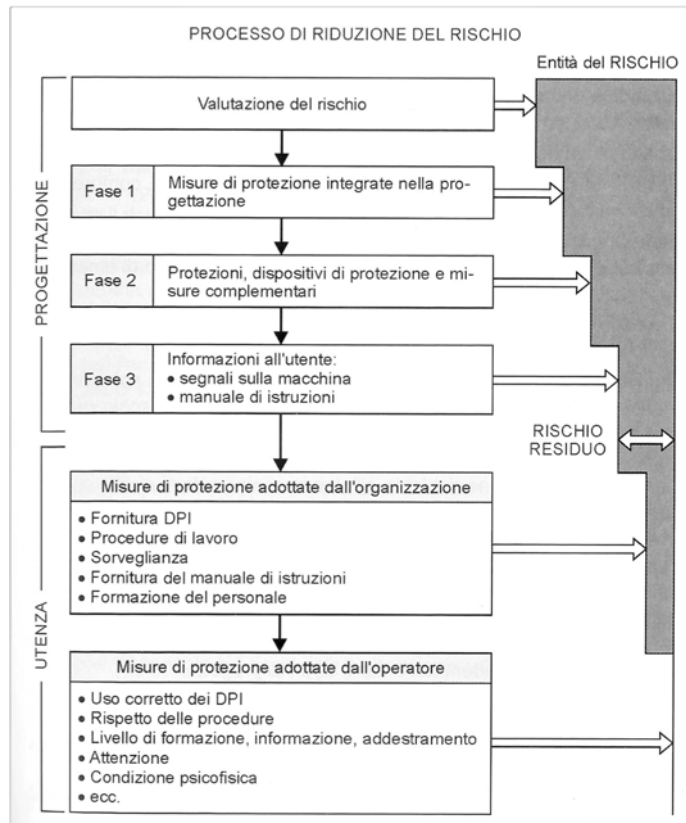


Figura 34 - Processo di riduzione del rischio: analisi dettagliata di come le misure adottate intervengano sul rischio residuo (tratta dal testo di Enrico Grassani "Sicurezza sulle macchine", Ed. Delfino, 5ª edizione, 2012)

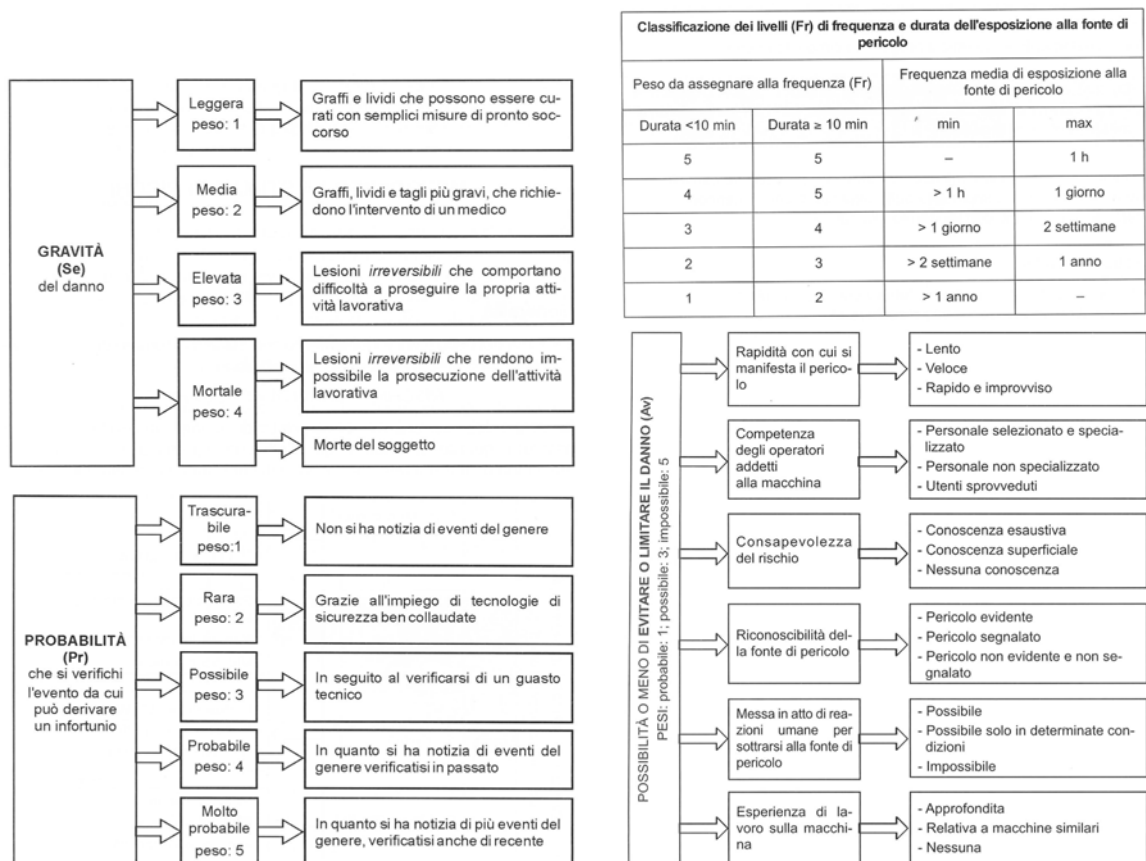


Figura 35 - Indici usati per la valutazione dei rischi con il metodo ibrido (tratti dal testo di Enrico Grassani "Sicurezza sulle macchine", Ed. Delfino, 5ª edizione, 2012)

In questo tipo di valutazione del rischio si considera la gravità del danno dovuto all'incidente ("Se", da "Severity"), la frequenza di esposizione dell'operatore al pericolo ("Fr", da "Frequency"), la probabilità che si verifichi l'evento che può provocare il danno ("Pr", da "Probability") e la possibilità di evitare o limitare il danno ("Av", da "Avoidance"). La somma dei parametri Fr, Pr ed Av, fornisce all'analista la cosiddetta "classe" ("Cl", da "Class") che racchiude cioè in un unico parametro numerico le valutazioni fatte sui parametri di cui è costituita: essa ha un valore che varia da 3 a 15 e confrontando il suo valore con quello della gravità si ottiene una priorità di intervento per quello specifico rischio.

PONDERAZIONE DEL RISCHIO					
Gravità Se	Classe di probabilità $Cl = Fr + Pr + Av$				
	3 ÷ 4	5 ÷ 7	8 ÷ 10	11 ÷ 13	14 ÷ 15
4	/	/	/	/	/
3	/	/	/	/	/
2	/	/	/	/	/
1	/	/	/	/	/

	Necessarie misure tecnologiche di riduzione del rischio
	Raccomandabile un'ulteriore riduzione del rischio
	Rischio adeguatamente ridotto

Figura 36 - Ponderazione del rischio e definizione della priorità di intervento (tratto dal testo di Enrico Grassani "Sicurezza sulle macchine", Ed. Delfino, 5^a edizione, 2012)

Dalla valutazione dei rischi allegata a questa tesi, si può notare come ci sia una preponderante presenza di rischi prettamente di tipo meccanico-fisico, dovuta alla vetustà delle macchine stesse. Per questo motivo, sono stati scelti diversi tipi di ripari in funzione della zona in cui essi sono installati per venire incontro alle esigenze produttive e funzionali delle macchine.

Risulta di interessante osservazione il piccolo schema proposto dall'autore Enrico Grassani nel suo testo "Manutenzione e sicurezza delle macchine" (Ed. Delfino, 1^a edizione, 2011): esso rappresenta schematicamente le priorità di interesse relativamente alle macchine da costruire o mantenere. Si evidenzia facilmente come il principale obiettivo dell'azienda sia la massimizzazione della produzione, con uno scarso impegno nella sicurezza, mentre la Direttiva pone in primo piano la sicurezza (più che giustamente) ma spesso a scapito della funzionalità della macchina stessa o

con costi difficilmente affrontabili. Questo, molto spesso, comporta la necessità per l’operatore di dover trovare a tutti i costi un modo per bypassare i sistemi di sicurezza, esponendosi ad un rischio non accettabile. Si badi bene che con questo non si giustifica né il comportamento scorretto dell’operatore che bypassa i sistemi di sicurezza, né tantomeno l’azienda che preferisce non investire in sicurezza: è necessario trovare sempre il punto di equilibrio tra funzionalità, costo e sicurezza dell’operatore.

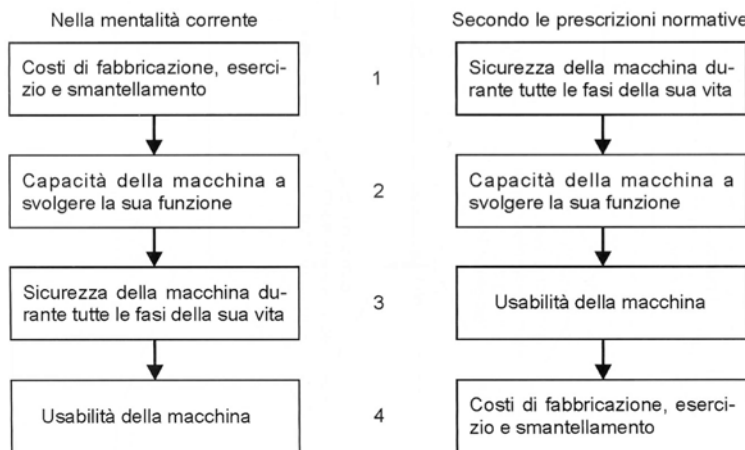


Figura 37 - Priorità d’interesse: confronto tra la mentalità aziendale e le prescrizioni normative (tratto dal testo di Enrico Grassani “Manutenzione e sicurezza delle macchine”, Ed. Delfino, 1^ edizione, 2011)

Riportando nel paragrafo V del presente capitolo tutta la parte di scelta progettuale (inclusa la definizione dei tipi di ripari da adottare, delle distanze delle protezioni, eccetera), si vuole concludere citando brevemente il concetto del modello di sicurezza “Swiss Cheese”. Questo modello consiste nell’adozione di sistemi di sicurezza (tecnologici e organizzativi) tali da non consentire che, pur con qualche possibile violazione od errore umano, non si abbia l’accadimento dell’incidente. Il primo schema rappresenta la formazione di un “percorso” di falle nella sicurezza che portano ad un evento pericoloso; il secondo schema rappresenta la classica situazione di una piccola azienda in cui la cultura della sicurezza è poco presente; il terzo schema rappresenta la classica grande azienda, molto attenta alle procedure, alle normative ed all’affidabilità dei sistemi di sicurezza, oltre che con una grande consapevolezza del rischio.

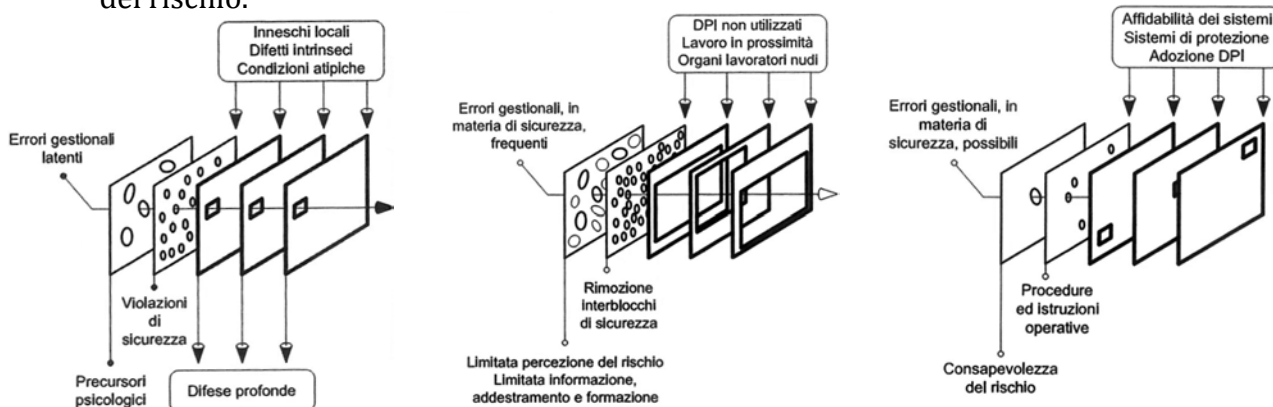


Figura 38 - Modello Swiss-Cheese (tratto dal testo di Marzio Marigo citato in bibliografia)

IV. Risultati dell'analisi e programmazione degli interventi

Dall'osservazione dell'impianto in funzione e dai disegni conservati nell'archivio dell'azienda, si sono ricavate le osservazioni riportate nelle prossime pagine, insieme ai risultati della valutazione del rischio, suddividendo i pericoli di natura meccanica dai pericoli di altra natura. La fase progettuale di individuazione delle caratteristiche richieste dalle protezioni (e con l'individuazione dei prodotti necessari per la realizzazione dell'intervento) è riportata nel paragrafo V del presente capitolo.

i. I rischi non meccanici

In questo impianto il rischio non meccanico preponderante è il rischio chimico, in quanto vi è uso quotidiano di sostanze non pericolose e pericolose; nella prima categoria si possono trovare:

- Colle e sigillanti;
- Detergenti per la pulizia settimanale dei componenti meccanici;
- Intonaci a base acquosa per le motte;
- Rivestimenti refrattari per anime e forme;

Questi prodotti sono utilizzati in diversa misura durante l'arco delle 8 ore lavorative di ogni turno e per questo rappresentano un rischio irrilevante per la salute, a causa anche dell'assenza di sostanze riconosciute come potenzialmente pericolose.

Tra le sostanze pericolose, invece, si utilizzano:

- Resine furaniche, a base di alcool furfurilico (sospette cancerogene, tossiche se inalate, nocive se ingerite o toccate, gravemente irritanti per occhi e pelle);
- Induritori per le resine furaniche a base di acido fosforico, acido solforico e acido p-toluensolfonico (provocano gravi ustioni cutanee e danni oculari);
- Sgrassanti industriali e distaccanti, a base di eptano ed ottano (dannosi se inalati e facilmente infiammabili);
- Intonaci a base non acquosa a base di metanolo, etanolo ed acetone (facilmente infiammabili);
- Svatiati altri preparati a base alcolica o acida, dannosi per l'apparato respiratorio o lesivi per la cute;

L'utilizzo di queste sostanze durante l'intera giornata lavorativa porta ad una esposizione non tollerabile per l'operatore e quindi risulta necessario adottare DPI idonei alla protezione delle vie respiratorie, degli occhi e della cute. Inoltre, il contatto diretto tra resina e induritore in aria porta allo sviluppo di una potente reazione esotermica, con la produzione di vapori dannosi per la salute. Per limitare ulteriormente il numero di lavoratori esposti, la fase di lavoro dalla formatura fino al posizionamento per la colata è eseguita in un unico turno giornaliero di 8 ore (6-14), mentre la colata è eseguita dalle 14 alle 22.

Classificazione e indicazioni di pericolo:		
Cancerogenicità, categoria 2	H351	Sospettato di provocare il cancro.
Tossicità acuta, categoria 3	H331	Tossico se inalato.
Tossicità acuta, categoria 4	H302+H312	Nocivo se ingerito o a contatto con la pelle.
Tossicità specifica per organi bersaglio - esposizione ripetuta, categoria 2	H373	Può provocare danni agli organi in caso di esposizione prolungata o ripetuta.
Irritazione oculare, categoria 2	H319	Provoca grave irritazione oculare.
Irritazione cutanea, categoria 2	H315	Provoca irritazione cutanea.
Tossicità specifica per organi bersaglio - esposizione singola, categoria 3	H335	Può irritare le vie respiratorie.

Figura 39 - Estratto della scheda di sicurezza di una delle resine furaniche utilizzate in fonderia, contenente dal 25% al 67,5% di Alcool Furfurilico, alla quale gli operatori restano esposti per 8 ore al giorno (ogni turno)

Dalla valutazione del rischio specifica, il rischio d'incendio è stato definito “medio” in quanto sono state adottate soluzioni tecniche e procedurali per evitare l'innescio di incendi: tra queste, si trova la differenziazione dei bocchettoni di alimentazione dei silos contenenti resine ed induritori, la separazione fisica dei bacini di contenimento degli stessi ed una grande disponibilità di mezzi di soppressione dell'incendio in caso una di queste protezioni fallisse (estintori, idranti, squadra antincendio interna h24, sistema di allarme antincendio, ecc.).

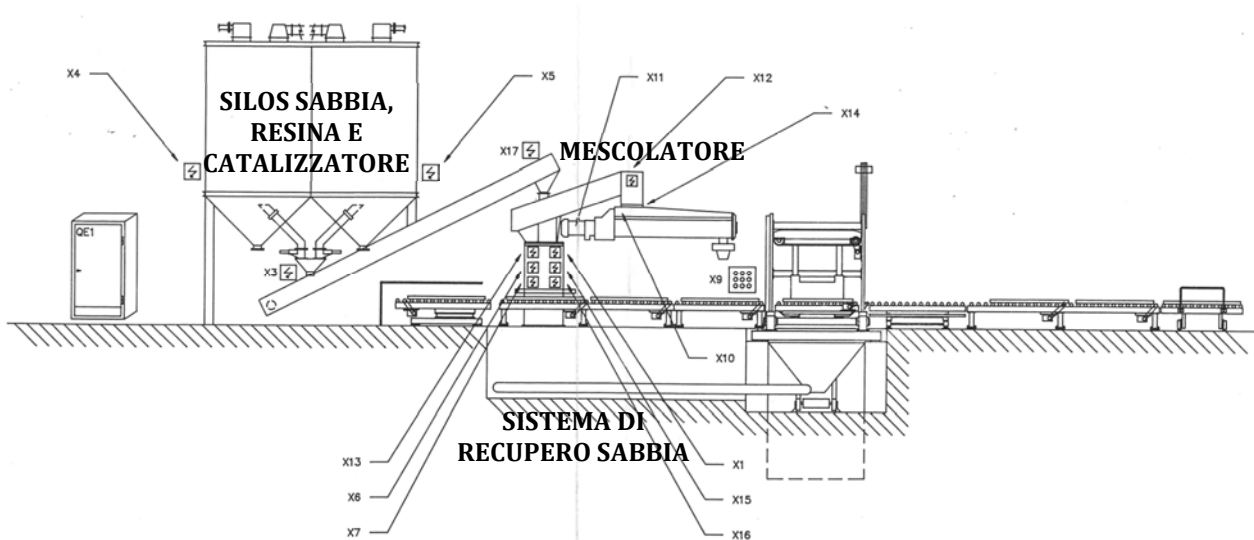
Non sono presenti rischi derivanti da vibrazioni, esposizione elettromagnetica o sovraccarico osteoarticolare dovuto alla movimentazione manuale dei carichi (quest'ultimo problema è stato brillantemente risolto mediante l'uso di macchinari per il sollevamento automatico delle motte, mentre il comfort ergonomico è garantito dall'altezza del piano di lavoro e dalla posizione assunta dagli operatori durante l'esecuzione della lavorazione). Inoltre, dalle valutazioni specifiche eseguite, non sono emersi pericoli derivanti dal microclima o dall'esposizione a radiazioni ottiche artificiali (R.O.A.).

Un rischio non irrilevante è rappresentato dal rumore, non tanto emesso dall'impianto stesso ma derivante dall'ambiente in cui questo è posizionato: infatti, la vicinanza all'impianto automatico dotato di formatrice ad alta pressione, distaffatore e granigliatrice a tamburo, comporta un livello di rumore superiore alla soglia consentita di 87 dB(A). Per tale motivo è stata adottata una ferrea politica riguardo l'uso di DPI otoprotettivi entro tutta l'area di produzione.

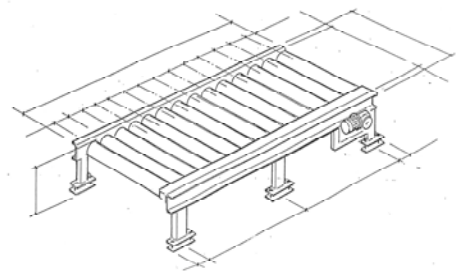
Nella zona di formatura e verniciatura sono obbligatori guanti specifici antiacido, mentre la maschera semifacciale con filtro è obbligatoria solo nella zona di formatura. Nelle restanti zone sono obbligatori elmetto protettivo, scarpe antinfortunistiche alte (con protezione anticalore nell'area di colata), mascherine antipolvere, guanti antitaglio, occhiali protettivi e tappi auricolari o cuffie antirumore. Nella zona di colata, a questi DPI vanno aggiunti obbligatoriamente la visiera anticalore, giacca e pantaloni ignifughi, guanti anticalore e mascherina per vapori.

ii. *I rischi meccanici, fisici ed elettrici*

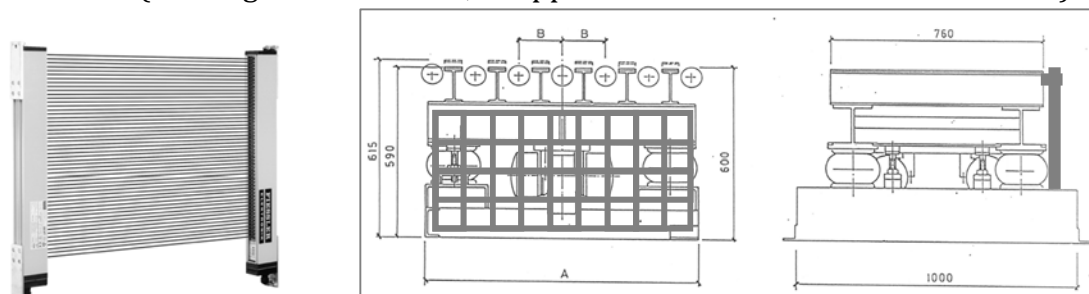
Per dettagliare in modo adeguatamente chiaro al lettore le singole peculiarità (in termini di pericolo) per ciascuna macchina, verranno riportati di seguito alcuni disegni originali delle macchine stesse.



Partendo dalla zona di formatura, la prima macchina incontrata è il mescolatore con il sistema di rulliere: il mescolatore è costituito da un doppio nastro trasportatore che estrae la sabbia dai silos e la trasporta fino alla bocca di carico della camera di mescolazione. All'interno di quest'ultima è presente un albero mescolatore che miscela la sabbia con la resina ed il catalizzatore; il composto viene poi usato per riempire le casse trasportate dalle rulliere motorizzate. Il pericolo principale per gli operatori che operano in questa stazione è il contatto con organi in movimento, tra i quali i rulli rotanti, la cassa stessa trasportata dalle rulliere ed il braccio del mescolatore. La conseguenza prevedibile per il contatto con una parte in movimento della rulliera (con un rullo o con la cassa in movimento) varia

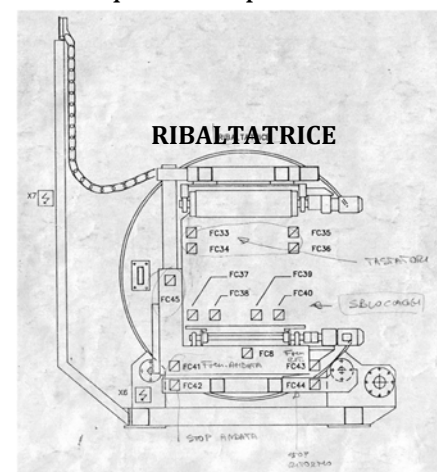


dalla semplice abrasione (evitabile mediante uso di guanti protettivi) allo schiacciamento della mano o del piede tra due rulli o tra un rullo e la cassa transitante. Non potendo prevedere una protezione rigida per evitare questo contatto (pena l'inutilità della macchina stessa) si è reso necessario adottare, nella direzione principale di accesso alla macchina, una tipologia di barriera invisibile ad occhio nudo, detta "barriera fotoelettrica" basata su un dispositivo emettitore ed uno ricevitore, tra i quali si crea una cortina di raggi laser distanziati tra di loro di una distanza detta "risoluzione" (nella figura sottostante, è rappresentata a sinistra). In questo modo, quando la rulliera posiziona la cassa da riempire nella postazione di riempimento e l'operatore si reca verso la stessa, intercetta la cortina di sicurezza e la interrompe; di conseguenza, il PLC rileva un segnale di intervento del dispositivo di sicurezza ed interrompe le funzioni pericolose della macchina (quindi la rotazione dei rulli). Restano abilitate le funzioni di movimentazione del braccio del mescolatore e la vibrazione della tavola di supporto per la funzione di compattamento della sabbia. Proprio quest'ultima, per la sua caratteristica funzione vibrante, presenta un rischio di schiacciamento dei piedi tra la struttura fissa e la parte mobile. Per questo motivo, è stata prevista l'installazione di una griglia fissa (rimovibile con attrezzature specifiche in caso di manutenzione) che protegge i piedi dell'operatore durante la lavorazione (nella figura sottostante, è rappresentata schematicamente a destra).



L'estensione della barriera fotoelettrica lungo tutta la zona di formatura consente di proteggere l'operatore anche nel caso in cui lo stesso acceda nella zona in cui si trovano le rulliere rotanti, zona particolarmente pericolosa in quanto l'operatore potrebbe trovarsi tra una rulliera e l'altra quando queste sono posizionate perpendicolarmente, rimanendo schiacciato quando le stesse ritornano parallele.

Procedendo nella linea produttiva, si arriva alla zona della ribaltatrice: intorno ad essa sono attualmente presenti le griglie previste dal progetto originale, di altezza insufficiente però per la normativa attualmente vigente. Inoltre, essendo le rotaie del carrello trasfere un punto per il passaggio da una parte all'altra dell'impianto,



attraverso di esse è possibile raggiungere un lato della ribaltatrice non protetto da griglie (il lato di scarico verso il carrello automatico). Per impedire l'accesso a tale zona, attualmente sono installati due cancelli provvisti di interblocco non a trattenuta, dalla funzione di protezione praticamente inesistente; il disegno originale, da cui si può facilmente dedurre il perché dell'ultima affermazione, è riportato di seguito:

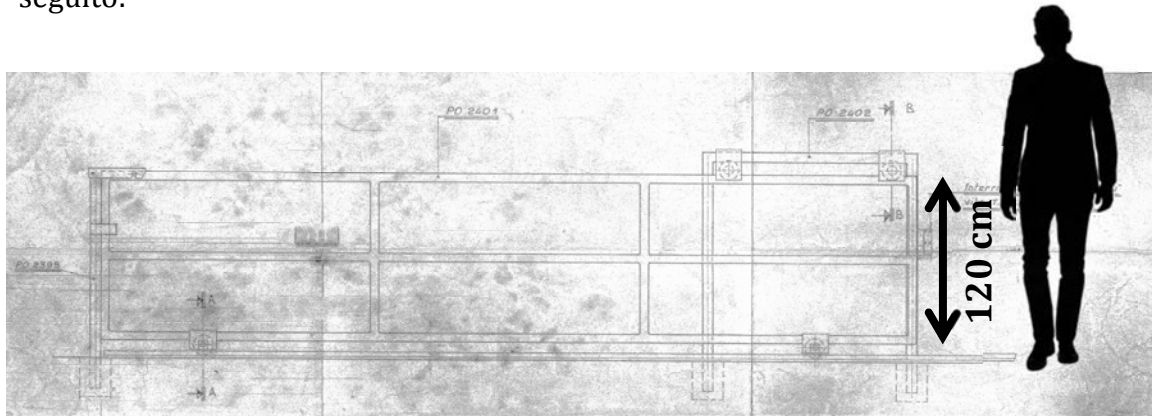
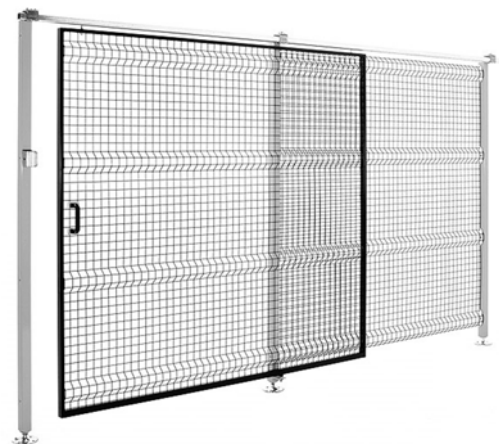


Figura 40 - I cancelli originali hanno un'altezza pari a circa 120 cm, insufficienti dal punto di vista di tutela degli operatori ed inoltre sprovvisti di protezioni inferiori adatte a tutelare l'operatore da eventuali danni agli arti inferiori.

La soluzione a questo problema risulta decisamente radicale e consiste nell'eliminazione completa delle griglie attualmente installate e l'installazione di nuove griglie a distanza corretta e con maglie sufficientemente strette, unite a nuovi cancelli scorrevoli o ad anta provvisti di interblocco nelle posizioni di passaggio. Questa soluzione consente un notevole risparmio anche sull'adeguamento dei carri di trasferimento, in quanto non risulta più necessario dotarli di laser scanner²⁰ anteriori e posteriori, in quanto è l'accesso stesso al loro percorso a rappresentare un blocco di sicurezza. A fianco, viene riportato uno dei moltissimi prodotti disponibili in commercio costituito da un sistema modulare con reti e montanti a cui è possibile aggiungere cancelli, ante e quant'altro con qualsiasi forma e dimensione.



L'accesso alle parti pericolose delle macchine, rimane comunque problematico durante le operazioni di manutenzione, in cui il manutentore opera con griglie e carter smontati per effettuare riparazioni o pulizia. Tale problema si può risolvere con una soluzione più organizzativa che tecnica: infatti, l'azienda è provvista di una

²⁰ Una valida alternativa ai sistemi scanner, poteva essere l'installazione di interruttori a fune, i quali però dato il peso trasportato ed il basso attrito provocato dal movimento su rotaie, potrebbero non garantire la fermata del carro ad una distanza di sicurezza sufficiente dall'operatore stesso.

procedura che prevede l'apposizione di cartelli recanti le scritte “Manutenzione in Corso” e “Non agire sul quadro comandi!” su tutti i punti di comando della macchina, oltre alla disalimentazione completa della porzione in riparazione ed il suo isolamento da tutte le fonti di energia secondarie (olio, acqua, aria, metano, ecc.). Inoltre, è stato da poco applicato in alcuni reparti un metodo detto Lock Out/Tag Out che prevede l'utilizzo di blocchetti a chiave da installare sull'interruttore generale dell'impianto in riparazione, il cui sblocco è possibile solo quando vengono rimossi tutti i lucchetti appartenenti ciascuno ad un diverso manutentore. In tale modo, non è possibile agire sul quadro di comando fino a che tutti i manutentori non hanno dato il proprio benestare al riavvio della funzione pericolosa.



Figura 41 - Esempi di dispositivi per la procedura Lock Out/Tag Out

Procedendo verso la restante porzione d'impianto, si è evidenziata la necessità per gli operatori di poter accedere alle motte appena posate sul nastro prima della fase di verniciatura. Attualmente questo veniva fatto tramite una piccola scaletta posata a bordo nastro, senza alcun dispositivo di blocco di sicurezza: per risolvere tale questione, è stata prevista l'installazione di una scala più solida e di un pianerottolo di sbarco in cui è posizionata una barriera fotoelettrica, la cui attivazione genera il blocco del movimento del nastro. In tale maniera, l'operatore non è obbligato ad aprire un cancello anche solo per osservare se è necessario il suo intervento.

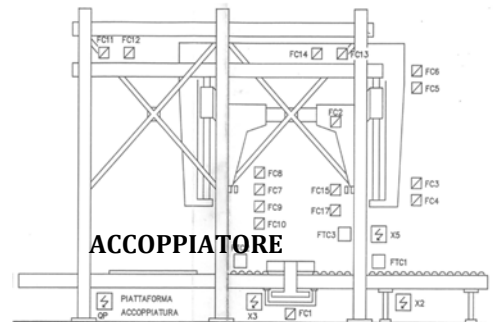


Il problema principale emerso dalla valutazione dei rischi di questo impianto, è emerso dalla stazione di verniciatura: la necessità per l'operatore di effettuare la lavorazione molte volte in breve tempo rende impossibile l'adozione di un riparo mobile, mentre il gocciolamento e gli schizzi di vernice renderebbero le barriere fotoelettriche inservibili in pochi giorni. L'unica soluzione

adottabile per mettere in sicurezza l'operatore durante la presa e la rotazione della motta fino al posizionamento sopra alla vasca di raccolta, è l'installazione di una pedana



sensibile alla pressione. Nella figura è rappresentato uno dei molti prodotti di questo tipo disponibili sul mercato, spesso forniti anche con misure e finitura su specifica del cliente. Tali dispositivi funzionano come un microinterruttore posizionato tra due lamine: il peso dell'operatore sopra la lamina superiore ne provoca l'abbassamento ed il contatto con quella inferiore, condizione rilevata dal controllore di sicurezza dell'impianto che blocca tempestivamente l'azione pericolosa della macchina. Nell'area di ramolaggio e accoppiamento, si è deciso di proseguire con l'installazione di porzioni di griglie fisse e barriere fotoelettriche, per consentire agli operatori il frequente accesso all'area di lavorazione. In particolare, l'accesso alla piattaforma di ramolaggio è protetto da barriere fotoelettriche, così come l'accesso alla zona di lavoro dell'accoppiatore, mentre l'accesso nel punto di accoppiamento (subito dopo l'accoppiatore) ed alla zona di colata è regolato mediante cancelli interbloccati.



Nel passaggio sopraelevato sopra ai nastri, che funge anche da via d'esodo in caso d'emergenza, l'uscita degli operatori dal lato del reparto di fusione a mano è protetta da un cancello con apertura ad anta dotato di interblocco e maniglione antipánico, in modo da essere rispondente alle richieste dei Vigili del Fuoco in merito alle vie d'esodo²¹. La zona di raffreddamento e convogliamento verso il distaffatore è protetta dall'accesso mediante griglie fisse lungo tutta la lunghezza del nastro. Il distaffatore deve essere messo a norma mediante l'installazione di interblocchi sulle porte, per evitare che l'operatore si esponga direttamente alle vibrazioni del piano in funzione, e mediante l'installazione di un cancello interbloccato nella zona di uscita delle piattine, in cui è presente una rulliera che smista automaticamente le piattine vuote e le piattine che trasportano una motta da distaffare.

Dal punto di vista elettrico, l'impianto è alimentato mediante impianto elettrico conforme alle norme CEI e ciascun componente è protetto con interruttori magnetotermici dedicati. La manutenzione elettrica è eseguita solo da personale autorizzato, mentre il controllo dell'impianto è eseguito mediante un pannello sinottico che indica lo stato di ciascuna macchina. L'attuale pannello permette un controllo prettamente visivo, mentre a seguito dell'intervento sarà installato un monitor touchscreen per consentire la visualizzazione dei dati di funzionamento ed intervenire su ciascun componente direttamente dal pannello stesso.

²¹ D.M. 03/11/2004, "Disposizioni relative all'installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d'incendio".

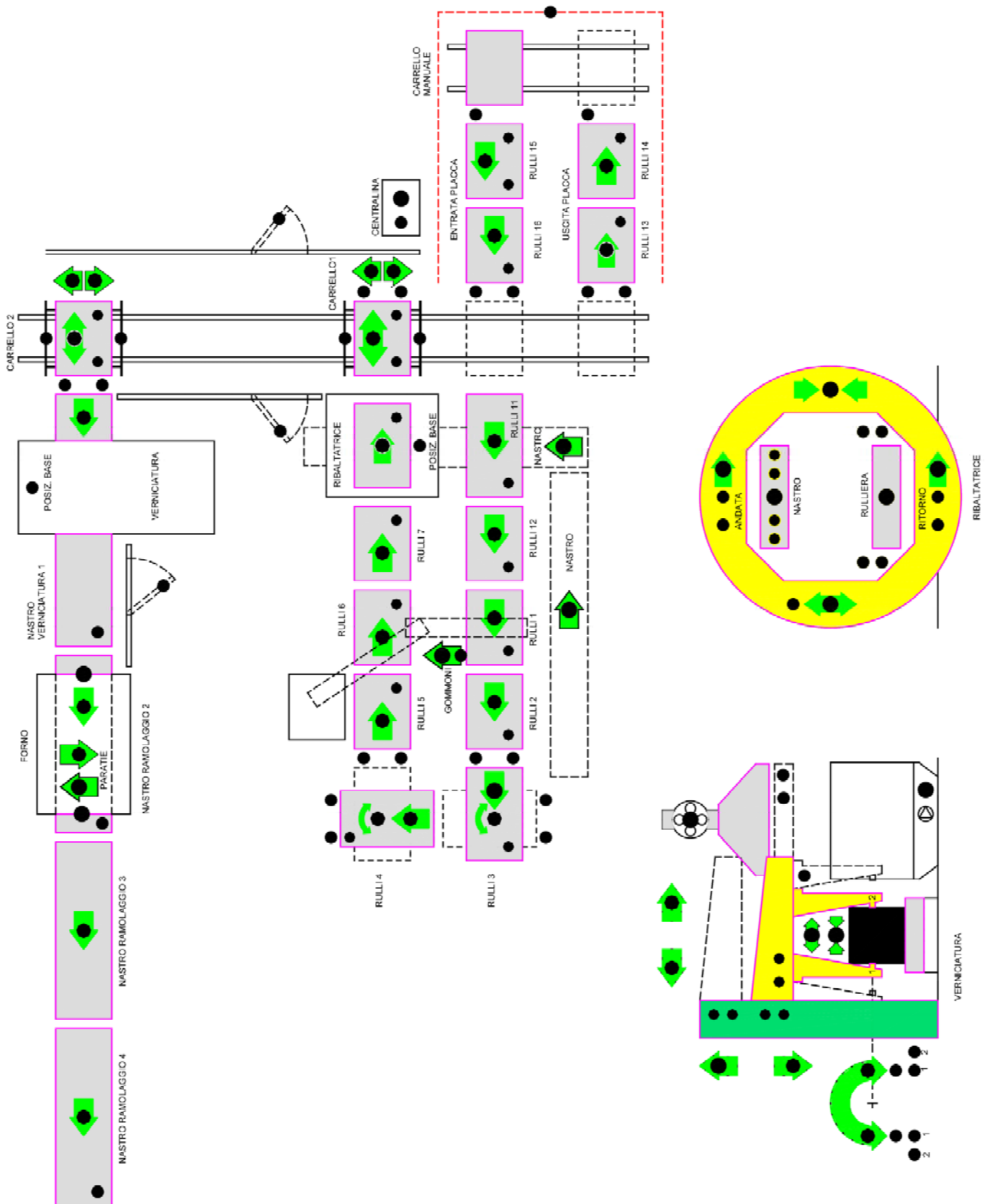


Figura 42 - Pannello sinottico attualmente installato sul quadro elettrico principale

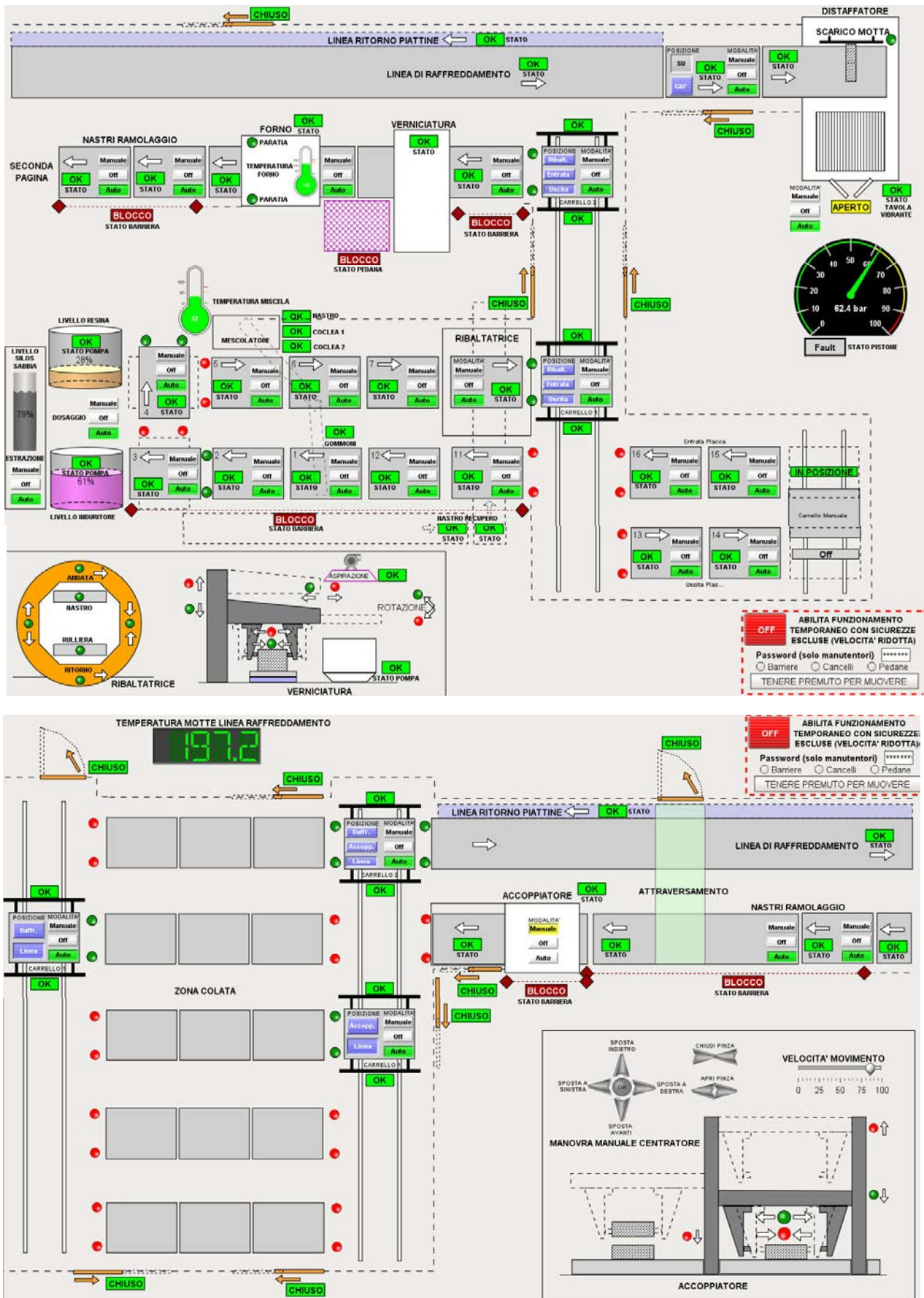


Figura 43 - Nuovo pannello digitale di controllo e comando (SCADA) disegnato in bozza per questa tesi dall'autore stesso, tramite il software Ignition Designer della software-house americana Inductive Automation.

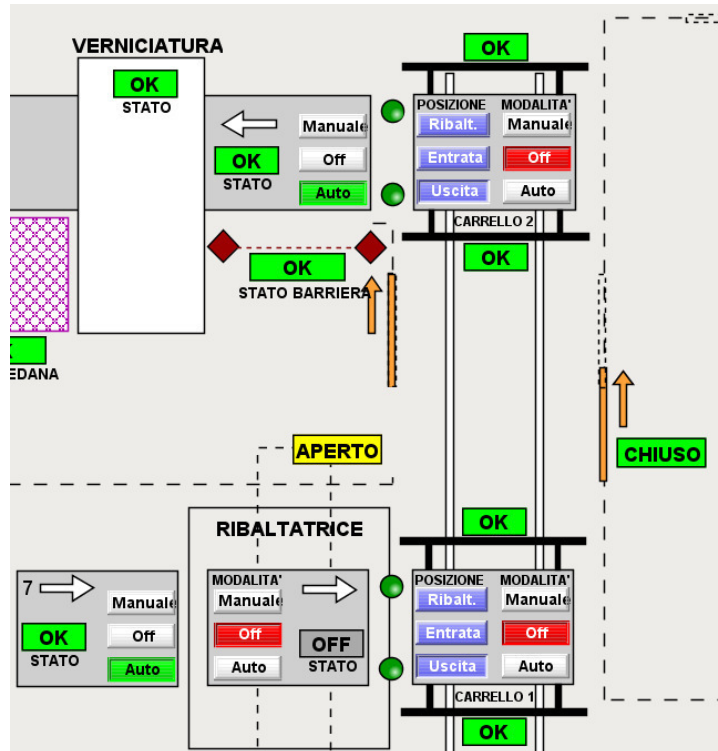


Figura 44 - Simulazione di intervento sicurezze per apertura cancello (blocco dei carrelli e della ribaltatrice)

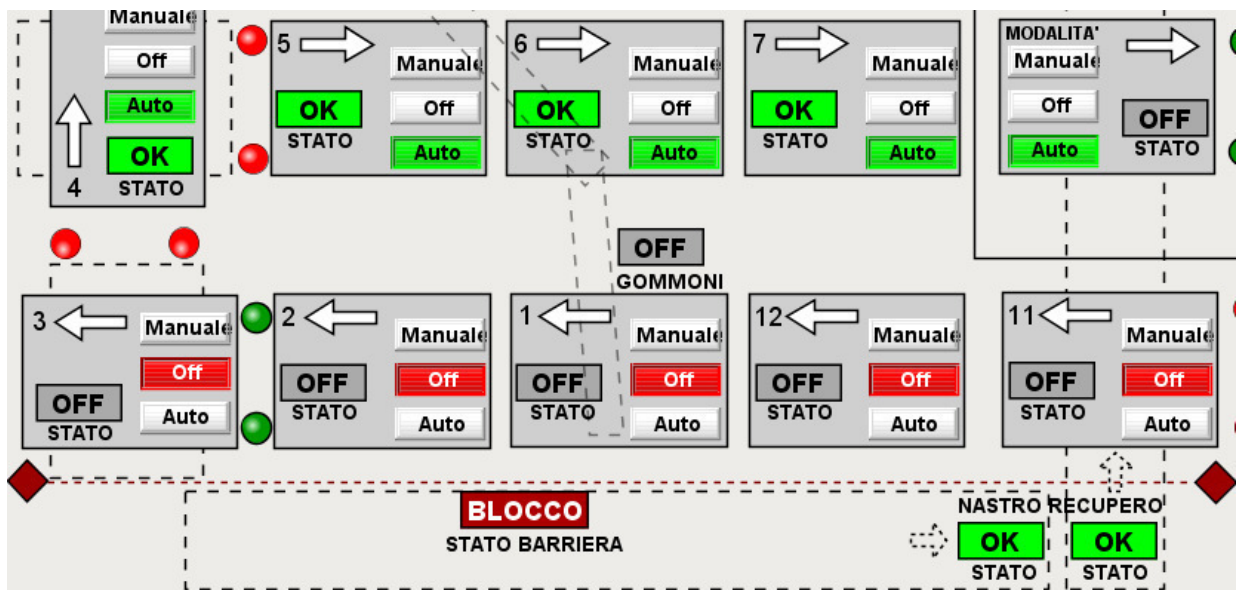


Figura 45 - Simulazione di intervento sicurezze per rilevazione di presenza da parte della barriera ottica (blocco delle rulliere raggiungibili e del carrello)

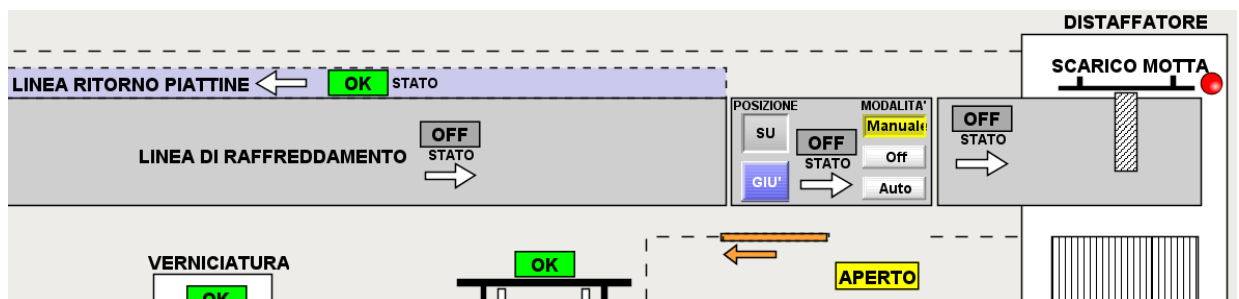


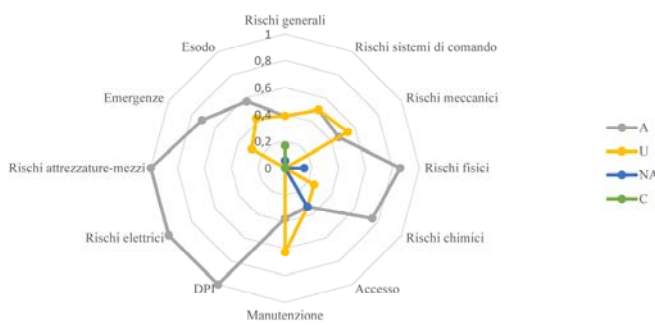
Figura 46 - Simulazione di intervento sicurezze per apertura cancello sulla rulliera smistatrice per operazione di pulizia manuale della piattina (blocco linea raffreddamento, smistatrice e rulliera ingresso distaffatore)

iii. I rischi dovuti all'assemblaggio di macchine

Per quanto progettate e costruite tutte dalla stessa azienda, le macchine dell'impianto a motte provocano comunque una serie di pericoli non indifferente a causa del loro assemblaggio in una linea. Si possono citare, ad esempio, il pericolo derivante dalla rulliera che smista le piattine: presa singolarmente, questa macchina può esporre l'operatore solo al pericolo di schiacciamento degli arti superiori o inferiori tra la stessa ed una parte fissa, ma se la si considera inserita all'interno della linea di raffreddamento la situazione cambia notevolmente. Si prenda in considerazione un intervento di manutenzione straordinaria di enorme facilità, come l'ingrassaggio di una catena della linea di ritorno delle piattine verso la zona di colata: in questo caso, come previsto dalla procedura di manutenzione adottata in azienda, viene bloccata e disalimentata la linea di ritorno, pur rimanendo invece funzionante la linea superiore di alimentazione del distaffatore (per la continuità della produzione). Quando l'operatore si trova a fianco della rulliera inferiore, intento all'ingrassaggio del componente è possibile che, per un banalissimo errore di programmazione, la smistatrice si abbassi comunque e scarichi in ogni caso la piattina vuota esattamente sopra le mani del manutentore, causandogli nel migliore dei casi svariate fratture alle mani, ai polsi ed agli avambracci.

Con questo semplice esempio è stato dimostrato come qualsiasi macchina, se considerata solo singolarmente, risulta a prima vista sicura celando però alcuni rischi concreti derivanti dall'accoppiamento con altri dispositivi.

Per questo motivo, si vuole dare evidenza in questo sottoparagrafo di quale fosse il punteggio ottenuto dall'impianto con la modalità riportata nel paragrafo III di questo capitolo. Il punteggio ottenuto dall'impianto in fase di studio prima dell'esecuzione dell'intervento di messa a norma è del 60,48%, ben inferiore all'80% minimo



richiesto. Si può notare un ottimo punteggio per quanto riguarda la gestione dei rischi elettrici e l'uso di DPI, ma un pessimo punteggio nella gestione dei rischi meccanici, nelle emergenze e nella manutenzione. Nel paragrafo V del presente capitolo è riportato il punteggio a seguito dell'intervento.

$$Y = \frac{50}{A} + \frac{30}{U} + \frac{3}{C} + \frac{0.5}{0.5*EXTRA} = 83.5$$

$$OVERALL SCORE = \left(\frac{50}{A} + \frac{0.5}{0.5*EXTRA} \right) \div \frac{83.5}{Y} = 60.48$$

- ⊗ R ≤ 70%
- ⦿ 70% < R < 80%
- ⊙ R ≥ 80%

iv. Documentazione fotografica di supporto

Vengono riportate di seguito alcune foto scattate all'impianto, in cui si evidenzia lo stato attuale e si riportano in viola (barriere), verde (reti) e azzurro gli interventi presentati.



Zona di formatura con mescolatore, rulliere, piano vibrante e silos sabbia e resine



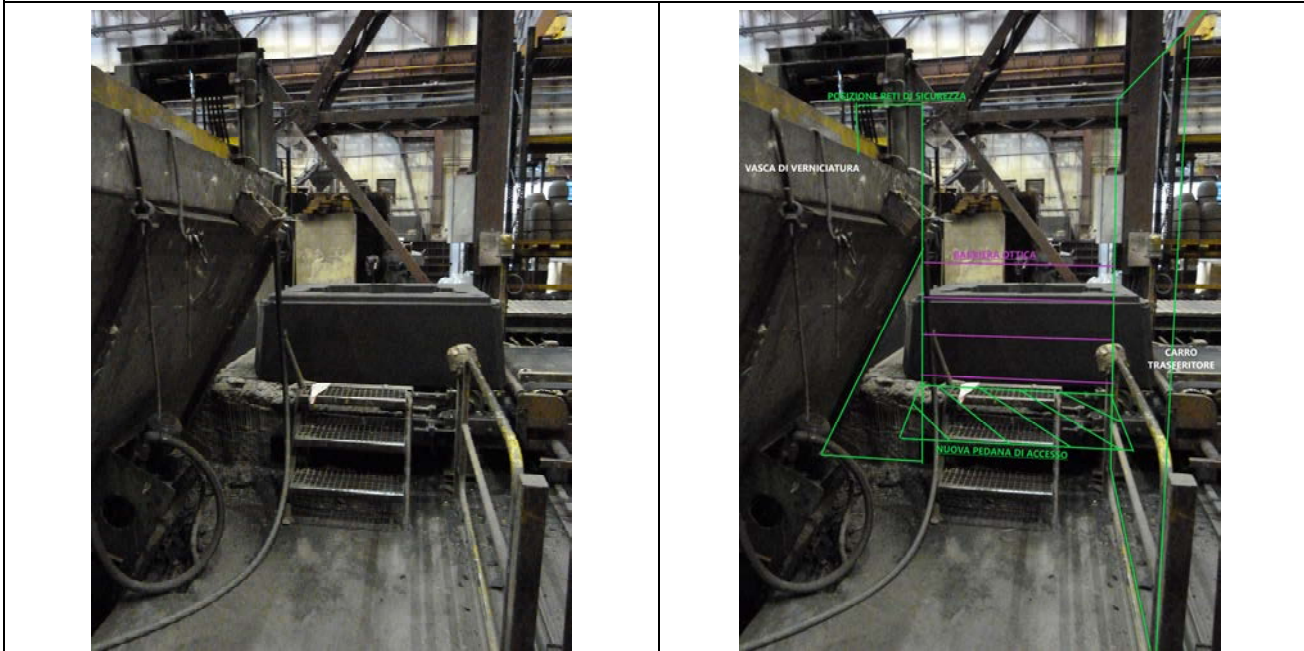
Zona di formatura con vista della postazione di lavoro



Carrello trasferitore della zona di formatura e ribaltatrice sullo sfondo



Carrello trasferitore zona di formatura con distaffatore sullo sfondo



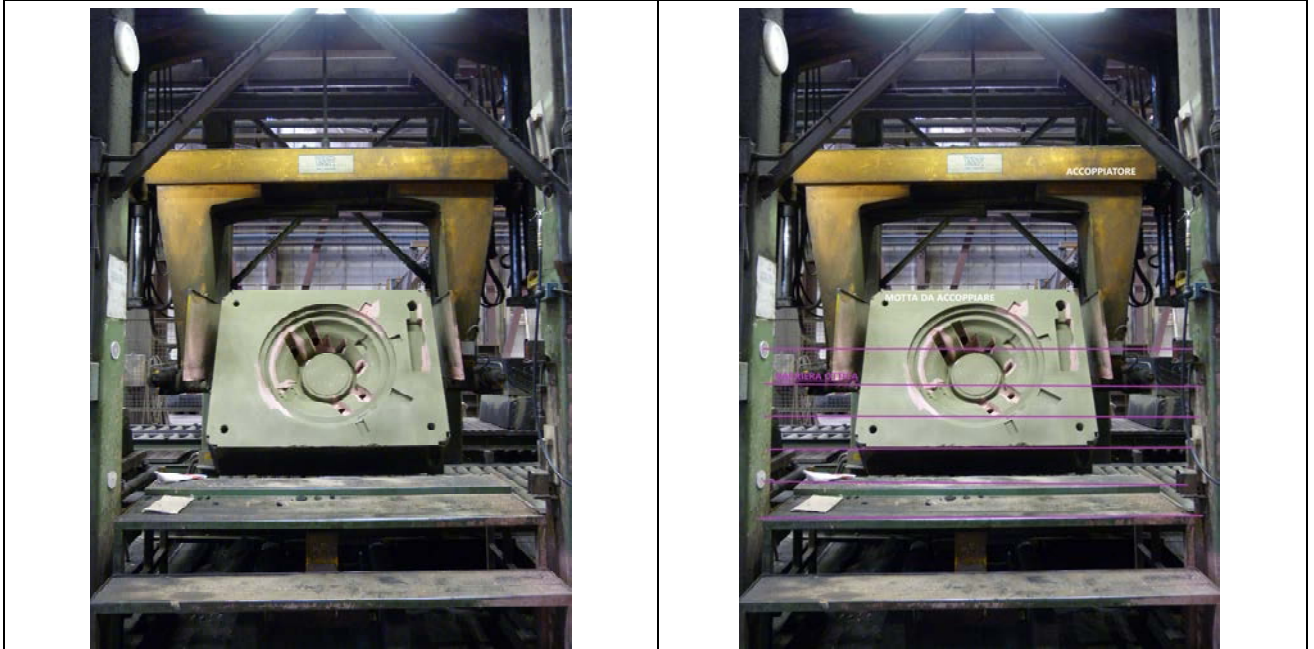
Particolare dell'accesso "improvvisato" alla zona di scarico prima della verniciatura



Stazione di verniciatura



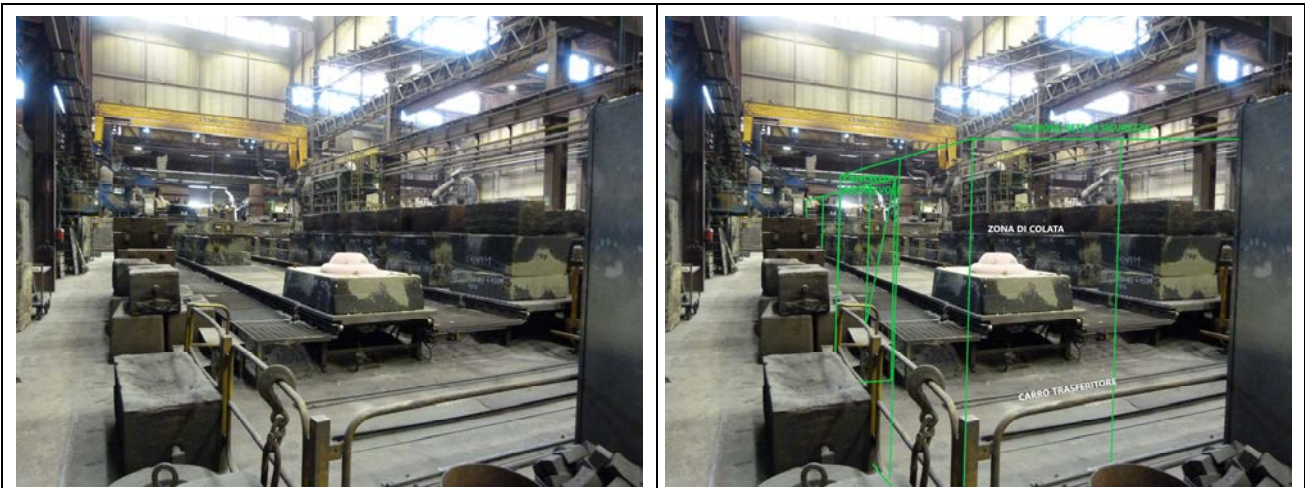
Rulliere in uscita dal tunnel di essiccazione (zona di ramolaggio)



Accoppiatore con semimotta sollevata



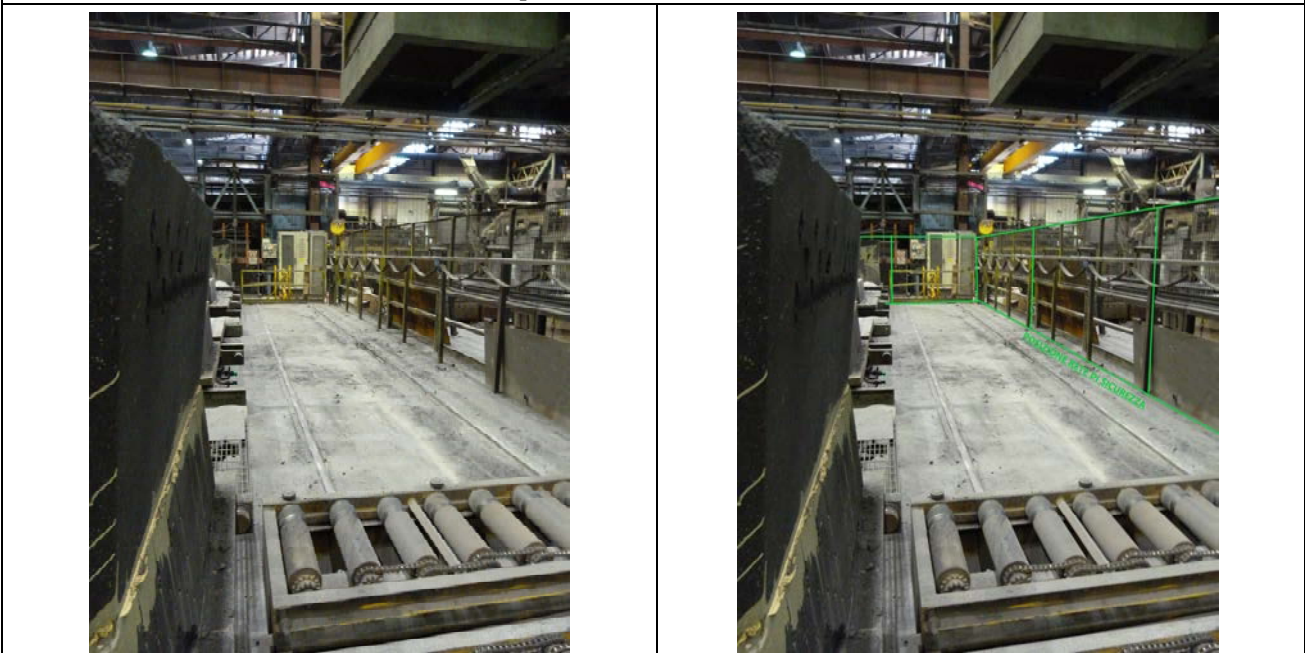
Carrello trasferitore della zona di colata con motta da trasferire sulle rulliere di colata



Zona di colata con cancelli d'accesso per il personale



Vista del reparto forni dalla zona di colata



Carrello trasferitore della linea di raffreddamento, confinante con il reparto forni



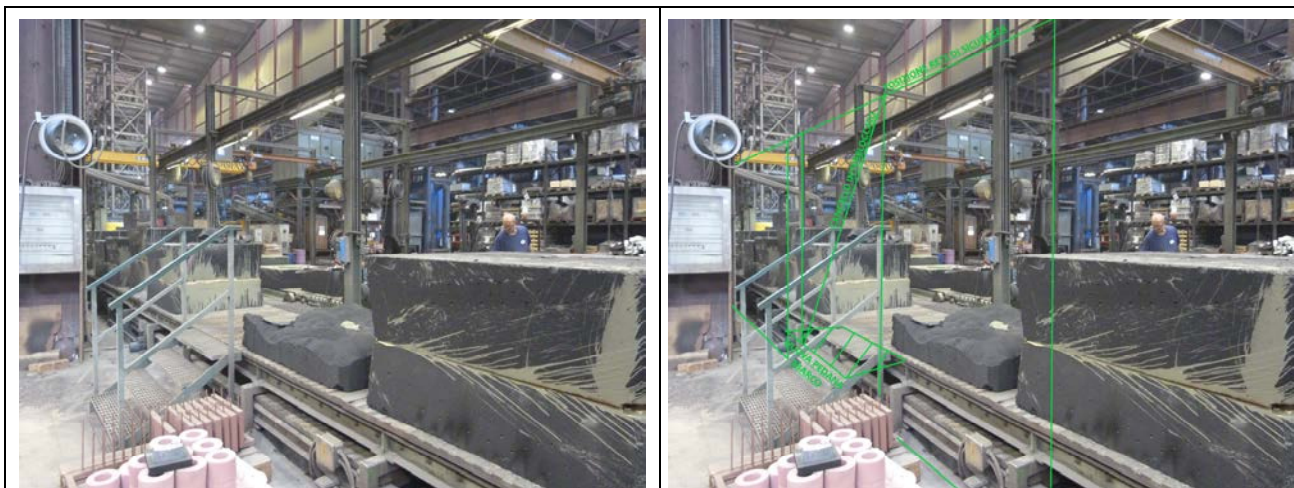
Inizio della linea di raffreddamento



Linea di raffreddamento, verso il distaffatore



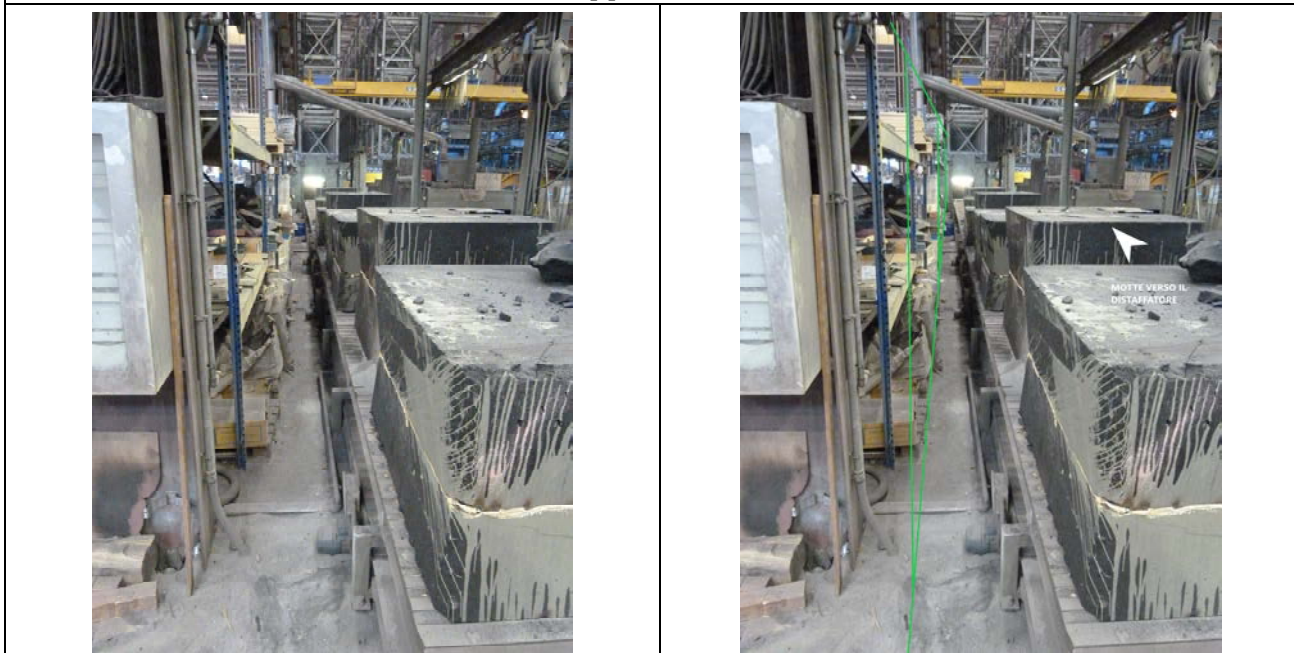
Vista dell'accoppiatore dalla linea di raffreddamento e vista della linea di ritorno piattine



Linea di raffreddamento con via d'esodo



Vista delle due linee contrapposte dalla linea di raffreddamento



Linea di raffreddamento verso il distaffatore



Piattine vuote da immettere nella linea di ritorno, in prossimità del distaffatore



Ingresso del distaffatore, dalla zona di smistamento piattine



Interno del distaffatore visto dalle porte frontali

V. Progetto esecutivo degli interventi ed individuazione dei prodotti

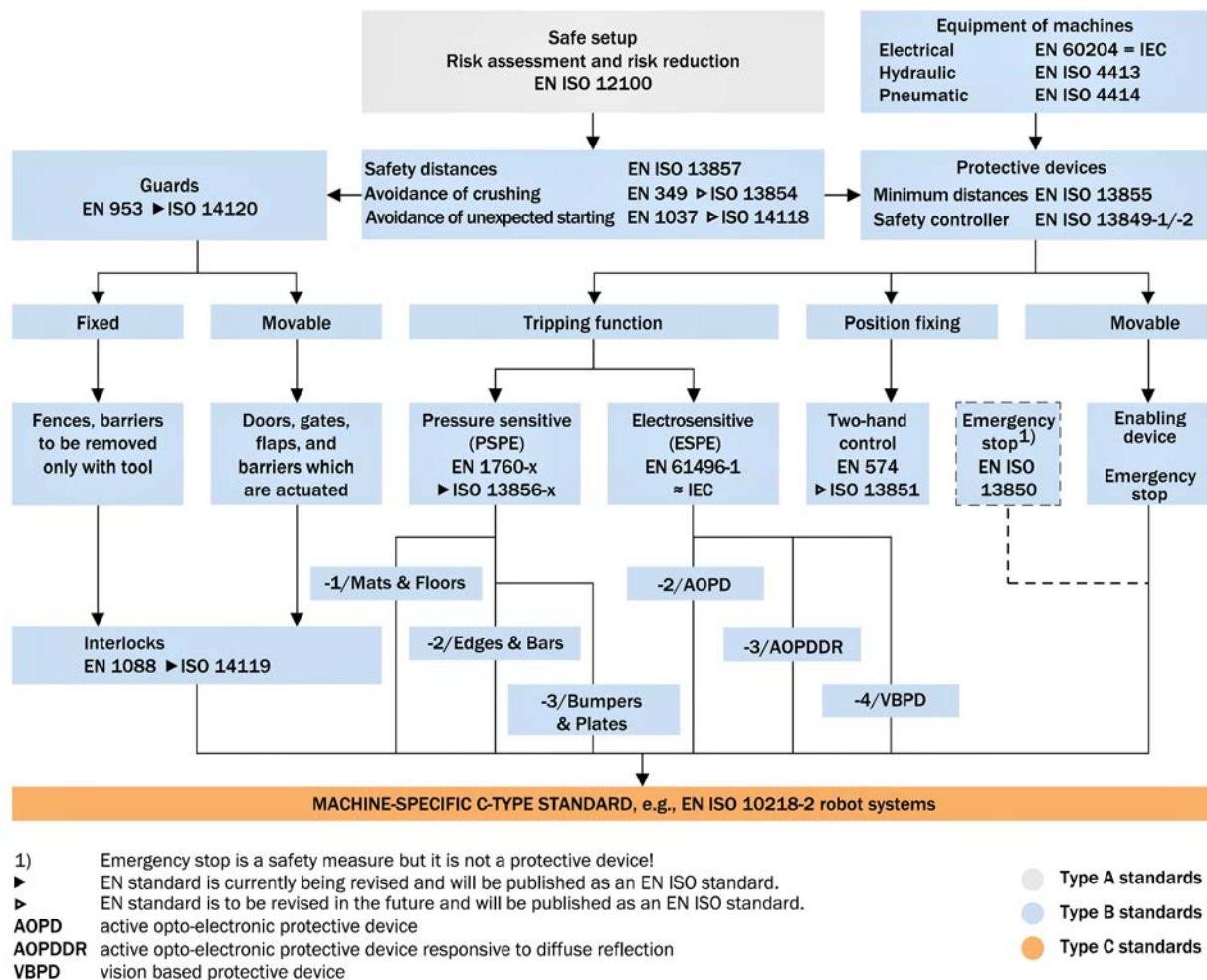


Figura 47 - Norme armonizzate di riferimento per tutti i dispositivi di sicurezza (tratto dalla guida Safe Machinery pubblicata dalla Sick)

Qualsiasi prodotto, per essere ritenuto sicuro e poter circolare liberamente in Europa, deve rispondere ad una serie ben precisa di requisiti di sicurezza riportati nella corrispondente norma relativa a quel tipo di prodotto: tali norme sono divise in Tipo A, Tipo B e Tipo C, rispettivamente passando dalla norma generica alla specifica. Le norme di Tipo C sono relative ad una ben determinata categoria di macchine, mentre le norme di Tipo B riguardano una precisa categoria di dispositivi definiti appunto “dispositivi di sicurezza”. Si è voluto riportare tale schema all’inizio di questo paragrafo in quanto risulta utile ricordare che ci sono ben 3 livelli normativi a cui ci si deve riferire durante la progettazione del sistema di sicurezza di una macchina o di un impianto.

Partendo dalla soluzione più semplice in assoluto, si trovano i ripari: un riparo è un dispositivo di protezione che ostacola il contatto tra la fonte di pericolo e l’operatore, agendo fisicamente da barriera.

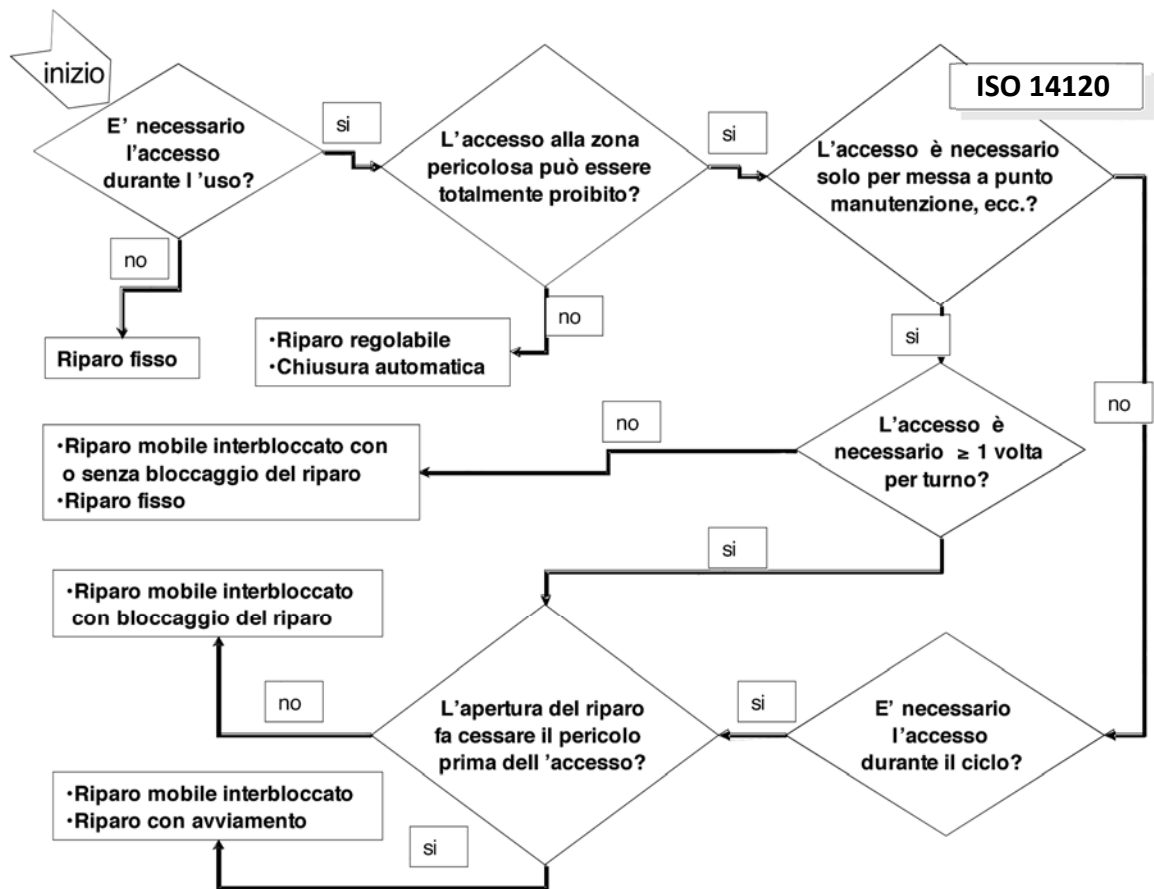
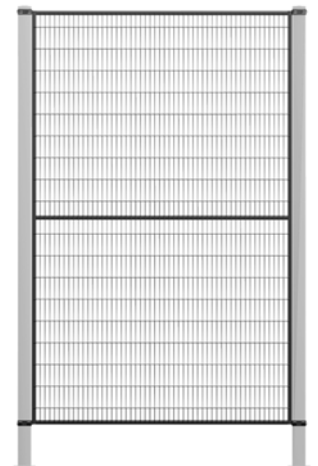
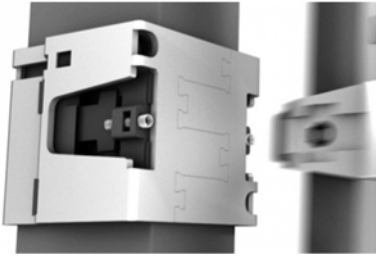


Figura 48 - Schema logico per la scelta del tipo di riparo (tratto dalla Guida ImpresaSicura per le industrie metalmeccaniche)

Nel caso in esame, si pensi di partire dalla normale protezione contro il contatto tra l'operatore ed una parte in movimento, in una zona in cui non è necessario l'accesso se non per scopi di manutenzione: in automatico, lo schema sopra riportato indica la scelta di un riparo fisso. Tale riparo fisso, è costituito da una rete metallica di altezza e magliatura opportuna per impedire l'accesso con determinate parti del corpo (la scelta delle quali definisce appunto la distanza a cui la barriera va posizionata dalla fonte di pericolo) e da montanti fissati a terra.

Per questo progetto, sono state considerate barriere fisse prodotte dalla ditta svedese Troax. Il prodotto scelto per quest'applicazione è la barriera fissa modulare Serie Strong, costituita da montanti 60x40 mm a base saldata e pannelli con telaio 19x19 mm e maglia 20x100 mm con filo da 3 mm di diametro (come rappresentato nella figura a destra, per *par condicio* tratta però dal sito dell'azienda italiana Satech, come tutte le seguenti).





Questi prodotti consentono una rapida installazione grazie al loro sistema di fissaggio tra pannello e piantana con clip di aggancio rapido, come si può notare dalla foto riportata a sinistra (sistema di aggancio Rapid Fix di Troax).

La modularità di questi pannelli e la disponibilità di molte misure disponibili, sia in larghezza che in altezza, consente di poter adattare al meglio la recinzione perimetrale all’impianto stesso senza dover ordinare componenti su misura. Per questo progetto, si considerano pannelli di lunghezza 1500 mm per un’altezza di 2050 mm; i montanti, invece, hanno altezza 2200 mm. La distanza a cui tutte le barriere fisse vanno posizionate, calcolata con la norma armonizzata EN ISO 13857, risulta necessariamente maggiore di 120 mm.

Dimensions in millimetres

Part of body	Illustration	Opening	Safety distance, s_r		
			Slot	Square	Round
Fingertip		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 0	≥ 5	≥ 5
Finger up to knuckle joint		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 30	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 40	≥ 80	≥ 80
Hand		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^a$	≥ 120	≥ 120
Arm up to junction with shoulder		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850

The bold lines within the table delineate that part of the body restricted by the opening size.

^a If the length of the slot opening is ≤ 65 mm, the thumb will act as a stop and the safety distance can be reduced to 200 mm.

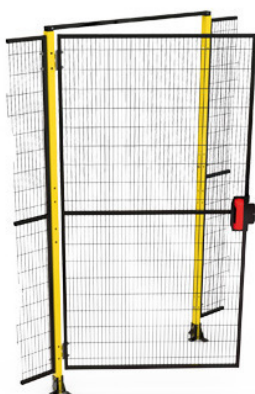
Figura 49 - Tabella 4 estratta dalla EN ISO 13857:2008 per la determinazione della distanza a cui posizionare un riparo fisso nel caso in cui la zona pericolosa fosse accessibile attraverso delle aperture

Per questioni puramente organizzative e per lasciare maggior spazio a disposizione dei manutentori, nel progetto in analisi questa distanza è stata portata a 200 mm su tutti i lati.

Per l’accesso all’area di traslazione del carro trasferitore a servizio del cantiere di formatura, sono presenti due cancelli scorrevoli con guida superiore (come nella foto a fianco), per evitare la necessità di dover installare guide a pavimento, facilmente usurabili e difficilmente adattabili al pavimento in alcuni punti sconnesso.



La stessa tipologia di porta è installata anche per l’accesso alla linea di raffreddamento, alla zona di accoppiatura dove l’operatore accede per eseguire manualmente alcune operazioni, alla zona di transito del carro trasferitore a servizio dell’accoppiatore ed all’intera zona di colata (ove sono presenti 2 accessi di questo tipo).



Nelle zone di accesso al carro trasferitore al servizio della zona di colata, alla zona retrostante la zona di colata e l’uscita della via d’esodo attraverso le rulliere, invece, sono installate porte a singolo battente, in quanto le dimensioni non permettevano l’adozione di soluzioni scorrevoli. L’accesso alla zona di pulizia manuale delle piattine, avviene attraverso uno sportello scorrevole di dimensioni pari a metà di un pannello di normale

dimensione, con la parte in basso fissa e la parte alta scorrevole.

Tutte le aperture finora elencate sono dotate di interblocco di sicurezza, il cui PL verrà calcolato successivamente in questo capitolo. Il rilevamento dell’apertura avviene mediante 2 sensori, uno

posizionato sull’estremità della porta (SS1), l’altro sulle cerniere della stessa (SS2), in modo da prevenire le più banali azioni di defeating.

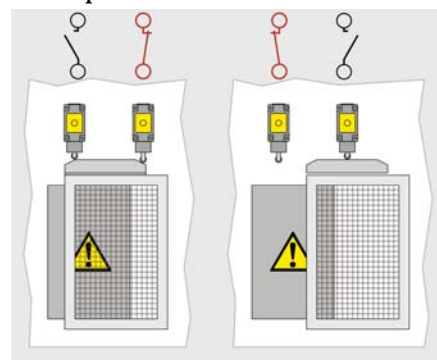


Figura 50 - A sinistra, un interblocco a chiavetta; a destra, un interblocco a cerniera (tratti dal catalogo Sick)

La distanza dalla zona pericolosa a cui vanno installate le aperture di qualsiasi genere, viene calcolata con il procedimento spiegato nella prossima pagina per le barriere fotoelettriche (ma con un valore $K=1600 \text{ mm/s}$) e risulta pari ad almeno 310 mm (tranne nel caso di riparo trattenuto).

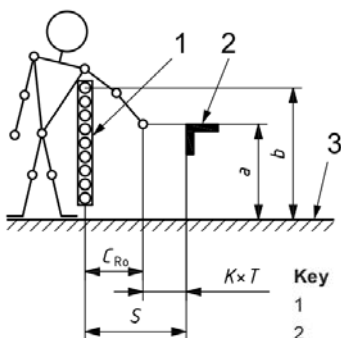


La stazione di verniciatura viene protetta, come spiegato in precedenza, con una pedana sensibile alla pressione; questo tipo di prodotto non è disponibile a marchio Sick e quindi si è optato per un prodotto da poco inserito a catalogo dalla Pilz chiamato PSENmat (foto riportata a fianco) di costruzione particolarmente robusta e con grado IP67. Questo tappeto misura 1000x600 mm standard ed è perfettamente adatto alla zona di comando della stazione di verniciatura.

La protezione degli operatori nella zona di formatura, nella zona dell'accoppiatore, nella zona di ramolaggio e nella zona di intervento manuale sulle motte da verniciare, è possibile grazie a barriere fotoelettriche costruite per impieghi gravosi, sempre marchiate Sick e con modello scelto C4000 Standard, di altezza 1500 mm e risoluzione 40 mm (come nella foto a fianco).



Seguendo la procedura indicata nella norma EN ISO 13855:2010, si calcola la distanza a cui queste vanno installate dal punto pericoloso: considerando un tempo totale T di circa 119 ms (considerando t_1 pari a 19 ms e t_2 pari a 100 ms, con t_1 = tempo di risposta del dispositivo di protezione e t_2 = tempo di arresto della funzione pericolosa), un'altezza della zona pericolosa pari a 200 mm dal piano di riferimento ed i dati precedentemente citati relativi alla barriera, risulta $S = (K \times T) + C_{RO}$ in cui K è fissato nella situazione peggiore a 2000 mm/s e C_{RO} con i dati calcolati è pari a 0 (dalla tabella 1 riportata nella norma stessa). Con questi valori, la distanza di sicurezza S risulta pari a 446 mm. Questa, per ragioni di praticità, viene arrotondata a valori compresi tra i 450 mm ed i 500 mm.



Key

- 1 electro-sensitive protective equipment
- 2 hazard zone
- 3 reference plane
- a height of the hazard zone
- b height of the upper edge of the detection zone of electro-sensitive protective equipment
- C_{RO} additional distance which a part of the body can be moving towards the hazard zone prior to the actuation of the safeguard (see values in Table 1)
- S minimum distance for reaching over

Figura 51 - Schema per la determinazione della distanza di sicurezza (tratto dalla norma EN ISO 13855:2010)



Sono stati previsti pulsanti d'emergenza e reset sicurezze (come da foto riportata a fianco) su ciascun varco d'accesso protetto da cancelli o barriere, in modo da avere la certezza che l'operatore sia effettivamente uscito dalla zona pericolosa prima di poter premere il pulsante di reset per il riavvio della funzione pericolosa.

Le aperture che affacciano sulle rotaie dei carrelli trasferitori, sono dotate di un interblocco che ne segnali la posizione (interblocco a cerniera) e di un interblocco con dispositivo di trattenuta del riparo. Essendo posizionati in aperture particolarmente pericolose nel caso di bypass delle sicurezze, si è reso opportuno adottare dispositivi con elevato livello di codifica tramite riconoscimento RFID (come da foto a fianco). In più, lo sgancio del dispositivo di ritenuta è abilitato dal rilevamento della completa fermata dei motori dei carrelli relativi.



Dal punto di vista elettrico, è stato scelto il collegamento di tipo tradizionale (in riferimento alla Figura 14 del Capitolo 3), cioè con un PLC per l'automazione separato dal PLC che gestisce le sicurezze; tale scelta può apparire errata in riferimento a quanto scritto finora relativamente alle innovazioni tecnologiche a cui l'azienda punta, ma è invece supportata da ragioni ben precise, di seguito elencate:

- Maggiore semplicità di cablaggio: l'impianto elettrico a servizio dell'impianto in analisi, con le modifiche dovute all'upgrade del PLC presentate nelle pagine precedenti, non avrebbe necessità di altre modifiche in quanto già parzialmente aggiornato da pochi anni. Per questo motivo, la modifica del PLC con l'aggiunta dei moduli di sicurezza come presentato nel Capitolo 3 comporterebbe necessariamente il rifacimento di tutti i collegamenti, rendendo di fatto inutile l'upgrade eseguito nella maniera più "contenuta" possibile (quindi come spiegato nel paragrafo II del presente capitolo) e rendendo di fatto necessario invece la completa sostituzione dell'intero PLC, rack comprese (ad un costo decisamente troppo alto per essere affrontato).
- Interruzione diretta dell'alimentazione: utilizzando un PLC di sicurezza separato dal PLC di automazione, si riesce ad intervenire tagliando direttamente l'alimentazione a componenti ben precisi dell'impianto in caso di attivazione di un sistema di sicurezza. Questo è possibile intervenendo con relè comandato appunto dalle uscite del PLC di sicurezza, installato tra il PLC di automazione ed il componente sulla linea elettrica che alimenta il componente stesso.

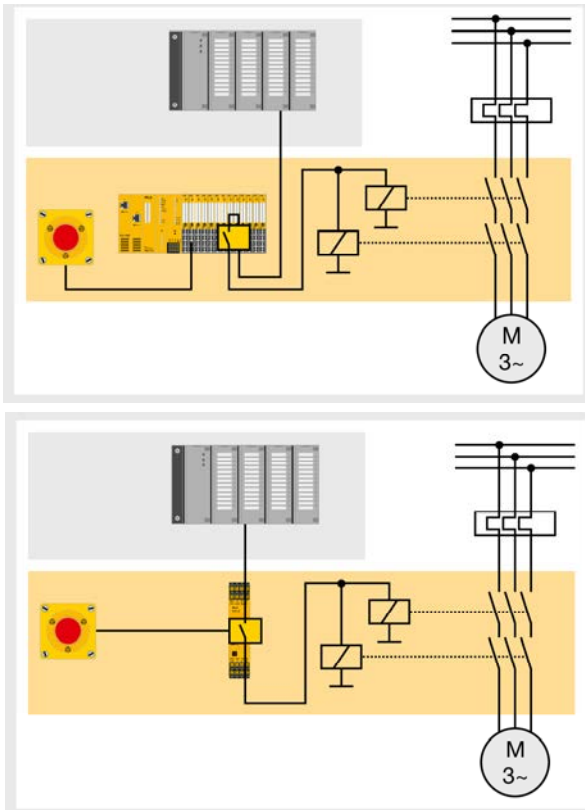


Figura 52 - Soluzioni per il controllo degli azionamenti: sopra tramite PLC Safety, sotto tramite relè di sicurezza (tratto dal Safety Compendium pubblicato dalla Pilz)

Date queste considerazioni, risulta evidentemente più semplice l’uso (in questo caso) della soluzione “tradizionale” rispetto alla necessità di intervenire in maniera massiccia sull’impianto elettrico pre-esistente. In questo modo, inoltre, l’impianto è espandibile e modificabile con molta semplicità in quanto, in caso di necessità, è sufficiente aggiungere altri moduli input/output digitali e riprogrammare il PLC Safety. La sicurezza di intervento della funzione di sicurezza è garantita dal doppio relè di apertura del circuito.

Una possibile alternativa alla soluzione scelta ed alla soluzione innovativa, risale ancora di più alla pratica passata e consiste nell’installazione di tanti relè singoli di sicurezza quanti sono i componenti su cui è necessario intervenire. Questa modalità ha il

vantaggio di poter fermare singoli componenti nel dettaglio, anziché agire sulle “zone”, ma ha un costo ed una complessità di cablaggio tanto maggiore quanto più esteso è l’impianto. Per completezza d’informazione, si riporta di seguito uno schema di questo genere di soluzione proposto da Sick.

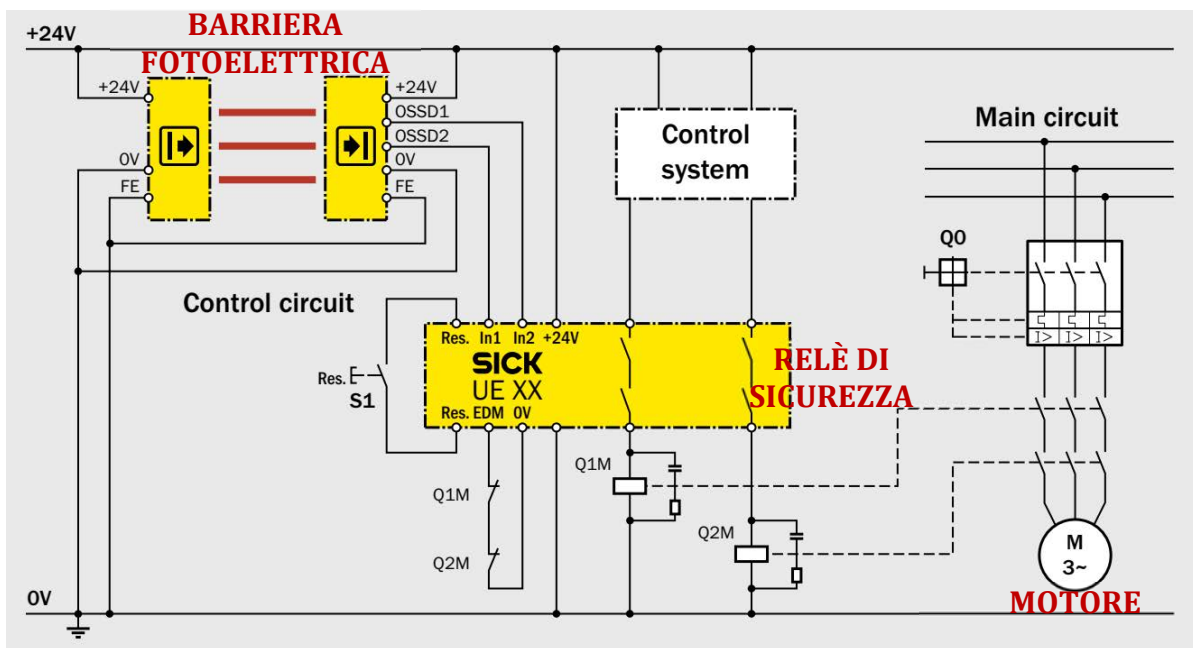


Figura 53 - Controllo del componente tramite relè di sicurezza senza PLC, comandato dalle barriere ottiche in alto a sinistra (tratto dalla guida Sick per la sicurezza delle macchine)

Di seguito vengono elencati i componenti scelti, con un codice utile per individuarli successivamente:

<u>ZONA</u>	<u>CODICE</u>	<u>ARTICOLO</u>	<u>APPLICAZIONE</u>
FORMATURA	B1	Barriera Sick C40-1504CA010	Ferma rulliere formatura
	EM	Pulsantiera Sick ES11-SC4D8	Ferma rulliere formatura, ribaltatrice e mescolatore
	R1, R2		Relè per taglio alimentazione rulliere
	R3, R4		Relè per taglio alimentazione ribaltatrice
	R5, R6		Relè per taglio alimentazione mescolatore
CARRELLI TRASFERITORI ZONA FORMATURA	S1	Interblocco con ritenuta Sick TR10-SRM03P	Cancello dx su carrelli
	S2	Interblocco a cerniera Sick i10-HB213	Cancello dx su carrelli
	S3	Interblocco con ritenuta Sick TR10-SRM03P	Cancello sx su carrelli
	S4	Interblocco a cerniera Sick i10-HB213	Cancello sx su carrelli
	EM	Pulsantiera Sick ES11-SC4D8	Ferma motori carrelli e ribaltatrice
	R7, R8		Relè per taglio alimentazione carrelli
	R3, R4		Relè per taglio alimentazione ribaltatrice
STAZIONE VERNICIATURA	B2	Barriera Sick C40-1504CA010	Ferma rulliere, carrelli e stazione verniciatura
	EM	Pulsantiera Sick ES11-SC4D8	Ferma rulliere, carrelli e verniciatura
	R7, R8		Relè per taglio alimentazione carrelli

	R9, R10		Relè per taglio alimentazione rulliere vernic.
	R11, R12		Relè per taglio alimentazione verniciatura
	P1	Pedana Pilz PSENmat	Ferma rulliere, carrelli e verniciatura
RAMOLAGGIO	B3	Barriera Sick C40-1504CA010	Ferma rulliere e linea raffreddamento e ritorno
	EM	Pulsantiera Sick ES11-SC4D8	Ferma rulliere e linea raffreddamento e ritorno + accoppiatore
	R13, R14		Relè per taglio alimentazione rulliere ramolaggio
	R15, R16		Relè per taglio alimentazione accoppiatore
	R17, R18		Relè per taglio alimentazione rulliere linea raffreddamento e ritorno
ACCOPPIATORE	B4	Barriera Sick C40-1504CA010	Ferma accoppiatore, rulliere, rulliere ramolaggio e carrelli dx
	EM	Pulsantiera Sick ES11-SC4D8	Ferma rulliere, rulliere ramolaggio, accoppiatore e carrelli dx
	R13, R14		Relè per taglio alimentazione rulliere ramolaggio
	R15, R16		Relè per taglio alimentazione

			accoppiatore + rulliere accoppiatore
	R19, R20		Relè per taglio alimentazione carrelli dx
	S5	Interblocco a cerniera Sick i10- HB213	Cancello su accoppiatore
	S6	Interblocco a chiavetta Sick i110- SA223	Cancello su accoppiatore
ZONA COLATA	S7	Interblocco a cerniera Sick i10- HB213	Cancello dx su carrelli
	S8	Interblocco con ritenuta Sick TR10-SRM03P	Cancello dx su carrelli
	S9	Interblocco a cerniera Sick i10- HB213	Cancello dx basso su zona colata
	S10	Interblocco a chiavetta Sick i110- SA223	Cancello dx basso su zona colata
	S11	Interblocco a cerniera Sick i10- HB213	Cancello sx basso su zona colata
	S12	Interblocco a chiavetta Sick i110- SA223	Cancello sx basso su zona colata
	S13	Interblocco a cerniera Sick i10- HB213	Cancello sx alto su carrello
	S14	Interblocco con ritenuta Sick TR10-SRM03P	Cancello sx alto su carrello
	S15	Interblocco a cerniera Sick i10- HB213	Cancello dx alto su carrelli
	S16	Interblocco con ritenuta Sick TR10-SRM03P	Cancello dx alto su carrelli
	R19, R20		Relè per taglio alimentazione carrelli dx
	R21, R22		Relè per taglio alimentazione carrello sx

	R23, R24		Relè per taglio alimentazione rulliere zona colata
	R15, R16		Relè per taglio alimentazione accoppiatore + rulliere accoppiatore
	R17, R18		Relè per taglio alimentazione rulliere linea raffreddamento e ritorno
	EM	Pulsantiera Sick ES11-SC4D8	Ferma tutta la zona colata
LINEA RAFFR.	S17	Interblocco a cerniera Sick i10- HB213	Cancello uscita emergenza
	S18	Interblocco a chiavetta Sick i110- SA223	Cancello uscita emergenza
	S19	Interblocco a cerniera Sick i10- HB213	Cancello su linea
	S20	Interblocco a chiavetta Sick i110- SA223	Cancello su linea
	EM	Pulsantiera Sick ES11-SC4D8	Ferma rulliere ramolaggio e linea raffreddamento e ritorno + accoppiatore
	R15, R16		Relè per taglio alimentazione accoppiatore + rulliere accoppiatore
	R17, R18		Relè per taglio alimentazione rulliere linea raffreddamento e ritorno
	R19, R20		Relè per taglio alimentazione carrelli dx

	R13, R14		Relè per taglio alimentazione rulliere ramolaggio
SMISTATRICE PIATTINE	S21	Interblocco a cerniera Sick i10- HB213	Cancelletto ispezione piattine
	S22	Interblocco a chiavetta Sick i110- SA223	Cancelletto ispezione piattine
	EM	Pulsantiera Sick ES11-SC4D8	Ferma rulliere linea raffreddamento e ritorno e spintore motta
	R17, R18		Relè per taglio alimentazione rulliere linea raffreddamento e ritorno
	R25, R26		Relè taglio alimentazione spingi motta
DISTAFFATORE	S23	Interblocco a cerniera Sick i10- HB213	Porta dx distaffatore
	S24	Interblocco a chiavetta Sick i110- SA223	Porta dx distaffatore
	S25	Interblocco a cerniera Sick i10- HB213	Porta sx distaffatore
	S26	Interblocco a chiavetta Sick i110- SA223	Porta sx distaffatore
	R25, R26		Relè taglio alimentazione spingi motta
	R27, R28		Relè taglio alimentazione distaffatore
	R17, R18		Relè per taglio alimentazione rulliere linea raffreddamento e ritorno

	EM	Pulsantiera Sick ES11-SC4D8	Ferma distaffatore e spingi motta + rulliere linea raffreddamento e ritorno
--	----	-----------------------------	---

Il PLC di sicurezza, comune a tutti i sistemi sopra riportati, è un dispositivo componibile della Siemens, il cui PFH_D complessivo risulta pari a 10⁻⁹.

Le funzioni di sicurezza richieste ad ogni specifico SRP/CS (“Safety Related Part/Control System”) sono elencate di seguito:

- FUNZ.1 = blocco dei motori che azionano le rulliere (attraverso un relè controllato dal PLC di sicurezza) in caso di rilevamento presenza da parte di una barriera ottica, pressione sulla pedana, apertura cancello o pressione pulsante emergenza
- FUNZ.2 = blocco dei motori dei carrelli trasferitori e/o della ribaltatrice (attraverso un relè controllato dal PLC di sicurezza) in caso di rilevamento presenza da parte di una barriera ottica, pressione sulla pedana, apertura cancello o pressione pulsante emergenza
- FUNZ.3 = blocco del sollevatore della stazione di verniciatura (attraverso un relè controllato dal PLC di sicurezza) in caso di rilevamento presenza da parte di una barriera ottica, pressione sulla pedana, apertura cancello o pressione pulsante emergenza
- FUNZ.4 = blocco dell'accoppiatore (attraverso un relè controllato dal PLC di sicurezza) in caso di rilevamento presenza da parte di una barriera ottica, pressione sulla pedana, apertura cancello o pressione pulsante emergenza
- FUNZ.5 = blocco del distaffatore e/o dello spintore della motta (attraverso un relè controllato dal PLC di sicurezza) in caso di rilevamento presenza da parte di una barriera ottica, pressione sulla pedana, apertura cancello o pressione pulsante emergenza

Ciascuna funzione di sicurezza può essere implementata mediante una o più SRP/CS e diverse funzioni possono condividere una o più SRP/CS. Ciascuna funzione sarà eseguita da un sistema che prevede una o più SRP/CS di input (barriere, pedane, interblocchi, ecc.), una SRP/CS di elaborazione (in questo caso, il PLC di sicurezza comune per tutte le funzioni) ed una o più SRP/CS di output (in questo caso, i relè che sezionano l'alimentazione dei singoli componenti o delle zone). Ogni serie di dispositivi che assolve ad una specifica funzione viene definita “sottosistema”:

ciascuno di essi avrà un PL definito in base ai parametri elencati nell'Appendice C che dovrà necessariamente risultare maggiore o uguale al PLr, cioè il PL minimo richiesto dalla funzione di sicurezza a cui quel sottosistema è assegnato.

<u>FUNZIONE E ZONA</u>	<u>CODICE</u>	<u>INPUT</u>	<u>ELAB.</u>	<u>OUTPUT</u>
FUNZ.1 FORMATURA	SUB1	B1	COMUNE A TUTTI I SISTEMI	R1, R2
	SUB2	EM		R1, R2
FUNZ.2 FORMATURA	SUB3	EM		R3, R4
FUNZ.2 CARRELLI FORMATURA	SUB4	S1, S2		R3, R4, R7, R8
	SUB5	S3, S4		R3, R4, R7, R8
	SUB6	EM		R3, R4, R7, R8
FUNZ.1 VERNICIATURA	SUB7	B2		R9, R10
	SUB8	P1		R9, R10
	SUB9	EM		R9, R10
FUNZ.2 VERNICIATURA	SUB10	B2		R7, R8
	SUB11	P1		R7, R8
	SUB12	EM		R7, R8
FUNZ.3 VERNICIATURA	SUB13	B2		R11, R12
	SUB14	P1		R11, R12
	SUB15	EM		R11, R12
FUNZ.1 RAMOLAGGIO	SUB16	B3		R13, R14, R17, R18
	SUB17	EM		R13, R14, R17, R18
FUNZ.4 RAMOLAGGIO	SUB18	EM		R15, R16
FUNZ.1 ACCOPIATORE	SUB19	B4		R13, R14
	SUB20	S5, S6		R13, R14
	SUB21	EM		R13, R14

FUNZ.4 ACCOPPIATORE	SUB22	B4	R15, R16
	SUB23	S5, S6	R15, R16
	SUB24	EM	R15, R16
FUNZ.2 ACCOPPIATORE	SUB25	B4	R19, R20
	SUB26	S5, S6	R19, R20
	SUB27	EM	R19, R20
FUNZ.1 COLATA	SUB28	S9, S10	R23, R24, R17, R18
	SUB29	S11, S12	R23, R24, R17, R18
	SUB30	EM	R23, R24, R17, R18
FUNZ.2 COLATA	SUB31	S7, S8	R19, R20, R21, R22
	SUB32	S9, S10	R19, R20, R21, R22
	SUB33	S11, S12	R19, R20, R21, R22
	SUB34	S13, S14	R19, R20, R21, R22
	SUB35	S15, S16	R19, R20, R21, R22
	SUB36	EM	R19, R20, R21, R22
FUNZ.4 COLATA	SUB37	S7, S8	R15, R16
	SUB38	S9, S10	R15, R16
	SUB39	S15, S16	R15, R16
FUNZ.1 RAFFREDDAM.	SUB40	S17, S18	R13, R14, R17, R18
	SUB41	S19, S20	R13, R14, R17, R18
	SUB42	EM	R13, R14, R17, R18
FUNZ.2 RAFFREDDAM.	SUB43	S17, S18	R19, R20
	SUB44	EM	R19, R20
	SUB45	S17, S18	R15, R16

FUNZ.4 RAFFREDDAM.	SUB46	S19, S20		R15, R16
	SUB47	EM		R15, R16
FUNZ.1 SMISTATRICE	SUB48	S21, S22		R17, R18
	SUB49	EM		R17, R18
FUNZ. 5 SMISTATRICE	SUB50	EM		R25, R26
FUNZ.1 DISTAFFATORE	SUB51	S23, S24		R17, R18
	SUB52	S25, S26		R17, R18
	SUB53	EM		R17, R18
FUNZ.5 DISTAFFATORE	SUB54	S23, S24		R25, R26, R27, R28
	SUB55	S25, S26		R25, R26, R27, R28
	SUB56	EM		R25, R26, R27, R28

i. Calcolo dei PLr delle diverse funzioni di sicurezza

Si procede ora con la determinazione dei diversi PL richiesti per l’assolvimento della funzione di sicurezza, determinati in funzione della pericolosità dell’evento pericoloso che si sviluppa.

FUNZ.1 – blocco motori rulliere

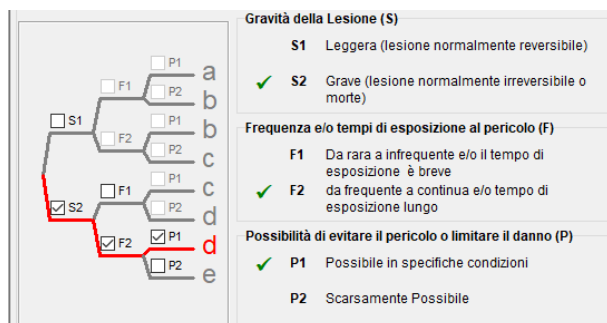
The screenshot shows a safety calculation interface. On the left, a tree diagram starts with a root node S1 (unchecked), which branches into F1 (unchecked) and F2 (checked). F1 branches into P1 (unchecked) and P2 (unchecked). F2 branches into P1 (unchecked) and P2 (unchecked). The final nodes are labeled a, b, c, d, and e. A red line highlights the path from S1 to F2 to P1 to d. On the right, a legend defines the categories:

- Gravità della Lesione (S)**
 - S1 Leggera (lesione normalmente reversibile)
 - ✓ S2 Grave (lesione normalmente irreversibile o morte)
- Frequenza e/o tempi di esposizione al pericolo (F)**
 - F1 Da rara a infrequente e/o il tempo di esposizione è breve
 - ✓ F2 da frequente a continua e/o tempo di esposizione lungo
- Possibilità di evitare il pericolo o limitare il danno (P)**
 - ✓ P1 Possibile in specifiche condizioni
 - P2 Scarsamente Possibile

Il PL richiesto per la funzione di blocco dei motori delle rulliere in tutti i casi in cui interviene un dispositivo di sicurezza è “d”. Tale livello di PL risulta dall’indubbia gravità delle lesioni derivanti dal contatto con organi in movimento con un probabile

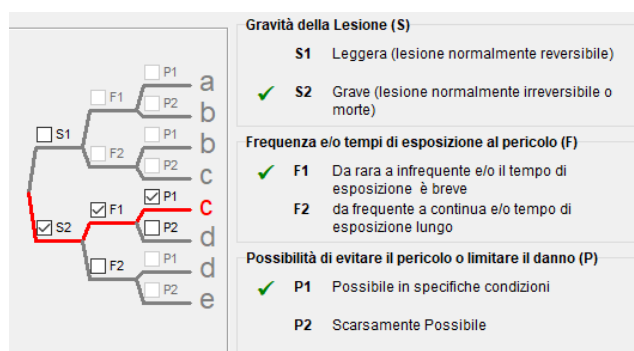
conseguente stritolamento e/o schiacciamento degli arti, e dalla frequenza con cui gli operatori sono esposti al rischio (8 ore al giorno per ciascun turno), con una leggera mitigazione dovuta però alla consapevolezza del pericolo da parte degli operatori e dall’assenza di infortuni di questo tipo nell’intera storia dell’impianto.

FUNZ.2 – blocco motori carrelli trasferitori e/o ribaltatrice



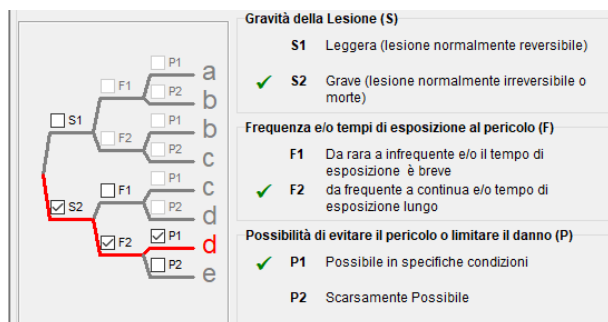
Il PL richiesto per la funzione di blocco dei motori dei carrelli trasferitori e/o della ribaltatrice in tutti i casi in cui interviene un dispositivo di sicurezza è “d”. Tale livello di PL risulta dalle stesse considerazioni riportate per la FUNZ.1.

FUNZ.3 – blocco stazione verniciatura



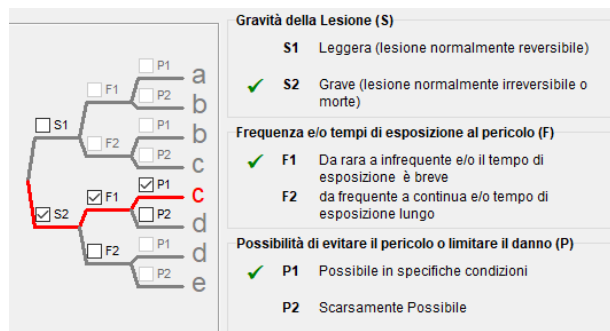
Il PL richiesto per la funzione di blocco del sollevatore della stazione di verniciatura in tutti i casi in cui interviene un dispositivo di sicurezza è “c”. La mitigazione ulteriore rispetto al caso precedente è dovuta alla minor frequenza dell’esposizione al pericolo dell’operatore.

FUNZ.4 – blocco dell'accoppiatore



Il PL richiesto per il blocco dei motori dell’accoppiatore in tutti i casi in cui interviene un dispositivo di sicurezza è pari a “d”, grazie alle stesse considerazioni fatte per la FUNZ.1.

FUNZ.5 – blocco del distaffatore e dello spintore della motta



Così come per la FUNZ.3, anche in questo caso il PL richiesto per il blocco del distaffatore e dello spintore della motta è pari a “c”, a causa della bassa frequenza con cui l’operatore è esposto al rischio.

ii. Parametri di sicurezza dei componenti scelti

Dall'Appendice E della norma EN ISO 13849:2010 si può estrarre la tabella per il calcolo del valore DC (cioè la copertura diagnostica). Nel caso in esame, essendo tutti i relè controllati direttamente dal PLC mediante il circuito di retroazione²², il valore di DC per tutti gli output è pari al 99%. Il PLC di sicurezza è garantito dal produttore in categoria 4 e PL e. Gli input, invece, hanno DC diversa in funzione della tipologia: infatti, le barriere ottiche, la pedana sensibile alla pressione e l'interblocco con ritenuta sono tutti in Categoria 4 e quindi hanno una DC del 99% grazie al controllo diretto da parte del PLC, mentre i due interblocchi senza ritenuta (a cerniera e a chiavetta) hanno DC pari al 90% in quanto è possibile eseguire dei test ciclici sulla funzionalità degli stessi, portandoli ad una Categoria 2.

Measure	DC
Input device	
Cyclic test stimulus by dynamic change of the input signals	90 %
Plausibility check, e.g. use of normally open and normally closed mechanically linked contacts	99 %
Cross monitoring of inputs without dynamic test	0 % to 99 %, depending on how often a signal change is done by the application
Cross monitoring of input signals with dynamic test if short circuits are not detectable (for multiple I/O)	90 %
Cross monitoring of input signals and intermediate results within the logic (L), and temporal and logical software monitor of the program flow and detection of static faults and short circuits (for multiple I/O)	99 %
Indirect monitoring (e.g. monitoring by pressure switch, electrical position monitoring of actuators)	90 % to 99 %, depending on the application
Direct monitoring (e.g. electrical position monitoring of control valves, monitoring of electromechanical devices by mechanically linked contact elements)	99 %
Fault detection by the process	0 % to 99 %, depending on the application; this measure alone is not sufficient for the required performance level e!
Monitoring some characteristics of the sensor (response time, range of analogue signals, e.g. electrical resistance, capacitance)	60 %

Measure	Diagnostic coverage (DC)
Output device	
Monitoring of outputs by one channel without dynamic test	0 % to 99 % depending on how often a signal change is done by the application
Cross monitoring of outputs without dynamic test	0 % to 99 % depending on how often a signal change is done by the application
Cross monitoring of output signals with dynamic test without detection of short circuits (for multiple I/O)	90 %
Cross monitoring of output signals and intermediate results within the logic (L) and temporal and logical software monitor of the program flow and detection of static faults and short circuits (for multiple I/O)	99 %
Redundant shut-off path with no monitoring of the actuator	0 %
Redundant shut-off path with monitoring of one of the actuators either by logic or by test equipment	90 %
Redundant shut-off path with monitoring of the actuators by logic and test equipment	99 %
Indirect monitoring (e.g. monitoring by pressure switch, electrical position monitoring of actuators)	90 % to 99 %, depending on the application
Fault detection by the process	0 % to 99 %, depending on the application; this measure alone is not sufficient for the required performance level "e"!
Direct monitoring (e.g. electrical position monitoring of control valves, monitoring of electromechanical devices by mechanically linked contact elements)	99 %
NOTE 1 For additional estimations for DC, see, e.g., IEC 61508-2:2000, Tables A.2 to A.15.	
NOTE 2 If medium or high DC is claimed for the logic, at least one measure for variable memory, invariable memory and processing unit with each DC at least 60 % has to be applied. There may also be measures that used other than those listed in this table.	

Figura 54 - Tabelle contenute nell'Appendice E della norma EN ISO 13849:2010 per la determinazione del valore di DC

²² È un circuito che permette al PLC di verificare che il relè sia effettivamente scattato.

Per quanto riguarda invece il valore di CCF (il punteggio che indica la resistenza ai guasti di causa comune), si può considerare un punteggio sicuramente >65, calcolato come indicato nell'Appendice F della norma EN ISO 13849:2010, grazie al rispetto delle più comuni regole di installazione ed all'uso di componenti ben testati e provati.

I parametri caratteristici dei componenti usati, estratti dalle schede tecniche del produttore, sono riportati nella tabella seguente:

<u>PRODOTTO</u>	<u>B10d</u> <u>[cicli]</u>	<u>nOP</u> <u>[operazioni/anno]</u>	<u>MTTE_d</u> <u>[anni]</u>
Sick i110-SA223	2.000.000	17.520	1.141
Sick i10-HB213	2.000.000	17.520	1.141
Sick TR10-SRM03P	-	-	$(9,1 \cdot 10^{-10})^{-1}$ trasformato in anni = 125.445
Sick C40- 1504CA010	-	-	$(29 \cdot 10^{-9})^{-1}$ trasformato in anni = 3.936
Sick ES11-SC4D8	250.000	1.460	1.712
Pilz PSENmat	2.000.000	17.520	1.141
PLC Safety Siemens	-	-	$(10^{-9})^{-1}$ trasformato in anni = 114.155
Relè	20.000.000	123.127	1.624
Pizzato CS AM-01 rilevamento motore fermo	-	-	$(8,7 \cdot 10^{-9})^{-1}$ trasformato in anni = 13.121

Il numero di operazioni considerato nella tabella sopra riportata è stato calcolato considerando:

- Apertura cancelli 3 volte all'ora, per 16 ore al giorno, per 365 giorni/anno
- Pressione del fungo di emergenza massimo 1 volta al giorno, per 365 giorni/anno; riarmo sicurezze 3 volte al giorno, per 365 giorni/anno
- Pressione pedana 6 volte all'ora per 8 ore al giorno, per 365 giorni/anno
- I relè interverranno per un numero doppio di operazioni all'anno per le aperture dei cancelli e per la pressione della pedana, a cui va sommata la pressione dei pulsanti d'emergenza e l'intervento causato dalle barriere ottiche (stimabile ogni 10 minuti, per 8 ore al giorno e 365 giorni /anno)

La formula per il calcolo di nOP è la seguente:

$$n_{OP} = \frac{d_{OP} \times h_{OP} \times 3600}{t_{CICLO}}$$

in cui i termini al numeratore rappresentano i giorni di attività in un anno, le ore di attività in un giorno ed i secondi in un’ora, mentre al denominatore si trova espresso il tempo tra le attività espresso in secondi. Il valore B10d rappresenta il valore di cicli di commutazione previsti per quel componente; tale valore fornisce il $MTTF_d$ (il tempo medio per il verificarsi di un guasto pericoloso) attraverso la formula seguente:

$$MTTF_d = \frac{B10_d}{0,1 \times n_{OP}}$$

Si noti dalla tabella che per alcuni modelli i produttori forniscono un valore numerico chiamato PFHD, che rappresenta la probabilità di fallimento oraria del componente, il cui reciproco rappresenta direttamente l’ $MTTF_d$ del componente stesso, una volta diviso il valore risultante per 8760 ore/anno.

Per snellire le operazioni di calcolo, viene di seguito riportata una tabella che riassume i sottosistemi contenenti lo stesso pattern di dispositivi:

“TIPO” DI SOTTOSISTEMA	STRUTTURA	PROCEDURA DA SEGUIRE	SOTTOSIST. UGUALI
A	INPUT = barriera ottica ELABORAZIONE = PLC OUTPUT = 2 relè	$MTTF_d = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{MTTF_{d,i}}}$	1, 7, 10, 13, 19, 22, 25
B	INPUT = pulsante EM ELABORAZIONE = PLC OUTPUT = 2 relè	$MTTF_d = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{MTTF_{d,i}}}$	2, 3, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 44, 47, 49, 50, 53
C	C1 INPUT = parallelo interblocchi (cerniera + chiavetta) ELABORAZIONE = PLC OUTPUT = 4 relè	$MTTF_d = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{MTTF_{d,i}}}$ per ogni canale, poi $MTTF_d$ medio con la formula $MTTF_d = \frac{2}{3} \times \left[MTTF_{d,C1} + MTTF_{d,C2} - \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d,C1}} + \frac{1}{MTTF_{d,C2}}} \right]$	28, 29, 32, 33, 40, 41, 54, 55
	C2 INPUT = parallelo interblocchi, con doppia funz. sicurezza ELABORAZIONE = PLC OUTPUT = 4 relè	Calcolo sommatoria PFHD di ciascun componente e successivamente calcolo del PFHD della singola funzione di sicurezza	4, 5, 31, 34, 35
D	INPUT = EM ELABORAZIONE = PLC OUTPUT = 4 relè	$MTTF_d = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{MTTF_{d,i}}}$	6, 17, 30, 36, 42, 56

E	INPUT = pedana ELABORAZIONE = PLC OUTPUT = 2 relè	$MTTF_d = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{MTTF_{d,i}}}$	8, 11, 14
F	INPUT = barriera ottica ELABORAZIONE = PLC OUTPUT = 4 relè	$MTTF_d = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{MTTF_{d,i}}}$	16
G	INPUT = parallelo interblocchi ELABORAZIONE = PLC OUTPUT = 2 relè	$MTTF_d = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{MTTF_{d,i}}}$ per ogni canale, poi $MTTF_d$ medio con la formula $MTTF_d = \frac{2}{3} \times \left[MTTF_{d,C1} + \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d,C1}} + \frac{1}{MTTF_{d,C2}}} \right]$	20, 23, 26, 37, 38, 39, 43, 45, 46, 48, 51

Per rendere più chiare le procedure di calcolo descritte nella tabella sopra riportata, si riporta di seguito un piccolo schema di come va calcolato il valore di $MTTF_d$ di un canale composto da input, PLC di elaborazione ed output.

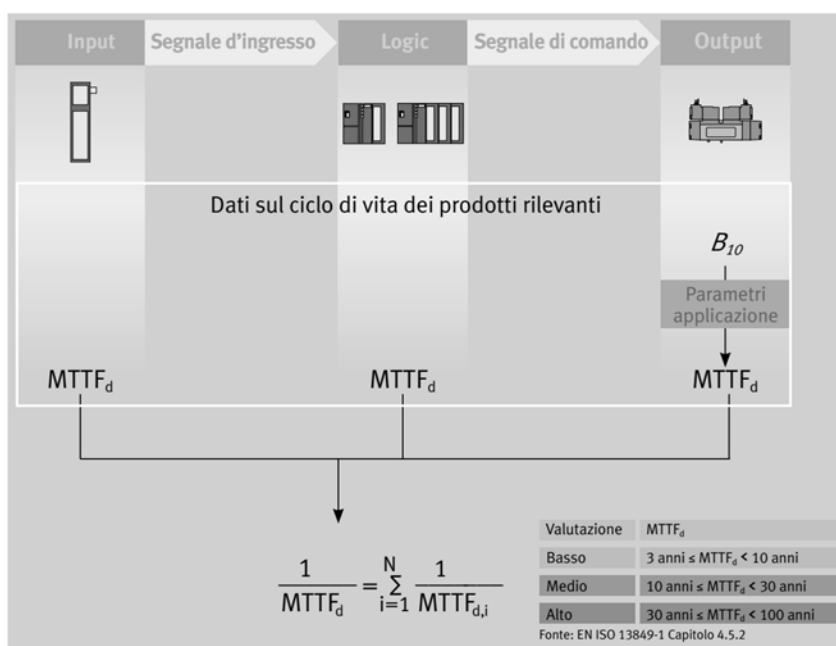


Figura 55 - Determinazione del valore di $MTTF_d$ per singoli canali di sicurezza (tratto dal Manuale di Sicurezza della Festo, pubblicato nel 2015)

Di seguito, viene riportata la tabella di calcolo dei valori di ciascun tipo di sottosistema:

“TIPO” DI SOTTOSIST.	FORMULA	RISULTATO [anni]	VAL.
A	$MTTF_d = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d,BARRIERA}} + \frac{1}{MTTF_{d,PLC}} + \frac{1}{MTTF_{d,RELE}}}$	1.138	ALTO

B		$MTTF_d = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d,EM}} + \frac{1}{MTTF_{d,PLC}} + \frac{1}{MTTF_{d,RELE'}}$	827	ALTO
C	C1	$MTTF_{d,c1} = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d,CHIAVETTA}} + \frac{1}{MTTF_{d,PLC}} + \frac{1}{MTTF_{d,RELE'}}$	(666)	ALTO
		$MTTF_{d,c2} = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d,CERNIERA}} + \frac{1}{MTTF_{d,PLC}} + \frac{1}{MTTF_{d,RELE'}}$	(666)	
		I due canali sono simmetrici e quindi $MTTF_d$ medio risulta pari a:	666	
	C2	<p>FUNZIONE ARRESTO $PFH_{D,CERNIERA} + PFH_{D,PLC} + PFH_{D,RELE'}$</p> <p>FUNZIONE MANTENIMENTO $PFH_{D,RITENUTA} + PFH_{D,RILEVAMENTO_MOTORE}$</p>	$PFH_D = 1,7 \cdot 10^{-7}$ $PFH_D = 9,61 \cdot 10^{-9}$	
D		$MTTF_d = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d,EM}} + \frac{1}{MTTF_{d,PLC}} + \frac{1}{MTTF_{d,RELE'}}$	1.220	ALTO
E		$MTTF_d = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d,PEDANA}} + \frac{1}{MTTF_{d,PLC}} + \frac{1}{MTTF_{d,RELE'}}$	666	ALTO
F		$MTTF_d = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d,BARRIERA}} + \frac{1}{MTTF_{d,PLC}} + \frac{1}{MTTF_{d,RELE'}}$	1.138	ALTO
G		$MTTF_{d,c1} = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d,CHIAVETTA}} + \frac{1}{MTTF_{d,PLC}} + \frac{1}{MTTF_{d,RELE'}}$	(666)	ALTO
		$MTTF_{d,c2} = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{d,CERNIERA}} + \frac{1}{MTTF_{d,PLC}} + \frac{1}{MTTF_{d,RELE'}}$	(666)	
		I due canali sono simmetrici e quindi $MTTF_d$ medio risulta pari a:	666	

iii. *Calcolo dei PL raggiunti dalle apparecchiature scelte*

Per quanto riguarda i sottosistemi di tipo C2, cioè quelli che controllano l'apertura dei cancelli che affacciano sui carrelli trasferitori e li mantengono chiusi fino all'arresto del motore, la funzione di arresto comandata dall'interblocco a cerniera raggiunge un PL "d" in quanto il PFH_D raggiunto è $10^{-7} \leq 1,7 \cdot 10^{-7} < 10^{-6}$, mentre la funzione di mantenimento del riparo chiuso raggiunge un PL "e" ($9,61 \cdot 10^{-9} < 10^{-8}$) secondo la norma EN ISO 13849, ma dato che il comando di sblocco avviene mediante un'architettura monocanale, l'intera funzione di sicurezza deve essere declassata a PL "d".

Tutti gli altri tipi di sottosistemi, hanno invece raggiunto il PL riassunto nella tabella seguente, considerando che tutti hanno CCF > 65:

<u>TIPO DI SOTTOSIST.</u>	<u>MTTF_d CALCOLATO</u>	<u>CAT. SISTEMA</u>	<u>DC_{avg}</u>	<u>PL RAGGIUNTO</u>
A	1.138 ALTO	4	99% ALTO	e
B	827 ALTO	4	99% ALTO	e
C1	666 ALTO	2	90% MEDIO	d
C2	FUNZIONE ARRESTO			d
	FUNZIONE MANTENIMENTO			d
D	1.220 ALTO	4	99% ALTO	e
E	666 ALTO	4	99% ALTO	e
F	1.138 ALTO	4	99% ALTO	e
G	666 ALTO	4	99% ALTO	e

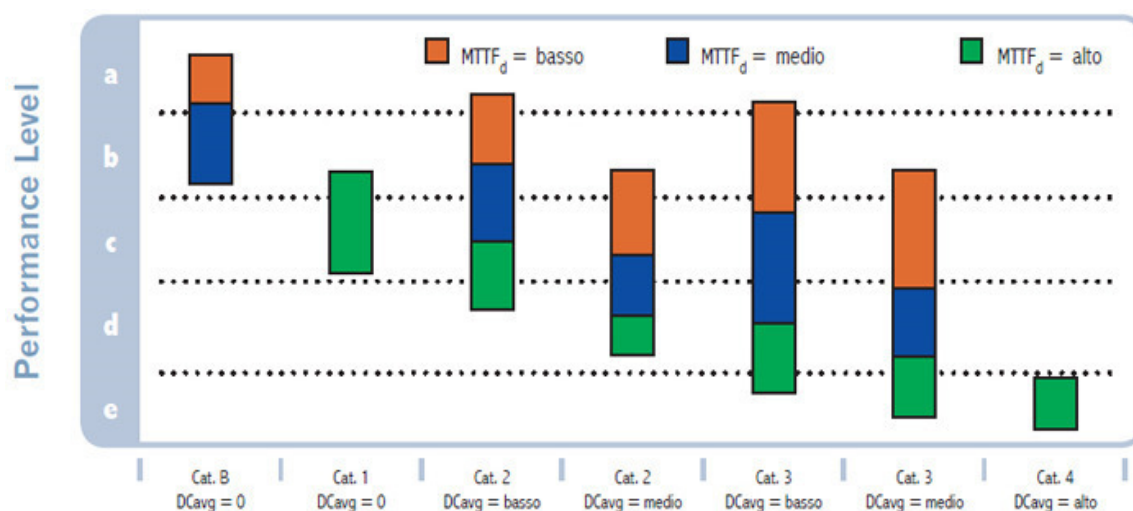


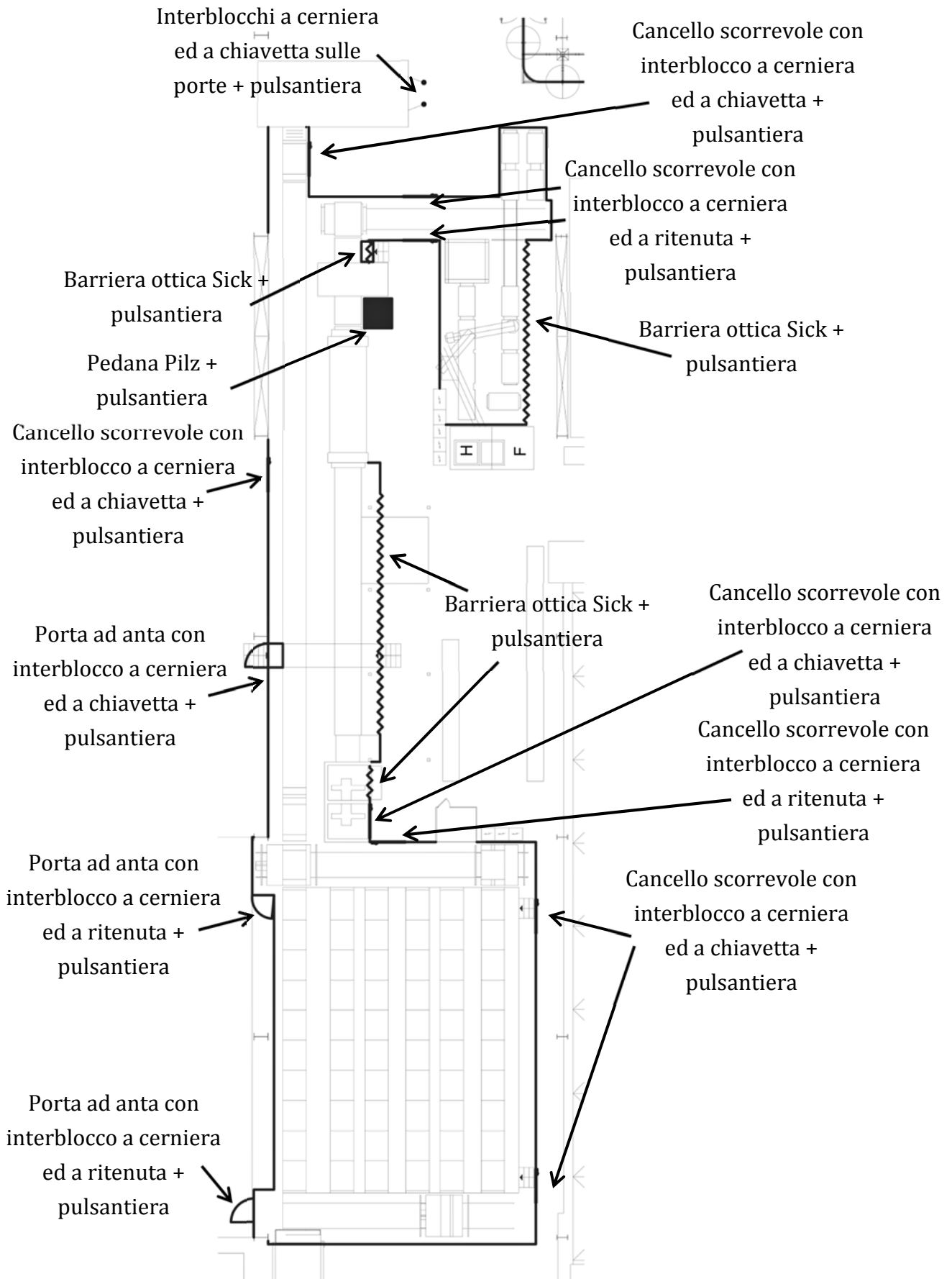
Figura 56 - Determinazione del PL raggiunto sulla base del MTTF_d, della categoria del sistema e della DC (tratto dalla guida riportata nell'Appendice C)

La funzione di sicurezza espletata da un SRP/CS si intende efficace se il PL raggiunto dal sistema complessivo eguaglia o supera il PL richiesto per quella funzione; per questo motivo, viene di seguito riportata una tabella contenente i codici di tutti i sottosistemi, il PL richiesto dalla funzione che svolgono e il PL raggiunto dal SRP/CS.

<u>CODICE</u>	<u>PL_r</u>	<u>PL SRP/CS</u>	<u>ESITO</u>
SUB1	d	e	OK
SUB2	d	e	OK
SUB3	d	e	OK
SUB4	d	d	OK
SUB5	d	d	OK
SUB6	d	e	OK
SUB7	d	e	OK
SUB8	d	e	OK
SUB9	d	e	OK
SUB10	d	e	OK
SUB11	d	e	OK
SUB12	d	e	OK
SUB13	c	e	OK
SUB14	c	e	OK
SUB15	c	e	OK
SUB16	d	e	OK
SUB17	d	e	OK
SUB18	d	e	OK
SUB19	d	e	OK
SUB20	d	e	OK
SUB21	d	e	OK
SUB22	d	e	OK
SUB23	d	e	OK
SUB24	d	e	OK
SUB25	d	e	OK
SUB26	d	e	OK
SUB27	d	e	OK
SUB28	d	d	OK

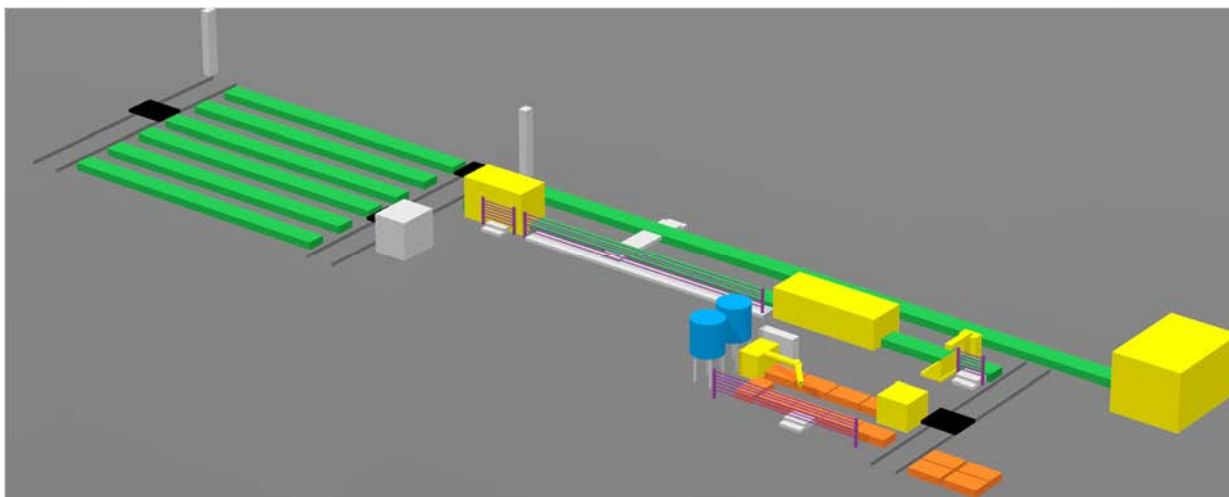
<u>CODICE</u>	<u>PL_r</u>	<u>PL SRP/CS</u>	<u>ESITO</u>
SUB29	d	d	OK
SUB30	d	e	OK
SUB31	d	d	OK
SUB32	d	d	OK
SUB33	d	d	OK
SUB34	d	d	OK
SUB35	d	d	OK
SUB36	d	e	OK
SUB37	d	e	OK
SUB38	d	e	OK
SUB39	d	e	OK
SUB40	d	d	OK
SUB41	d	d	OK
SUB42	d	e	OK
SUB43	d	e	OK
SUB44	d	e	OK
SUB45	d	e	OK
SUB46	d	e	OK
SUB47	d	e	OK
SUB48	d	e	OK
SUB49	d	e	OK
SUB50	c	e	OK
SUB51	d	e	OK
SUB52	d	e	OK
SUB53	d	e	OK
SUB54	c	d	OK
SUB55	c	d	OK
SUB56	c	e	OK

Tutti i sottosistemi risultano correttamente progettati; è quindi possibile procedere con la successiva parte del progetto, relativa alla valutazione economica dell'investimento.

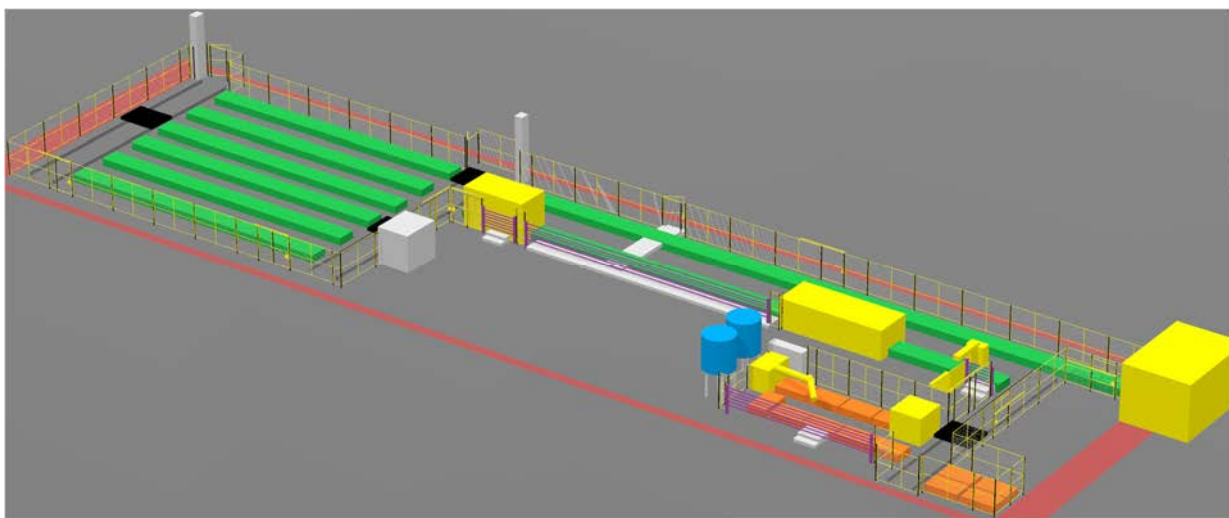


iv. Rendering dell'intervento

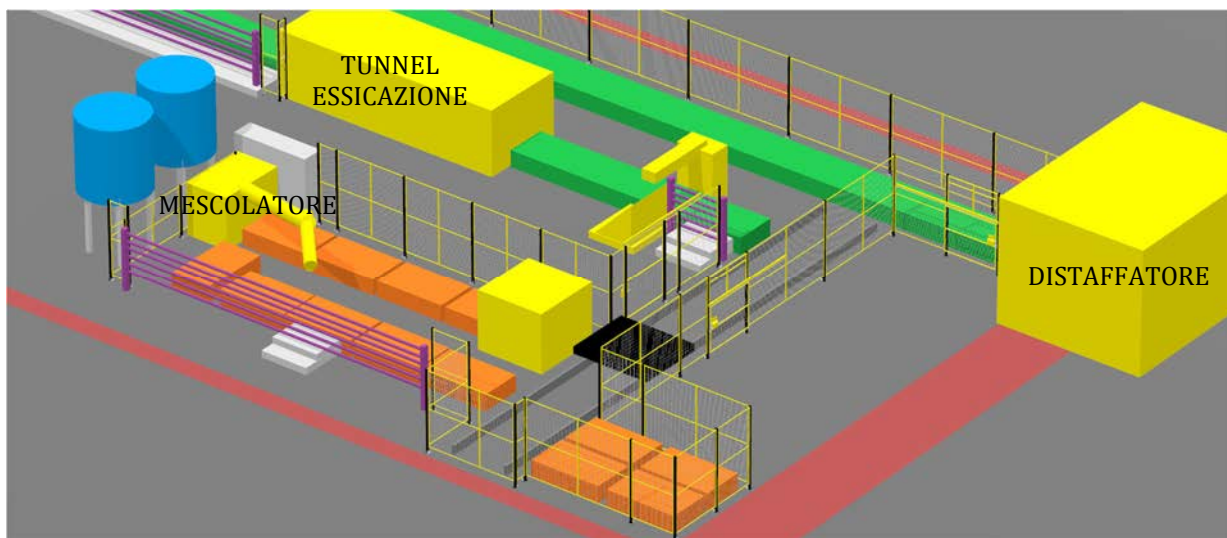
In questo sottoparagrafo vengono allegati i rendering dell'installazione delle recinzioni perimetrali nell'impianto. I disegni sono stati realizzati mediante Configura Light by Troax, un software messo a disposizione da Troax per i clienti che vogliono realizzare un rendering 3D ancora prima di chiedere il preventivo.



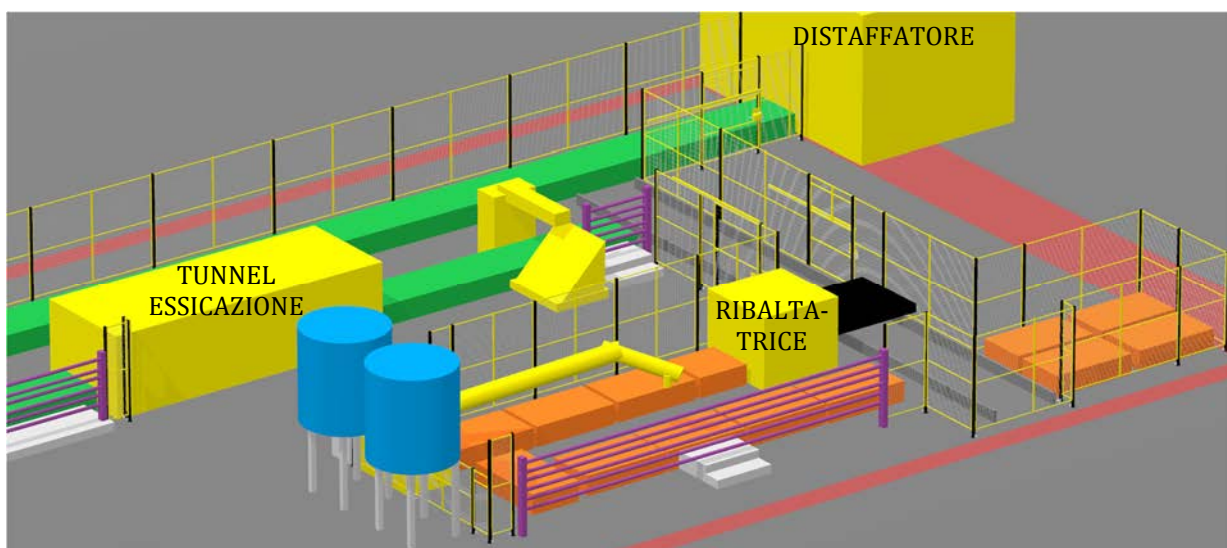
L'impianto originale, sprovvisto di protezioni perimetrali.



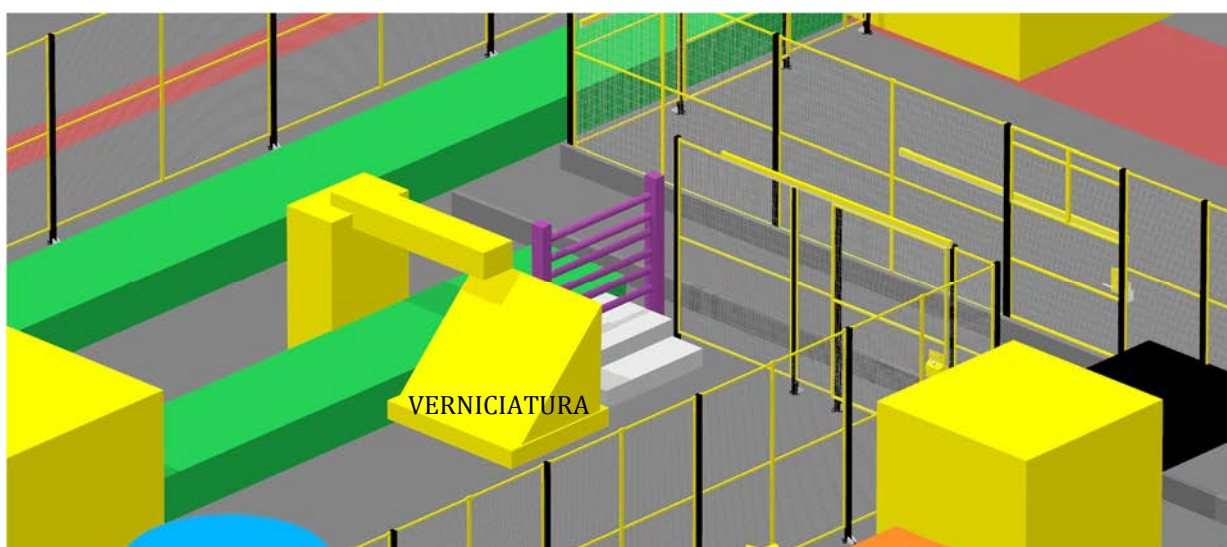
L'impianto a seguito dell'adeguamento, con protezioni perimetrali e varchi d'accesso interbloccati.



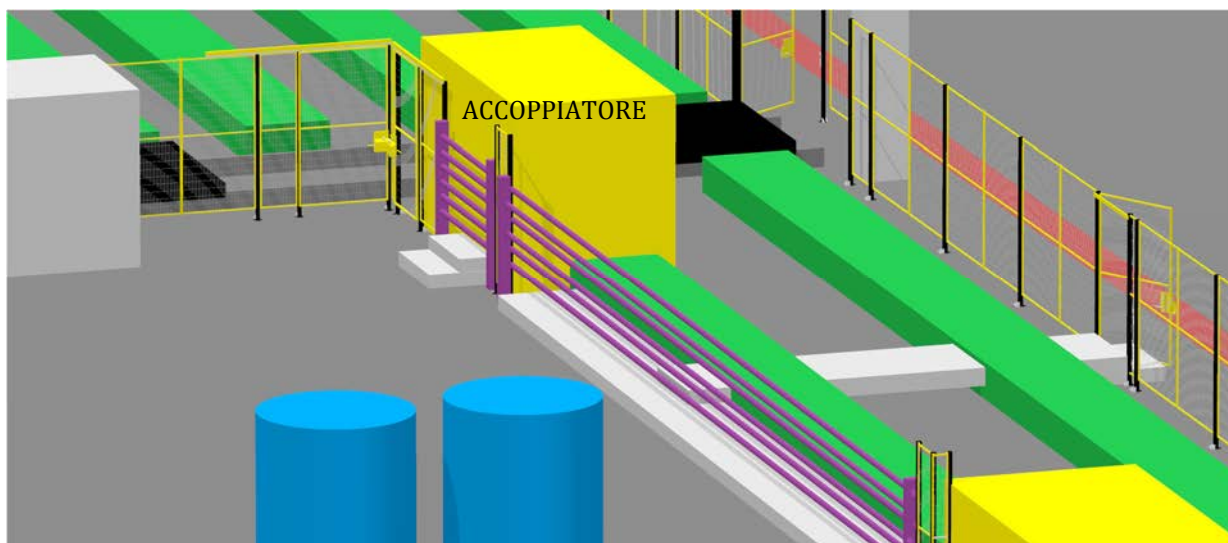
La zona di formatura e distaffaggio.



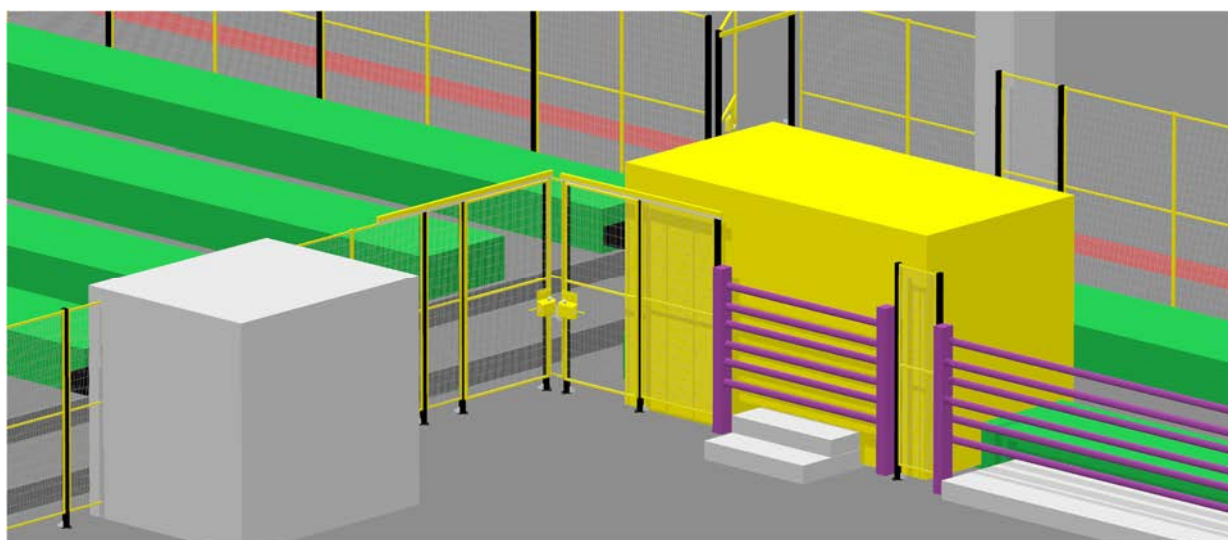
La zona di formatura e distaffaggio.



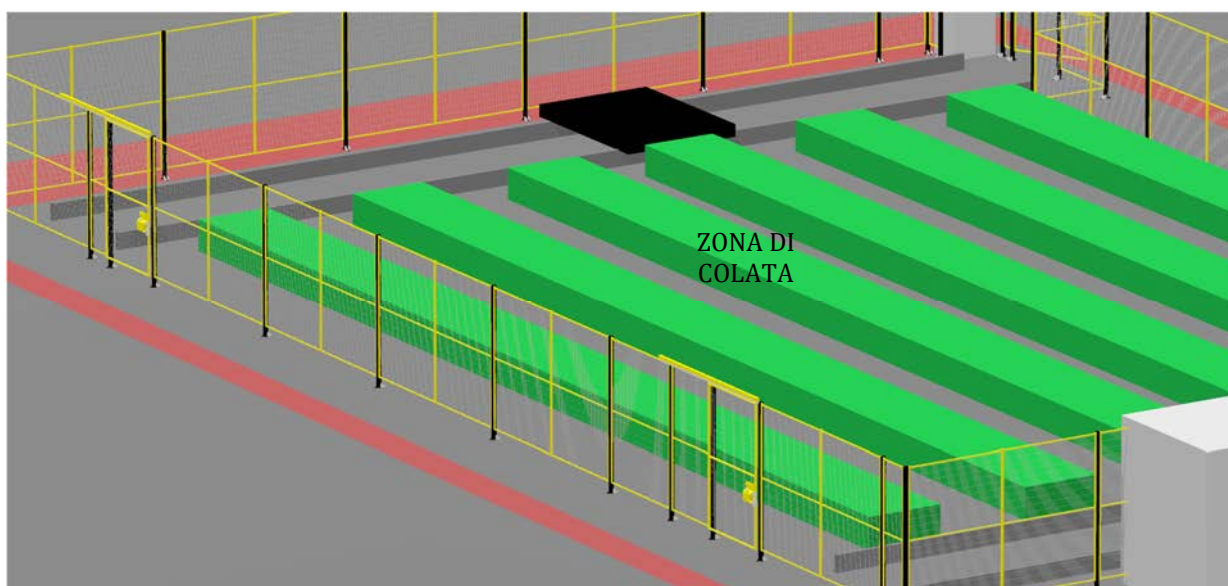
La stazione di verniciatura e l'attraversamento delle rotaie del carrello della zona di formatura.



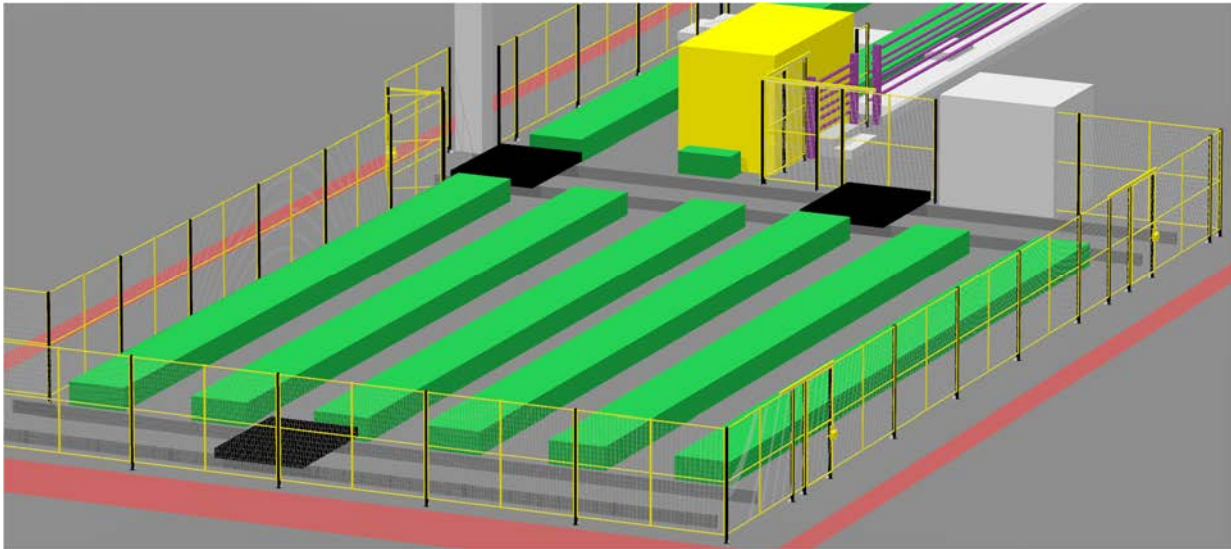
La zona di ramolaggio ed accoppiatura protette dalle barriere fotoelettriche.



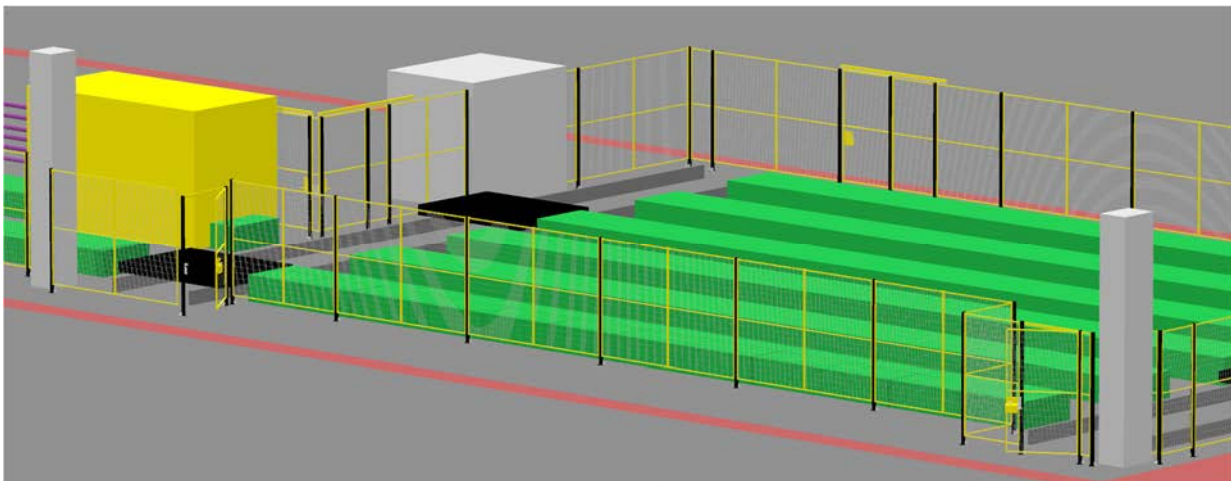
La zona di accoppiatura ed il varco sulla zona di colata.



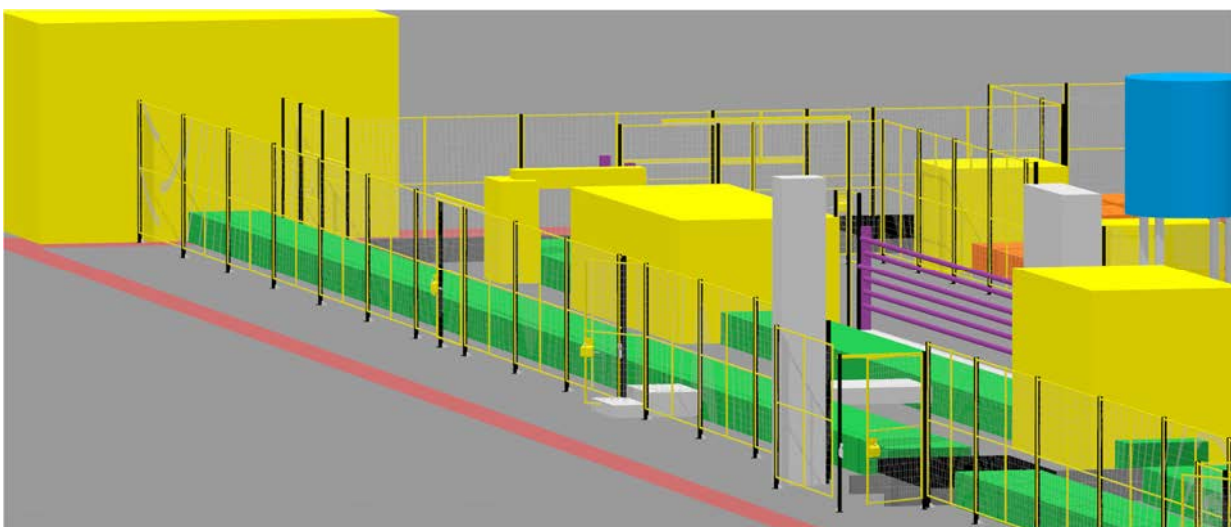
La zona di colata con i due carrelli e le due aperture sulle rulliere di colata.



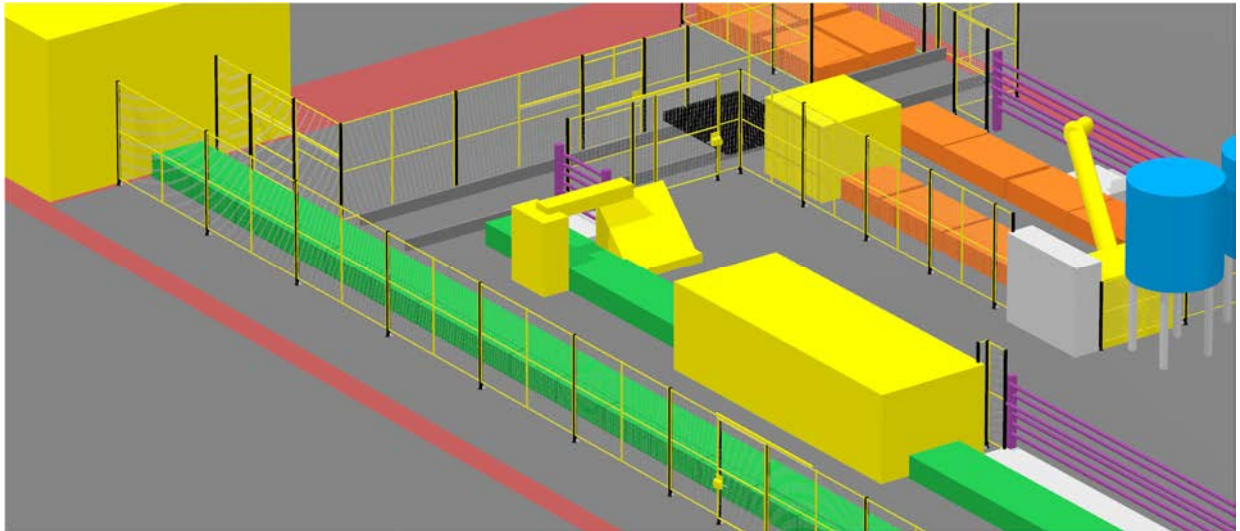
La zona di colata vista dalla zona dei forni fusori.



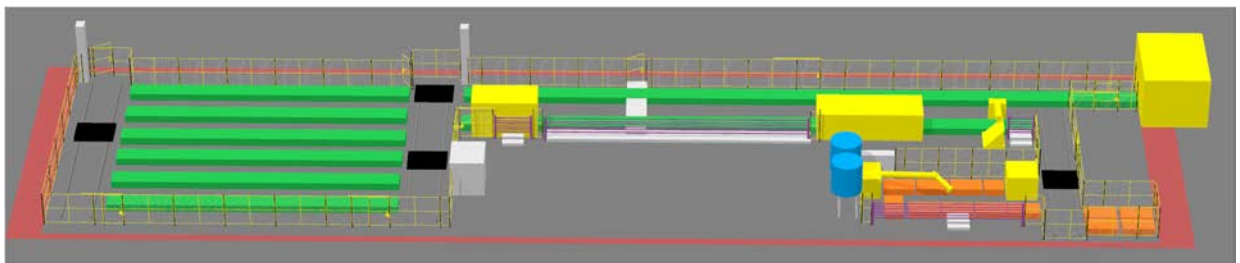
La zona di colata vista dalla zona dei grandi getti.



La linea di raffreddamento verso il distaffatore.



La linea di raffreddamento ed il tunnel di essiccazione nella parte opposta.



Vista frontale dell'impianto.

LEGENDA:

- **GIALLO:** macchine facenti parte dell'impianto (mescolatore, ribaltatrice, stazione di verniciatura, tunnel d'essiccazione, accoppiatore e distaffatore);
- **ARANCIONE:** cantiere di formatura con rulliere motorizzate e silos resina/induritore (azzurro);
- **VERDE:** rulliere e nastri gommati;
- **NERO:** carrelli trasferitori su rotaie;
- **GRIGIO:** presidi d'accesso o armadi elettrici;
- **VIOLA:** barriere fotoelettriche;

VI. Valutazione economica dell'investimento

In questo paragrafo, verrà prima di tutto riportato l'elenco dei componenti da acquistare per eseguire l'intervento, completo di prezzi derivanti da cataloghi o preventivi, successivamente scontati con la percentuale di sconto garantita all'azienda dal fornitore. Successivamente, saranno riportate alcune considerazioni riguardo il costo da sostenere per sostituire l'impianto, unite ad una stima dei costi per l'esecuzione dell'intervento di revamping e ad una stima dei costi di manutenzione futuri per entrambe i casi.

Q.TÀ	PRODUTT.	DESCRIZIONE	PREZZO UNIT.	PREZZO SCONTATO
1	-	Pannello touchscreen 22"	~ 1400€	~ 1200 €
1	VIPA	Scheda IM306 DP Slave	~ 1250 €	~ 1050 €
1	Siemens	IE/PB LINK PN IO	~ 2200 €	~ 1900 €
1	Siemens	PLC Fail-Safe S7-1200 CPU1212FC	381 €	267 €
1	PILZ	Pedana sens. PSENmat 6U000001	450 €	273 €
5	Pizzato	Rilev. motore fermo CS AM-01VE01	253 €	190 €
13	Sick	Interbl. Cerniera i10-HB213	39 €	16 €
8	Sick	Interbl. Chiavetta i110-SA223	67 €	40 €
5	Sick	Interbl. Ritenuta TR10-SRM03P	277 €	166 €
16	Sick	Pulsantiera ES11-SC4D8	120 €	72 €
4	Sick	Barriere C40-1504CA010	1600 €	960 €
28	Phoenix Contact	Relè di accoppiamento PSR-SPP-24UC/URM/5X1/1X2	71 €	49 €
3	Troax	Porta scorrevole 1200 x 2050mm	118 €	101 €
3	Troax	Porta scorrevole 1500 x 2050mm	128 €	109 €
1	Troax	Porta scorrevole 1000 x 2050mm	106 €	90 €
1	Troax	Porta scorrevole 1500 x 1250mm	92 €	82 €
3	Troax	Porta battente sing 1200 x 2050 mm	112 €	95 €
4	Troax	Pann. Strong 19x19, 1000x1250 mm	48 €	40 €
3	Troax	Pann. Strong 19x19, 200x2050 mm	36 €	30 €
4	Troax	Pann. Strong 19x19, 300x2050 mm	38 €	32 €
11	Troax	Pann. Strong 19x19, 500x2050 mm	42 €	35 €
3	Troax	Pann. Strong 19x19, 800x2050 mm	46 €	39 €
15	Troax	Pann. Strong 19x19, 1000x2050 mm	52 €	44 €
8	Troax	Pann. Strong 19x19, 1200x2050 mm	56 €	47 €
78	Troax	Pann. Strong 19x19, 1500x2050 mm	62 €	53 €

3	Troax	Montanti 60x40x1400	22 €	19 €
75	Troax	Montanti 60x40x2200	34 €	29 €
-	Troax	Stima costi trasporto e kit montaggio	410 €	410 €

Riassumendo, la spesa preventivata è pari a circa 9.800 € + IVA per quanto riguarda le protezioni fisse, mentre è pari a circa 13.360 € + IVA per quanto riguarda il materiale elettrico da sostituire o aggiungere durante l'intervento.

È possibile stimare anche i costi relativi al materiale elettrico sfuso, tra cui cavi, connettori, adattatori, ecc., per una cifra pari a 1000 € + IVA. In egual modo, anche il materiale meccanico sfuso necessario per effettuare adattamenti, riparazioni, ed altri interventi durante l'esecuzione dell'adeguamento, può avere un valore stimato di 800 € + IVA.

Per l'esecuzione dell'adeguamento, sono state stimate circa 224 ore di manodopera, ripartita in circa 64 ore per l'installazione delle barriere perimetrali (2 persone per 4 giorni) e 160 ore per l'adeguamento elettrico (2 persone per 10 giorni), per un costo orario medio della manodopera di 30 €/h che porta il costo totale per la manodopera a circa 6.700 €. Inoltre, è possibile stimare un costo pari a 2500 € per la progettazione dell'intervento e del nuovo software (circa 4 giorni per la programmazione) e per sopperire a tutti gli obblighi normativi quali l'aggiornamento del DVR, la ri-marcatura dell'impianto e la stesura del manuale operativo e del report di intervento.

È possibile affermare, alla luce di tutti gli interventi eseguiti per alzare il livello di sicurezza dell'impianto adeguato, che il livello da esso raggiunto sia pari al livello di sicurezza di un impianto nuovo. Infatti, la maggior parte dei sistemi progettati ha PL ben superiore al richiesto (quasi tutti hanno PL e, il massimo possibile secondo la normativa) e tutti i componenti scelti sono i modelli più recenti disponibili nel mercato. Come già spiegato in precedenza, l'impianto è già frequentemente mantenuto ed i componenti usurati prontamente sostituiti, quindi non si provvederà ad alcuna manutenzione vera e propria, a meno di eventuali problemi riscontrati durante l'intervento. Il costo totale dell'adeguamento quindi risulta pari a poco più di 34.000 €, senza contare ovviamente il fermo impianto in quanto l'intervento può essere completato interamente durante la pausa estiva.

Nel caso in cui invece venisse scelta la sostituzione completa dell'impianto, il costo stimato per un impianto simile, al giorno d'oggi, sarebbe pari a circa 1.300.000 € + IVA, mentre sarebbero necessarie circa 96 ore per lo smontaggio del vecchio impianto (2 persone per 6 giorni), circa 200.000 € per il rifacimento delle fondazioni e per preparazione della sede per la nuova installazione (tempo che in ogni caso genera un fermo impianto) ed un costo di montaggio assimilabile a circa 900 ore di manodopera

(4 persone per 1 mese circa). Il costo di smaltimento sarebbe praticamente nullo o addirittura positivo, a causa della possibilità di vendere i materiali recuperati come ferro/acciaio (CER 17.04.05) e rame (CER 17.04.01), il cui profitto andrebbe quasi interamente a coprire i costi di smaltimento del materiale non recuperabile (gomma, materiale elettrico non recuperabile, ecc.) con codice CER 16.01.22 e 16.02.14.

Il costo totale quindi per la sostituzione in favore di un nuovo impianto sarebbe stato di circa 1.550.000 €, con abbondanti arrotondamenti e non considerando i costi di trasporto e di fermo impianto (circa 6 settimane, con una perdita stimata di circa 350.000 €).

Per il caso presentato in questa tesi, si ipotizza di acquistare un impianto caratteristiche tecniche/organizzative tali da portare la produttività dello stesso da 27 motte/turno di media attuale a 45 motte/turno (con un turno unico giornaliero di 8 ore), con un incremento di produzione annua pari al 66%.

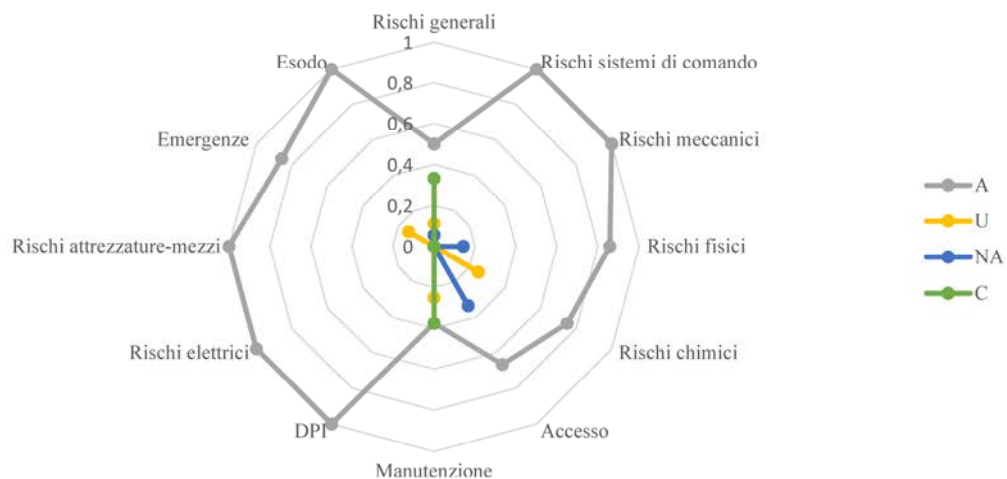
Il fatturato attuale dell'impianto a motte è di circa 3.000.000 € annui, e con l'incremento di produttività dovuto al nuovo impianto questo lieviterebbe a circa 5.000.000 €, se non fosse per un grave problema finora rimasto oscuro. Il fatto che l'impianto attualmente installato, alla massima velocità sostenibile produce 27 motte per ogni turno di 8 ore e produce un fatturato di 3 milioni di euro annui, indica inevitabilmente che ciascun getto risultante da queste motte ha un valore ben superiore rispetto ad un getto proveniente dall'impianto automatico, a causa della maggiore manualità richiesta che rende questo processo quasi artigianale (a causa della complessità e del dettaglio richiesto nella preparazione alla colata). Per questo motivo, investire in un impianto che produce 45 motte a turno sarebbe praticamente inutile, a meno che non si provveda anche ad assumere personale aggiuntivo in numero tale da riuscire a produrre gli stessi getti ma a velocità maggiore, motivo per il quale la scelta ricade ancor più verso l'adeguamento invece della sostituzione dell'impianto. Inoltre, l'impianto di per sé non determina la qualità del prodotto, in quanto non ci sono lavorazioni vere e proprie che inficiano la qualità del prodotto finito. Per questo motivo, la qualità dei prodotti di entrambe gli impianti sarebbe praticamente uguale.

Questa “piccola” osservazione del valore di quasi 2 milioni di euro, avrebbe portato un qualunque imprenditore poco attento verso l'errata decisione di alienare il vecchio impianto, spinto dal fatto che l'investimento iniziale sarebbe stato recuperato in un solo anno, senza contare però che la produttività massima sarebbe stata irraggiungibile senza dover necessariamente affrontare ulteriori spese, sia in materiale che investendo in personale aggiuntivo.

VII. Definizione dei rischi residui e gestione degli stessi

Dalla valutazione dei rischi eseguita sull'impianto adeguato con l'intervento descritto, emerge che tutti i rischi evidenziati precedentemente sono stati adeguatamente ridotti ad un livello tale da risultare accettabili, a patto che vengano in ogni caso seguite le indicazioni tecnico/procedurali contenute nel manuale operativo. Si ritiene opportuno segnalare come risultato fondamentale avere una procedura ben chiara ed efficiente per l'esecuzione di tutte le procedure manutentive, per fare in modo che qualsiasi tipo di azione pericolosa non possa venire eseguita involontariamente: per questo motivo, si ribadisce ulteriormente la necessità che la formazione sia un elemento dinamico e onnipresente nell'ambito aziendale.

A dimostrazione dell'efficacia degli interventi eseguiti, si riporta di seguito il risultato della check-list creata appositamente durante il tirocinio relativa alla valutazione dei rischi dovuti all'assemblaggio di macchine.



$$Y = \frac{68}{A} + \frac{6}{U} + \frac{9}{C} + \frac{1}{0,5*EXTRA} = \frac{84}{Y}$$

$$OVERALL SCORE = \left(\frac{68}{A} + \frac{1}{0,5*EXTRA} \right) \div \frac{84}{Y} = \frac{82,14}{Y}$$

✗	R ≤ 70%
!	70% < R < 80%
✓	R ≥ 80%

È evidente l'effetto dell'intervento nel miglioramento delle condizioni di sicurezza nei confronti dei rischi meccanici e fisici, oltre che nei confronti dei rischi derivanti dai sistemi di comando. Allo stesso modo, anche l'accesso alle postazioni di lavoro e la gestione delle emergenze e dell'esodo hanno subito un massiccio miglioramento.

VIII. Ulteriori modifiche procedurali e/o tecnologiche possibili

Dalla figura riportata nella pagina precedente, relativa ai rischi dovuti all'assemblaggio di macchine a seguito dell'adeguamento, si nota che persistono ancora alcuni punti dolenti irrisolti in 3 principali ambiti:

- Rischio chimico
- Rischi generali
- Manutenzione

Per quanto riguarda il primo punto, la causa è dovuta all'inevitabile pericolosità di alcuni dei prodotti utilizzati in questo impianto; tale questione, già ben risolta mediante l'adozione di DPI appositi, può essere ulteriormente migliorata sostituendo i prodotti pericolosi con preparati dalla pericolosità minore (se disponibili) oppure limitandone ulteriormente l'uso nell'arco della giornata lavorativa.

Il secondo punto, è relativo allo scarso punteggio ottenuto nelle categorie pulizia/ordine del luogo di lavoro come conseguenza dell'assenza di un sistema di aspirazione delle polveri diffuso su tutto l'impianto. In ogni caso, l'installazione di un sistema di questo genere avrebbe un costo tutto sommato limitato e potrebbe essere un ottimo surplus programmato per gli anni successivi.

L'ultimo punto, relativo alla manutenzione, è causato dalle difficoltà incontrate dai manutentori nell'accedere a tutte le parti da mantenere, dovute principalmente allo scarso spazio disponibile e dal design "vecchio stampo" dell'impianto. Una delle possibili soluzioni per ridurre ulteriormente i rischi presenti nella fase manutentiva, è l'adozione della procedura Lock Out Tag Out presentata nei capitoli precedenti, oltre alla soluzione già presentata dell'implementazione della modalità DSN per evitare il defeating all'atto della manutenzione.

CAPITOLO 5 - Considerazioni tecniche sulle attività manutentive

Come già parzialmente introdotto nel capitolo precedente, un intervento di revamping genera benefici non indifferenti anche dal punto di vista dell'attività manutentiva, oltre all'incremento del livello di sicurezza e di tecnologia dell'azienda. Tali benefici, seppur difficilmente quantificabili, portano ancor più l'ago della bilancia verso la fattibilità di tali interventi. A titolo puramente indicativo, di seguito si vuole dare spazio ai diversi aspetti positivi e negativi che un intervento di questo genere comporta a livello manutentivo, partendo dai vantaggi dell'adozione di un sistema SCADA, per passare poi ad interventi di altro genere.

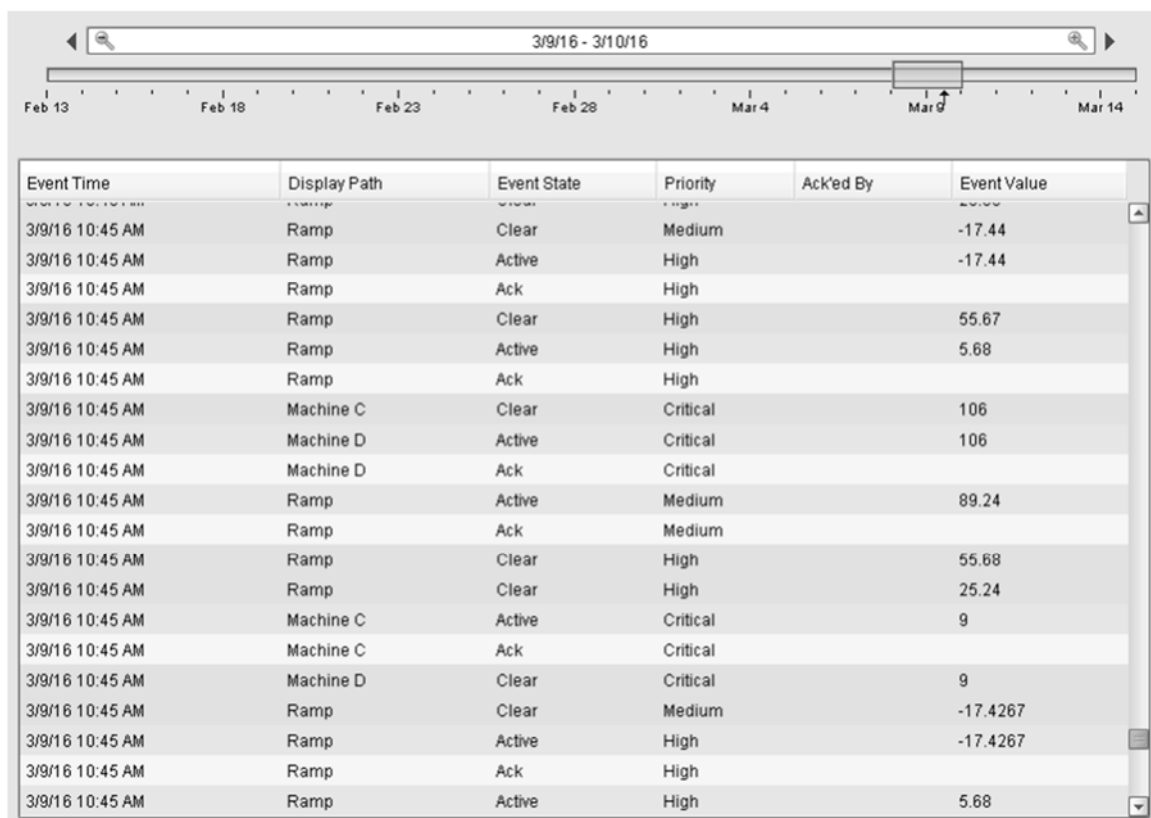
I. La riduzione dei tempi di manutenzione

In riferimento alla Figura 24 del Capitolo III della presente tesi, risulta evidente come un qualsiasi intervento che implementi un sistema SCADA ben progettato, porti quasi all'annullamento dei tempi di rilevazione e ricerca del guasto. Ciò è dovuto all'implementazione nell'interfaccia grafica di segnalazioni di stato di sensori e componenti, uniti alle segnalazioni d'allarme e anomalie rilevate automaticamente dal sistema. Il rilevamento di una anomalia nel funzionamento di un componente, può generare un avviso all'operatore e contemporaneamente avvisare il reparto manutenzione che provvede alla risoluzione del problema anche da remoto. Ad esempio, è possibile implementare nell'interfaccia di controllo la possibilità di consultare i manuali d'uso e manutenzione dei singoli componenti, semplicemente cliccando sopra un opportuno link da qualsiasi PC dell'azienda, senza dover consultare immensi archivi di documenti. Una soluzione uguale può essere applicata a disegni e schemi d'impianti elettrici, oleodinamici, eccetera.

II. La disponibilità dello storico degli eventi

Un ulteriore vantaggio dell'adozione di sistemi SCADA evoluti, consiste nella disponibilità di poter consultare lo storico degli allarmi e degli eventi precedenti all'evento di guasto. Ad esempio, è possibile ricostruire l'albero degli eventi che hanno causato il guasto vero e proprio, in modo da poter intervenire sulle regolazioni necessarie per poter evitare il ripetersi dell'evento stesso. Si pensi al guasto di un motore elettrico appartenente ad un tornio a controllo numerico: il guasto, può essere

dovuto ad un cuscinetto rotto o ad un freno rimasto bloccato. Sostituendo il motore senza prestare particolare attenzione al resto dei componenti, è probabile che all'avvio del nuovo motore anche questo si guasti, non essendo risolto il problema a valle dello stesso. Con un sistema di supervisione, il guasto sarebbe evidenziato sia come guasto del motore, che come rottura del cuscinetto o come blocco del freno motore.



Event Time	Display Path	Event State	Priority	Ack'd By	Event Value
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Clear	Medium		-17.44
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Active	High		-17.44
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Ack	High		
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Clear	High		55.67
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Active	High		5.68
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Ack	High		
3/9/16 10:45 AM	Machine C	Clear	Critical		106
3/9/16 10:45 AM	Machine D	Active	Critical		106
3/9/16 10:45 AM	Machine D	Ack	Critical		
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Active	Medium		89.24
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Ack	Medium		
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Clear	High		55.68
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Clear	High		25.24
3/9/16 10:45 AM	Machine C	Active	Critical		9
3/9/16 10:45 AM	Machine C	Ack	Critical		
3/9/16 10:45 AM	Machine D	Clear	Critical		9
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Clear	Medium		-17.4267
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Active	High		-17.4267
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Ack	High		
3/9/16 10:45 AM	Ramp	Active	High		5.68

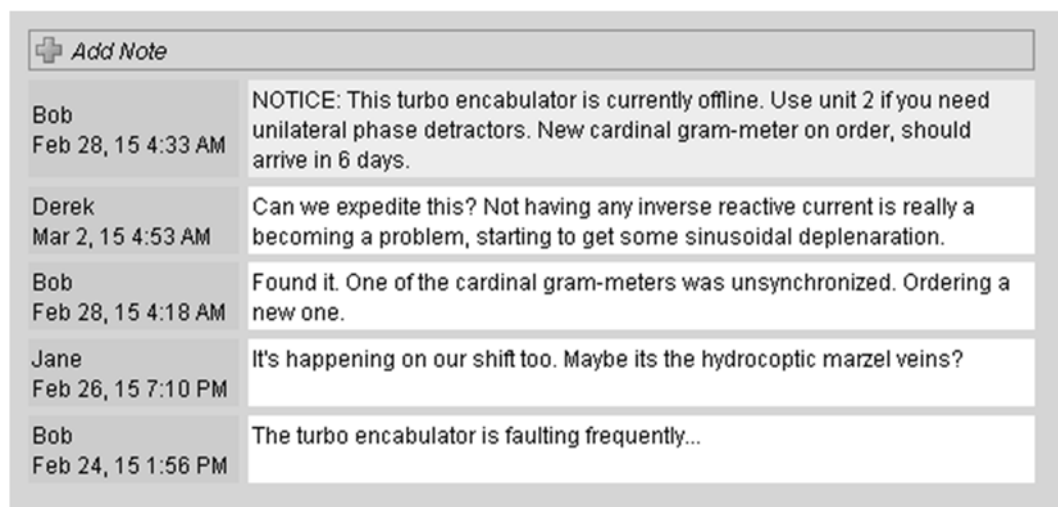
Figura 57 - Esempio di "Alarm Journal" tratto dalla guida del software Ignition

Mediante un registro allarmi, è possibile discriminare determinati eventi indicatori di guasto anche a distanza di molti mesi dall'evento, oltre a poter definire quali di questi indicatori devono generare una segnalazione agli operatori od ai manutentori.

Infine, si vuole mettere in chiaro che più si vuole aumentare la precisione e la definizione del singolo componente da mantenere, ovviamente più aumenta il costo del sistema in termini di sensori e rilevatori. La scelta del livello di definizione, va effettuata in base al tipo ed alla gravità del danno che il singolo guasto può causare, in relazione all'incremento di costo generato sul sistema tecnologico.

III. Comunicazione facilitata tra operatori e reparti

Un'ulteriore funzionalità disponibile nei più avanzati sistemi di supervisione, è la possibilità di inserire una scheda di commento, in cui gli operatori che operano sullo stesso impianto possono comunicare tra di loro e con il reparto manutenzione. In questo modo, le operazioni di test e riavvio dell'impianto possono addirittura essere fatte da remoto o comunque mettendo già a conoscenza il manutentore che interviene della situazione presente sul posto. Questo sistema, è utile anche per lasciare comunicazioni scritte agli operatori del turno successivo, sia relative a note di produzione che osservazioni sul funzionamento anomalo di componenti da tenere d'occhio durante il turno successivo.



+ Add Note	
Bob Feb 28, 15 4:33 AM	NOTICE: This turbo encabulator is currently offline. Use unit 2 if you need unilateral phase detractors. New cardinal gram-meter on order, should arrive in 6 days.
Derek Mar 2, 15 4:53 AM	Can we expedite this? Not having any inverse reactive current is really a becoming a problem, starting to get some sinusoidal depleneration.
Bob Feb 28, 15 4:18 AM	Found it. One of the cardinal gram-meters was unsynchronized. Ordering a new one.
Jane Feb 26, 15 7:10 PM	It's happening on our shift too. Maybe its the hydrocoptic marzel veins?
Bob Feb 24, 15 1:56 PM	The turbo encabulator is faulting frequently...

Figura 58 - Esempio di "Comment Panel" tratto dalla guida del software Ignition

IV. Modalità di funzionamento DSN

La modalità DSN (acronimo di "Dispositivi di Sicurezza Neutralizzati") prevede la possibilità, mediante accesso tramite nome utente e password segreta ad alcuni sottomenù riservati dell'interfaccia grafica di comando. Tramite l'attivazione di questa modalità è possibile effettuare manutenzioni e regolazioni con l'impianto in funzione e con i dispositivi di sicurezza disattivati, ma con tutti i componenti operanti ad una velocità tale da non rappresentare un pericolo per il manutentore. È fondamentale l'individuazione di tutte le potenziali fonti di rischio, per poter garantire in ogni caso una operazione sicura sotto tutti i punti di vista.

Una delle soluzioni frequentemente adottate, è l'utilizzo di una pulsantiera speciale a comando mantenuto, con la quale l'operatore attiva questa modalità in maniera prettamente meccanica. L'evoluzione di tale situazione consiste appunto

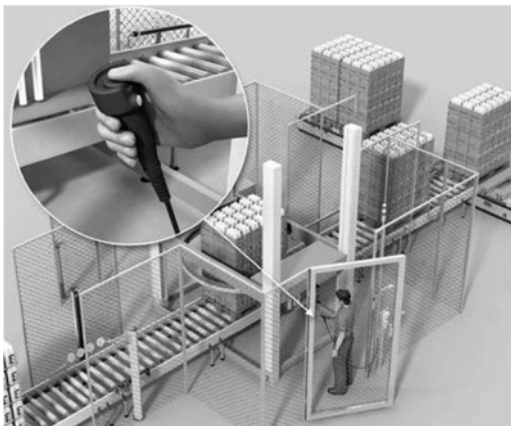


Figura 59 - Accesso ad una zona pericolosa mediante pulsantiera a comando mantenuto (tratta dalla pubblicazione "Guide for Safe Machinery" edita dall'azienda produttrice di sensori per la sicurezza Sick)

nell'implementazione di questa modalità nel pannello SCADA, proteggendone quindi l'attivazione mediante password e creando una situazione più sicura in quanto non utilizzabile da operatori non addestrati.



Figura 60 - Modalità DSN implementata nel pannello abbozzato per l'impianto oggetto di questa tesi

Per evitare che il manutentore acceda alla zona pericolosa senza supervisione, è possibile richiedere che siano presenti sempre 2 manutentori addestrati, dei quali uno agisce sull'impianto, mentre l'altro mantiene premuto il pulsante sul pannello di controllo, evitando che altri operatori possano agire sullo stesso inconsapevoli della situazione di potenziale pericolo presente.

La necessità di implementare una modalità DSN è definita mediante il seguente schema logico e va effettuata seguendo le indicazioni nella tabella sotto riportata:

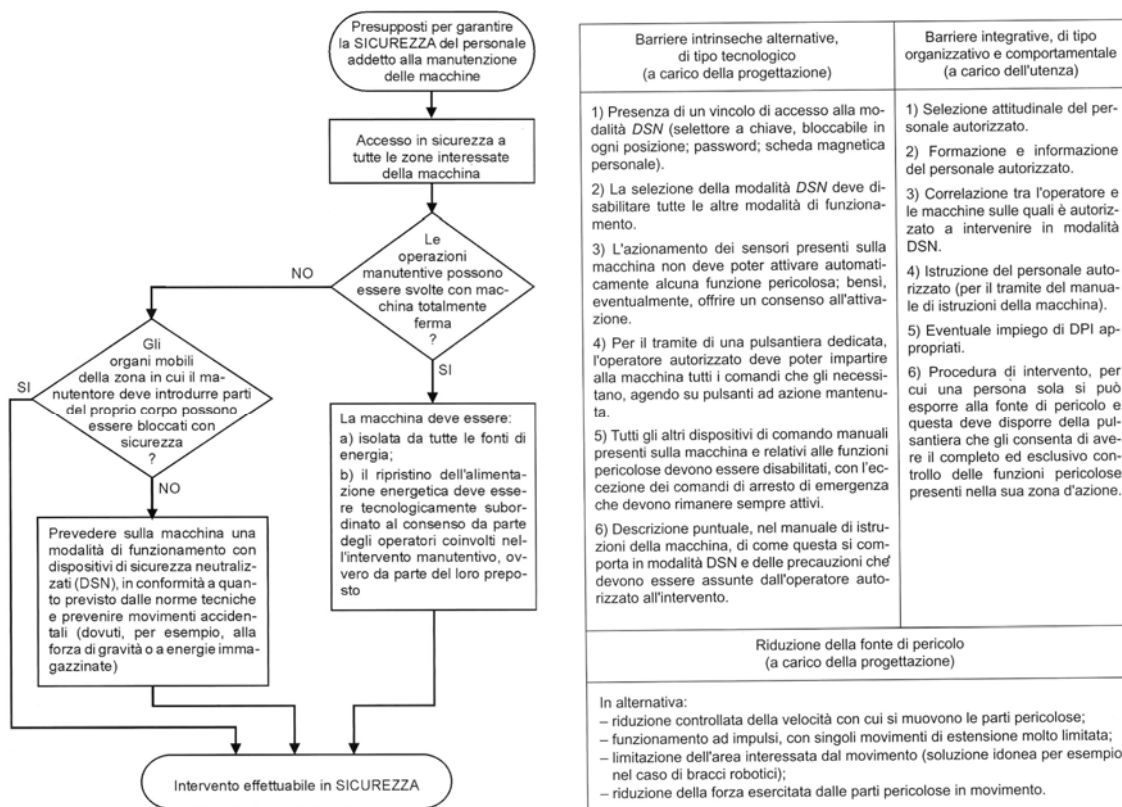


Figura 61 - Schema per la manutenzione sicura (a sinistra) e barriere intrinseche da prevedere per la modalità DSN (a destra), tratte dal libro di Enrico Grassani "Manutenzione e sicurezza delle macchine", Ed. Delfino, 1ª edizione, 2011)

V. Disponibilità di ricambi e assistenza software/hardware ed altri vantaggi in ambito manutentivo

L’esecuzione di un intervento di revamping, come già più volte ripetuto, genera la possibilità per l’azienda di avere garanzia di recuperabilità di componenti di ricambio per un tempo molto lungo: infatti, nella progettazione di questi interventi, si tende sempre più ad eliminare (per quanto possibile) la necessità di dover utilizzare componenti costruiti su misura o particolarmente difficili da recuperare, a favore di componenti commercialmente comuni e con standard sufficientemente diffusi.

Anche l’assistenza software e hardware risulta molto più facilitata, grazie all’implementazione di algoritmi per l’autodiagnostica e di sistemi per la comunicazione anche diretta con la casa produttrice direttamente nei pannelli di comando digitali.

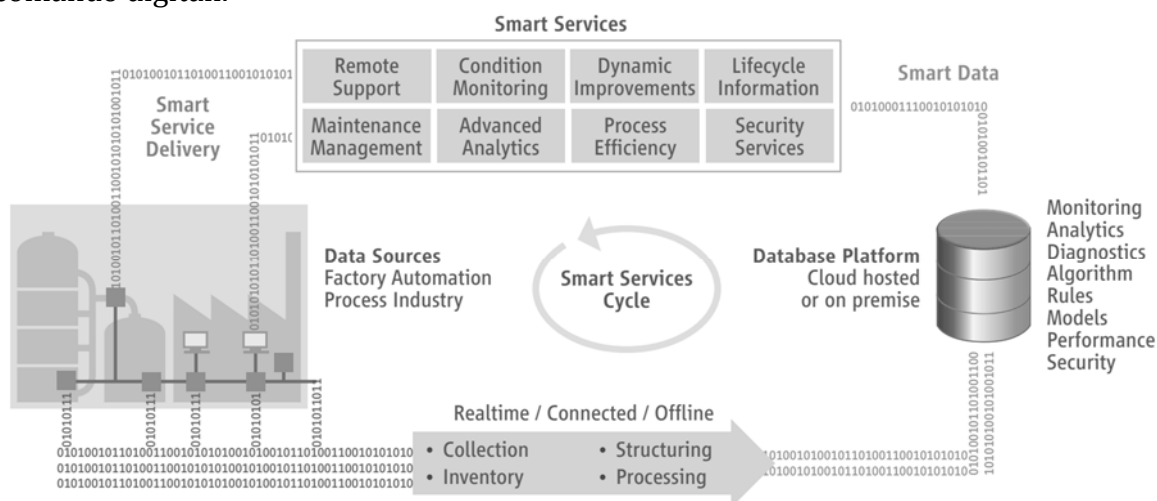


Figura 62 - Struttura degli Smart Services, cioè dei servizi di manutenzione, regolazione e gestione da remoto (figura tratta dal sito www.zvei.org)

Per introdurre il capitolo seguente, si vuole ora fare un breve *excursus* sulle tecnologie più innovative nel campo della manutenzione, introdotte sempre più spesso in occasione appunto di interventi di revamping di impianti industriali. Alcune delle tecnologie di seguito presentate sono dette “abilitanti” per il Piano Industria 4.0 presentato nel capitolo seguente.

Uno dei prossimi interventi in fase di pianificazione in VDP Fonderia, è la gestione *smart* del magazzino ricambi: infatti, è possibile creare una sorta di database che raccoglie l’elenco di tutti i componenti di una macchina o di un impianto (dai motori interi fino ai bulloni), codificando ciascuno di essi con un codice QR. Il manutentore che deve intervenire sulla macchina, può semplicemente accedere tramite un tablet apposito alla lista dei ricambi, individuarne la posizione in magazzino, scalare i pezzi utilizzati dalla quantità disponibile e generare in automatico una richiesta di

approvvigionamento per i componenti in esaurimento. Tramite questa tecnologia è possibile tenere traccia di ogni singola riparazione o modifica fatta su ogni macchina, rendendo così inequivocabile l'individuazione di eventuali responsabili di manomissioni o modifiche non autorizzate. Un'ulteriore aggiunta in questo sistema, può essere utile per limitare l'uso delle macchine e degli impianti al solo personale autorizzato: l'aggiunta consiste nell'adozione di tag NFC applicati ai singoli quadri di comando, che diventano utilizzabili solo quando un operatore autorizzato li sblocca tramite la propria card od il proprio tablet/smartphone. Tramite quest'ultimi, è possibile anche localizzare ogni singolo operatore all'interno dell'azienda, operazione molto utile in caso d'emergenza negli impianti di grande dimensione.

Le tecnologie più avanzate che vengono ora presentate si configurano proprio con le attività di diagnostica e risoluzione da remoto dei guasti: la realtà aumentata (AR, "Augmented Reality") e la realtà virtuale (VR, "Virtual Reality"). Queste tecnologie permettono al manutentore di visualizzare mediante un tablet dotato di fotocamera o di occhiali *smartglass*, le informazioni e la guida per la manutenzione direttamente sul componente o sull'impianto (AR), oppure mediante un'immersione virtuale nello stesso tramite occhiali e controller appositi (VR).

Nel primo caso, l'operatore può accedere alla zona da mantenere senza l'ingombro di manuali o strumenti diagnostici, magari ricevendo direttamente istruzioni audio ed immagini dalla casa produttrice da remoto direttamente sul dispositivo elettronico.



Figura 63 - Nelle due figure in alto, manutenzione in AR tramite smartglass (tratte dall'articolo "L'operatore 2.0 grazie alle tecnologie indossabili" di Franco Canna sulla rivista Automazione e Strumentazione, n°9, Anno LXIII); nelle due figure in basso, manutenzione in AR mediante supporto tecnico da remoto con tablet (tratto dall'articolo di Masoni et al. riportato in bibliografia)

La tecnologia VR invece permette all’operatore di accedere virtualmente alla macchina o all’impianto per visualizzare componenti e fasi da seguire per la manutenzione; per questo è molto utile anche per le fasi di training o programmazione di interventi manutentivi complessi, in quanto è possibile testare le procedure di manutenzione, misurare le tempistiche richieste ed individuare eventuali problemi non individuati in fase di programmazione dell’intervento.

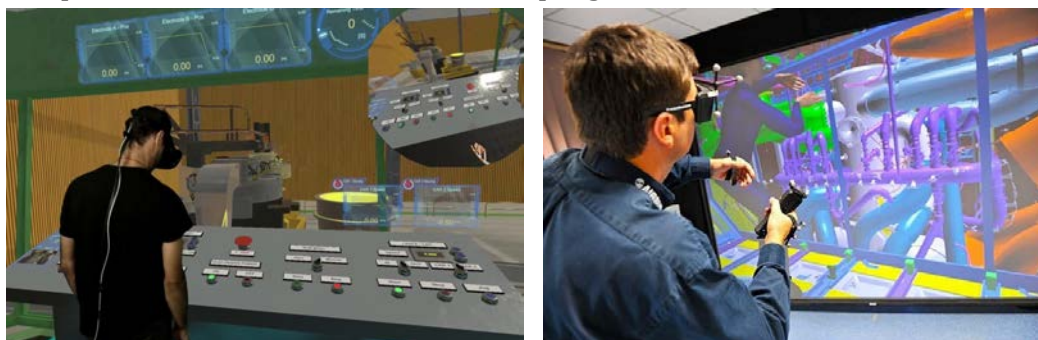


Figura 64 - Due immagini tratte dal web che mostrano l’ambiente virtuale con cui l’operatore può confrontarsi. Questa tecnologia è attualmente utilizzata anche da ABB per istruire i tecnici che vanno ad operare in cabine sotto tensione o su interventi di manutenzione di grandi trasformatori di potenza.

In più, queste tecnologie, consentono anche di simulare scenari di incidente e scenari produttivi prevedibili per verificare la risposta dell’impianto a seguito appunto degli interventi programmati. Per questo, è possibile confrontarsi con scenari dinamici di simulazione come se si stesse affrontando una vera e propria analisi “*what-if*”. Entrambe queste tecnologie sono dette “tecnologie abilitanti” per accedere ai benefici del piano Industria 4.0 oggetto del capitolo successivo.

Per concludere, si vuole segnalare che l’implementazione di un sistema MES²³ nella produzione, integrato con i pannelli SCADA e con i sistemi di raccolta dati, risulta fondamentale per ottenere un monitoraggio automatico e costante dell’attività produttiva, inclusi i tempi di *downtime* imprevisti ed anche per rilevare eventuali problemi non segnalati dagli operatori, relativamente all’anomalo funzionamento dell’impianto su cui operano (“*what you don’t know will hurt you*”, citazione dalla brochure informativa “*How to reduce downtime & raise in OEE*”, pubblicata dalla Inductive Automation).

Figura 65 - Tempo di produzione efficiente reale, eliminando cioè sia i *downtime* programmati e non programmati, sia il tempo perso per perdita di velocità o qualità (tratto dalla brochure di Inductive Automation)



²³ “MES” = “Manufacturing Execution System”, cioè un sistema di monitoraggio e tracciamento della produzione

CAPITOLO 6 - Prospettive future: il progetto Industria 4.0

Il termine Industria 4.0 deriva da una iniziativa europea chiamata appunto "Industry 4.0" a sua volta ispirata ad un progetto del governo tedesco che prevedeva enormi investimenti in infrastrutture, sistemi energetici, aziende e scuole per portare ad un livello ancor più alto l'industria manifatturiera tedesca. Questa iniziativa prevedeva un aumento dell'interoperabilità tra aziende, creando standard comuni per evitare di avere inutili differenze tra aziende concorrenti, una maggiore decentralizzazione del processo decisionale, un aumento della modularità e della flessibilità del processo produttivo, il tutto unito ad un ovvio rinforzo dell'infrastruttura tecnologica di controllo ed analisi dei dati. Questi principi, assorbiti e riadattati in Italia dal Ministro dello Sviluppo Economico Carlo Calenda nel Dicembre 2016 con la Legge di Stabilità hanno dato vita al Piano Nazionale Industria 4.0 (chiamato successivamente Impresa 4.0); questa iniziativa promossa dal Ministero dello Sviluppo Economico dal 2017 e prolungata al 2018, prevede una serie di agevolazioni per le aziende che effettuano investimenti in ambito produttivo con determinate caratteristiche elencate a breve.

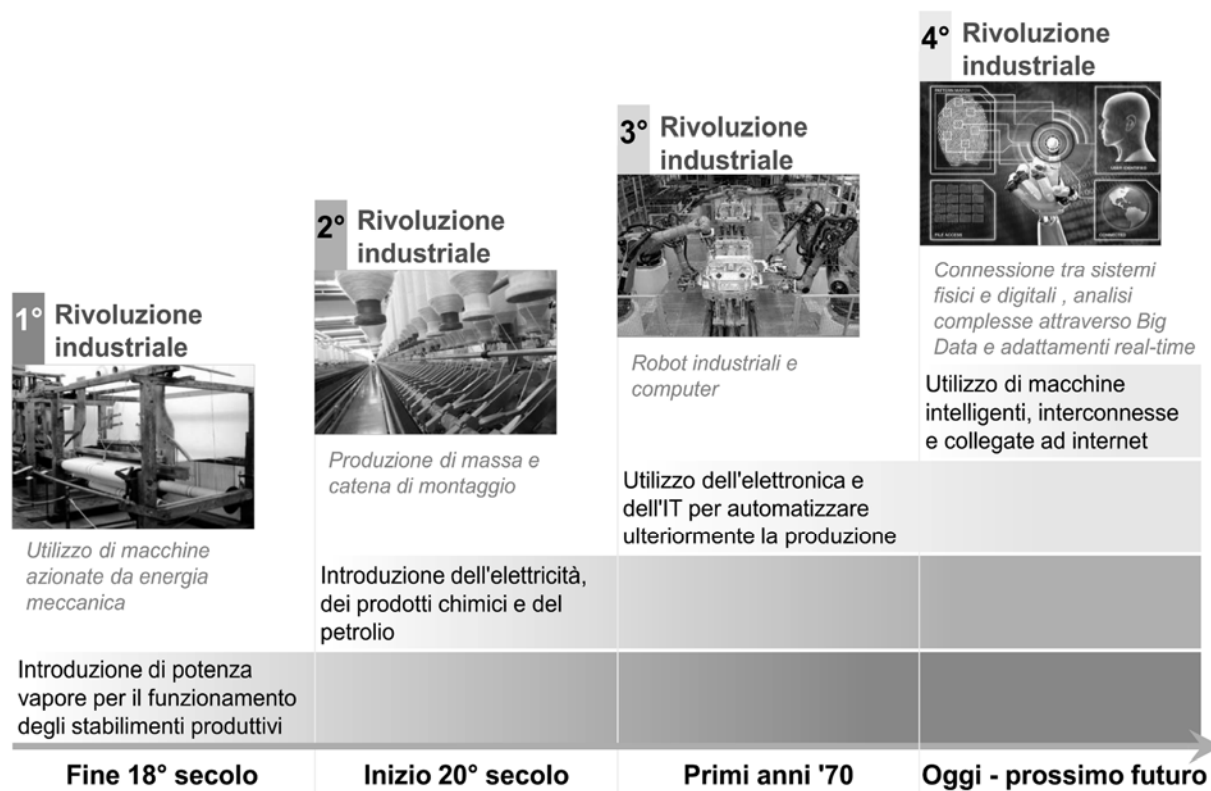


Figura 66 - La rivoluzione di "Industria 4.0" vista come la 4^a Rivoluzione Industriale da una presentazione del MISE

Per non divagare troppo, nel seguito verrà presentata solo l’agevolazione attualmente più utilizzata e diffusa²⁴: l’IPER o SUPERAMMORTAMENTO. Questi termini rappresentano una supervalutazione rispettivamente del 250% e del 140% di investimenti in beni materiali e strumentali con caratteristiche che li rendono innovativi in chiave di Industria 4.0.

Tali caratteristiche, riportate direttamente dalla Circolare 4E del 30-3-2017 al punto 11.1, sono:

1. controllo per mezzo di CNC e/o PLC;
2. interconnessione ai sistemi informatici di fabbrica con caricamento da remoto di istruzioni e/o part program, da considerarsi soddisfatto quando il bene scambia informazioni con sistemi interni per mezzo di un collegamento basato su specifiche internazionalmente riconosciute, documentate e disponibili pubblicamente (es. TCP-IP, HTTP, MQTT, ecc...);
3. integrazione automatizzata della macchina/impianto con il sistema logistico della fabbrica o con la rete di fornitura e/o con altre macchine del ciclo produttivo per la quale risulta necessaria l’integrazione almeno con una delle seguenti opzioni:
 - a) sistema logistico di fabbrica, sia attraverso un’integrazione fisica che informativa. Per quanto riguarda l’integrazione fisica, rientra il caso in cui l’impianto/macchinario sia asservito da un sistema di movimentazione/handling automatizzato o semi-automatizzato (es. robot, carroponte, sistemi aerei, AGVs, ecc...) che sia a sua volta integrato con un altro elemento della fabbrica (ad es. un magazzino, un’altra macchina/impianto, ecc...). Diversamente l’integrazione informativa deve permettere la tracciabilità dei prodotti/lotti realizzati che consentano al sistema di gestione di registrare l’avanzamento, la posizione o altre informazioni di natura logistica;
 - b) rete di fornitura, per la quale si deve intendere sia un fornitore a monte che un cliente a valle;
 - c) altre macchine del ciclo produttivo, effettuato in una logica di integrazione e comunicazione M2M con un’altra macchina/impianto a monte e/o a valle.
4. interfaccia tra uomo e macchina realizzata attraverso un sistema hardware, anche in remoto, di interfaccia con l’operatore per il monitoraggio e/o il controllo della stessa;

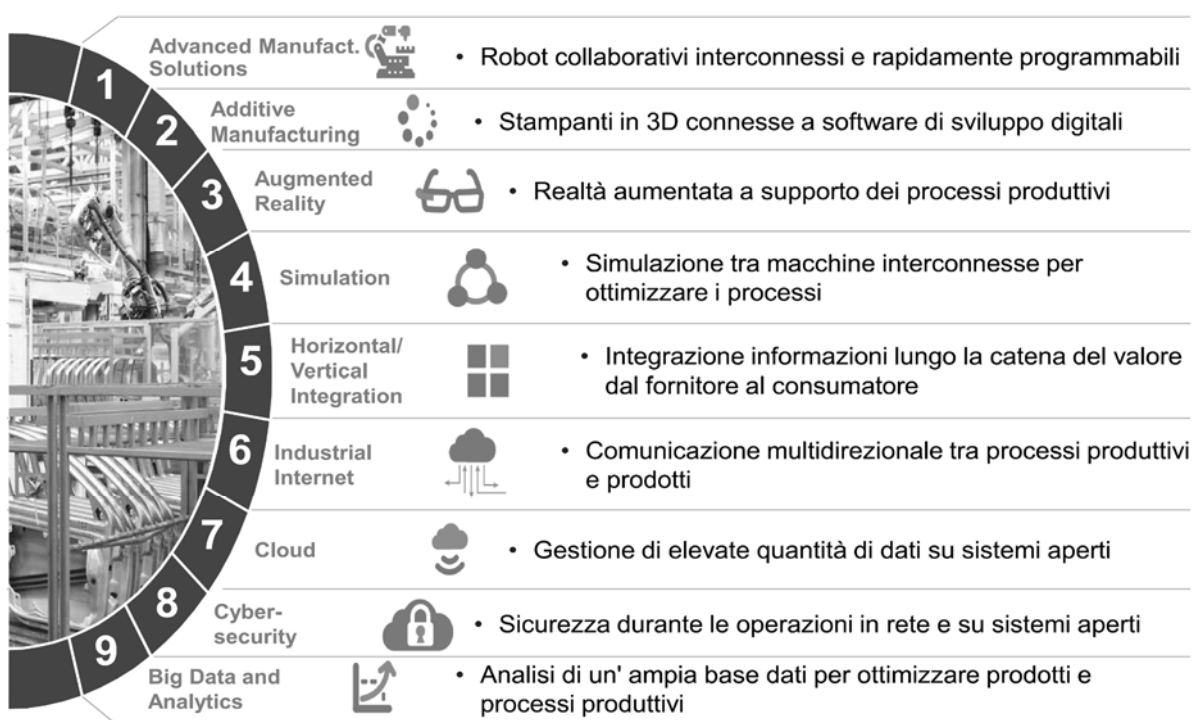
²⁴ Dai risultati del Piano Industria 4.0 presentati dal MISE a fine 2017, http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/impresa_%2040_19_settembre_2017.pdf, si rileva un +60% nel 2017 a fronte di altri incentivi che hanno registrato solo +35% di media.

5. rispondenza ai più recenti parametri di sicurezza, salute e igiene sul lavoro, ovvero di rispondenza ai requisiti previsti dalle norme in vigore.

Oltre a queste 5 caratteristiche obbligatorie per poter accedere all'IPER/SUPERAMMORTAMENTO, il bene deve avere anche 2 tra queste 3 caratteristiche in aggiunta:

- a) Sistemi di telemanutenzione e/o telediagnosi e/o controllo in remoto.
- b) monitoraggio continuo delle condizioni di lavoro e dei parametri di processo mediante opportuni set di sensori e adattività alle derive di processo.
- c) caratteristiche di integrazione tra macchina fisica e/o impianto con la modellizzazione e/o la simulazione del proprio comportamento nello svolgimento del processo.

Le cosiddette “tecnologie abilitanti”, cioè le tecnologie che servono per entrare nell’ottica 4.0 sono presentate nell’immagine seguente, tratta da una presentazione del MISE di Febbraio 2017.



L’apertura di questa possibilità di sgravio fiscale a tutte le aziende, qualsiasi sia la loro dimensione ed il settore produttivo, ha consentito un notevole aumento degli investimenti in sicurezza, facilitato anche dal fatto che, tramite l’adozione di semplici esempi dei sistemi presentati precedentemente in questa tesi, anche le piccole imprese hanno potuto beneficiare dell’ammortamento investendo anche nel revamping dei propri impianti.

Per evitare di allungare troppo questo capitolo, marginale rispetto all’argomento vero e proprio della tesi, si tralascia la spiegazione di ciascuna tecnologia per favorire invece la discussione degli effetti che la Rivoluzione 4.0 sta avendo sull’industria italiana. Dal rapporto di FederMeccanica del 2016, si nota come fin dall’inizio si siano rilevati alcuni problemi da risolvere con particolare attenzione, proprio causati dal boom vero e proprio delle tecnologie applicate.

Innanzitutto, si rileva come esistano purtroppo molte aziende che vendono “pacchetti” preimpostati per rientrare nell’ottica 4.0, ma dalla scarsa utilità: per riportare un esempio su tutti, si pensi ad un’azienda che si rivolge ad un consulente “truffaldino” per poter operare un investimento in un nuovo macchinario rientrando nei canoni di Industria 4.0. Spesso accade che il consulente, alla vista dell’inesperto imprenditore, gli proponga una soluzione particolarmente costosa, attirato dal facile guadagno: non soffermandosi sulla qualità del prodotto venduto, sperando che questa rispecchi il suo costo, ci si trova alla fine davanti ad una macchina che rileva quantità elevate di dati di ogni genere, i quali però poi non hanno un’infrastruttura che li elabora e li utilizza per migliorare il processo produttivo. Tale esempio può risultare assurdo, ma purtroppo è tristemente presente in molte aziende nel territorio nazionale.

Industria 4.0 infatti non è solo una soluzione *plug&play*, ma è una scelta che comporta modifiche organizzative, gestionali e formative per il personale. Infatti, tutto il processo decisionale sulle modifiche ai cicli di lavorazione e su nuovi prodotti da produrre, viene stravolto grazie anche alle tecnologie di prototipazione rapida e alle simulazioni, mentre le nuove assunzioni devono essere già viste nell’ottica dell’ulteriore avanzamento futuro delle tecnologie.

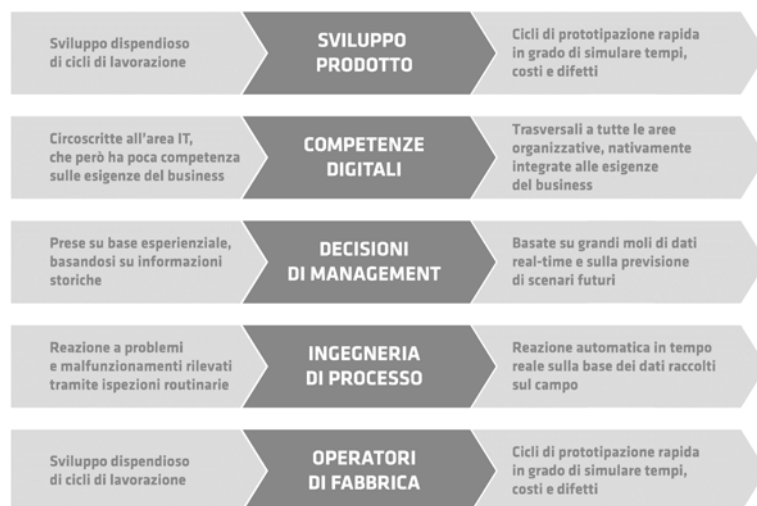


Figura 67 – Adattamento dell’azienda alle nuove possibilità introdotte da Industria 4.0; a sinistra, prima di Industria 4.0; a destra, dopo Industria 4.0 (tratto da un articolo di Massimo Zanardini dell’Università di Brescia)

Vi è una importante questione tuttora non del tutto risolta, riguardante la formazione e l’assenza di specifiche competenze tecniche relative alle nuove tecnologie, come indicato anche dai dati rilevati nei grafici seguenti.

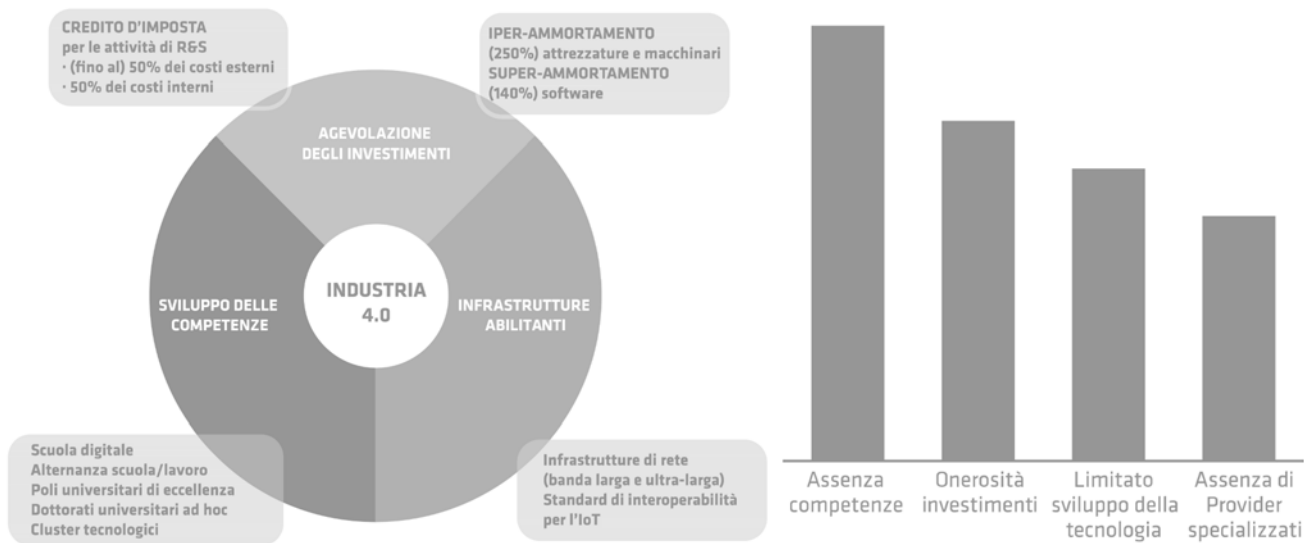


Figura 68 - Nella figura a sinistra, la reale composizione del mondo "Industria 4.0", che va ben oltre alle sole tecnologie su cui investire. Nella figura a destra, le limitazioni allo sviluppo di Industria 4.0 evidenziate dalle imprese che non hanno adottato tale strategia di investimento (figure tratte da un articolo di Massimo Zanardini dell'Università di Brescia)

Alcune delle competenze individuate dal Laboratorio RISE²⁵ in un report sull'Industria 4.0 in Italia, vengono riportate nell'immagine seguente: risulta evidente che molte di esse non risultano per nulla presenti in Italia od all'estero in quanto assenti in qualsiasi piano di studi universitario.

TECNOLOGIA	FIGURA PROFESSIONALE
Industrial Internet of Things	IoT Strategist
	IoT Solutions Architect - Presente
	Software Development Engineer
	Network security manager/analyst
Additive Manufacturing	Progettista CAD "additivo"
	Ingegnere dei materiali
	Tecnico supervisore delle stampanti
	3D Digital Designer/Modeler
Big Data & Advanced Analytics	Data scientist / Data architect
	Data analyst
	Data security manager
Collaborative Robotics	Computer Vision/Perception Robotics Engineer
	Machine Learning System Engineer
	Mathematical & Data analyst
Augmented & Virtual Reality	AR/VR Software Engineer
	Augmented Reality Application Developer
	3D Graphics Designer & Animators
Cloud Manufacturing	System / Infrastructure architect
	Machine supervisor
	System engineer
	Network security manager/analyst

Figura 69 - Competenze per l'Industria 4.0 (tratto dal report Impresa 4.0, La trasformazione digitale della manifattura, 2^a edizione, Laboratorio RISE, Università di Brescia, 2017)

²⁵ Un laboratorio di ricerca del Dipartimento di Ingegneria Meccanica ed Industriale dell'Università di Brescia, di cui Massimo Zanardini è uno dei componenti.

Un problema di cui si parla molto poco nell’ambito delle applicazioni di Industria 4.0 è la *cyber-security*, definita come la sicurezza dal punto di vista informatico per la protezione da attacchi informatici esterni e/o fughe di informazioni. Infatti, sono ben 2 i punti in cui un attacco informatico potrebbe causare gravi danni all’azienda che opta per la diffusione radicale della tecnologia 4.0: la raccolta e gestione dei dati, ed il controllo da remoto degli impianti.

Nel caso in cui vi fosse una manomissione dei dati, da parte di persone che desiderano ostacolare la produzione od inficiare l’immagine dell’azienda nei confronti del mondo esterno, oppure nel caso in cui questi dati di produzione venissero captati e venduti alla concorrenza, l’azienda subirebbe gravi conseguenze economiche; ben più grave è il caso in cui un attacco informatico esterno fosse mirato al sabotaggio vero e proprio della produzione. Per portare un esempio decisamente tragico, si pensi alla manomissione dall’esterno del sistema di controllo della produzione di isocianato di metile²⁶, un componente usato nella produzione di fitofarmaci e poliuretani.

Alcuni accorgimenti che tutte le aziende possono adottare con investimenti tutto sommato limitati, consistono ad esempio nell’adozione di sistemi antivirus ad aggiornamento continuo, nell’installazione di *firewall* robusti e testati, nell’adozione di sistemi informatici tali da limitare l’utilizzo di applicazioni e/o periferiche non sicure o non certificate, ed infine nella sottoscrizione di adatte polizze assicurative che tutelino l’azienda nel caso in cui vi fosse una fuga di dati o manomissioni di qualsiasi genere. Altre possibili soluzioni più efficaci ma allo stesso tempo più costose, invece riguardano l’implementazione di sistemi di monitoraggio basati sull’Intelligenza Artificiale: primo tra tutti, un sistema *Knowledge-Based* basato su un database che riconosce i pattern e gli algoritmi tipici di un attacco informatico (un principio del tutto equiparabile ad un normale antivirus) il cui vantaggio è il costo moderato, ma con la pecca di intervenire spesso ad attacco già in corso. Un sistema molto più efficiente consiste invece in un approccio *Behaviour-Based* che consiste in un periodo iniziale di monitoraggio e raccolta dati sull’utilizzo normale dei sistemi di controllo, per poi passare alla fase di monitoraggio vero e proprio, in cui ciascuna anomalia nei parametri modificati/inseriti provoca un allarme nel reparto IT che verifica la reale intenzione dell’operatore di eseguire tale manovra. Questo sistema, tutela implicitamente l’azienda anche da eventuali sabotaggi interni, al costo però di una possibile minore fluidità di produzione in caso di applicazione a sistemi poco “stabili” nel normale funzionamento.

²⁶ Sostanza tristemente nota alla cronaca a causa dell’incidente accaduto a Bhopal, in India, nel 1984. Un massiccio rilascio accidentale di questo gas altamente tossico causò la morte di più di 25.000 persone.

Una novità recentemente introdotta, che risolve invece l'annoso problema dei collegamenti tra i componenti tecnologici in un impianto, è lo standard IO-Link: questo standard è assimilabile ad un cavo USB, tecnologia ormai diffusa in qualsiasi campo grazie alla capillare diffusione dei sistemi informatici, in quanto un unico cavo consente di collegare sensori, attuatori, moduli di sicurezza e qualsiasi altro componente che ne supporti la connessione.

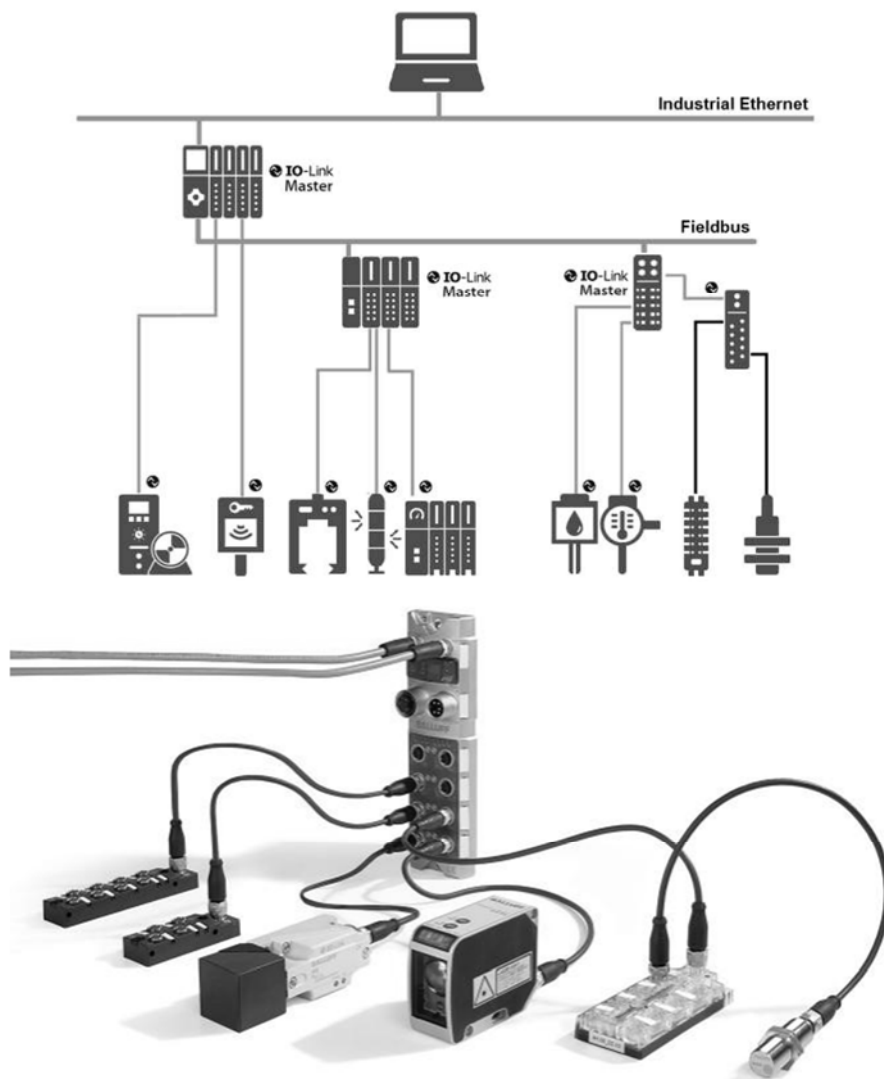


Figura 70 - Esempio di collegamento tramite IO-Link di sensori, attuatori e bus di campo passivi/attivi ad un master che raccoglie e codifica tutti i dati trasmettendoli tramite un unico cavo al PLC di automazione/safety (immagini tratte dal sito dell'azienda Balluff, produttrice di sensori e moduli safety)

La disponibilità pressoché illimitata di input/output digitali generati dall'espansione dei singoli connettori dei bus di campo, consente di poterne sfruttare alcuni per funzionalità di secondaria importanza, ma comunque utili per monitorare il funzionamento dei diversi sistemi: ad esempio, una barriera fotoelettrica può segnalare (oltre alla presenza o meno di ostacoli rilevati) l'imbrattamento del vetro, la sovratemperatura o la scarsa ricezione di segnale. La Balluff, una delle aziende leader nel mercato dei sensori, ha introdotto da poco nel

mercato un alimentatore chiamato “HeartBeat” che consente di visualizzare a distanza le condizioni di carico, lo stress subito e stima la durata di vita residua sulla base delle sollecitazioni dannose che inevitabilmente riceve.

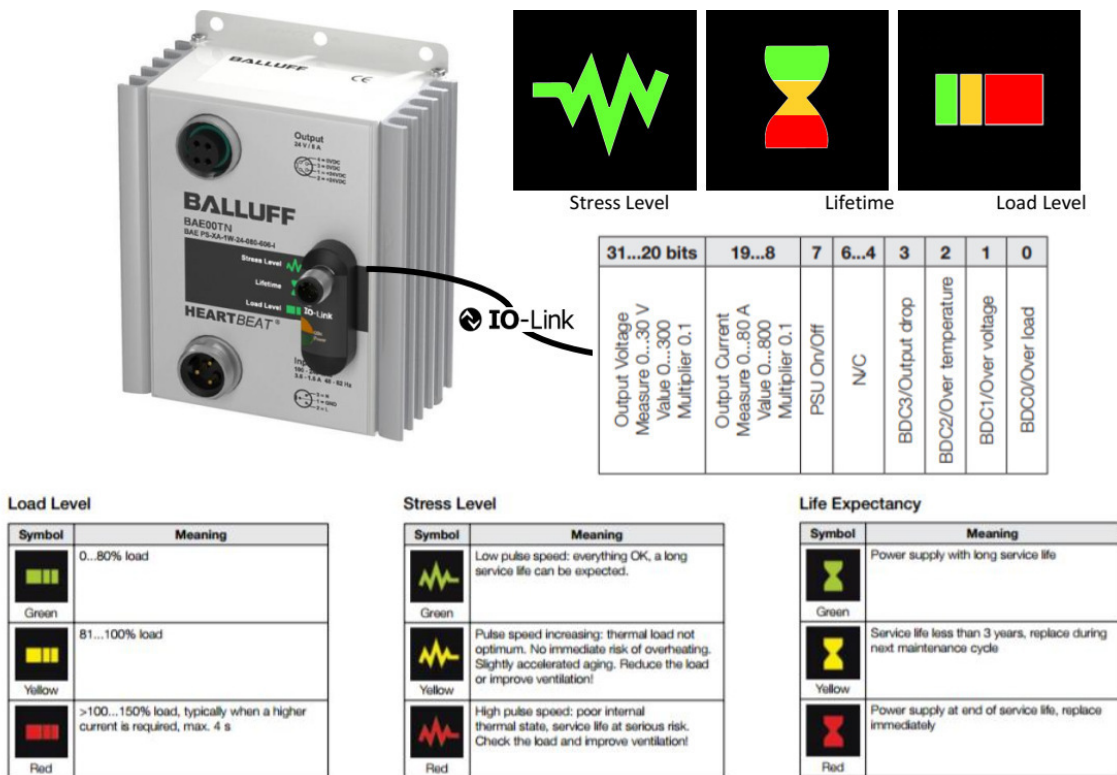


Figura 71 - Alimentatori HeartBeat prodotti dalla Balluff

Concludendo queste considerazioni, si può notare come tutte queste innovazioni introdotte dalle iniziative Industria 4.0 e dall’avanzamento tecnologico della pratica costruttiva, siano sempre più assimilabili a ciò che sembrava l’irraggiungibile concetto di manutenzione predittiva. Volendo giustificare tale affermazione, si vuole presentare il caso della soluzione proposta sempre da Balluff per le macchine da stampaggio ad iniezione per materiale plastico: chiamato “Mold ID”, il sistema presentato da Balluff consente di identificare tramite un tag RFID ciascuno stampo e conteggiarne i colpi ricevuti dovuti all’azione di stampaggio per identificarne lo stato di usura e la conseguente vita residua.

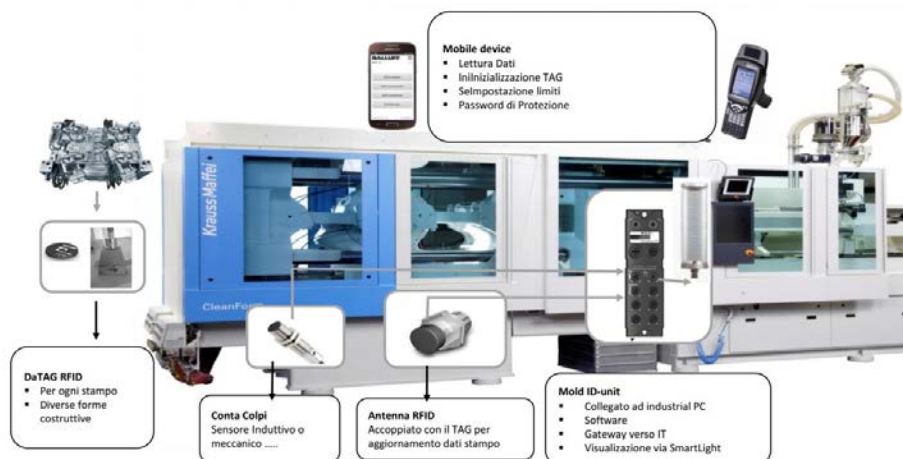


Figura 72 - Composizione del sistema Mold ID proposto da Balluff

I. Un passo in più: oltre l'Industria 4.0

Ignoranti quem portum petat nullus suus ventus est.

Lucio Anneo Seneca, 4 a.C. – 65 d.C.

(Tradotto: “Nessun vento è favorevole per il marinaio che non sa a quale porto vuol approdare”)

Come già evidenziato nelle pagine precedenti, non esiste alcun “pacchetto completo” che ogni azienda possa acquistare ed applicare per diventare “4.0” ed ogni tentativo di percorrere tale strada eticamente poco corretta risulta spesso in investimenti dalla dubbia convenienza. Le competenze e la flessibilità della realtà aziendale alle novità sono i tasselli che mancano in questo pacchetto inesistente, in quanto entrambe sono concetti *tailor-made* (“fatti su misura”) su ciascuna realtà produttiva.

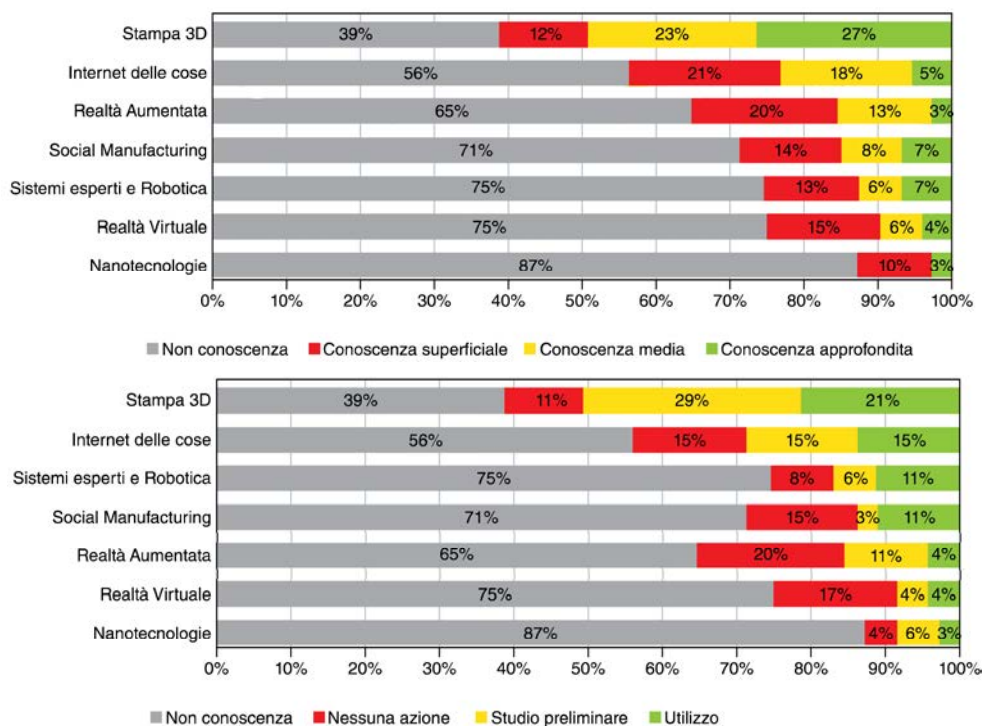


Figura 73 - Dati raccolti dalla ricerca eseguita dal Laboratorio RISE su 70 aziende campione italiane, in maggioranza manifatturiere; sopra, livello di conoscenza delle tecnologie 4.0; sotto, livello di adozione delle stesse (tratto dall'Articolo di Massimo Zanardini ed Andrea Bacchetti, “Manifattura aumentata, supply chain compresa”, pubblicato sulla rivista LOGISTICA, ottobre 2015)

Dai grafici sopra riportati, è possibile osservare che, pur essendo tuttora presente un *gap* tecnologico non indifferente tra le aziende dello stesso settore (ad esempio, circa il 61% delle aziende intervistate conosce l'*addictive manufacturing*, mentre il restante 39% non ne ha mai sentito parlare), molte delle stesse si sono già espresse riguardo la possibilità di adottare queste tecnologie (tornando all'esempio sopra riportato, il 50% delle aziende lo sta già utilizzando o ha in programma di utilizzarlo). Ora, la domanda che ci si pone, è semplice: chi ha già raggiunto un livello soddisfacente di digitalizzazione deve fermarsi o può fare un passo in più?

In realtà, le considerazioni fatte precedentemente nella presente tesi per quanto riguardava la riduzione del gap tecnologico, valgono parimenti anche per il superamento del livello raggiunto: infatti, ogni investimento realizzato per sorpassare il traguardo appena raggiunto, per quanto pericoloso esso possa risultare, porterà indubbiamente ulteriori vantaggi all’azienda. Come sempre, la valutazione consiste nel trovare il corretto *trade-off* tra costi e benefici.

Da qualche tempo ormai si inizia a parlare non più solo di “Industria 4.0” ma bensì di “Impresa 4.0”, in quanto le implicazioni in termini di costo/beneficio degli investimenti per l’Industria 4.0 hanno trovato terreno fertile non solo nel reparto produttivo dell’azienda, ma bensì anche in tutti gli altri reparti (tra cui R&D, Logistica, Risorse Umane, Trasporti e così via).

Per questo motivo, passando dal termine “Industria” al termine “Impresa” si riesce meglio a contestualizzare i concetti di competenze ed infrastrutture prima mancanti, passando dal reparto produzione visto come isola separata alla visione d’insieme dell’impresa come flusso di dati, comunicazioni, prodotti e relazioni tra tutte le persone coinvolte nella stessa (*stakeholder* inclusi).

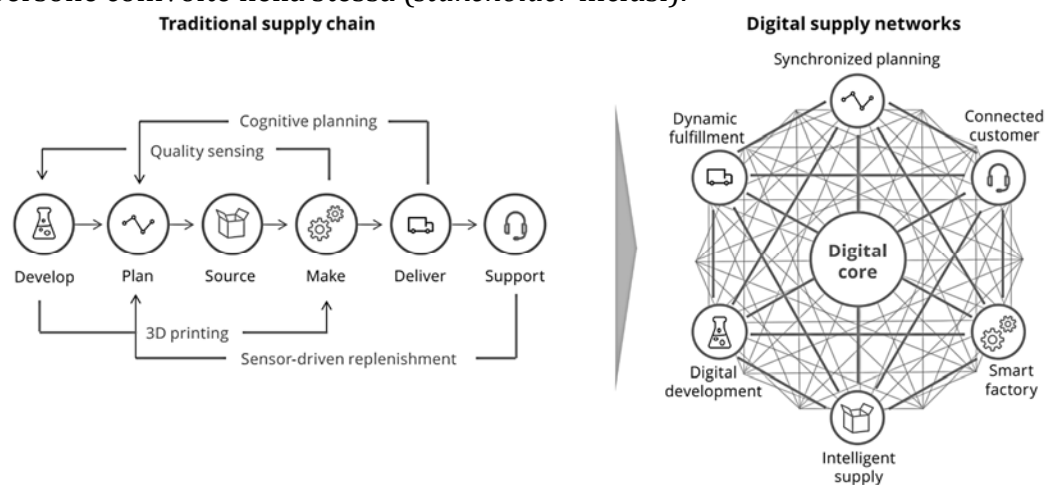


Figura 74 – La trasformazione da imprese tradizionale ad Impresa 4.0 (tratto dalla pubblicazione “The rise of the digital supply network”, edita da Deloitte University Press, 2016)

Includendo, oltre a tutti i rami dell’impresa, anche l’intera supply chain si otterrebbe un controllo pressoché completo sull’intero ciclo di vita del prodotto, *from cradle to grave*²⁷ (o *from cradle to cradle* in caso di componenti riciclabili).

Ovviamente la quantità di dati risultanti sarebbe molto elevata e probabilmente di difficile analisi, ma in tale modo si può tenere sotto controllo qualsiasi parte del

²⁷ “From cradle to grave” = “dalla culla alla tomba”, inteso come intero ciclo di vita dall’estrazione della materia prima alla discarica. Invece “dalla culla alla culla” è inteso come estensione del ciclo con il riuso od il riciclo.

processo produttivo per individuare i veri punti chiave per raggiungere la vera e propria “*smart manufacturing*”²⁸.

Ad esempio, una delle soluzioni attualmente più applicate per iniziare il processo di digitalizzazione anche nelle aree aziendali attualmente scoperte, è l’aggiunta di servizi verso l’utente che ricoprono tutto il periodo dalla consegna del prodotto alla sua dismissione. Per semplificare la spiegazione per concludere questo paragrafo, si riporta di seguito un grafico radiale in cui si evidenziano i servizi più frequentemente offerti dalle aziende, in termini di tecnologie innovative.

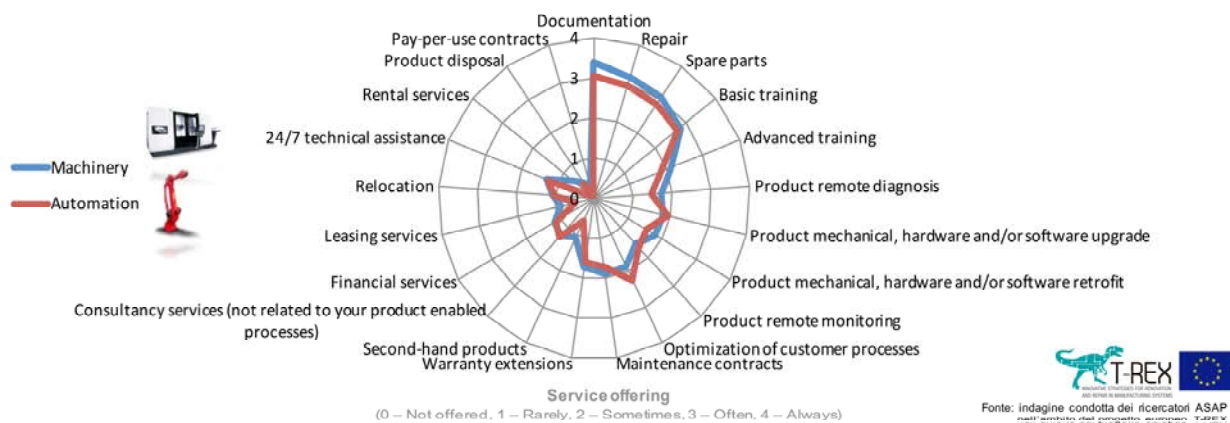


Figura 75 - Offerta di servizi per le aziende (tratto dagli atti del workshop organizzato da ASAP, intervento di Nicola Saccani, “Le strategie di servizio e le leve per svilupparle con successo”, Aprile 2015)

Dalla figura sopra riportata si evidenzia come risulti ancora debole l’offerta di diagnostica da remoto e l’assistenza per revamping e retrofitting: entrambe questi punti, se correttamente sviluppati in futuro, risultano fondamentali per puntare sempre più verso la “supply-chain 4.0”.

²⁸ “Smart manufacturing” è il termine con cui si indica non solo la produzione efficiente ma anche un’allocazione efficiente di tutte le risorse, sia ambientali che economiche.

Conclusioni

Alla luce di quanto emerso dallo studio teorico generale e dalle considerazioni derivanti dall'analisi del caso studio, si ripercorre ora brevemente il percorso logico che ha portato al termine di questa pubblicazione.

Sorvolando sugli aspetti storico-statistici relativi alla normativa e sulla tristemente frequente cronaca nera relativa agli incidenti sul lavoro, il primo passo presentato è stato direzionato verso l'attuale Direttiva 2006/42/CE e le strette relazioni che intercorrono tra la stessa ed il Testo Unico 81/2008. In questo ambito sono state definiti i punti chiave richiesti dalla normativa per poter progettare una macchina "sicura", definendo quindi il significato di R.E.S. e di Dichiarazione di Conformità. Il naturale passo successivo è stato fatto analizzando le prescrizioni contenute nella Direttiva relative alle macchine che risultavano già in funzione prima dell'entrata in vigore della stessa (si ricorda che lo "spartiacque" è il giorno 21 settembre 1996). A questo punto, sono stati presentati i diversi casi in cui la macchina ante-1996 veniva sottoposta a modifiche (sostanziali e non) o venduta; a tal proposito, è importante notare che nel momento in cui non siano state eseguite modifiche sostanziali e la macchina venga venduta/ceduta, essa deve necessariamente essere accompagnata dall'attestazione di conformità, compilata e firmata dall'ultimo utilizzatore. Tale documento certifica che la macchina oggetto dello scambio è conforme alla normativa previgente ed ai requisiti dell'Allegato V del T.U. 81/08.

Il passaggio successivo, tutt'altro che scontato, è stata l'analisi dei rischi aggiuntivi derivanti dall'uso di macchine obsolete e dalla coesistenza nell'ambiente industriale di macchine nuove ed obsolete; i punti salienti di questa analisi sono relativi principalmente all'assuefazione al pericolo, alla possibile confusione generata da comandi/colori diversi ed all'aumento del livello di esposizione al rischio dovuto all'uso di attrezzature usurate o non completamente revisionate. Infatti, l'usura nell'ambito industriale è un problema che è necessario non sottovalutare in quanto potrebbe generare pericoli non prevedibili durante la fase di normale utilizzo.

La delicata questione sorta a questo punto poggia sul fulcro dell'impossibilità di obbligare i datori di lavoro a mantenere aggiornate allo stato dell'arte le proprie macchine, se non per quanto riguarda l'ambito della sicurezza degli utilizzatori. Infatti, l'articolo 70 del T.U. 81/08 impone al datore di lavoro di mantenere le proprie attrezzature al passo con lo stato dell'arte in ambito di sicurezza per gli operatori, ma non specifica quali siano i limiti di minimo per l'integrazione di tali sicurezze nella macchina stessa: a questo punto si rischia di intervenire adeguando una macchina al

nuovo standard di sicurezza, ma trascurando magari la necessità di implementazione di altri dispositivi tecnologici come l'aggiornamento del CNC obsoleto, e così via.

Fortunatamente da tempo ormai, la prassi comune sull'adeguamento delle macchine prevede 3 possibili tipologie di intervento: il revamping, il retrofitting ed il restyling. La prima soluzione, la più diffusa, prevede l'adeguamento dei sistemi di sicurezza e la sostituzione di componenti anche "fondamentali" per la funzionalità della macchina, ma senza alterarne la funzionalità stessa; la seconda soluzione, invece prevede, come la prima l'adeguamento in termini di sicurezza, ma include anche la sostituzione completa di componenti e l'aggiunta di nuove funzionalità; la terza soluzione, invece, è un vero e proprio restauro estetico, senza alcuna modifica in termini di sicurezza o funzionalità.

Escludendo l'ultima soluzione, applicabile solo a macchine nuove (e quindi già al passo con la sicurezza) che necessitano un restauro oppure a macchine obsolete da non utilizzare in azienda, le altre due soluzioni prevedono entrambe la messa a norma per quanto riguarda la sicurezza degli operatori, ma si differenziano per quanto riguarda la capacità produttiva che nel primo caso rimane invariata, mentre nel secondo potrebbe potenzialmente aumentare. Tale aumento comporta indubbi benefici nel profitto aziendale, ma comporta anche costi di aggiornamento maggiori e quindi è necessario valutare l'investimento anche in termini di eventuale convenienza alla sostituzione completa della macchina.

Tutti questi interventi, nella maggioranza dei casi, si configurano come modifiche sostanziali per la normativa attuale e quindi necessitano di ri-marcatatura della macchina. Sotto il punto di vista manutentivo, un intervento di adeguamento comporta indubbi vantaggi nel caso in cui si intervenga anche sostituendo componenti obsoleti con componenti nuovi, in quanto si aumenta la probabilità di trovare ricambi disponibili nel tempo; uno svantaggio spesso non considerato relativo ad un intervento di questo tipo, è invece la difficoltà di valutare lo stato di salute di tutti i componenti, rischiando così di trovarsi di fronte ad un guasto irreparabile poco tempo dopo aver eseguito l'adeguamento.

La creazione di un team di persone che includa RSPP, esperti di normativa, progettisti, manutentori, elettricisti e commerciali, è l'unico modo per gestire un progetto efficiente sia sotto il punto di vista tecnico che sotto il punto di vista economico. Infatti, non sono pochi i fattori economici da considerare, sia come beneficio che come costo, nell'analisi di fattibilità di un intervento di adeguamento: tra questi, è necessario prestare particolare attenzione ai mancati costi (sia diretti che indiretti) dovuti alla prevenzione degli incidenti, i costi da sostenere per la parte burocratica dell'intervento e per i costi collegati, oltre che al risparmio in termini di tempi di manutenzione e di minori fermi

impianto. Va inoltre definito già in partenza quale sarà il “livello” a cui si vuole spingere l’adeguamento, per mantenere un corretto equilibrio tra i costi ed i benefici, considerando sempre il fatto che la macchina rimane comunque in parte obsoleta; permane quindi un gap tecnologico insuperabile, da valutare attentamente prima di far propendere la propria decisione verso la strada dell’adeguamento.

L’ultima considerazione, puramente economica, è relativa alla capacità dell’azienda di poter investire in un intervento di adeguamento che potenzialmente potrebbe comportare anche costi imprevisti e/o fermi impianto più lunghi del previsto. Ogni intervento quindi deve essere *tailor-made* e va progettato con estrema attenzione, senza alcuna possibilità di proporre “pacchetti all-inclusive” di dubbia qualità. È necessario quindi porre particolare attenzione a quanto descritto nel Capitolo 3, relativamente agli step che è necessario e consono fare per poter prendere le giuste decisioni riguardo l’ammodernamento o l’alienazione di macchine/impianti.

Per quanto riguarda il caso studio, un impianto a motte del 1992 attualmente installato presso la VDP Fonderia di Schio (Vi), tutte le considerazioni fatte finora calzano a pennello, in quanto questa tipologia di impianto non è un prodotto disponibile come “pacchetto” sul mercato, ma invece un progetto che spesso va realizzato su misura e su specifiche dell’azienda che andrà a servire. Nella presente tesi, dopo un inquadramento generale dell’azienda e dell’impianto, è stata eseguita la valutazione del rischio mediante metodo ibrido secondo la norma EN ISO 12100:2010 ed i risultati sono stati evidenziati con foto e simulazioni 3D. Gli interventi individuati hanno dovuto tenere conto della difficoltà di coniugare sicurezza e facilità nelle operazioni da svolgere in alcuni punti dell’impianto, portando quindi la scelta sia verso barriere fisiche fisse (dotate di cancelli di vario genere interbloccati con o senza ritenuta a seconda del grado di pericolo a cui l’operatore è esposto), sia verso barriere laser immateriali, la cui attivazione provoca il blocco della funzione pericolosa in tempo sufficiente per proteggere l’operatore. Nel punto più “sporco” dell’impianto, la stazione di verniciatura, è stata invece prevista una pedana sensibile alla pressione, in quanto le barriere laser sarebbero state imbrattate in un batter d’occhio, diventando inservibili.

La progettazione di tutti questi interventi, ciascuno con la norma armonizzata relativa e con il calcolo dei Performance Level raggiunti dalle combinazioni dei dispositivi di sicurezza, ha portato alla dimostrazione che in ogni punto dell’impianto la soluzione progettata è efficace nel proteggere l’operatore dalla funzione pericolosa. A questo punto, è stata stilata una vera e propria lista dei componenti da acquistare, ciascuna corredata di prezzo di listino e prezzo scontato con la percentuale garantita all’azienda da ciascun fornitore; il risultato prevede una netta ed innegabile convenienza

dell'investimento in un intervento di adeguamento, dovuta principalmente all'alto costo di un impianto nuovo ed alle molte ore di manodopera impiegate per lo smontaggio ed il rimontaggio dell'insieme. Al termine del capitolo 4, è riportata anche una breve considerazione sul fatto che un impianto nuovo avrebbe potuto rendere l'investimento più allettante (in quanto diminuiva il tempo di ritorno dell'investimento stesso) solo aumentando la produttività dell'impianto stesso, con la necessità però di assumere altro personale per sostenere i nuovi ritmi di produzione imposti. Il capitolo 4 si conclude evidenziando la riduzione dei rischi precedentemente individuati, portando il livello di rischio ad un valore accettabile.

Nei capitoli finali di questa pubblicazione sono presentate alcune tecnologie innovative, in parte già adottate dall'azienda del caso studio, che aprono le porte ad un piano chiamato "Industria 4.0" che comporta vantaggi fiscali alle aziende che investono in connettività, efficienza e controllo dei propri impianti. In questo ambito, i dati presentati sono attualmente positivi e dimostrano un discreto interesse in particolare verso tecnologie come la prototipazione rapida (mediante stampa 3D), Internet Of Things, robotica e realtà aumentata.

La scarsa conoscenza, specialmente nelle piccole imprese, delle tecnologie introdotte dal Piano Industria 4.0 dimostra come ci sia ancora molta strada da fare, non tanto nel piano tecnologico, ma a livello di istruzione delle nuove generazioni di imprenditori, sganciandosi dalle sole conoscenze classiche impartite durante il percorso di studi e aggiungendo un pizzico di tutto ciò che di certo e dimostrato ha gran poco, facendo in modo che la ricerca e l'innovazione abbandonino i laboratori ed entrino sempre di più dentro le aule.

Anche il concetto stesso della sicurezza, da vedere non come un costo ma come un mancato costo (anzi un vero e proprio risparmio, come dimostrato), è un concetto che difficilmente può affondare le sue radici nei cervelli abituati ad avere come unico obiettivo la produttività senza interessarsi della salute e del benessere di chi rende effettivamente possibile la produzione dei prodotti.

Il mio augurio è che la nuova generazione di ingegneri, di qualsiasi genere e specializzazione, riesca ad impugnare la situazione e ad arginare la piaga degli incidenti sul lavoro, che solo nei primi 6 mesi del 2018 ha già mietuto oltre 44 vittime solo in Veneto (più di una vittima a settimana), mentre in tutta Italia il numero sale a 407.

Nomenclatura

AR/VR	=	Realtà Aumentata/Realtà Virtuale
ASL	=	Azienda Sanitaria Locale
B10d	=	Numero di cicli che provoca un guasto pericoloso nel 10% dei componenti testati
C.E.E.	=	Comunità Economica Europea
CCF	=	Common Cause Failure (“guasti di causa comune”)
CEI	=	Comitato Elettrotecnico Italiano
CNC	=	Computer Numerical Control
D.Lgs.	=	Decreto Legislativo
DC	=	Diagnostic Coverage (“copertura diagnostica”)
DPI	=	Dispositivi di Protezione Individuale
DPR	=	Decreto del Presidente della Repubblica
DSN	=	Dispositivi di Sicurezza Neutralizzati
DVR	=	Documento Valutazione dei Rischi
FF	=	Failure finding (“ispezione periodica”)
MC	=	Manutenzione correttiva (“manutenzione straordinaria o su guasto”)
MES	=	Manufacturing Execution System (“sistema di esecuzione della manifattura”)
MPP	=	Manutenzione preventiva periodica
MSC	=	Manutenzione su condizione
MTTF _d	=	Mean Time To Failure (“tempo medio al verificarsi del guasto”)
NFC	=	Near-Field Communication
nOP	=	Number of Operations
PFH _D	=	Probability of Failure per Hour (“probabilità di guasto oraria”)
PL	=	Performance Level
PLC	=	Programmable Logic Controller (“controllore a logica programmabile”)
PLr	=	Performance Level richiesto
R&D	=	Ricerca e Sviluppo
RES	=	Requisito Essenziale di Sicurezza
RLS	=	Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza
ROA	=	Radiazioni Ottiche Artificiali
ROP	=	Return On Prevention (“ritorno economico dovuto alla prevenzione”)
RSPP	=	Responsabile Servizio Prevenzione e Protezione
SCADA	=	Supervisory Control and Data Acquisition (“supervisione, controllo e acquisizione dati”)
SIL	=	Safety Integrity Level (“livello di integrità della sicurezza”)
SRP/CS	=	Safety Related Part/Control System (“componente/sistema di controllo di sicurezza”)
SUB	=	Subsystem (“sottosistema”)
T.U.	=	Testo Unico

Bibliografia

- Citazione di Robert Noyce tradotta da:
James W. Botkin, Dan Dimancescu, Ray Stata (1984). *The innovators: rediscovering America's creative energy*. Harper & Row. p. 165. ISBN 0060152850.
- L'industria metalmeccanica in cifre, Giugno 2017, Federmeccanica.
- Causes and circumstances of accidents at work in the EU, European Commission for Employment, Social Affairs and Equal Opportunities, Novembre 2008, ISBN 978-92-79-11806-7.
- Guida Applicativa della Direttiva Macchine, Schneider Electric.
- Guida alla disciplina delle macchine usate, Federmacchine, edizione 2011
- Maintenance for industrial systems, Manzini R., Regattieri A., Pham H., Ferrari E., Springer, 2010
- La manutenzione di macchine ed impianti: sicurezza ed affidabilità, Marigo Marzio, EPC Editore, 2012
- Condition Based Maintenance Plus DoD Guidebook, USA, Maggio 2008
- The return on prevention. Calculating the costs and benefits of investments in occupational safety and health in companies, Dietmar Bräunig and Thomas Kohstall, ISSA, 2011
- Enrico Grassani, "Sicurezza sulle macchine", Ed. Delfino, 5^a edizione, 2012
- "Guide for Safe Machinery", www.sick.com
- "Il defeating di un dispositivo di interblocco associato ai ripari", INAIL, 2016
- The Safety Compendium, pubblicato da Pilz, Agosto 2017
- "L'operatore 2.0 grazie alle tecnologie indossabili" di Franco Canna, rivista Automazione e Strumentazione, n°9, Anno LXIII, 2015
- "Supporting remote maintenance in industry 4.0 through augmented reality", Riccardo Masoni, Francesco Ferrise, Monica Bordegoni, Michele Gattullo, Antonio E. Uva, Michele Fiorentino, Ernesto Carrabba, Michele Di Donato, 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017, 27-30 June 2017, Modena
- "How to reduce downtime & raise in OEE", brochure informativa di Inductive Automation
- "Industria o Impresa 4.0?", intervento di Massimo Zanardini in occasione del convegno Milano Produttiva 2017, pp. 177-187, 27° Rapporto della Camera di Commercio di Milano
- Report "Impresa 4.0, La trasformazione digitale della manifattura", 2^a edizione, Laboratorio RISE, Università di Brescia, 2017
- Massimo Zanardini, Andrea Bacchetti, "Manifattura aumentata, supply chain compresa", rivista LOGISTICA, ottobre 2015
- "The Connected Factory", Len Calderone, rivista online Manufacturing Tomorrow, 9 gennaio 2018
- "The rise of the digital supply network", A. Mussomeli, D. Gish, S. Laaper, Deloitte University Press, 2016
- Atti del workshop organizzato da ASAP "Come rendere vincenti le strategie di servizio?", intervento di Nicola Saccani, "Le strategie di servizio e le leve per svilupparle con successo", Aprile 2015
- "Tecnica della sicurezza; soluzioni pneumatiche ed elettriche", manuale pubblicato da Festo nel 2015
- "Tecnologia Meccanica" di S. Kalpakjian e S. Schmid, 5^a ed., Pearson, 2012

ARTICOLI E SITI WEB:

- <http://www.meccanicaneews.com/2013/06/28/macchina-nuova-revamping-o-retrofit/>
- <https://www.osha.gov/dcsp/smallbusiness/safetypays/estimator.html>
- <https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2018/01/the-connected-factory/10819>

BANCHE DATI:

- <http://bancadaticsa.inail.it/bancadaticsa/bancastatistica.asp?cod=2> (INAIL)

Appendice A - Dati INAIL

Settore di attività economica (Sezione Ateco)	Anno di accadimento				
	2012	2013	2014	2015	2016
A Agricoltura, silvicoltura e pesca	4.358	3.921	3.739	3.352	3.098
B Estrazione di minerali da cave e miniere	822	748	665	587	628
C Attività manifatturiere	112.502	100.946	95.357	92.184	90.813
D Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata	1.798	1.530	1.531	1.389	1.359
E Fornitura di acqua; reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento	11.529	10.994	10.566	10.050	9.931
F Costruzioni	56.743	48.247	43.004	40.713	38.805
G Commercio all'ingrosso e al dettaglio; riparazione di autoveicoli e motocicli	59.725	54.670	51.525	49.858	49.375
H Trasporto e magazzinaggio	47.800	44.678	42.979	41.676	41.701
I Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione	29.536	26.888	26.438	26.067	26.404
J Servizi di informazione e comunicazione	6.216	5.527	5.627	5.432	5.344
K Attività finanziarie e assicurative	6.230	5.732	5.444	5.146	5.180
L Attività immobiliari	4.061	3.651	3.654	3.303	3.185
M Attività professionali, scientifiche e tecniche	9.767	9.894	9.397	9.030	9.816
N Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese	29.592	28.556	27.324	26.655	26.705
O Amministrazione pubblica e difesa; assicurazione sociale obbligatoria	22.613	20.885	19.194	17.923	15.741
P Istruzione	5.270	5.171	5.551	5.274	5.251
Q Sanità e assistenza sociale	46.947	44.442	44.944	42.601	38.279
R Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento	4.947	4.574	4.427	4.279	4.483
S Altre attività di servizi	8.585	7.862	7.745	7.405	7.152
T Attività di famiglie e convivenze come datori di lavoro per personale domestico; produzione di beni e servizi indifferenziati per uso proprio da par	74	53	57	59	57
U Organizzazioni ed organismi extraterritoriali	101	105	80	101	106
X Ancora da determinare	115.899	107.768	103.447	100.715	117.332
Totale	585.115	536.842	512.695	493.799	500.745
di cui mortali	1.155	1.018	963	1.087	939
	0,20%	0,19%	0,19%	0,22%	0,19%

Vedere grafico allegato 1

Settore di attività economica (Sezione Ateco)	Anno di accadimento				
	2012	2013	2014	2015	2016
C 10 Industrie alimentari	11.712	10.903	10.545	10.319	10.305
C 11 Industria delle bevande	936	853	721	764	651
C 12 Industria del tabacco	50	35	20	21	23
C 13 Industrie tessili	2.372	2.264	2.107	1.965	2.042
C 14 Confezione di articoli di abbigliamento; confezione di articoli in pelle e pelliccia	1.997	1.813	1.623	1.561	1.490
C 15 Fabbricazione di articoli in pelle e simili	2.097	2.008	1.920	1.903	1.817
C 16 Industria del legno e dei prodotti in legno e sughero (esclusi i mobili); fabbricazione di articoli in paglia e materiali da intreccio	4.977	4.279	3.918	3.828	3.653
C 17 Fabbricazione di carta e di prodotti di carta	2.258	2.060	1.965	1.902	1.852
C 18 Stampa e riproduzione di supporti registrati	2.143	1.898	1.769	1.573	1.607
C 19 Fabbricazione di coke e prodotti derivanti dalla raffinazione del petrolio	242	191	188	167	166
C 20 Fabbricazione di prodotti chimici	2.329	2.259	2.140	2.075	2.118
C 21 Fabbricazione di prodotti farmaceutici di base e di preparati farmaceutici	1.284	1.175	1.115	1.107	1.080
C 22 Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche	5.504	5.322	4.945	4.941	4.852
C 23 Fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi	7.092	6.008	5.562	5.257	5.190
C 24 Metallurgia	6.900	6.069	5.732	5.299	5.284
C 25 Fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari e attrezzature)	24.339	21.781	20.303	19.682	19.349
C 26 Fabbricazione di computer e prodotti di elettronica e ottica; apparecchi elettromedicali, apparecchi di misurazione e di orologi	1.775	1.463	1.501	1.390	1.311
C 27 Fabbricazione di apparecchiature elettriche ed apparecchiature per uso domestico non elettriche	4.118	3.509	3.264	3.153	3.127
C 28 Fabbricazione di macchinari ed apparecchiature nca	14.282	12.525	12.226	11.507	11.562
C 29 Fabbricazione di autoveicoli, rimorchi e semirimorchi	3.694	3.245	3.057	3.062	3.125
C 30 Fabbricazione di altri mezzi di trasporto	2.628	2.402	2.285	2.286	1.875
C 31 Fabbricazione di mobili	4.281	3.668	3.494	3.473	3.316
C 32 Altre industrie manifatturiere	2.137	1.934	1.869	1.804	1.752
C 33 Riparazione, manutenzione ed installazione di macchine ed apparecchiature	3.355	3.282	3.088	3.145	3.266
Totale	112.502	100.946	95.357	92.184	90.813
di cui mortali	255	192	185	225	176
	0,23%	0,19%	0,19%	0,24%	0,19%

Vedere grafico allegato 2

Grafico allegato 1

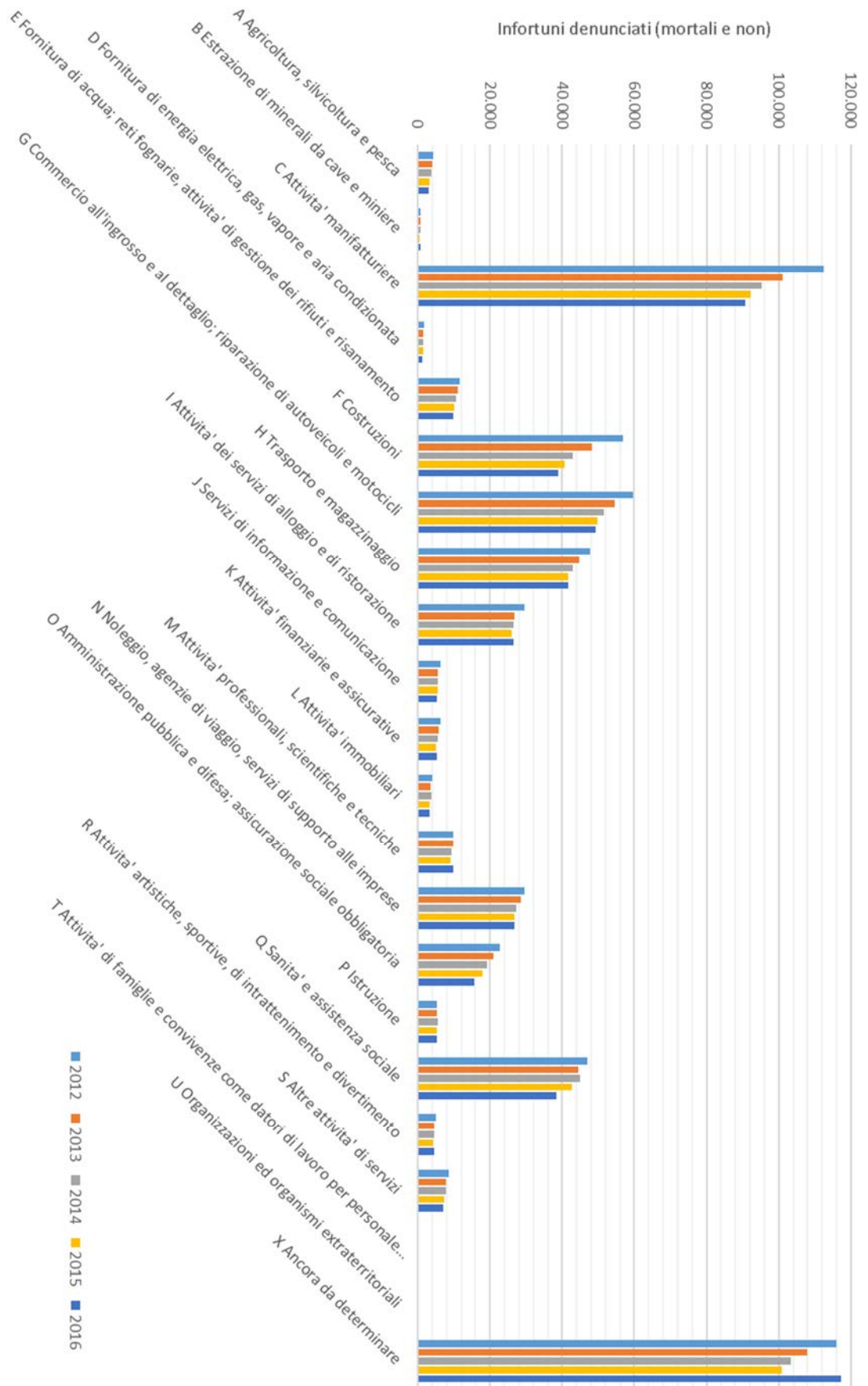
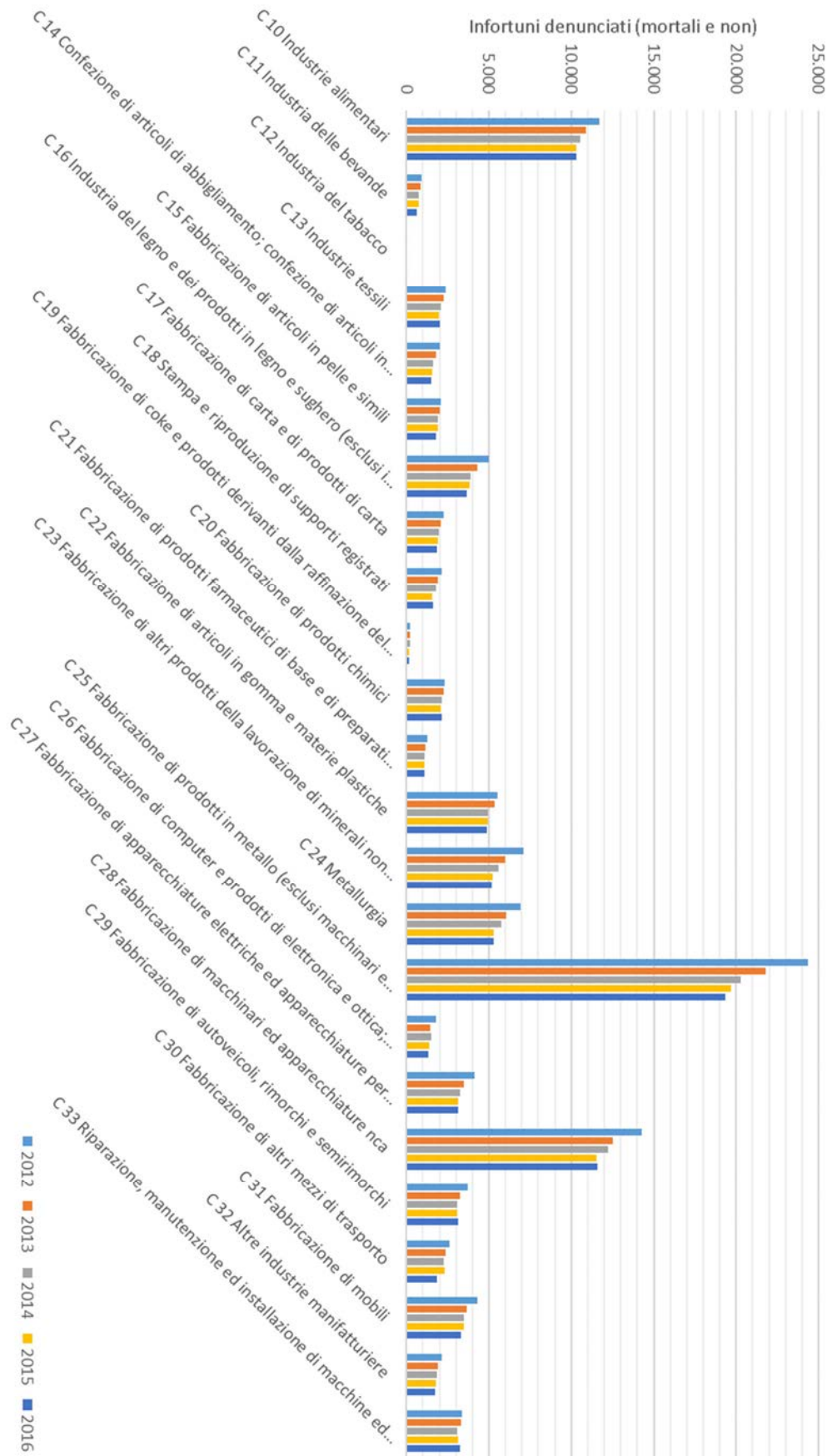


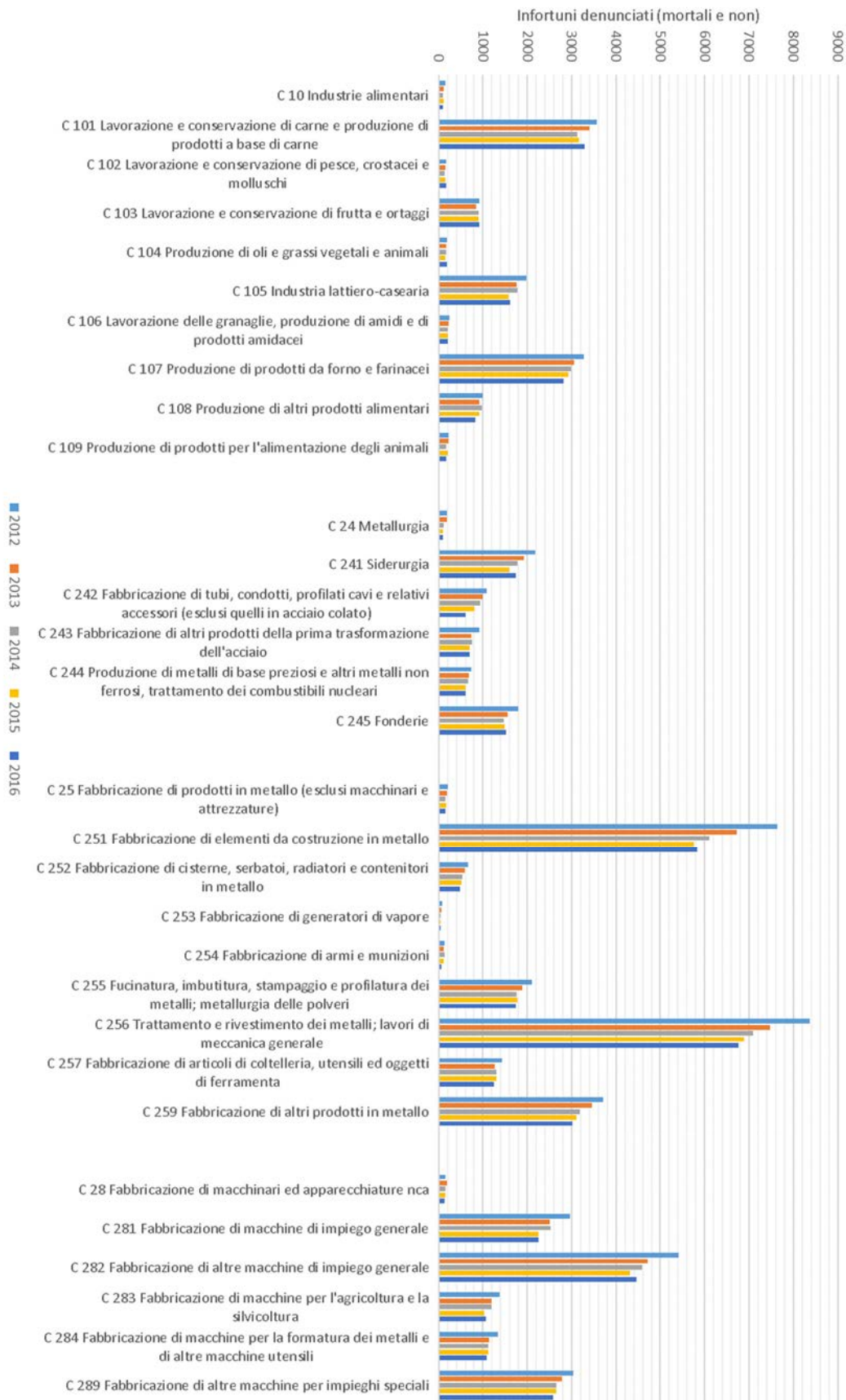
Grafico allegato 2



Settore di attività economica (Sezione Ateco)	Anno di accadimento				
	2012	2013	2014	2015	2016
C 10 Industrie alimentari	153	124	93	113	103
C 101 Lavorazione e conservazione di carne e produzione di prodotti a base di carne	3.562	3.398	3.135	3.169	3.297
C 102 Lavorazione e conservazione di pesce, crostacei e molluschi	168	157	133	156	170
C 103 Lavorazione e conservazione di frutta e ortaggi	928	848	908	898	918
C 104 Produzione di oli e grassi vegetali e animali	190	175	171	161	183
C 105 Industria lattiero-casearia	1.979	1.764	1.783	1.577	1.613
C 106 Lavorazione delle granaglie, produzione di amidi e di prodotti amidacei	242	225	204	205	198
C 107 Produzione di prodotti da forno e farinacei	3.270	3.060	2.980	2.921	2.822
C 108 Produzione di altri prodotti alimentari	986	925	969	920	828
C 109 Produzione di prodotti per l'alimentazione degli animali	234	227	169	199	173
Totale	11.712	10.903	10.545	10.319	10.305
di cui mortali	27	21	23	22	17
	0,23%	0,19%	0,22%	0,21%	0,16%
	2012	2013	2014	2015	2016
C 24 Metallurgia	195	183	123	101	96
C 241 Siderurgia	2.171	1.929	1.783	1.586	1.738
C 242 Fabbricazione di tubi, condotti, profilati cavi e relativi accessori (esclusi quelli in acciaio colato)	1.086	986	945	818	612
C 243 Fabbricazione di altri prodotti della prima trasformazione dell'acciaio	925	728	749	709	700
C 244 Produzione di metalli di base preziosi e altri metalli non ferrosi, trattamento dei combustibili nucleari	731	680	665	609	610
C 245 Fonderie	1.792	1.563	1.467	1.476	1.528
Totale	6.900	6.069	5.732	5.299	5.284
di cui mortali	9	7	8	7	6
	0,13%	0,12%	0,14%	0,13%	0,11%
	2012	2013	2014	2015	2016
C 25 Fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari e attrezzature)	210	186	158	174	143
C 251 Fabbricazione di elementi da costruzione in metallo	7.635	6.723	6.098	5.749	5.830
C 252 Fabbricazione di cisterne, serbatoi, radiatori e contenitori in metallo	657	585	534	516	479
C 253 Fabbricazione di generatori di vapore	76	64	51	46	44
C 254 Fabbricazione di armi e munizioni	133	123	140	124	64
C 255 Fucinatura, imbutitura, stampaggio e profilatura dei metalli; metallurgia delle polveri	2.108	1.892	1.750	1.773	1.744
C 256 Trattamento e rivestimento dei metalli; lavori di meccanica generale	8.374	7.475	7.082	6.896	6.768
C 257 Fabbricazione di articoli di coltelleria, utensili ed oggetti di ferramenta	1.430	1.267	1.302	1.298	1.249
C 259 Fabbricazione di altri prodotti in metallo	3.716	3.466	3.188	3.106	3.028
Totale	24.339	21.781	20.303	19.682	19.349
di cui mortali	59	45	40	53	41
	0,24%	0,21%	0,20%	0,27%	0,21%
	2012	2013	2014	2015	2016
C 28 Fabbricazione di macchinari ed apparecchiature nca	157	183	154	146	135
C 281 Fabbricazione di macchine di impiego generale	2.965	2.502	2.520	2.258	2.244
C 282 Fabbricazione di altre macchine di impiego generale	5.408	4.710	4.584	4.312	4.456
C 283 Fabbricazione di macchine per l'agricoltura e la silvicoltura	1.367	1.199	1.191	1.033	1.056
C 284 Fabbricazione di macchine per la formatura dei metalli e di altre macchine utensili	1.342	1.144	1.129	1.113	1.084
C 289 Fabbricazione di altre macchine per impieghi speciali	3.043	2.787	2.648	2.645	2.587
Totale	14.282	12.525	12.226	11.507	11.562
di cui mortali	29	25	19	22	20
	0,20%	0,20%	0,16%	0,19%	0,17%

Vedere grafico allegato 3

Grafico allegato 3



Appendice B - Prospetto B1 della norma UNI EN ISO 1200:2010

		Origine	Conseguenze potenziali	
1	Pericoli di natura meccanica	<ul style="list-style-type: none"> - accelerazione, decelerazione; - elementi angolari; - avvicinamento di un elemento in movimento a una parte fissa; - parti taglienti; - elementi elastici; - caduta di oggetti; - gravità; - altezza da terra; - alta pressione; - instabilità; - energia cinetica; - mobilità del macchinario; - elementi in movimento; - elementi rotanti; - superfici ruvide, scivolose; - spigoli taglienti; - energia accumulata; - vuoto. 	<ul style="list-style-type: none"> - investimento; - spinta; - schiacciamento; - taglio o sezionamento; - trascinamento o intrappolamento; - impigliamento; - attrito o abrasione; - urto; - iniezione; - cesoiamento; - scivolamento, inciampo e caduta; - perforazione o puntura; - soffocamento. 	<ul style="list-style-type: none"> 6.2.2.1 6.2.2.2 6.2.3 a) 6.2.3 b) 6.2.6 6.2.10 6.3.1 6.3.2 6.3.3 6.3.5.2 6.3.5.4 6.3.5.5 6.3.5.6 6.4.1 6.4.3 6.4.4 6.4.5
2	Pericoli di natura elettrica	<ul style="list-style-type: none"> - arco; - fenomeni elettromagnetici; - fenomeni elettrostatici; - parti sotto tensione; - distanza insufficiente dalle parti ad alta tensione; - sovraccarico; - parti che diventano conduttive in caso di avaria; - cortocircuito; - radiazioni termiche. 	<ul style="list-style-type: none"> - bruciatura; - effetti chimici; - effetti su impianti medici; - elettrocuzione; - caduta, spinta; - incendio; - proiezione di particelle fuse; - shock. 	<ul style="list-style-type: none"> 6.2.9 6.3.2 6.3.3.2 6.3.5.4 6.4.4 6.4.5
3	Pericoli di natura termica	<ul style="list-style-type: none"> - esplosione; - fiamme; - oggetti o materiali ad alte o basse temperature; - radiazioni da sorgenti di calore. 	<ul style="list-style-type: none"> - bruciatura; - disidratazione; - disagio; - congelamento; - lesioni dovute a radiazioni da sorgenti di calore; - scottatura. 	<ul style="list-style-type: none"> 6.2.4 b) 6.2.8 c) 6.3.2.7 6.3.3.2.1 6.3.4.5
4	Pericoli generati dal rumore	<ul style="list-style-type: none"> - fenomeni di cavitazione; - sistema di scarico; - perdita di gas ad alta velocità; - processo di fabbricazione (stampaggio, taglio, ecc.); - parti in movimento; - superfici che stridono; - parti rotanti sbilanciate; - sibili di componenti pneumatici; - parti usurate. 	<ul style="list-style-type: none"> - disagio; - perdita di conoscenza; - mancanza di equilibrio; - perdita permanente dell'udito; - stress; - ronzii; - stanchezza; - altre conseguenze (per esempio di natura meccanica, elettrica) a seguito di interferenza con le comunicazioni verbali o i segnali acustici. 	<ul style="list-style-type: none"> 6.2.2.2 6.2.3 c) 6.2.4 c) 6.2.8 c) 6.3.1 6.3.2.1 b) 6.3.2.5.1 6.3.3.2.1 6.3.4.2 6.4.3 6.4.5.1 b) e c)
5	Pericoli generati da vibrazioni	<ul style="list-style-type: none"> - fenomeni di cavitazione; - disallineamento di parti in movimento; - attrezzature mobili; - superfici che stridono; - parti rotanti sbilanciate; - apparecchiature vibranti; - parti usurate. 	<ul style="list-style-type: none"> - disagio; - disturbi lombari; - disturbi neurologici; - disturbi osteoarticolari; - trauma della colonna vertebrale; - disturbi vascolari. 	<ul style="list-style-type: none"> 6.2.2.2 6.2.3 c) 6.2.8 c) 6.3.3.2.1 6.3.4.3 6.4.5.1 c)

6	Pericoli generati da radiazioni	<ul style="list-style-type: none"> - sorgente di radiazioni ionizzanti; - radiazioni elettromagnetiche a bassa frequenza; - radiazioni ottiche (raggi infrarossi, luce visibile e raggi ultravioletti), compresi i laser; - radiazioni elettromagnetiche in radiofrequenza. 	<ul style="list-style-type: none"> - bruciatura; - danni agli occhi e alla pelle; - effetti sulla capacità riproduttiva; - mutazione; - emicrania, insonnia, ecc. 	<p>6.2.2.2 6.2.3 c) 6.3.3.2.1 6.3.4.5 6.4.5.1 c)</p>
7	Pericoli generati da materiali/sostanze	<ul style="list-style-type: none"> - aerosol; - agenti biologici e microbiologici (virali o batterici); - combustibile; - polvere; - esplosivo; - fibra; - materiale infiammabile; - fluido; - fumo; - gas; - nebbia; - ossidante. 	<ul style="list-style-type: none"> - difficoltà respiratorie, soffocamento; - cancro; - corrosione; - effetti sulla capacità riproduttiva; - esplosione; - incendio; - infezione; - mutazione; - avvelenamento; - sensibilizzazione. 	<p>6.2.2.2 6.2.3 b) 6.2.3 c) 6.2.4 a) 6.2.4 b) 6.3.1 6.3.3.2.1 6.3.4.4 6.4.5.1 c) 6.4.5.1 g)</p>
8	Pericoli di natura ergonomica	<ul style="list-style-type: none"> - accesso; - progettazione o posizionamento dei dispositivi di segnalazione visiva; - progettazione, posizionamento o identificazione dei dispositivi di comando; - sforzo; - tremolio, abbagliamento, ombra, effetto stroboscopico; - illuminazione locale; - eccessivo o scarso impegno mentale; - postura; - attività ripetitiva; - visibilità. 	<ul style="list-style-type: none"> - disagio; - fatica; - disturbi muscoloscheletrici; - stress; - altri pericoli (per esempio di natura meccanica, elettrica) a seguito di errori umani. 	<p>6.2.2.1 6.2.7 6.2.8 6.2.11.8 6.3.2.1 6.3.3.2.1</p>
9	Pericoli associati all'ambiente in cui la macchina è utilizzata	<ul style="list-style-type: none"> - polvere e nebbia; - disturbo elettromagnetico; - fulmini; - umidità; - inquinamento; - neve; - temperatura; - acqua; - vento; - mancanza di ossigeno. 	<ul style="list-style-type: none"> - bruciatura; - leggero malessere; - scivolamento, caduta; - soffocamento; - altri pericoli derivanti dagli effetti prodotti dalle fonti dei pericoli sulla macchina o su parti della macchina. 	<p>6.2.6 6.2.11.11 6.3.2.1 6.4.5.1 b)</p>
10	Combinazione di pericoli	<ul style="list-style-type: none"> - per esempio, attività ripetitiva + sforzo + alta temperatura ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - per esempio, disidratazione, perdita di conoscenza, colpo di calore. 	-

Appendice C – Calcolo del PL

La ISO 13849-1:2015 nasce come revisione della ISO 13849-1:1999/EN 954-1.

Le complesse formule matematiche proprie della teoria della affidabilità dei sistemi sono state sostituite da tabelle pre-calcolate. Alcuni concetti della EN 954 sono stati mantenuti: categorie, ridondanza, monitoraggio. Alcuni sono stati modificati: grafico dei rischi, scelta delle categorie. Il ruolo delle categorie non è più centrale come nella EN 954-1. Al posto delle categorie, per valutare il grado di resistenza ai guasti, viene introdotto il concetto di Livello di prestazione (PL o Performance Level) che sta a indicare la capacità della parte del sistema di controllo della macchina relativo alla sicurezza (indicato di seguito con SRP/CS) di garantire la protezione entro predefinite condizioni di funzionamento. Il parametro usato per valutare il PL della funzione di sicurezza è la sua Probabilità media di guasto pericoloso/ora. È considerato pericoloso un guasto che, se non rilevato, inibisce la funzione di protezione del sistema.

Sono previsti 5 livelli, da PLa a PLe.

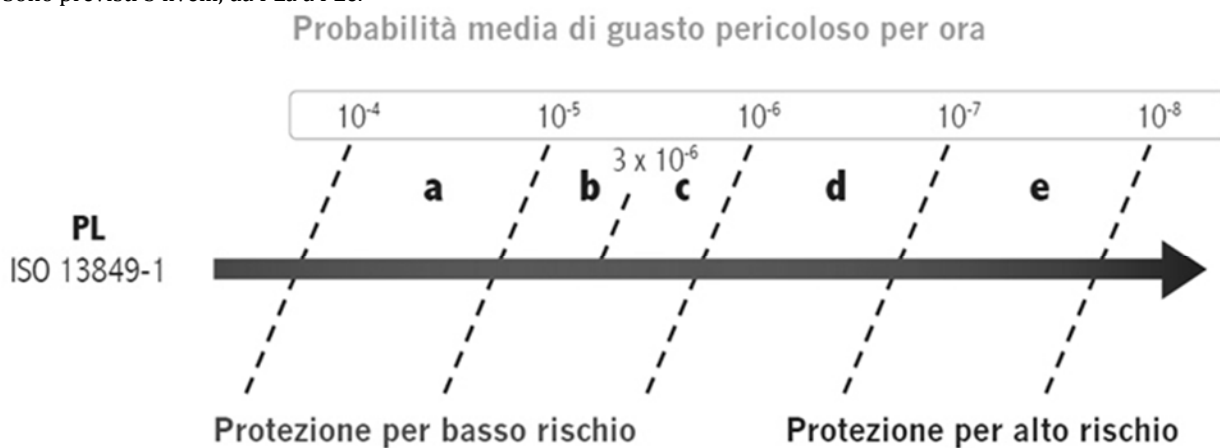
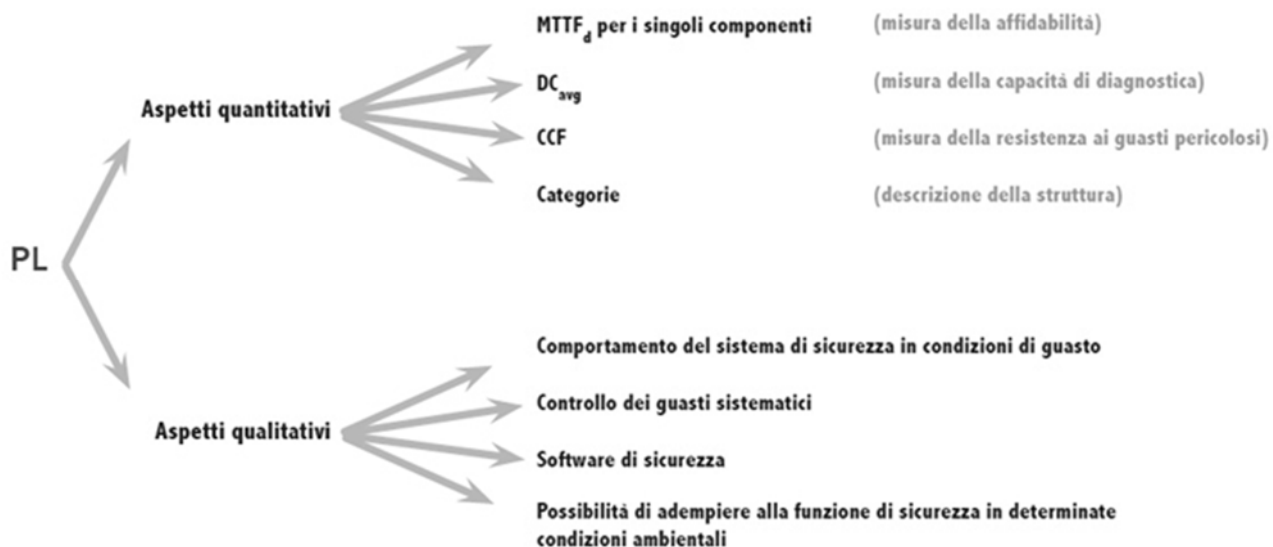


Tabella 3 di ISO 13849-1

Quanto maggiore è il contributo alla riduzione del rischio tanto più bassa è la **Probabilità media di guasto pericoloso/ora**. Il PL è funzione della architettura del sistema di controllo, della affidabilità dei componenti, della capacità di rilevare per tempo eventuali guasti interni che potrebbero limitare la funzione di sicurezza e della qualità del progetto. Il seguente prospetto riassume gli aspetti qualitativi e quantitativi da rispettare se si vuole progettare un sistema di controllo di sicurezza conforme alla ISO 13849-1.



Aspetti qualitativi e quantitativi da rispettare per progettare un sistema di controllo di sicurezza

Il progettista, per poter dichiarare un determinato valore di PL, deve quindi non solo calcolare la Probabilità media di guasto pericoloso/ora del SRP/CS realizzato, ma deve anche dimostrare di aver ottemperato a tutti i requisiti riguardanti gli aspetti qualitativi stabiliti dalla norma. Il progetto dovrà poi essere validato utilizzando la ISO 13849-2 Sicurezza del macchinario - Parti dei sistemi di comando legate alla sicurezza - Parte 2: Validazione, che definisce le procedure e le condizioni da seguire per la convalida mediante analisi e prove:

- della funzione di sicurezza fornita
- della categoria raggiunta
- del livello di prestazione raggiunto.

IMPORTANTE!

Il valore della Probabilità media di guasto pericoloso/ora è solo uno dei parametri che contribuiscono all'assegnazione del PL. Per poter rivendicare un valore di PL bisogna altresì dimostrare e documentare di aver preso in considerazione e rispettato tutti i requisiti relativi

- al controllo dei guasti sistematici
- all'uso di componenti robusti e affidabili (rispondenti a norme di prodotto, ove disponibili)
- all'uso di norme di buona tecnica
- di aver tenuto conto delle condizioni ambientali in cui dovrà operare il sistema di sicurezza
- nel caso sia stato necessario scrivere software, di aver adottato tutti gli aspetti di organizzazione esemplificati nel modello di sviluppo a V di Fig. 6 della norma ISO 13849-1 e di aver rispettato i requisiti di sviluppo sia per il software applicativo che per quello incorporato.

Il processo di progettazione di un SRP/CS secondo la ISO 13849-1 può essere riassunto nei seguenti otto passi:

- 1 - Individuazione della funzione di sicurezza tramite l'analisi dei rischi
- 2 - Assegnazione del Performance Level richiesto (PLr) tramite il grafico dei rischi
- 3 - Scelta della struttura del sistema (architetture) e delle tecniche di autodiagnosi
- 4 - Realizzazione tecnica del sistema di controllo
- 5 - Calcolo di MTTFd, DCavg e verifica di CCF
- 6 - Calcolo di PL tramite la Tabella 5
- 7 - Verifica del PL (se il PL calcolato è inferiore al PLr occorre ritornare al passo 3)
- 8 - Validazione.

Individuazione della funzione di sicurezza e assegnazione del Performance Level richiesto - PLr

Per ogni funzione di sicurezza individuata per esempio tramite l'uso della ISO TR 14121 - 2 - Risk Assessment) il progettista decide il contributo alla riduzione del rischio che essa deve fornire, ossia il PLr. Questo contributo non copre il rischio complessivo della macchina, ma solo quella parte del rischio legata all'applicazione di quella particolare funzione di sicurezza.

Il Parametro PLr rappresenta il Livello di Prestazione richiesto per quella funzione di sicurezza. Il parametro PL rappresenta invece il Livello di prestazione raggiunto dall'hardware che la implementa. Va da sé che il PL dell'hardware deve almeno essere uguale o superiore al PLr stabilito. Lo strumento che viene utilizzato per stabilire quale dovrà essere il contributo alla riduzione del rischio fornito dalla funzione di sicurezza è un grafico del tipo ad albero delle decisioni che porta ad individuare in modo univoco il valore di PLr. Se vengono individuate più funzioni di sicurezza, per ognuna di esse occorre definire il PLr.

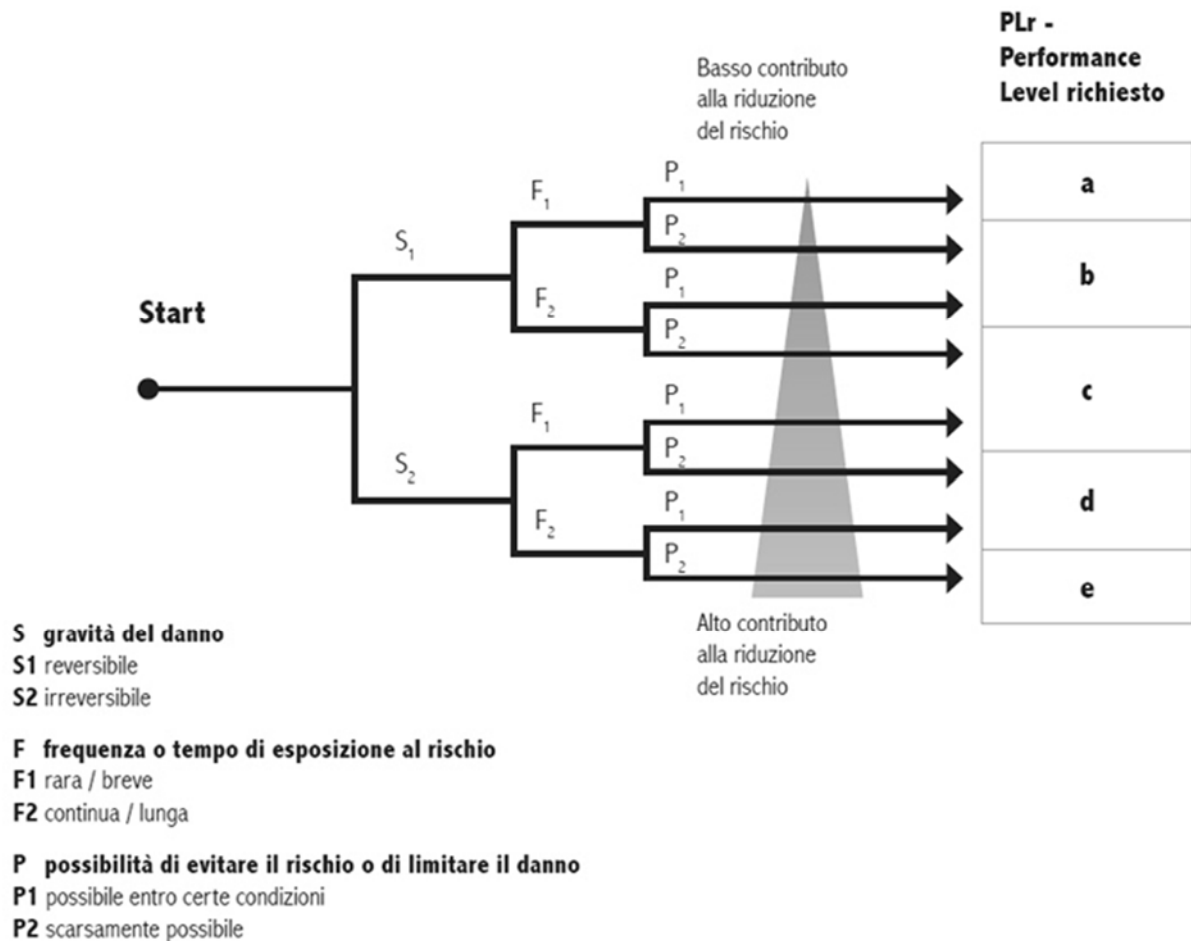


Grafico delle decisioni per determinare il valore di PLr

Realizzazione del sistema di controllo di sicurezza e calcolo del PL

Dopo aver deciso il valore di PLr necessario bisogna progettare un SRP/CS idoneo, calcolare il PL risultante e verificare che sia maggiore o uguale al PLr. Dalla figura 3 si è visto che per ricavare il valore di PL occorre calcolare la Probabilità media di guasto pericoloso/ora del sistema di controllo progettato. Esistono diversi metodi per effettuare una stima della Probabilità media di guasto pericoloso/ora di un sistema di controllo di sicurezza.

L'uso di questi metodi presuppone che per ogni componente si conosca:

- il tasso di guasto (λ)
- la percentuale di ripartizione del tasso di guasto per tutte le modalità di guasto del componente (es. per un interruttore ad azione positiva: il contatto non si apre quando richiesto = 20% dei casi, il contatto non si chiude quando richiesto = 80% dei casi)
- l'effetto che ha ogni guasto sul comportamento del sistema di sicurezza (es. guasto pericoloso- λ_d oppure guasto non pericoloso- λ_s)
- la percentuale di guasti pericolosi rilevati dalle tecniche automatiche di autodiagnosi implementate rispetto al totale dei guasti pericolosi: $\lambda_{dd} = \lambda_d \times DC$
- la percentuale di guasti pericolosi non rilevati dalle tecniche automatiche di autodiagnosi implementate rispetto al totale dei guasti pericolosi: $\lambda_{du} = \lambda_d \times (1-DC)$.

La ISO 13849-1 semplifica il calcolo fornendo una tabella basata sulla modellazione di Markov nella quale il valore di probabilità media di guasto pericoloso per ora è già precalcolato per diverse combinazioni di Categorie, e di valori di massima di $MTTF_d$ e di DC_{avg} che vengono determinati anch'essi tramite tabelle.

Indicazione di MTTFd	Valori espressi in anni	Definizione DCavg	Valore di DC DCavg
Basso	$3 \leq \text{MTTF}_d < 10$	Nessuna	$DC < 60\%$
Medio	$10 \leq \text{MTTF}_d < 30$	Basso	$60\% \leq DC < 90\%$
Alto	$30 \leq \text{MTTF}_d < 100$	Medio	$90\% \leq DC < 99\%$
		Alto	Alto $99\% \leq DC$

Selezione della categoria:

CATEGORIA	SINTESI DEI REQUISITI	COMPORAMENTO DEL SISTEMA	PRINCIPIO UTILIZZATO PER CONSEGUIRE LA SICUREZZA
B	Le SRP/CS e/o le loro attrezzature di protezione e i relativi componenti devono essere progettati, costruiti, selezionati, assemblati in conformità alle norme pertinenti in modo che possano resistere alle influenze previste. Si devono utilizzare principi di sicurezza di base	Il verificarsi di un'avaria può portare alla perdita della funzione di sicurezza	Caratterizzato principalmente dalla selezione dei componenti
1	Si devono applicare i requisiti di B. Si devono utilizzare componenti e principi di sicurezza ben provati	Il verificarsi di un'avaria può portare alla perdita della funzione di sicurezza ma la probabilità che si verifichi è minore rispetto alla categoria B	
2	Si devono applicare i requisiti di B e si devono utilizzare principi di sicurezza ben provati. La funzione di sicurezza deve essere controllata a intervalli idonei dal sistema di comando della macchina	Il verificarsi di un'avaria può portare alla perdita della funzione di sicurezza tra i controlli. La perdita della funzione di sicurezza è rilevata dal controllo	Caratterizzato principalmente dalla struttura
3	Si devono applicare i requisiti di B e si devono utilizzare principi di sicurezza ben provati. Le parti legate alla sicurezza devono essere progettate in modo che: - una singola avaria in una di queste parti non porti a una perdita della funzione di sicurezza, e - ogniqualvolta ragionevolmente fattibile, sia rilevata la singola avaria	Quando si verifica una singola avaria la funzione di sicurezza è sempre espletata. Alcune ma non tutte le avarie sono rilevate. L'accumulo di avarie non rilevate può portare alla perdita della funzione di sicurezza	
4	Si devono applicare i requisiti di B e si devono utilizzare principi di sicurezza ben provati. Le parti legate alla sicurezza devono essere progettate in modo che: - una singola avaria in una di queste parti non porti a una perdita della funzione di sicurezza, e - la singola avaria sia rilevata durante o prima della successiva richiesta della funzione di sicurezza ma, se tale rilevamento non è possibile, l'accumulo di avarie non rilevate non deve portare alla perdita della funzione di sicurezza	Quando si verifica una singola avaria la funzione di sicurezza è sempre espletata. Il rilevamento delle avarie accumulate riduce la probabilità della perdita della funzione di sicurezza (DC alta). Le avarie sono rilevate in tempo per prevenire la perdita della funzione di sicurezza	

La resistenza ai guasti delle Cat. B e Cat.1 trae origine dalla robustezza dei componenti (si cerca di evitare il guasto). La resistenza ai guasti delle categorie 2,3,4 trae origine dalla struttura del sistema (si cerca di controllare il guasto). In particolare, si controlla il guasto tramite monitoraggio ciclico per la Cat.2, ridondanza per la Cat.3, ridondanza e monitoraggio per la Cat.4. Alle categorie corrispondono precisi requisiti funzionali. Le modalità di guasto dei componenti sono definite e catalogate. Esiste quindi una esatta corrispondenza fra le categorie e il comportamento del sistema in caso di guasto (approccio deterministico).

Il problema si riconduce quindi alla scelta dell'architettura, al calcolo di DC_{avg} in funzione delle tecniche di autodiagnosi implementate, al calcolo semplificato di $MTTF_d$ del circuito progettato e alla verifica che siano rispettate le condizioni di indipendenza di funzionamento dei canali (CCF) nel caso di architetture ridondanti (Cat. 2,3 e 4).

La combinazione di Categoria e DC_{avg} adottata identifica una delle sette colonne di tabella 5; il valore di $MTTF_d$ calcolato determina quale parte della colonna considerare. Sulla sinistra del grafico si legge poi il valore di PL corrispondente.

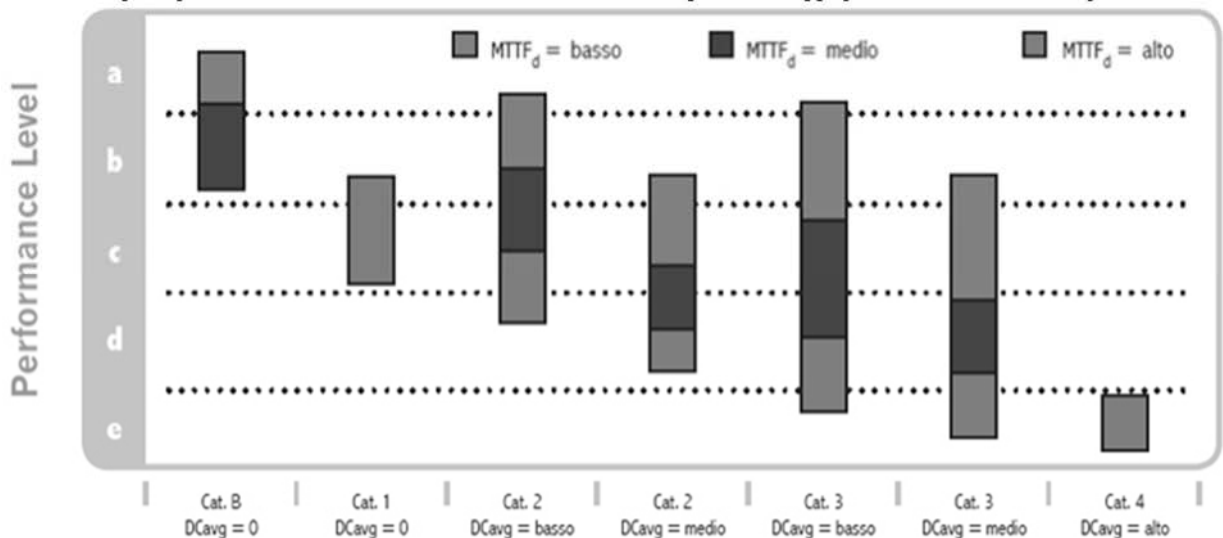


Diagramma di ISO 13849-1

Può capitare che la parte di colonna scelta comprenda due o tre possibili valori di PL (es. nel caso di Cat. 3, DC_{avg} = medio e $MTTF_d$ = low sono possibili i seguenti tre valori: PLb, PLc, PLd); in questi casi, per poter ricavare il valore di PL corretto si usa la tabella K.1 dell'Annesso K della Norma (qui non riportata) che fornisce in modo dettagliato i valori di Probabilità media di guasto pericoloso per ora e PL in funzione del valore puntuale di $MTTF_d$ e della combinazione di Categoria e DC_{avg} implementati.

Come si può vedere dalla figura 5, per ogni Livello di Prestazione richiesto sono possibili più scelte. Ad esempio si veda la tabella 5: per ottenere un sistema con PL pari a "c" sono possibili le seguenti cinque alternative:

1. Categoria 3 con $MTTF_d$ = basso e DC_{avg} media
2. Categoria 3 con $MTTF_d$ = medio e DC_{avg} bassa
3. Categoria 2 con $MTTF_d$ = medio e DC_{avg} media
4. Categoria 2 con $MTTF_d$ = alto e DC_{avg} bassa
5. Categoria 1 con $MTTF_d$ = alto.

Eccezione solo per la parte di uscita del SRP/CS

Se per componenti meccanici, idraulici o pneumatici (o componenti che comprendono tecnologie miste) non sono disponibili dati sull'affidabilità specifici per tale applicazione, il fabbricante della macchina può valutare gli aspetti quantificabili del PL senza alcun calcolo del $MTTF_d$.

In tali casi, il livello di prestazione legato alla sicurezza (PL) è implementato dall'architettura, dalla diagnostica e dalle misure contro il CCF. La tabella seguente mostra il rapporto fra il PL conseguibile e le categorie.

	PFH _d 1/h)	Cat. B	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4
PL a	2*10 ⁻⁵	*	0	0	0	0
PL b	5*10 ⁻⁶	*	0	0	0	0
PL c	1,7*10 ⁻⁶	-	*2	*1	0	0
PL d	2,9*10 ⁻⁷	-	-	-	*1	0
PL e	4,7*10 ⁻⁸	-	-	-	-	*1

* La categoria applicata è raccomandata

0 La categoria applicata è opzionale

- La categoria non è consentita

*1 Si devono utilizzare componenti collaudati o ben provati (confermati dal fabbricante dei componenti per essere idonei per tale applicazione particolare) e ben provati principi di sicurezza.

*2 Si devono utilizzare componenti e principi di sicurezza ben provati. Per i componenti legati alla sicurezza che non sono sorvegliati dal processo, il valore T10d può essere determinato sulla base di dati di collaudo del fabbricante della macchina.

Combinazione di più SRP/CS

Una funzione di sicurezza può essere composta da uno o più SRP/CS, e più funzioni di sicurezza possono utilizzare gli stessi SRP/CS. I singoli SRP/CS, poi, potrebbero essere realizzati con architetture diverse. Se la funzione di sicurezza è realizzata collegando in serie più SRP/CS (es. barriera di sicurezza, logica di controllo, uscita di potenza) e se per ciascuno di essi è noto il PFHd, allora il PFHd totale è pari alla somma dei valori di PFHd dei singoli SRP/CS. Il PL corrispondente al PFHd così calcolato è poi limitato da vincoli sistematici (non quantificabili): il PL totale non può essere maggiore del PL più basso di tutti i sottosistemi che compongono la funzione di sicurezza e da aspetti quantificabili: il PL totale non può essere più grande del PL che si ricava dalla Tabella 3 di ISO 13849-1 in corrispondenza del PFHD sommato (Il PFHD sommato è formato dalla somma di tutti i valori di PFHD dei singoli SRP / CS. Se i PFHD dei singoli SRP/CS non sono noti, la norma fornisce un modo semplice per calcolare il PL totale.

Si identifica la parte col PL più basso (PL low),

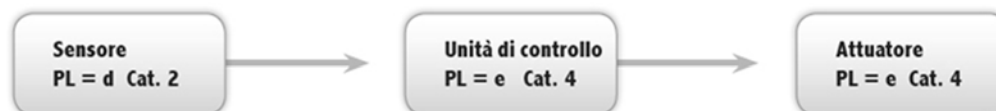
Si identifica il numero di parti che hanno PL = PL low

Si inseriscono i dati nella tabella seguente e si ricava il PL totale

PL (low)	n (low)		PL
a	>3 ≤3	→	-
b	>2 ≤2	→	a
c	>2 ≤2	→	b
d	>3 ≤3	→	c
e	>3 ≤3	→	d

Il PL ricavato tramite questa tabella si riferisce a valori di Probabilità media di guasto pericoloso per ora che si trovano a metà per ognuno degli intervalli di Tabella 3 della ISO 13849-1

Esempio:



Risulta: **PL low = d, N low = 1 (< 3)**. Quindi: **PL complessivo = d**. Il valore di Probabilità media di guasto pericoloso per ora dell'intero sistema sarà un numero compreso fra 1×10^{-6} e 1×10^{-7} (vedere Tabella 3 della ISO 13849-1).

(tutto il documento riportato in questa appendice è estratto dalla “Guida alla sicurezza” redatta da REER, azienda italiana che produce barriere fotoelettriche)

La norma IEC 62061 propone, in alternativa al PL, un indice chiamato SIL che significa Livello di Integrità della Sicurezza, cioè il grado di affidabilità da affidare alla funzione di sicurezza per garantire la riduzione del rischio. Il livello richiesto viene calcolato mediante valutazione della severità del possibile danno, la frequenza e la durata del pericolo, la probabilità di evento pericoloso legata al modo operativo della macchina e l’evitabilità del pericolo; la somma di questi fattori fornisce la classe e di conseguenza si definisce il SIL richiesto. Il SIL del sistema da applicare, invece si basa sulla stima della probabilità di guasto pericoloso per ogni ora di funzionamento.

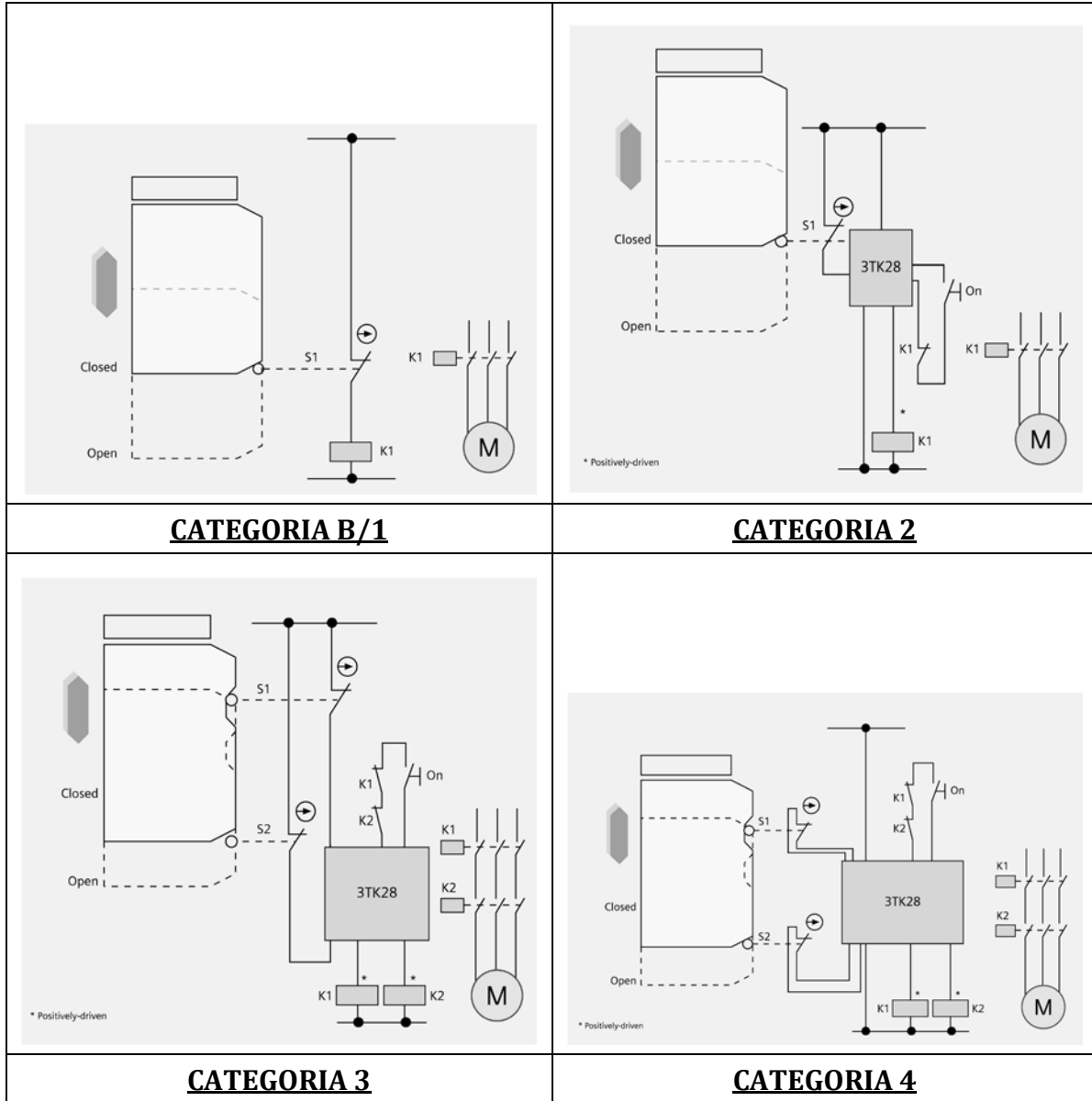
Il confronto tra i due parametri può essere eseguito seguendo la seguente tabella:

PL (EN ISO 13849)	Probabilità media di un guasto pericoloso (PFH_D) [h⁻¹]	SIL (IEC 61508)
a	$10^{-5} \leq \text{PFH}_D < 10^{-4}$	Non definito
b	$3 \cdot 10^{-6} \leq \text{PFH}_D < 10^{-5}$	1
c	$10^{-6} \leq \text{PFH}_D < 3 \cdot 10^{-6}$	1
d	$10^{-7} \leq \text{PFH}_D < 10^{-6}$	2
e	$10^{-8} \leq \text{PFH}_D < 10^{-7}$	3

Si ritiene opportuno allegare anche la seguente tabella (tratta dalla guida alla sicurezza della Schneider Electric) che schematizza le strutture delle categorie precedentemente individuate:

Categoria B	Un guasto può portare alla perdita della funzione di sicurezza.	
Categoria 1	Un guasto può portare alla perdita della funzione di sicurezza, ma l' MTTF _a di ogni canale in Categoria 1 è più alto che nella Categoria B quindi la probabilità è inferiore rispetto a quest'ultima.	
Categoria 2	Un guasto può portare alla perdita della funzione di sicurezza tra un controllo e l'altro. La perdita della funzione di sicurezza è rilevata dal controllo.	
Categoria 3	Le parti relative alla sicurezza devono essere progettate in modo che un singolo guasto non porti alla perdita della funzione di sicurezza, il singolo guasto deve essere se possibile rilevato.	
Categoria 4	Le parti relative alla sicurezza devono essere progettate in modo che un singolo guasto non porti alla perdita della funzione di sicurezza e il guasto deve essere rilevato prima che uno successivo possa portare alla perdita della funzione di sicurezza. Se ciò non è possibile, l'accumulo di guasti non rilevati non deve portare alla perdita della funzione di sicurezza.	

Gli schemi logici riportati alla pagina precedente, si traducono negli schemi circuitali riportati come esempio di seguito (schemi tratti dal manuale per la sicurezza pubblicato nel 2015 da Festo):



Appendice D - Operazioni di manutenzione e modifiche

Dalle norme UNI EN 11063:2017, UNI EN 13306:2018 e UNI EN 10147:2013, si riportano di seguito le definizioni di manutenzione ordinaria, straordinaria, ecc.

“Manutenzione” = Combinazione di tutte le azioni tecniche ed amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'entità in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta.

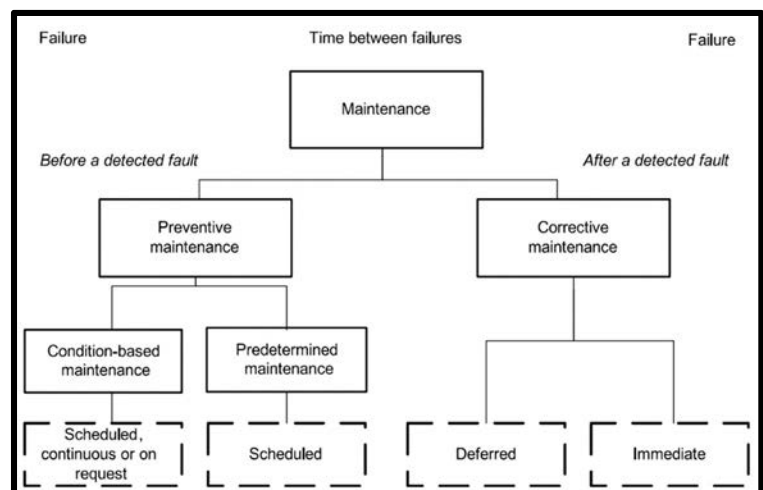
“Manutenzione ordinaria” = Tipologia d'interventi manutentivi durante il ciclo di vita, atti a mantenere l'integrità originaria del bene, mantenere o ripristinare l'efficienza dei beni, contenere il normale degrado d'uso, garantire la vita utile del bene e far fronte ad eventi accidentali. Generalmente gli interventi sono richiesti a seguito di:

- rilevazione di guasti o avarie (manutenzione a guasto o correttiva),
- attuazione di politiche manutentive (manutenzione preventiva, ciclica, predittiva secondo condizione),
- esigenza di ottimizzare la disponibilità del bene e migliorarne l'efficienza (interventi di miglioramento o di piccola modifica che non comportano incremento del valore patrimoniale del bene).

I suddetti interventi non modificano le caratteristiche originarie (dati di targa, dimensionamento, valori costruttivi, ecc.) del bene stesso e non ne modificano la struttura essenziale e la loro destinazione d'uso.

“Manutenzione straordinaria” = Tipologia d'interventi non ricorrenti e d'elevato costo, in confronto al valore di rimpiazzo del bene e ai costi annuali di manutenzione ordinaria dello stesso (sia interventi programmati che non programmati). Gli interventi

possono inoltre possono prolungare la vita utile e/o, in via subordinata migliorarne l'efficienza, l'affidabilità, la produttività, la manutenibilità e l'ispezionabilità, non ne modificano le caratteristiche originarie (dati di targa, dimensionamento, valori costruttivi, ecc.) e la struttura essenziale ed infine non comportano variazioni di destinazioni d'uso del bene.



“Manutenzione correttiva” = La manutenzione eseguita a seguito della rilevazione di un'avaria e volta a riportare un'entità nello stato in cui essa possa eseguire una funzione richiesta.

“Manutenzione preventiva” = La manutenzione eseguita a intervalli predeterminati o in accordo a criteri prescritti e volta a ridurre la probabilità di guasto o la degradazione del funzionamento di un'entità.

“Manutenzione ciclica” = Manutenzione preventiva periodica in base a cicli di utilizzo predeterminati.

“Manutenzione predittiva” = Manutenzione preventiva effettuata a seguito dell'individuazione e della misurazione di uno o più parametri e dell'estrapolazione secondo i modelli appropriati del tempo residuo prima del guasto.

“Manutenzione secondo condizione” = Manutenzione preventiva subordinata al raggiungimento di un valore limite predeterminato.

“Riparazione” = Insieme degli interventi eseguiti a seguito di guasti per ripristinare la funzione della macchina.

“Revisione” = Insieme di controlli e di interventi per evitare che la macchina possa incorrere in guasti molto critici.

“Ricostruzione” = Rinnovo della macchina, intesa come operazione di verifica e revisione generale della macchina, con eventuale riparazione o sostituzione di parti guaste o usurate compresa la sostituzione di parti importanti della stessa, con materiale nuovo ma con caratteristiche equivalenti all'originale, ed interventi di registrazione e taratura al fine di ripristinare le prestazioni originarie della macchina.

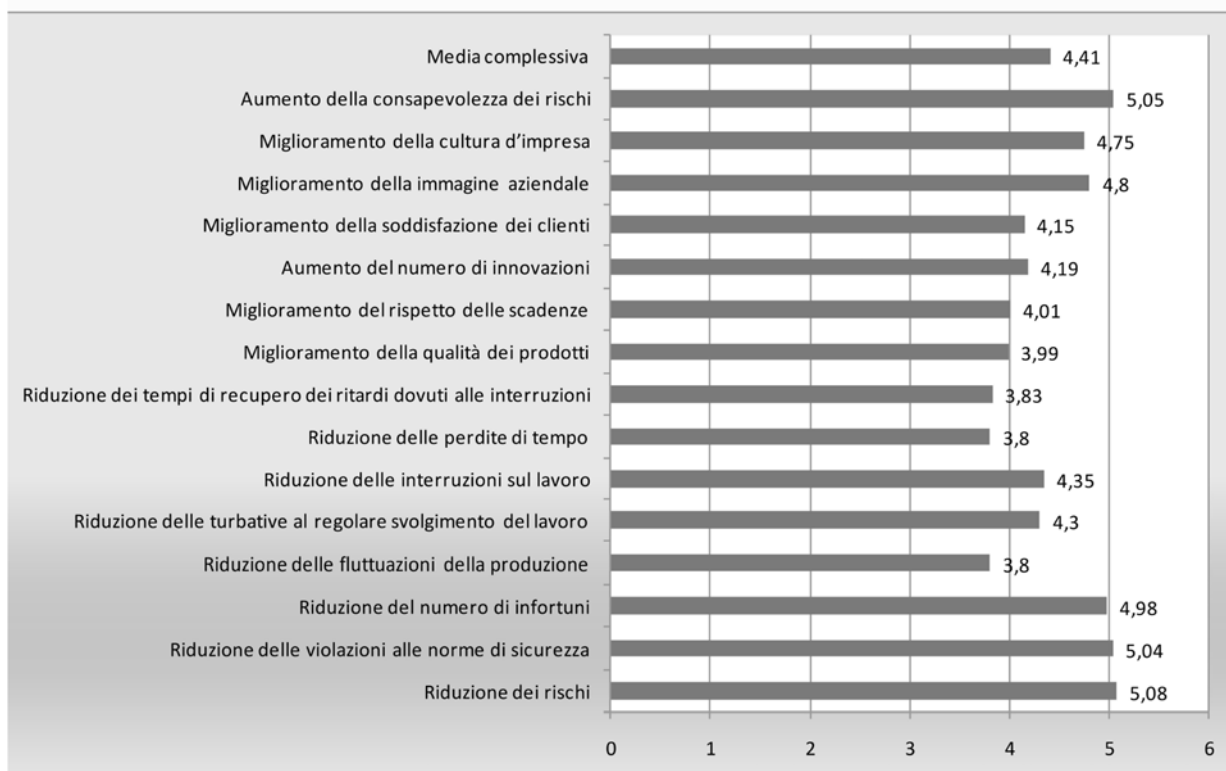
“Aggiornamento/ammodernamento tecnico” = Aggiunta di equipaggiamenti, accessori, apparecchi, software non esistenti in origine, con lo scopo di migliorarne la funzionalità e le prestazioni della macchina (ad es. aggiunta di modalità di funzioni automatiche non previste dal fabbricante).

Riassumendo quindi, tutti gli interventi mirati a riportare la macchina ad una condizione pre-esistente (ad esempio, riparazioni o messe a punto) o ad una condizione alternativa all'esistente ma prevista dal fabbricante (ad esempio, aggiunta di attrezzature intercambiabili previste dal fabbricante) non sono considerati modifica; vengono considerati modifica, invece, tutti gli interventi che fanno evolvere dal punto di vista tecnico-produttivo la macchina.

Appendice E – Calcolo del ROP

Effetti degli interventi in materia di prevenzione nell'impresa

Scala 1/6 dove 1 = alcun effetto e 6 = effetto molto forte



Costi e benefici della prevenzione per le imprese (in euro, per impiegati, per anno)

Dispositivi di protezione individuale	168	Risparmi dovuti alla prevenzione delle interruzioni del ciclo produttivo	566
Consulenza sulle tecnologie di sicurezza, sostegno sanitario ai lavoratori da parte dell'impresa	278	Risparmi dovuti alla prevenzione delle perdite di tempo e alla riduzione dei tempi di recupero dei ritardi dovuti alle interruzioni del ciclo lavorativo	414
Misure specifiche di formazione sulla sicurezza	141	Valore aggiunto creato dal miglioramento della motivazione e della soddisfazione dei dipendenti	632
Check up medici preventivi	58	Valore aggiunto creato dalla continua attenzione alla qualità e dal miglioramento della qualità dei prodotti	441
Costi organizzativi	293	Valore aggiunto dovuto alle innovazioni di prodotto	254
Costi di investimento	274	Valore aggiunto dovuto al miglioramento della immagine dell'impresa	632
Costi iniziali	123		
Totale costi	1.334	Totale benefici	2.940
		<i>Ritorno economico: un euro di costi comporta 2,2 euro di benefici</i>	

(Tratti da una pubblicazione INAIL basata sul report di ricerca ISSA riportato in bibliografia.)


Appendice G – Misure per impedire il defeating dei sistemi di sicurezza

Principi e misure	Interblocchi di Tipo 1, esclusi gli interblocchi con sistema a cerniera e di Tipo 3	Interblocchi di Tipo 1, solo con sistema a cerniera	Interblocchi di Tipo 2 e 4 con bassa o media codifica con o senza blocco elettromagnetico	Interblocchi di Tipo 2 e 4 con alta codifica con o senza blocco elettromagnetico	Sistema a chiave bloccata, medio o alto livello di codifica
Montaggio non raggiungibile, vedi 7.2 a) 1)	X		X		
Ostruzione fisica/schermatura, vedi 7.2 a) 2)					
Montaggio in posizione nascosta, vedi 7.2 a) 3)					
Monitoraggio di stato o test ciclico, vedi 7.2 d) 1) i) e ii)					
Fissaggio inviolabile dell'interruttore di posizione e dell'attuatore, vedi 7.2 c)					
Fissaggio inviolabile dell'interruttore di posizione, vedi 7.2 c)		M			M
Fissaggio inviolabile dell'attuatore, vedi 7.2 c)		M	M	M	M
Interblocco aggiuntivo e test di plausibilità, vedi 7.2 d) 2)	R		R		
X obbligatorio applicare almeno una di queste misure M misura obbligatoria R misure aggiuntive raccomandate (...)					

Tratto dalla guida "Il defeating di un dispositivo di interblocco associato ai ripari", edita da INAIL nel 2016.

ALTRI ALLEGATI

(gentilmente concessi da VDP Fonderia S.p.A.)

 <p>SCHEDA MACCHINA / IMPIANTO E ISTRUZIONI OPERATIVE</p>
ZONA D'INTERVENTO: Impianto a motte
MACCHINE: Impianto a motte
Costruttori principali: L.M.F. s.r.l. – Area Impianti
Anno di costruzione/modifiche sostanziali delle macchine principali: 1992
Documentazione: presenza di disegni meccanici impianto, schemi elettrici, schemi idraulici, schemi pneumatici, istruzioni operative.
PARTICOLARI DELLA MACCHINA:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cantiere di formatura ➤ Mescolatore ➤ Ribaltatrice ➤ Verniciatura ➤ Tunnel essiccazione ➤ Accoppiatore ➤ Sistema trasporto pneumatico ➤ Zona di colata ➤ Distaffatore ➤ Aspirazione e filtro ➤ Nastri e rulliere di collegamento ➤ Nastri di raccolta sfridi
ATTIVITÀ ESEGUITE DAGLI OPERATORI:
<ul style="list-style-type: none"> • Avviamento/Spengimento Impianto • Modifica di parametri di processo • Pulizia impianto • Manutenzione meccanica ed elettrica (ordinaria e straordinaria)


Sommario

Premessa di sicurezza.....	3
1. Descrizione generale.....	4
2. Schema delle macchine.....	5
3. Elenco dei componenti.....	6
4. Impianto elettrico.....	7
5. Impianto idraulico e pneumatico.....	8
6. Installazione.....	9
6.1 Particolari indicazioni per il mescolatore.....	10
6.2 Particolari indicazioni per l'accoppiatore.....	10
7. Uso delle macchine.....	11
7.1 Particolari indicazioni per la ribaltatrice.....	13
7.2 Particolari indicazioni per il distaffatore.....	13
8. Manutenzione, ricambi e smaltimento.....	14
9. Normative di riferimento (rif. Pubblicazione UE 2017/C 183/02).....	21
10. Identificazione dei pericoli ed analisi dei rischi.....	24
11. Segnaletica di sicurezza.....	26
12. Dichiarazioni CE e tabella documenti disponibili.....	31
13. Allegati.....	32

Premessa di sicurezza

Le indicazioni contenute in tale manuale sono corredate di importanti avvisi di sicurezza, categorizzati come segue:

	<u>INFORMAZIONE</u> Significa che in quella parte del testo sono indicate particolari istruzioni o note utili per il corretto uso della macchina.
	<u>ATTENZIONE</u> Significa che in quella parte del testo sono indicate istruzioni che (se non rispettate) potrebbero causare danni e/o lesioni lievi .
	<u>AVVERTENZA</u> Significa che in quella parte del testo sono indicate istruzioni che (se non rispettate) potrebbero causare danni e/o lesioni di moderata entità .
	<u>PERICOLO GRAVE</u> Significa che il mancato rispetto delle indicazioni presenti in quella parte del testo può causare danni ingenti e/o lesioni da gravi fino alla morte .

  Il personale incaricato del montaggio/smontaggio, dell'uso e della manutenzione delle macchine, dovrà leggere tale manuale in ogni sua parte e far diventare proprie le informazioni basilari sulla sicurezza, per mettere a conoscenza anche gli altri lavoratori (che potrebbero transitare nelle vicinanze della macchina) ed i nuovi assunti delle situazioni di pericolo e dei rischi ad essa connessi.

1. Descrizione generale

Il presente manuale si riferisce a tutte le macchine facenti parte dell'IMPIANTO A MOTTE, installato in VDP S.p.A. con sede in Via Lago di Alleghe 39, Schio (Vi). L'elenco esaustivo delle macchine e dei dati di targa delle stesse si trova nel capitolo 3 del presente documento, mentre le caratteristiche tecniche di ciascuna sono riportate nella scheda denominata "fornitura". Alcune macchine, di costruzione più recente, sono già provviste di Dichiarazione CE e per queste viene semplicemente richiamato il documento di riferimento nel capitolo 12; per macchine più obsolete, si procede invece ad effettuare una valutazione del rischio tramite check-list secondo norma EN ISO 12100:2010 fino a definire che le protezioni e gli interventi effettuati già da tempo (per adeguarle alla Direttiva Macchine 2006/42/CE) risultano esaustivi per portare le stesse ad un livello di sicurezza equivalente o superiore all'attuale stato dell'arte.

Segue una breve descrizione sul funzionamento dell'impianto nella sua completezza, completa di alcuni dati caratteristici delle principali macchine che ne fanno parte.

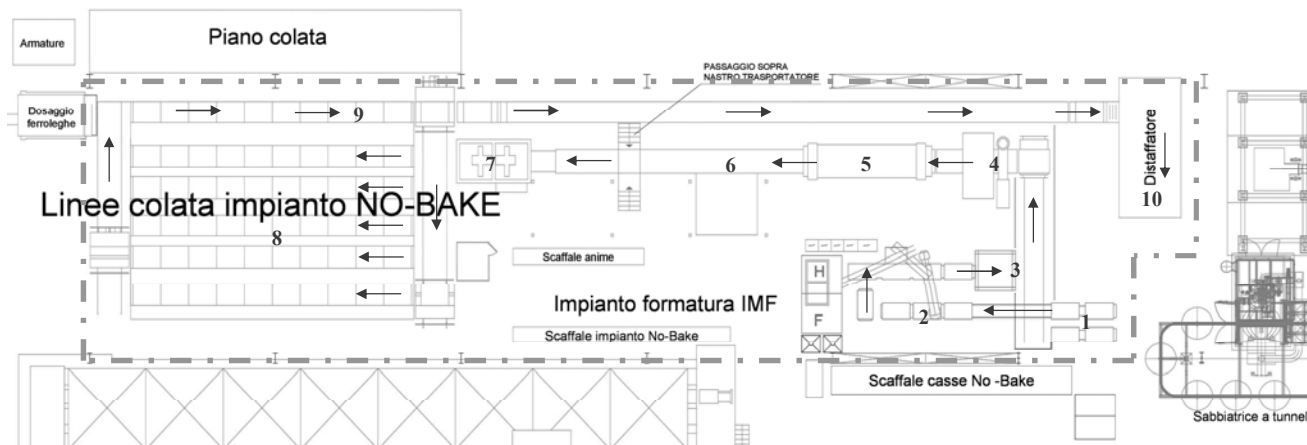
La placca con il modello viene inserita dall'operatore nel ciclo Fast Loop (1) e viene posizionata la staffa per il riempimento. L'operatore aziona il mescolatore e riempie la forma nella quale la sabbia additivata con la resina si compatta grazie alle vibrazioni generate dalla tavola vibrante su cui la forma poggia (2). Una volta terminato il riempimento, l'operatore elimina la sabbia in eccesso e fa spostare la forma piena nella stazione successiva, fino ad arrivare alla ribaltatrice (3): qui la staffa con la placca vien bloccata al piano con delle ganasce idrauliche e la macchina capovolge la forma ed estrae la motta formata grazie alla gravità che agisce sulla motta e grazie alle vibrazioni impartite per staccare la motta stessa dalla forma.

La motta viene a questo punto trasferita alla stazione di verniciatura (4), dove un manipolatore la solleva e la posiziona in modo tale che l'operatore possa spruzzarvi lo strato protettivo di vernice; una volta posata nuovamente sul nastro di trasferimento, la motta verniciata passa nel tunnel di essiccazione (5) dove completa l'indurimento grazie a bruciatori a metano ad aria soffiata. Successivamente vengono posate le anime a mano (6) o mediante l'uso di sollevatori (se necessario) e le due semi-motte vengono accoppiate mediante un manipolatore con centraggio automatico (7).

Da qui, mediante un carrello trasferitore automatico, la motta completa (posizionata su una piattina di supporto) passa nella zona di colata (8) ove viene trasferita su uno dei rulli di colata in attesa di essere riempita con il metallo fuso. Dopo la colata ed un parziale raffreddamento, la motta viene trasferita da un carrello trasferitore sulla linea di raffreddamento (9) ove prosegue il suo percorso fino al distaffatore (10). Da qui il getto estratto passerà manualmente alla granigliatura ed alle fasi successive della lavorazione, facenti parte però di altri impianti. La sabbia viene recuperata tramite un sistema interrato di nastri che la raccolgono dalla formatura, dalla ribaltatrice ed infine dal distaffatore.

2. Schema delle macchine

Viene allegata di seguito la planimetria dell'impianto. In allegato, invece sono presenti gli schemi funzionali delle principali macchine che lo compongono.



3. Elenco dei componenti

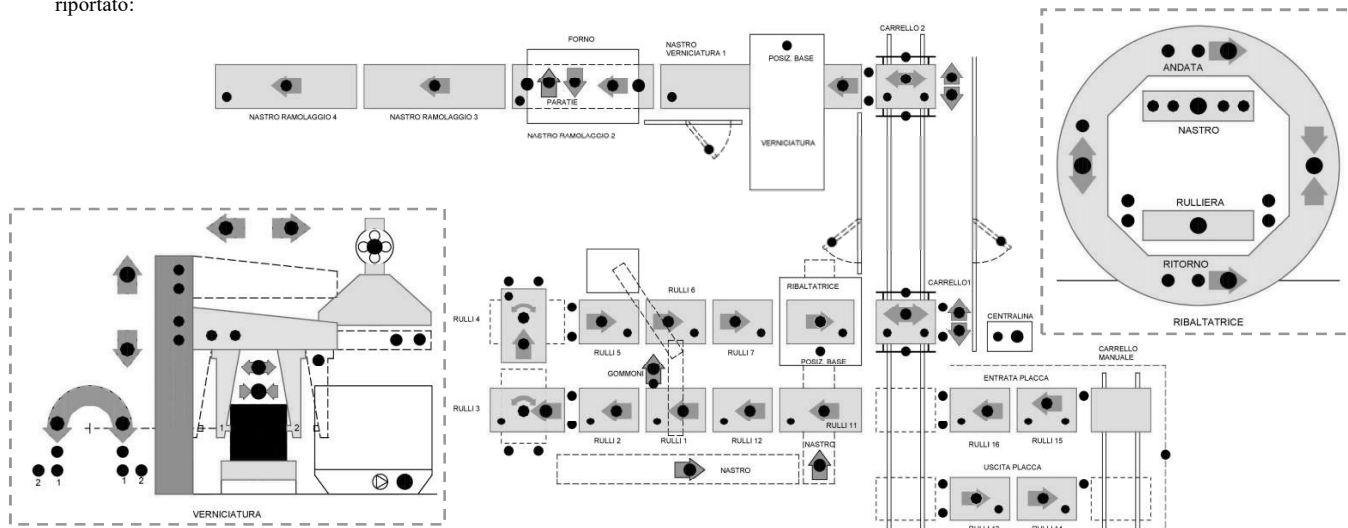
Viene fornito di seguito l'elenco dei componenti che costituiscono l'impianto nel suo complesso, completo di dati dei fornitori, di matricole e degli anni di costruzione (o eventuale modifica sostanziale):

<u>DENOMINAZIONE</u>	<u>MODELLO</u>	<u>FORNITORE</u>	<u>MATRICOLA</u>	<u>ANNO</u>
Cantiere di formatura	Fast Loop	I.M.F s.r.l.	-	1992
Mescolatore	T36/30/S	I.M.F s.r.l.	-	1992
Ribaltatrice	RB2750	I.M.F s.r.l.	-	1992
Verniciatura	GR1785/A	I.M.F s.r.l.	-	1992
Tunnel di essiccazione	PM1405	I.M.F s.r.l.	-	1992
Accoppiatore	DDA00011	I.M.F s.r.l.	-	1992
Trasporto pneumatico sabbie	PL...	I.M.F s.r.l.	-	1992
Zona di colata	PM1222 (carrelli trasferitori)	I.M.F s.r.l.	-	1992
Distaffatore	PM1139/E	I.M.F s.r.l.	-	1992
Altri componenti	Trasferitori a nastro, carrelli motorizzati, piani a rulli motorizzati, carrelli a nastro, placche, carrelli folli, ecc.	I.M.F s.r.l.	-	1992
Impianto di aspirazione con filtro	CTC450 (ventilatori) + BFj22-50-1-LT (filtro a maniche)	Area Impianti s.r.l.	ITF.21117.0266/01	2001

4. Impianto elettrico

Tutte le macchine installate nell'impianto sono controllabili attraverso i pulsanti presenti nelle singole sezioni d'impianto, mentre i quadri generali sono posizionati come evidenziato nel layout aziendale. Il controllo elettronico dei parametri di processo avviene tramite PC e la situazione dei dispositivi di sicurezza è visualizzabile in tempo reale in tutti i PC collegati in rete. Gli armadi di alimentazione sono dotati di protezioni interne per impedire l'accesso alle sbarre, oltre che di serratura per limitare l'accesso al solo personale autorizzato. Lungo l'intera linea dell'impianto sono installati i pulsanti d'emergenza in ogni pulpito di comando, secondo norma EN ISO 13850:2015, ciascuno riguardante specifiche porzioni d'impianto. Inoltre, l'accesso da parte del personale a porzioni pericolose dell'impianto in cui è necessario l'intervento umano è protetto da barriere ottiche e da interblocchi sui cancelli. Tutti i dispositivi di sicurezza presenti, per quanto funzionanti, verranno a breve sostituiti con componenti più moderni in concomitanza con un intervento di massiccio revamping dell'impianto.

Lo stato di funzionamento della prima parte d'impianto, dalla formatura all'accoppiatore, è visualizzabile tramite il quadro sinottico di seguito riportato:



Vengono forniti in allegato al presente manuale tutti gli schemi elettrici delle macchine che costituiscono l'impianto.

Rev.2 Data 06/02/2018
MANUALE OPERATIVO IMPIANTO MOTTE

Pagina 7 di 32

5. Impianto idraulico e pneumatico

In allegato vengono forniti gli schemi oleodinamici e pneumatici dell'impianto.

6. Installazione

Tale capitolo riporta in primis alcune indicazioni generali sulle procedure corrette di installazione, mentre approfondisce poi nello specifico alcune regole da seguire per macchine particolari.

L'installazione, in linea generale, deve essere eseguita da personale autorizzato in conformità a quanto specificato nel manuale d'istruzioni delle macchine oggetto della presente valutazione. In particolare vanno rispettate le seguenti indicazioni generali di sicurezza:

- Le macchine vanno installate in una zona priva di umidità, ben aerata ed illuminata;
- Le macchine vanno installate in modo tale da non essere direttamente esposte a fonti di calore particolarmente aggressive;
- Per quanto possibile, le macchine devono essere protette dagli urti, soprattutto durante la lavorazione;
- L'operatore deve avere spazio sufficiente per eseguire le lavorazioni e la manutenzione delle macchine: per questo motivo si consiglia di lasciare libero un franco minimo di 1 metro attorno alle macchine.
- Le macchine possono essere trasportate da mezzi di trasporto omologati per il trasporto di materiale del peso indicato. Esse devono essere saldamente fissate al piano di carico tramite funi o catene idonee, ed inoltre devono essere protette dagli agenti atmosferici durante la fase di trasporto.



Verificare la posizione e la direzione dei pezzi durante il montaggio

Controllare sempre la polarità dei motori e le posizioni di tutti i componenti delle macchine durante il montaggio. L'errore durante il montaggio può portare a gravi rischi durante l'uso.

- Le macchine devono essere fissate al suolo con lo schema di fissaggio definito dal manuale d'istruzioni per evitare qualsiasi pericolo durante il normale uso delle stesse.



Operazioni importanti prima dell'uso

Prima dell'uso delle macchine dopo eventuali periodi di fermo, deve essere effettuata la procedura di controllo di routine riportata in tale manuale. Verificare l'assenza di avvisi che indicano "manutenzione in corso" o segnalazioni simili prima della messa in funzione.



Pericolo elettrocuzione

Il collegamento elettrico è una fase molto pericolosa dell'installazione e dell'uso. Si prega di non agire sulla parte elettrica se non si è espressamente autorizzati per evitare pericolose situazioni: azioni eseguite da persone non esperte potrebbero portare in tensione parti delle macchine normalmente non pericolose.



Prestare attenzione durante la fase di scaricamento dei componenti

Per questioni di sicurezza, si raccomanda di utilizzare mezzi idonei al sollevamento (incluse funi, catene ed altre macchine di sollevamento) delle parti delle macchine trasportate.



Verificare l'integrità degli imballi e la presenza di tutti i componenti

Prima di procedere al montaggio od al collegamento in loco delle macchine, verificare sempre la presenza di tutti i componenti indicati dal manuale d'uso, oltre che l'integrità delle confezioni/imballi. Nel manuale d'uso stesso è prevista una lista contenente informazioni sui punti di ancoraggio per il sollevamento ed il peso di ogni parte.

6.1 Particolari indicazioni per il mescolatore

Durante l'installazione e prima della messa in funzione (anche dopo interventi manutentivi) verificare l'assenza di detriti, sporcizia, sfridi o residui di ferro nella sabbia che entra nella macchina. Prestare attenzione alle fasi di taratura dei dosatori per i componenti della miscela, onde evitare l'accidentale solidificazione della resina all'interno della macchina. Prevedere sempre un rubinetto in PVC all'uscita del serbatoio dei catalizzatori ed in bronzo all'uscita del serbatoio delle resine.

6.2 Particolari indicazioni per l'accoppiatore

Data la dimensione ed il peso della macchina, è necessario prestare particolare attenzione durante la fase di installazione per evitare che errori di montaggio comportino pericoli gravi agli utilizzatori.

7. Uso delle macchine



Utilizzo delle macchine in condizioni idonee

L'operatore, nell'utilizzare le macchine, deve indossare i DPI previsti elencati nei paragrafi successivi.



Non utilizzare le macchine per operazioni non specificate

L'uso delle macchine per l'esecuzione di lavorazioni diverse da quanto espressamente indicato in questo manuale, può comportare un rischio grave per gli operatori che eseguono la lavorazione ed anche per coloro che si trovano nelle vicinanze delle macchine stesse.



Modifiche all'impianto elettrico

È vietata ogni modifica all'impianto elettrico delle macchine in ogni loro parte. In caso di malfunzionamenti, rumori, od altro, l'utilizzatore deve **IMMEDIATAMENTE** spegnere la macchina, scollegarla dall'alimentazione e contattare il reparto manutenzione. Ogni manutenzione e/o sostituzione di parti deve essere eseguita da personale autorizzato.



Modifiche ai ripari ed alle protezioni

L'assenza di ripari e protezioni provocherebbe, nella maggior parte degli incidenti, lesioni gravi o la morte del lavoratore che utilizza la macchina. È quindi vietata ogni manomissione, rimozione o modifica dei dispositivi di sicurezza (eventuali ripari compresi).



Adesivi e targhe informative

È vietata la rimozione e la modifica delle targhe e degli adesivi applicati sulle macchine. In caso di usura o illeggibilità degli stessi, provvedere alla sostituzione immediatamente.



Altre indicazioni d'utilizzo importanti

È vietato l'uso delle macchine a cui questo manuale fa riferimento in presenza di atmosfere esplosive o vicinanza a depositi di materiali combustibili di qualsiasi tipo, a meno di espressa indicazione nel manuale d'uso delle stesse.



Usi vietati "ragionevolmente prevedibili"

- Utilizzare il quadro di comando con le mani umide o bagnate
- Usare il pulsante d'emergenza per effettuare un ordinario stop di una macchina
- Utilizzare getti d'acqua per pulire la macchina
- Utilizzare le macchine all'esterno (a meno che non sia espressamente consentito) ed esporla direttamente agli agenti atmosferici
- Alimentare le macchine in modo diverso da quanto prescritto
- Installare le macchine su superfici non piane o di resistenza inadatta
- Utilizzare le macchine (anche solo eseguirne la manutenzione o la pulizia) senza fissarla a terra con gli appositi sistemi di seguito indicati
- Modificare in qualsiasi modo i dispositivi di sicurezza
- Modificare altri componenti della macchina senza autorizzazione
- Utilizzare le macchine senza avere letto il presente manuale d'istruzioni o senza gli adatti DPI
- Utilizzare le macchine per operazioni diverse da quelle indicate
- Eseguire operazioni di manutenzione o pulizia senza scollegare l'alimentazione o farle eseguire da personale non qualificato
- Avviare le macchine in ambienti poco illuminati, poco ventilati o umidi se non espressamente indicato nel manuale
- Utilizzare le macchine in ambienti disordinati o con intralci nelle vicinanze
- Spostare la macchina senza scollegare l'alimentazione
- Utilizzare le macchine se si rilevano parti della stessa danneggiate o malfunzionanti
- Salire sulla macchina (se non espressamente consentito dal manuale d'uso)



Verifiche da effettuare come procedure di routine

È obbligatorio verificare visivamente l'integrità delle macchine nel loro complesso e dei collegamenti prima di mettere in funzione le stesse sia prima di ogni turno, che dopo periodi prolungati di stop e/o interventi di manutenzione. In caso venissero rilevate anomalie, interrompere immediatamente le operazioni di messa in funzione e contattare il reparto manutenzione.

L'uso delle macchine citate in questo manuale può avvenire in un luogo con umidità inferiore all'80% e temperature comprese tra i 45°C e gli 0°C, a meno di particolari indicazioni contenute nel manuale di ciascuna macchina.



La pressione di uno dei pulsanti d'emergenza installati a bordo macchina (o sul quadro elettrico) prevede la completa interruzione dell'alimentazione elettrica a valle del pulsante stesso per quella specifica porzione d'impianto. In fase di manutenzione, assicurarsi di interrompere l'approvvigionamento anche delle altre fonti di energia (quali per esempio vapore, acqua, gas, aria, olio, ecc).

Dopo l'azionamento di un dispositivo di emergenza, prima di poter iniziare nuovamente l'uso della macchina, è necessario:

1. eliminare la causa dell'emergenza
2. riarmare il pulsante d'emergenza premuto ed eventualmente riabilitare il controllo remoto
3. azionare nuovamente la macchina

7.1 Particolari indicazioni per la ribaltatrice

Prestare attenzione ad effettuare una corretta taratura delle velocità dei motori idraulici e verificare con frequenza il funzionamento di tutti i sensori e di tutti i fine corsa.

7.2 Particolari indicazioni per il distaffatore

Prestare attenzione a non sovraccaricare il piano del distaffatore e a non inserire pezzi troppo caldi.

8. Manutenzione, ricambi e smaltimento

Vengono riportate di seguito le indicazioni generali per le operazioni di manutenzione, seguite dalla cadenza richiesta per le stesse ed altre informazioni importanti.

Istruzioni operative:	Revisione: 01 Data: 03/02/2013
Manutenzione meccanica	
1. Attività: Manutenzione ordinaria/straordinaria meccanica	
2. Personale autorizzato: Manutentori meccanici interni o ditte esterne autorizzate Le attività di manutenzione devono essere sempre eseguite in due persone	
3. Dispositivi di protezione individuale: Per svolgere le lavorazioni risulta necessario disporre dei seguenti Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) ed indossarli in ragione dei rischi specifici: <ul style="list-style-type: none"> • scarpe di sicurezza • elmetto • mascherina antipolvere FFP2 • occhiali • imbracatura di sicurezza • protezioni auricolari • guanti in cuoio • maschera, guanti, grembiule per saldatura e taglio 	
4. Fasi di apprestamento / segnaletica: <ul style="list-style-type: none"> • Vedasi istruzione operativa Apertura cancelli imp. Automatico • Se necessario agire sul comando manuale del particolare della macchina per poterlo movimentare. (nel caso vi sia un operatore che controlla od interviene sul particolare e l'altro che attiva il comando manuale, la comunicazione verbale deve essere ripetuta dal ricevente. <i>Ex. L'operatore che controlla impartisce il comando di "Avviamento" al collega; il collega prima di avviare chiede la conferma in questo modo: "Posso avviare?". Solo dopo ricevuto conferma dall'operatore che controlla, il collega effettuerà l'avvio.</i> <ul style="list-style-type: none"> • Porre il sezionatore del quadro locale in posizione "0" prima di intervenire nel particolare della macchina • Premere pulsante di emergenza del particolare • Porre il cartello divieto di effettuare manovre per lavori in corso nel quadretto locale di comando • Chiudere le valvole di intercettazione principale dell'aria (dove vi è presenza di pistoni pneumatici, attuatori o propulsori) 	

<ul style="list-style-type: none"> Nell'area di lavoro segnalare l'area con nastro segnaletico Prepararsi nell'intorno dell'area di lavoro lo spazio per l'attività di manutenzione e le attrezzature necessarie. <p>Per eventuali operazioni che richiedono interventi su parti elettriche chiamare il manutentore elettrico</p> <p>5.Fasi di lavoro:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fase di movimentazione materiale da sostituire/riparare superiore a 25kg utilizzare mezzi di sollevamento meccanici eseguendo le operazioni conformemente alla formazione ricevuta In caso di lavori in quota usare la piattaforma ed indossare le imbracature di sicurezza conformante alla formazione ricevuta Nel caso di attività in luoghi chiusi attenersi alla procedura specifica Per illuminare l'area di lavoro utilizzare lampade portatili a 24Volt Assicurarsi nel caso di utilizzo di fiamme libere (ossiacetilenico, saldature, molature) che non vi sia materiale infiammabile, combustibile o gas, nelle zone di lavoro e nelle zone di ricaduta delle scintille. Avere sempre appresso un estintore. Non saldare o utilizzare l'ossiacetilenico in parti che contengono o che abbiano contenuto infiammabili, combustibile o gas. Utilizzare solamente elettroutensili a doppio isolamento Le eventuali prolunghie devono essere dotate di spine/prese integre ed il cavo non deve avere abrasioni o giunture. <p>Ad ultimazione dei lavori eseguiti:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ripristinare le condizioni iniziali del particolare macchina Controllare il funzionamento del particolare macchina con gli appositi comandi manuali <p>(nel caso vi sia un operatore che controlla od interviene sul particolare e l'altro che attiva il comando manuale, la comunicazione verbale deve essere ripetuta dal ricevente. <i>Ex. L'operatore che controlla impartisce il comando di "Avviamento" al collega; il collega prima di avviare chiede la conferma in questo modo: "Posso avviare?". Solo dopo ricevuto conferma dall'operatore che controlla, il collega effettuerà l'avvio.</i></p> <p>6.Conclusione dei lavori:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ripristinare l'area oggetto dell'intervento rimuovendo tutte le attrezzature ed i rifiuti Ripristinare le condizioni iniziali nei quadri elettrici Togliere il cartello lavori in corso e l'eventuale nastro di segnalazione dell'area Nel caso in cui l'impianto deve ripartire avvisare il capo reparto Compilare la scheda intervento <p>7.Segnalazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> devono essere immediatamente segnalati al Responsabile del Servizio Prevenzione e Protezione qualsiasi infortunio lieve, potenziale o carenza dei dispositivi di sicurezza delle macchine.

<p>Istruzioni operativa:</p> <p>Manutenzione elettrica</p>	<p>Revisione: 01 Data: 03/02/2013</p>
<p>1.Attività: Manutenzione ordinaria/straordinaria elettrica</p>	
<p>2.Personale autorizzato: Manutentori elettrici PES o ditte esterne autorizzate</p>	
<p>3.Dispositivi di protezione individuale: Per svolgere le lavorazioni risulta necessario disporre dei seguenti Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) ed indossarli in ragione dei rischi specifici:</p> <ul style="list-style-type: none"> scarpe di sicurezza elmetto mascherina antipolvere FFP2 occhiali imbracatura di sicurezza protezioni auricolari guanti DPI specifici per interventi sotto tensione solo per personale PES autorizzato 	
<p>4.Fasi di apprestamento / segnaletica:</p> <p>In caso di interventi sul quadro principale:</p> <ul style="list-style-type: none"> Prepararsi nell'intorno dell'area di lavoro lo spazio per l'attività di manutenzione e le attrezzature necessarie Porre il cartello divieto di effettuare manovre per lavori in corso sul quadro <p>In caso di interventi sull'impianto:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se necessario agire sul comando manuale del particolare della macchina per poterlo movimentare. <p>(nel caso vi sia un operatore che controlla od interviene sul particolare e l'altro che attiva il comando manuale, la comunicazione verbale deve essere ripetuta dal ricevente. <i>Ex. L'operatore che controlla impartisce il comando di "Avviamento" al collega; il collega prima di avviare chiede la conferma in questo modo: "Posso avviare?". Solo dopo ricevuto conferma dall'operatore che controlla, il collega effettuerà l'avvio.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Porre il sezionatore del quadro locale in posizione "0" prima di intervenire nel particolare della macchina Premere pulsante di emergenza del particolare Porre il cartello divieto di effettuare manovre per lavori in corso nel quadretto locale di comando Chiudere le valvole di intercettazione principale dell'aria (dove vi è presenza di pistoni pneumatici, attuatori o propulsori) Nell'area di lavoro segnalare l'area con nastro segnaletico 	

<ul style="list-style-type: none"> • Prepararsi nell'intorno dell'area di lavoro lo spazio per l'attività di manutenzione e le attrezzature necessarie.
<p>5.Fasi di lavoro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tutte le fasi di intervento elettrico dovranno essere eseguite in conformità alla Norma CEI EN 50110-1 e Norma CEI 11-27. • Fase di movimentazione materiale da sostituire/riparare superiore a 25kg utilizzare mezzi di sollevamento meccanici eseguendo le operazioni conformemente alla formazione ricevuta • In caso di lavori in quota usare la piattaforma ed indossare le imbracature di sicurezza conformante alla formazione ricevuta • Nel caso di attività in luoghi chiusi attenersi alla procedura specifica • Per illuminare l'area di lavoro utilizzare lampade portatili a 24Volt • Utilizzare solamente elettrotensili a doppio isolamento • Le eventuali prolunghe devono essere dotate di spine/prese integre ed il cavo non deve avere abrasioni o giunture. • Prima di effettuare manovre che possano movimentare qualche particolare della macchina, segnalare l'area con nastro e farla vigilare da un collega affinché nessuna persona si avvicini al particolare della macchina interessato <p>Ad ultimazione dei lavori eseguiti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ripristinare le condizioni iniziali del particolare macchina • Controllare il funzionamento del particolare macchina con gli appositi comandi manuali <p>(nel caso vi sia un operatore che controlla od interviene sul particolare e l'altro che attiva il comando manuale, la comunicazione verbale deve essere ripetuta dal ricevente. <i>Ex. L'operatore che controlla impartisce il comando di "Avviamento" al collega; il collega prima di avviare chiede la conferma in questo modo: "Posso avviare?". Solo dopo ricevuto conferma dall'operatore che controlla, il collega effettuerà l'avvio.</i></p>
<p>6.Conclusione dei lavori:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ripristinare l'area oggetto dell'intervento rimuovendo tutte le attrezzature ed i rifiuti • Ripristinare le condizioni iniziali nei quadri elettrici • Togliere il cartello lavori in corso e l'eventuale nastro di segnalazione dell'area • Nel caso in cui l'impianto deve ripartire avvisare il capo reparto • Compilare la scheda intervento
<p>7.Segnalazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> • devono essere immediatamente segnalati al Responsabile del Servizio Prevenzione e Protezione qualsiasi infortunio lieve, potenziale o carenza dei dispositivi di sicurezza delle macchine.

INDICAZIONI GENERALI PER LE PROCEDURE DI MANUTENZIONE

Prima di iniziare qualsiasi lavoro di manutenzione, assicurarsi che:



- I macchinari dell'impianto siano fermi;
- Il pulsante di arresto sia stato premuto;
- L'apparecchiatura elettrica sia disinserita, controllando che:
 - o l'interruttore generale sul quadro di comando sia sulla posizione "0";
 - o la chiave (se presente) deve essere nelle mani di una persona autorizzata (es. capo manutenzione)
 - o nessuno inserisca tensione per tutta la durata dei lavori;
 - o sia apposto un cartello indicante "MACCHINA IN MANUTENZIONE" in posizione visibile;
- Nell'impianto pneumatico sia chiusa l'entrata dell'aria e messo a scarico l'impianto stesso (a monte del circuito pneumatico è sempre prevista una valvola di scarico automatico della pressione che si attiva qualora si preme un pulsante d'emergenza; ciò nonostante è necessario, quando si voglia intervenire sulla macchina, mettere manualmente in scarico il circuito pneumatico ruotando la leva del rubinetto di intercettazione generale dell'aria ed assicurarsi che la pressione scenda a 0 bar);
- L'impianto oleodinamico dovrà essere spento (pompe ferme), accumulatori e circuito oleodinamico scarico in assenza di pressione (manometro a zero); per il carrello filtrante, non rimuovere il coperchio del contenitore del filtro prima di aver tolto tensione e di aver chiuso i rubinetti d'ingresso e d'uscita dell'olio;
- Per dispositivi oleodinamici a comando manuale, prima di ogni manutenzione, accertarsi che il dispositivo sia nella posizione di riposo e che le pompe siano a circuito scarico (manometro a zero);
- Prestare attenzione che, durante la fase di messa a scarico dell'impianto oleodinamico, tutti i dispositivi interessati siano nella posizione di riposo a circuito scarico;

Nessuno deve intervenire sull'impianto elettrico del dispositivo se non il tecnico elettricista, e comunque solo dopo aver tolto la tensione.

La cadenza delle operazioni di manutenzione ordinaria è riportata di seguito (ove non specificata, consultare il manuale d'uso o attenersi alla pratica comune di verifica periodica del funzionamento, della pulizia e dell'assenza di eventuali anomalie):

CADENZA	MACCHINA	OPERAZIONE
Giornaliera	Mescolatore	Pulizia vasca miscelazione e verifica stato di usura delle palette Verifica livello del liquido di pulizia ed assenza di perdite in tutti i circuiti
Settimanale	Accoppiatore	Controllo olio e perdite
Settimanale	Filtro e ventilatore	Verifica assenza perdite ed accumuli di polvere Verifica stato maniche e riempimento big-bag Verifica assenza rumori e vibrazioni
Settimanale	Distaffatore	Pulizia griglia, ingrassaggio cuscinetti e controllo tensione cinghie

Mensile	Mescolatore	Ingrassaggio di tutte le guarnizioni Sostituzione olio variatore/motoriduttore e controllo assenza di perdite Verifica filtri dei componenti liquidi
Mensile	Cantiere di formatura	Ingrassaggio nastri Verifica assenza di dislivelli tra i piani dei rulli/nastri Pulizia generale delle macchine e controllo assenza perdite Controllo tensione e centraggio nastri Verifica funzionamento interruttori di prossimità
Mensile	Verniciatura	Pulizia generale e controllo assenza di perdite Verifica livello, pressione e stato olio
Mensile	Ribaltatrice	Ingrassaggio nastri e controllo tensione Controllo assenza perdite, usura dei componenti, stato dei filtri e pulizia delle guide
Mensile	Trasporto pneumatico	Verifica funzionamento valvole, sonde e stato guarnizioni Controllo usura componenti
Mensile	Accoppiatore	Pulizia guide e verifica stato di usura delle rotaie Verifica corretta chiusura delle motte, in caso contrario regolare il dispositivo di centraggio
Mensile	Filtro e ventilatore	Pulizia parti delle macchine Controllo guarnizioni e verifica funzionamento circuito di pulizia
Mensile	Distaffatore	Verifica stato portelli, griglia ed altri componenti della macchina
Semestrale	Mescolatore	Ingrassaggio pompe
Semestrale	Ribaltatrice	Pulizia scambiatore di calore
Semestrale	Accoppiatore	Controllo del gioco tra cremagliere e pignoni, verifica funzionalità cuscinetti e serraggio bulloni
Semestrale	Distaffatore	Sostituzione cinghie e guarnizioni ove necessario
Annuale	Verniciatura	Sostituire l'olio del circuito oleodinamico
Annuale	Ribaltatrice	Sostituzione olio del circuito idraulico
Annuale	Ventilatore	Ingrassaggio cuscinetti e sostituzione cinghie Verifica usura giunti antivibranti

 <p>Chiavi di avviamento o chiavi per selettori</p> <p>Durante le operazioni di manutenzione, le chiavi per i pulsanti di avviamento della macchina, per eventuali selettori di stato o per l'apertura dei pannelli elettrici/protezioni meccaniche devono essere tenute dal solo responsabile della manutenzione per evitare eventuali incomprensioni e/o avvii inattesi.</p>
 <p>Lavori di saldatura o lavori con generazione di scintille nella granigliatrice</p> <p>Durante le operazioni di manutenzione come saldature o altre lavorazioni che producono scintille all'interno della granigliatrice, disattivare e chiudere il filtro depolveratore in quanto esiste un concreto rischio d'incendio di eventuali sedimenti di polvere.</p>

Per quanto riguarda lo smontaggio dei vari componenti delle macchine per effettuare le operazioni di manutenzione e per la risoluzione dei problemi rilevati durante il funzionamento, attenersi alle indicazioni contenute nei manuali d'istruzioni di ciascuna macchina.

Vanno utilizzati solo ricambi espressamente progettati per la stessa funzione del componente originale e ciascuna operazione di sostituzione va autorizzata dal RSPP. La lista dei ricambi per ciascuna macchina è contenuta nei manuali d'istruzioni di ciascuna macchina.

In caso fosse necessario stoccare temporaneamente le macchine, è necessario proteggerle dagli agenti atmosferici e tenerle protette dalla polvere in un luogo con umidità inferiore all'80% e temperature comprese tra i 50°C ed i -10°C.

I componenti sostituiti o la macchina nella sua integrità, vanno eventualmente conferiti come rifiuto nelle modalità previste dalla politica aziendale o, se non diversamente specificato, come di seguito riportato:

- smontare la componentistica elettrica e smaltirla come indicato dalla normativa vigente (si sconsiglia di riutilizzare la componentistica come ricambio per altre macchine)
- rottamare le restanti strutture in ferro e conferirle negli appositi centri di raccolta
- smontare e separare altre parti non ferrose della macchina e conferirle come previsto dalla vigente normativa
- olii e grassi vanno smaltiti seguendo la procedura aziendale prevista.

9. Normative di riferimento (rif. Pubblicazione UE 2017/C 183/02)**Normative di riferimento di base per le dichiarazioni CE:**

- Direttiva Macchine 2006/42/EC
- Direttiva sulla compatibilità elettromagnetica 2014/30/UE
- Direttiva sulla bassa tensione 2014/35/UE

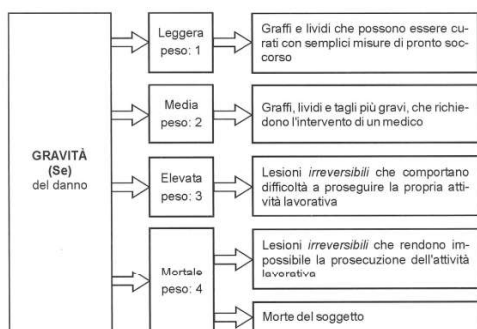
Tipo di norma	Norma	Descrizione
-	Direttiva 2006/42/CE	Direttiva Macchine
A	UNI EN ISO 12100:2010	Sicurezza del macchinario - Principi generali di progettazione - Valutazione del rischio e riduzione del rischio
B	EN 349:1993+A1:2008	Sicurezza del macchinario — Spazi minimi per evitare lo schiacciamento di parti del corpo
B	EN 547:1996+A1:2008	Sicurezza del macchinario — Misure del corpo umano —
B	EN 614:2006+A1:2009	Sicurezza del macchinario — Principi ergonomici di progettazione —
B	EN 842:1996+A1:2008	Sicurezza del macchinario — Segnali visivi di pericolo — Requisiti generali, progettazione e prove
B	EN 894:1997+A1:2008	Sicurezza del macchinario — Requisiti ergonomici per la progettazione di dispositivi di informazione e di comando —
B	EN 981:1996+A1:2008	Sicurezza del macchinario — Sistemi di segnali di pericolo e di informazione uditivi e visivi
B	EN 1005:2001+A1:2008	Sicurezza del macchinario — Prestazione fisica umana
B	EN 1037:1995+A1:2008	Sicurezza del macchinario — Prevenzione dell'avviamento inatteso
B	EN 1127:2011	Atmosfere esplosive — Prevenzione dell'esplosione e protezione contro l'esplosione —
B	EN 1299:1997+A1:2008	Vibrazioni meccaniche e urti — Isolamento vibrazionale dei macchinari — Informazioni per la messa in opera dell'isolamento della fonte
B	EN 1299:1997+A1:2008	Vibrazioni meccaniche e urti — Isolamento vibrazionale dei macchinari — Informazioni per la messa in opera dell'isolamento della fonte
B	EN ISO 3744:2010	Acustica — Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora — Metodo tecnico progettuale in un campo essenzialmente libero su un piano riflettente (ISO 3744:2010)

B	EN ISO 3746:2010	Acustica — Determinazione dei livelli di potenza sonora e dei livelli di energia sonora delle sorgenti di rumore mediante misurazione della pressione sonora — Metodo di controllo con una superficie avvolgente su un piano riflettente (ISO 3746:2010)
B	EN ISO 4413:2010	Oleoidraulica — Regole generali e requisiti di sicurezza per i sistemi e i loro componenti. (ISO 4413:2010)
B	EN ISO 4414:2010	Pneumatica — Regole generali e requisiti di sicurezza per i sistemi e i loro componenti. (ISO 4414:2010)
B	EN ISO 4871:2009	Acustica — Dichiarazione e verifica dei valori di emissione sonora delle macchine e delle apparecchiature (ISO 4871:1996)
B	EN ISO 7731:2008	Ergonomia — Segnali di pericolo per luoghi pubblici e aree di lavoro — Segnali acustici di pericolo (ISO 7731:2003)
B	EN ISO 11200:2014	Acustica — Rumore emesso dalle macchine e dalle apparecchiature — Linee guida per l'uso delle norme di base per la determinazione dei livelli di pressione sonora al posto di lavoro e in altre specifiche posizioni (ISO 11200:2014)
B	EN ISO 13849:2015	Sicurezza del macchinario — Parti dei sistemi di comando legate alla sicurezza —
B	EN ISO 13850:2015	Sicurezza del macchinario — Funzione di arresto di emergenza —
B	EN ISO 13855:2010	Sicurezza del macchinario — Posizionamento dei mezzi di protezione in funzione delle velocità di avvicinamento di parti del corpo umano (ISO 13855:2010)
B	EN ISO 13856:2013	Sicurezza del macchinario — Dispositivi di protezione sensibili alla pressione —
B	EN ISO 13857:2008	Sicurezza del macchinario — Distanze di sicurezza per impedire il raggiungimento di zone pericolose con gli arti superiori e inferiori (ISO 13857:2008)
B	EN ISO 14119:2013	Sicurezza del macchinario — Dispositivi di interblocco associati ai ripari — Principi di progettazione e di scelta (ISO 14119:2013)
B	EN ISO 14120:2015	Sicurezza del macchinario — Ripari — Requisiti generali per la progettazione e costruzione di ripari fissi e mobili (ISO 14120:2015)
B	EN ISO 14122:2016	Sicurezza del macchinario — Mezzi di accesso permanenti al macchinario —
B	EN ISO 14123-2:2015	Sicurezza del macchinario — Riduzione dei rischi per la salute derivanti da sostanze pericolose emesse dalle macchine —
B	EN ISO 19353:2016	Sicurezza del macchinario — Prevenzione e protezione contro l'incendio (ISO 19353:2015)

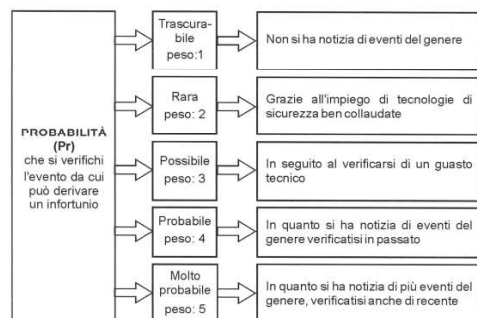
B	EN 62061:2005	Sicurezza del macchinario — Sicurezza funzionale dei sistemi di comando e controllo elettrici, elettronici ed elettronici programmabili correlati alla sicurezza (IEC 62061:2005)
B	EN 61310:2008	Sicurezza del macchinario — Indicazione, marcatura e manovra —
B	EN 60204:2006	Sicurezza del macchinario — Equipaggiamento elettrico delle macchine —
C	EN 12882:2015	Nastri trasportatori per uso generale — Requisiti di sicurezza elettrica e protezione contro l’infiammabilità
C	EN 15061:2007+A1:2008	Sicurezza del macchinario — Requisiti di sicurezza dei macchinari e degli equipaggiamenti delle linee di processo nastri
C	EN 710:1997+A1:2010	Requisiti di sicurezza per gli impianti e le macchine per fonderia, per gli impianti per la preparazione delle forme e delle anime e per gli impianti ad essi associati
C	EN 676:2003+A2:2008	Brucciatori automatici di combustibili gassosi ad aria soffiata
C	EN 620:2002+A1:2010	Apparecchiature e sistemi di movimentazione continua — Requisiti di sicurezza e compatibilità elettromagnetica per trasportatori a nastro fissi per materiale sfuso
C	EN ISO 10218:2011	Robot e attrezzature per robot — Requisiti di sicurezza per robot industriali
C	EN 1247:2004+A1:2010	Macchine per fonderia — Requisiti di sicurezza per siviere, materiali di colata, macchine per colata centrifuga, macchine per colata continua o semicontinua
C	EN 1265:1999+A1:2008	Sicurezza del macchinario — Procedura di prova del rumore per le macchine e gli equipaggiamenti di fonderia
-	2014/68/UE	Direttiva apparecchi a pressione
-	2009/142/EC	Direttiva apparecchi a gas

10. Identificazione dei pericoli ed analisi dei rischi

In questa valutazione dei rischi è stato utilizzato uno dei metodi ibridi previsti dalla normativa, che consente una valutazione più oggettiva dei livelli di rischio sulla base di parametri come la gravità del danno (Se), la frequenza di esposizione al pericolo (Fr), la probabilità che si verifichi l’evento che porta al danno (Pr) e l’evitabilità del danno (Av). Calcolando la somma tra Fr, Pr ed Av, essa viene definita “classe” (Cl) e serve a determinare la gravità del rischio tramite appunto una matrice di ponderazione del rischio. I parametri vengono riportati di seguito:



Classificazione dei livelli (Fr) di frequenza e durata dell'esposizione alla fonte di pericolo			
Peso da assegnare alla frequenza (Fr)		Frequenza media di esposizione alla fonte di pericolo	
Durata <10 min	Durata ≥ 10 min	min	max
5	5	–	1 h
4	5	> 1 h	1 giorno
3	4	> 1 giorno	2 settimane
2	3	> 2 settimane	1 anno
1	2	> 1 anno	–





PONDERAZIONE DEL RISCHIO

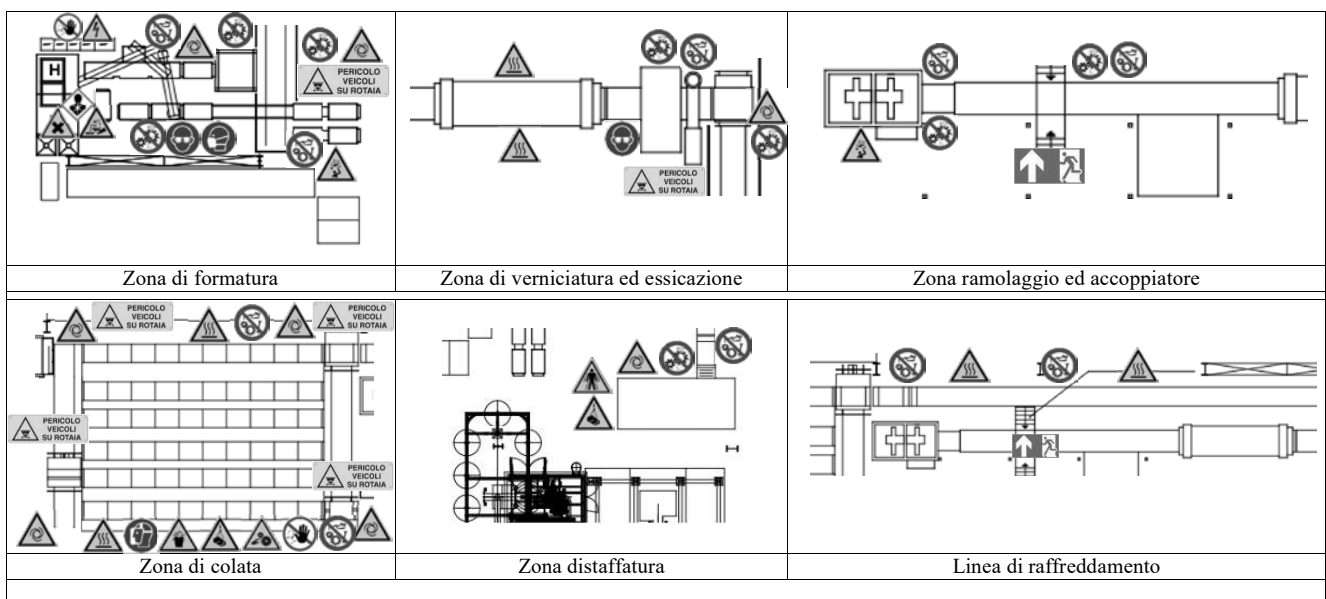
Gravità Se	Classe di probabilità CI = Fr + Pr + Av				
	3 ÷ 4	5 ÷ 7	8 ÷ 10	11 ÷ 13	14 ÷ 15
4					
3					
2					
1					

Necessarie misure tecnologiche di riduzione del rischio
 Raccomandabile un'ulteriore riduzione del rischio
 Rischio adeguatamente ridotto












Viene di seguito allegata la scheda di identificazione dei pericoli e di valutazione del rischio (redatta in base alla norma UNI EN ISO 12100:2010), per le macchine sprovviste di marcatura CE.







11. Segnaletica di sicurezza





Vengono di seguito riportate le simbologie di sicurezza da applicare sulle macchine appartenenti all'impianto in analisi durante l'intervento di messa a norma:



Riassunto del significato dei simboli applicati sulle macchine (rif. norma UNI EN ISO 7010:2017):

PERICOLO				
SIMBOLO	SPIEGAZIONE		SIMBOLO	SPIEGAZIONE
	oppure			PERICOLO Apparecchiatura in tensione, non agire sul quadro elettrico
	PERICOLO Schiacciamento arti superiori o inferiori			PERICOLO Possibile presenza di atmosfera esplosiva
	PERICOLO Macchina ad avviamento automatico			PERICOLO Rumore superiore agli 85 dB
	PERICOLO Ostacolo in alto			PERICOLO Superficie scivolosa
	PERICOLO Ostacolo in basso, pericolo d'inciampo			PERICOLO Braccio robotico in movimento

	PERICOLO Caduta di oggetti dall'alto		PERICOLO Vibrazioni trasmissibili al corpo umano
	PERICOLO Superficie molto calda		PERICOLO Spruzzi di liquidi incandescenti
	PERICOLO Carichi sospesi		PERICOLO Transito carrelli elevatori e carri automatici

OBBLIGO				
SIMBOLO	SPIEGAZIONE		SIMBOLO	SPIEGAZIONE
	OBBLIGO Usare cuffia o tappi antirumore			OBBLIGO Usare occhiali protettivi
	OBBLIGO Usare elmetto protettivo			OBBLIGO Usare mascherina antipolvere

	OBBLIGO Usare guanti protettivi		OBBLIGO Usare tute protettive per la polvere
	OBBLIGO Usare calzature di sicurezza		OBBLIGO Togliere tensione alla macchina prima di effettuare manutenzioni
	OBBLIGO Verificare l'efficienza dei dispositivi di sicurezza		OBBLIGO Usare il corrimano per scendere e salire
	OBBLIGO Leggere il manuale d'istruzioni prima dell'uso		OBBLIGO Usare la visiera riflettente

DIVIETO			
SIMBOLO	SPIEGAZIONE	SIMBOLO	SPIEGAZIONE
	DIVIETO Vietato l'accesso e l'uso alle persone non autorizzate		DIVIETO Non utilizzare acqua per spegnere eventuali incendi

	DIVIETO Non lubrificare gli organi di movimento durante il moto		DIVIETO Non modificare/asportare i dispositivi di sicurezza
	DIVIETO Vietato il transito delle persone nei pressi della macchina	+	DIVIETO Divieto di avvicinamento ai portatori di dispositivi elettromedicali (pericolo campo elettromagnetico)

Tabelle riassuntive per rischi d'area:

TABELLA	UBICAZIONE	TABELLA	UBICAZIONE
	Accesso all'impianto; dotazione minima per l'uso e per gli interventi di manutenzione in tutto l'impianto e pericoli dovuti alla polverosità ed agli ostacoli presenti nell'area		Per la zona di colata
	Tutte le macchine dell'impianto devono riportare ALMENO questi simboli + Per tutte le macchine vibranti + Per tutti i nastri, le rulliere e le macchine rotanti		Tutti i quadri elettrici dell'impianto devono riportare ALMENO questi simboli
	Per la zona di formatura in cui si utilizzano resine e induritori pericolosi per la salute	VIETATO FUMARE E USARE FIAMME LIBERE	Indicazione valida in tutto l'impianto
	Per le zone in cui si usano carriponte o gru a bandiera per movimentare materiale		Tabella specifica applicata nelle zone di transito dei carri trasferitori automatici

12. Dichiarazioni CE e tabella documenti disponibili

<u>Descrizione macchina</u>	<u>Anno</u>	<u>Marcatura CE</u>	<u>Altra documentazione</u>
Cantiere di formatura	1992	NO	VDR ALLEGATA
Mescolatore	1992	NO	VDR ALLEGATA
Ribaltatrice	1992	NO	VDR ALLEGATA
Verniciatura	1992	NO	VDR ALLEGATA
Tunnel di essiccazione	1992	NO	VDR ALLEGATA
Accoppiatore	1992	NO	VDR ALLEGATA
Trasporto pneumatico sabbie	1992	NO	VDR ALLEGATA
Zona di colata	1992	NO	VDR ALLEGATA
Distaffatore	1992	NO	VDR ALLEGATA
Altri componenti	1992	NO	VDR ALLEGATA
Impianto di aspirazione con filtro	2001	X	

13. Allegati

<u>CODICE</u>	<u>DESCRIZIONE</u>	<u>DATA AGGIORNAMENTO</u>
VSPEC1	Valutazione rischio specifico esposizione a campi elettromagnetici	22/11/2016
VSPEC2	Valutazione rischio specifico esposizione a radiazioni ottiche artificiali	24/02/2017
VSPEC3	Valutazione rischio specifico movimentazione manuale dei carichi	27/06/2017
VSPEC4	Valutazione microclima	07/2017
VSPEC5	Valutazione rischio incendio	01/09/2016
VSPEC6	Valutazione rischio esplosione	24/06/2015
VSPEC7	Valutazione rischio rumore	08/05/2014
VSPEC8	Valutazione rischio vibrazioni	08/05/2014
SCHSIC1	Scheda di sicurezza bentonite extrasodica	27/10/2015
SCHSIC2	Scheda di sicurezza premix BLACKCARB 70/30	20/10/2015
SCHSICx	Altre schede di sicurezza contenute nella cartella degli allegati	-
TEST1	Test atmosfera esplosiva premix BLACKCARB 70/30	24/09/2015
DIS MECC	Disegni meccanici di componenti o parti della macchina e/o insieme costruttivo della macchina	-
DIS EL	Schema elettrico della macchina, dei quadri o schema dei collegamenti	-
DIS ASP	Schema dell'impianto di aspirazione (se presente)	-
DIS OL	Schema dell'impianto oleodinamico delle macchine o dell'impianto (se presente)	-
DIS PNEU	Schema dell'impianto pneumatico delle macchine o dell'impianto (se presente)	-
DIS IDR	Schema idraulico dell'impianto o delle macchine (se presente)	-
LAYOUT	Layout dell'impianto e posizionamento delle macchine nel complesso produttivo	-
DICH CE	Dichiarazione di conformità CE (o equivalente)	-
MAN	Manuale d'uso e manutenzione della macchina o dell'insieme di macchine	-
SCHEDA	Ove non sia presente il manuale, è sempre presente almeno la scheda con le caratteristiche della macchina installata	-
DICH CONFORMITA'	Dichiarazione di conformità dell'impianto elettrico alle norme specifiche	-
VALRISCH	Valutazione del rischio dell'impianto	-

Rifiuti e scarti di lavorazione	A	U	NA	C
Scarti di lavorazione, rifiuti e materiale da scartare vengono rimossi tempestivamente dall'area onde evitare rischi aggiuntivi per gli altri operatori				X
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Archivio dei report	A	U	NA	C
Viene mantenuto aggiornato e completo un archivio di report di incidenti, mancati incidenti, ispezioni, segnalazioni, simulazioni d'emergenza, ecc.		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Formazione dei lavoratori	A	U	NA	C
Tutti i nuovi assunti ed i lavoratori che cambiano mansione vengono formati sull'uso delle apparecchiature il cui uso è previsto dalla propria mansione (con aggiornamenti)		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Condizioni della struttura	A	U	NA	C
La struttura in cui è contenuto l'impianto è in buono stato di conservazione e non si sono verificati recentemente crolli, cedimenti e rotture della struttura o di componenti ospitati		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Stoccaggio sulle scaffalature	A	U	NA	C
Non esiste pericolo di ribaltamento, caduta di oggetti e materiali dalle scaffalature. Gli scaffali sono in buone condizioni e riportano i dati di targa quali portata per piano e totale		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Esposizione agli agenti atmosferici	A	U	NA	C
L'impianto è al riparo dagli agenti atmosferici e dal freddo (o comunque le postazioni di lavoro sono protette da tali azioni)		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Impianti di captazione delle polveri	A	U	NA	C
L'impianto è fornito di aspirazione nei punti in cui c'è generazione di polveri e tale apparecchiatura è sottoposta a controlli e manutenzione periodici		X		
<i>Commento:</i> Non è presente un impianto d'aspirazione in tutte le zone in cui c'è generazione di polveri.	EXTRA			
Condizioni della pavimentazione	A	U	NA	C
Il pavimento è privo di sostanze quali olii, ecc. che potrebbero comportare rischi per chi transita e lavora nella zona dell'impianto (include disponibilità di eventuali assorbitori)				X
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Manualistica	A	U	NA	C
Vengono conservati disegni, schemi, particolari, manuali e schede di tutte le macchine e le attrezzature dell'impianto (regolarmente aggiornati in caso di modifiche)				X
<i>Commento:</i>	EXTRA			
D. SOMMA DEI PUNTEGGI	7	7	1	3
	EXTRA 0			

2) Rischi dovuti ai sistemi di comando	A	U	NA	C
Sicurezza ed affidabilità dei sistemi di comando				X
Devono essere garantiti almeno la prevenzione dell'avvio inatteso e l'impossibilità di procedere nella lavorazione nel caso in cui venga premuto un pulsante di sicurezza	EXTRA			
<i>Commento:</i>				
Sistemi di controllo e comando	A	U	NA	C
Sistemi di controllo e comando intuitivi, disposti con logica nelle postazioni adeguate e dotati di indicazioni che limitino le possibilità d'errore umano		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Avviamento	A	U	NA	C
Sistemi di avviamento devono consentire un avvio sicuro sia in modo locale che eventualmente gestito da remoto (anche dopo stop d'emergenza)		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Fermata ordinaria	A	U	NA	C
Sistemi di comando devono prevedere la possibilità di fermare la macchina senza dover premere un pulsante d'emergenza per poterla riavviare senza resettare le sicurezze		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Fermata d'emergenza del singolo componente	A	U	NA	C
La pressione di un pulsante d'emergenza o l'azionamento di un altro sistema di sicurezza prevede l'immediato stop della macchina e l'interruzione dell'alimentazione della stessa		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Fermata d'emergenza dell'intero impianto	A	U	NA	C
La pressione di un pulsante d'emergenza o l'azionamento di un altro sistema di sicurezza prevede l'immediato stop dell'impianto a valle ed a monte dello stesso		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Selezione del modo di comando	A	U	NA	C
E' possibile scegliere il modo di comando più adatto all'operazione in corso e tale scelta può essere eseguita grazie ad indicazioni precise ed a prova d'errore		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Interruzione dell'alimentazione elettrica	A	U	NA	C
In caso di mancanza improvvisa dell'alimentazione elettrica, la macchina deve comunque essere in grado di garantire la sicurezza dell'operatore		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
2) SOMMA DEI PUNTEGGI	4	4	0	0
	EXTRA 0			

3) Rischi di natura meccanica			
Perdita di stabilità	A	U	NA C
L'impianto è stabilmente fissato a terra ed ogni perdita di stabilità e/o ribaltamento sono impediti	X		
<i>Commento:</i>	EXTRA		
Rottura durante il funzionamento	A	U	NA C
L'impianto è costruito con componenti resistenti ed adatti agli sforzi a cui è sottoposto, per evitare che una rottura durante il funzionamento possa comportare pericoli gravi	X		
<i>Commento:</i>	EXTRA		
Espulsione di pezzi e/o caduta di oggetti	A	U	NA C
L'impianto è progettato in modo da non mettere in pericolo gli operatori a causa di eventuali oggetti che possono sganciarsi dalla loro sede e cadere o venire proiettati	X		
<i>Commento:</i>	EXTRA		
Superfici, angoli e spigoli	A	U	NA C
L'impianto è costruito in modo da evitare rischi agli operatori dovuti da spigoli taglienti, angoli appuntiti e superfici d'ostacolo alle normali operazioni	X		
<i>Commento:</i>	EXTRA		
Operazioni manuali tra le macchine dell'impianto	A	U	NA C
Le operazioni eseguite direttamente dall'operatore sono facilitate da sistemi di sollevamento, carrelli, ecc. in modo da rendere la manovra meno difficoltosa	X		
<i>Commento:</i>	EXTRA X		
Variazioni della modalità d'uso	A	U	NA C
La variazione del modo d'uso dell'impianto (incluso il riavvio dopo la manutenzione) deve poter essere eseguita in maniera sicura e in modo da non comportare rischi aggiuntivi	X		
<i>Commento:</i>	EXTRA		
Parti mobili per la lavorazione	A	U	NA C
Le parti mobili delle macchine che compongono l'impianto sono protette da ripari fissi, mobili, interbloccati o di altro tipo, tali da impedire l'accesso alla zona pericolosa	X		
<i>Commento:</i>	EXTRA		
Parti mobili per la trasmissione del moto	A	U	NA C
Le parti mobili delle macchine che compongono l'impianto sono protette da ripari fissi, mobili, interbloccati o di altro tipo, tali da impedire l'accesso alla zona pericolosa	X		
<i>Commento:</i>	EXTRA		
Caratteristiche dei ripari	A	U	NA C
I ripari devono essere difficilmente removibili, robusti, installati alla distanza corretta, ben dimensionati e non d'intralcio alla lavorazione	X		
<i>Commento:</i>	EXTRA		

Investimento, spinta, impigliamento e urto (collegamenti tra le macchine)	A	U	NA	C
Le macchine che compongono l'impianto devono prevenire l'investimento, l'urto, l'impigliamento e la spinta dell'operatore durante il loro funzionamento	X			
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Taglio, cesoiamento, puntura (collegamenti tra le macchine)	A	U	NA	C
Le macchine che compongono l'impianto devono prevenire il rischio di taglio, di cesoiamento e di puntura dell'operatore durante il loro funzionamento	X			
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Scivolamento, inciampo e caduta (collegamenti tra le macchine)	A	U	NA	C
Le macchine che compongono l'impianto devono prevenire il rischio di scivolamento, inciampo e caduta dell'operatore durante il loro funzionamento	X			
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Mobilità delle macchine	A	U	NA	C
Le macchine mobili interfacciate nell'impianto devono impedire che l'operatore possa essere messo in posizione di pericolo	X			
<i>Commento:</i>	EXTRA			
3) SOMMA DEI PUNTEGGI	6	7	0	0
	EXTRA 1			

4) Rischi di natura fisica		A	U	NA	C
Temperature estreme					
L'impianto è posizionato in modo da non essere sottoposto a temperature estreme o comunque è protetto e progettato appositamente					
X					
EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Incendio					
L'impianto è progettato per evitare surriscaldamenti e incendio delle sostanze usate nell'impianto o nelle vicinanze. Nell'impianto è vietato fumare ed usare fiamme libere.					
X					
EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Esplosione					
L'impianto è progettato per evitare la generazione di esplosioni dovute a gas, polveri, ecc.					
X					
EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Rumore					
L'impianto nel suo complesso è realizzato in modo da non sottoporre l'operatore a livelli di rumore fuori norma o comunque sono state messe in atto misure protettive					
X					
EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Vibrazioni					
L'impianto nel suo complesso è realizzato in modo da non sottoporre l'operatore a livelli di vibrazioni fuori norma o comunque sono state messe in atto misure protettive					
X					
EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Radiazioni interne od esterne (incluse radiazioni laser)					
L'impianto nel suo complesso è realizzato in modo da non sottoporre l'operatore a livelli di radiazioni fuori norma o comunque sono state messe in atto misure protettive					
X					
EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Fumi e polveri					
L'impianto nel suo complesso è realizzato in modo da non esporre l'operatore a fumi e polveri dannose per la salute (incluso rischio ATEX)					
X					
EXTRA					
<i>Commento:</i> Rischio contenuto mediante l'obbligo d'uso dei DPI.					
4) SOMMA DEI PUNTEGGI					
6					
0					
1					
0					
EXTRA					
0					

5) Rischi di natura chimica		A	U	NA	C
Esposizione a sostanze chimiche					
L'impianto è progettato in modo da non esporre l'operatore a livelli dannosi per la salute di sostanze chimiche					
X					
EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Stoccaggio					
Lo stoccaggio delle sostanze chimiche e combustibili avviene in zona sicura appositamente predisposta					
X					
EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Schede di sicurezza e formazione					
Gli operatori vengono formati sull'uso delle sostanze chimiche che dovranno utilizzare e hanno libero accesso alle schede di sicurezza delle stesse					
X					
EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Sistemi di aspirazione e docce oculari d'emergenza					
Nelle zone in cui vengono usate sostanze chimiche è previsto un impianto di aspirazione ed una o più docce d'emergenza					
X					
EXTRA					
<i>Commento:</i> Non è disponibile l'impianto di aspirazione.					
5) SOMMA DEI PUNTEGGI					
3					
1					
0					
0					
EXTRA					
0					

6) Accesso alle macchine		A	U	NA	C
Sistemi di accesso alle macchine					
L'impianto è provvisto di piattaforme fisse, scale e punti d'aggancio per l'accesso alle macchine installate in quota (se possibile, costruiti in materiale antiscivolo)		X			
<i>Commento:</i>		EXTRA			
Segnaletica interna della zona d'installazione		A	U	NA	C
La zona in cui si trova l'impianto è dotata di segnaletica orizzontale/verticale per regolare il transito di mezzi e pedoni (il transito va protetto adeguatamente nelle zone pericolose)				X	
<i>Commento:</i>		EXTRA			
Spazi confinati		A	U	NA	C
Se presenti, sono adeguatamente ventilati e sorvegliati durante la manutenzione (eventualmente, gli operatori devono essere dotati di sistemi di monitoraggio continuo)			X		
<i>Commento:</i>		EXTRA			
6) SOMMA DEI PUNTEGGI		1	1	1	0
		EXTRA 0			

7) Procedure di manutenzione		A	U	NA	C
Isolamento dalle fonti d'energia					
L'impianto è progettato in modo da poter isolare ogni singola fonte d'energia che lo alimenta per poterla poi ricollegare dopo le operazioni di pulizia, manutenzione, ecc.		X			
<i>Commento:</i>		EXTRA			
Procedure autorizzative e LockOut/TagOut		A	U	NA	C
Dopo le operazioni di manutenzione, il riavvio dell'impianto è autorizzato solo dal capo della manutenzione o vengono applicate procedure LockOut/TagOut			X		
<i>Commento:</i>		EXTRA			
Errore nel montaggio e nella manutenzione		A	U	NA	C
Ogni componente dell'impianto è codificato, riducendo quindi la possibilità d'errore durante la manutenzione e nel montaggio			X		
<i>Commento:</i>		EXTRA			
Intervento dell'operatore		A	U	NA	C
L'intervento dell'operatore è ridotto al minimo per quanto riguarda frequenti blocchi delle macchine dovute al processo produttivo gravoso			X		
<i>Commento:</i>		EXTRA			
Interventi di manutenzione		A	U	NA	C
La manutenzione è programmata e lo scadenziario delle operazioni di verifica e sostituzione dei componenti segue le indicazioni originali del produttore			X		
<i>Commento:</i>		EXTRA			
Pulizia delle parti interne		A	U	NA	C
L'impianto è stato progettato in modo da garantire l'accesso per le operazioni di pulizia alle zone che richiedono la richiedono frequentemente			X		
<i>Commento:</i>		EXTRA			
Mantenimento della piena funzionalità		A	U	NA	C
L'impianto viene verificato e pulito periodicamente per assicurarne la piena funzionalità			X		
<i>Commento:</i>		EXTRA			
Scarico dei circuiti pneumatici ed oleodinamici		A	U	NA	C
In caso di manutenzione, è previsto l'isolamento dal circuito di alimentazione dell'aria compressa e dell'olio, seguito dalla messa a scarico manuale o automatica dell'impianto		X			
<i>Commento:</i>		EXTRA			
7) SOMMA DEI PUNTEGGI		3	5	0	0
		EXTRA 0			

8) Dispositivi di Protezione Individuale

Uso dei DPI

L'impianto può essere condotto solo da operatori che indossano i DPI previsti dalla mansione che svolgono (formazione ed informazione)

Commento:

Disponibilità e conservazione dei DPI

Gli operatori possono accedere liberamente ai distributori di DPI e vengono formati sul corretto uso e conservazione degli stessi

Commento:

Vestitario per gli operatori

Gli operatori sono dotati di capi d'abbigliamento protettivi adeguati alla mansione che svolgono

Commento:

8) SOMMA DEI PUNTEGGI

3	0	0	0
EXTRA 0			

9) Rischi di natura elettrica

Messa a terra

L'impianto è totalmente collegato a terra per evitare che alcune superfici possano entrare in tensione in caso di guasto

Commento:

Rispetto indicazioni del produttore

L'impianto elettrico rispetta le indicazioni di cablaggio fornite dai singoli produttori; ove assenti, usare il buon senso e/o la regola dell'arte (inclusi adattatori, multiprese, ecc.)

Commento:

Cavi volanti, scoperti, abbandonati, ecc.

Sono assenti nell'impianto e nelle sue vicinanze, cavi volanti, scoperti o inutilizzati

Commento:

Manutenzione elettrica

Durante le operazioni di manutenzione sulla parte elettrica, l'alimentazione generale dell'impianto o di sue porzioni viene chiusa e l'accesso al quadro viene bloccato

Commento:

9) SOMMA DEI PUNTEGGI

4	0	0	0
EXTRA 0			

10) Rischi derivanti dall'uso di attrezzature e mezzi

Condizioni delle attrezzature e dei mezzi	A	U	NA	C
Le attrezzature manuali (o elettriche, pneumatiche, oleodinamiche) ed i mezzi (sollevatori, argani, carroponti, carrelli) usati nell'impianto sono in buone condizioni		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Verifica e segnalazione di anomalie e malfunzionamenti	A	U	NA	C
Ad ogni segnalazione da parte degli operatori, il reparto manutenzione esegue i controlli necessari a garantire la sicurezza e la funzionalità nell'uso dell'attrezzatura	X			
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Manuali d'uso e rispetto delle indicazioni	A	U	NA	C
L'utilizzo di qualsiasi attrezzatura prevede l'obbligo di lettura del suo manuale d'uso, oltre che il rispetto delle indicazioni del produttore nella loro completezza	X			
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Uso riservato al personale addestrato	A	U	NA	C
L'utilizzo di attrezzature di sollevamento e/o mezzi di trasporto è consentito solo al personale qualificato	X			
<i>Commento:</i>	EXTRA			

10) SOMMA DEI PUNTEGGI	4	0	0	0
	EXTRA 0			

11) Situazioni d'emergenza

Piano d'emergenza e istruzioni per la gestione delle emergenze	A	U	NA	C
Tutti gli operatori conoscono le procedure per la gestione delle emergenze riguardanti l'impianto e le istruzioni generali per il piano d'emergenza aziendale		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Attrezzature per il primo soccorso	A	U	NA	C
Sono disponibili nelle vicinanze dell'impianto le attrezzature di base per fronteggiare un'emergenza medica (kit di primo soccorso, attrezzature speciali eventuali, ecc.)	X			
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Attrezzature antincendio	A	U	NA	C
Sono disponibili nelle vicinanze dell'impianto le attrezzature per la lotta agli incendi ed esse sono regolarmente manutentate e verificate (estintori, impianti automatici, ecc.)	X			
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Segnaletica d'emergenza	A	U	NA	C
Tutte le attrezzature d'emergenza sono posizionate in zone visibili e raggiungibili senza esporre l'operatore al pericolo, oltre che ben indicate dalla segnaletica	X			
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Impianto di rivelazione automatica dell'incendio	A	U	NA	C
L'impianto è servito dall'impianto di rivelazione automatica dell'incendio		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Formazione degli operatori	A	U	NA	C
Un numero adeguato di operatori è formato per gestire le emergenze mediche e di lotta all'incendio (e segue gli obblighi aggiornamenti periodici)	X			
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Comunicazioni con il servizio d'emergenza	A	U	NA	C
Il personale è dotato di telefoni cordless o fissi collegati sulla linea interna ed esterna per la comunicazione con gli uffici preposti alla gestione delle emergenze	X			
<i>Commento:</i>	EXTRA			

11) SOMMA DEI PUNTEGGI	5	2	0	0
	EXTRA 0			

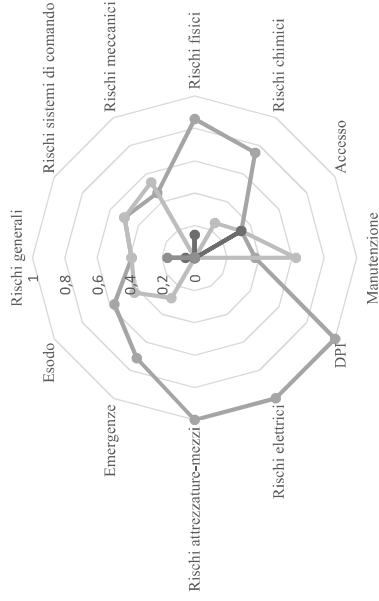
12) Esodo	A	U	NA	C
Vie d'esodo La zona d'installazione dell'impianto è servita da un sistema di vie d'esodo ben indicato da segnalatica orizzontale/verticale, conosciuto da tutti gli operatori. <i>Commento:</i>				X
				EXTRA
Protezione delle vie d'esodo Il sistema di vie d'esodo è studiato in modo da non esporre l'operatore ad ulteriori rischi per la sua salute. <i>Commento:</i>	A	U	NA	C
				X
				EXTRA
Uscite d'emergenza Le uscite d'emergenza a cui conducono le vie d'esodo sono in numero sufficiente e dotate di porte tagliafuoco ad apertura facilitata e sfociano in luogo sicuro e privo di ostacoli. <i>Commento:</i> Scala dal piano superiore conduce direttamente su luogo aperto.	A	U	NA	C
				X
				EXTRA
Pulizia e ordine del sistema d'esodo Le uscite d'emergenza e le vie d'esodo sono libere da ostacoli e materiale potenzialmente pericoloso. <i>Commento:</i>	A	U	NA	C
				X
				EXTRA
Sistemi di segnalazione dell'emergenza manuali Lungo le vie d'esodo o in prossimità delle uscite d'emergenza sono presenti pulsanti per la segnalazione manuale dell'emergenza. <i>Commento:</i>	A	U	NA	C
				X
				EXTRA
Manutenzione delle vie d'esodo e delle uscite d'emergenza Le porte tagliafuoco e le vie d'esodo sono regolarmente pulite e manutate. <i>Commento:</i>	A	U	NA	C
				X
				EXTRA
Black-Out In caso di black-out, le vie d'esodo e le uscite d'emergenza restano comunque utilizzabili ed illuminate da sistema di illuminazione d'emergenza (periodicamente ispezionato). <i>Commento:</i>	A	U	NA	C
				X
				EXTRA
12) SOMMA DEI PUNTEGGI	4	3	0	0
				EXTRA 0

SCHEDA DI CALCOLO DEL RISULTATO

Riassunto punteggi relativi nelle singole schede:

Scheda	A	U	NA	C	EXT
Rischi generali	0,389	0,389	0,056	0,167	0
Rischi sistemi di comando	0,5	0,5	0	0	0
Rischi meccanici	0,462	0,538	0	0	1
Rischi fisici	0,857	0	0,143	0	0
Rischi chimici	0,75	0,25	0	0	0
Accesso	0,333	0,333	0,333	0	0
Manutenzione	0,375	0,625	0	0	0
DPI	1	0	0	0	0
Rischi elettrici	1	0	0	0	0
Rischi attrezzature-mezzi	1	0	0	0	0
Emergenze	0,714	0,286	0	0	0
Esodo	0,571	0,429	0	0	0

OK?	tof	extra?
<input checked="" type="checkbox"/>	18	0
<input checked="" type="checkbox"/>	8	0
<input checked="" type="checkbox"/>	13	1
<input checked="" type="checkbox"/>	7	0
<input checked="" type="checkbox"/>	4	0
<input checked="" type="checkbox"/>	3	0
<input checked="" type="checkbox"/>	8	0
<input checked="" type="checkbox"/>	3	0
<input checked="" type="checkbox"/>	4	0
<input checked="" type="checkbox"/>	4	0
<input checked="" type="checkbox"/>	7	0
<input checked="" type="checkbox"/>	7	0



$$Y = \frac{50}{A} + \frac{30}{U} + \frac{3}{C} + \frac{0,5}{EXTRA} = \frac{83,5}{A}$$

$$\text{OVERALL SCORE} = \left(\frac{50}{A} + \frac{0,5}{EXTRA} \right) \div \frac{83,5}{Y} = \frac{60,48}{Y}$$

R ≤ 70%
 70% < R < 80%
 R ≥ 80%
VER sono presenti caselle in + o in -

NOTA: Riportare al termine della valutazione il risultato e la data nella pagina introduttiva per inserirlo nello storico dei risultati

CHECK-LIST PER L'ANALISI DEI PERICOLI DERIVATI DALL'ASSEMBLAGGIO DI MACCHINE

La presente check-list è stata creata per verificare la corretta riduzione dei rischi derivanti dalla messa in funzione di insiemi di macchine, definiti anche "impianti" o "linee". Essa rappresenta parte integrante del manuale operativo a cui è allegata e va regolarmente aggiornata ogni qualvolta vi sia l'aggiunta di un nuovo rischio o la modifica di un componente esistente.

La compilazione deve avvenire secondo le seguenti istruzioni:

- porre una X nel box di controllo corrispondente alla situazione rilevata dall'ispezione dell'impianto;
- la casella A ("Acceptable") va utilizzata nel caso in cui la situazione proposta dalla descrizione corrisponde in toto alla reale condizione rilevata;
- la casella U ("Unacceptable") va utilizzata nel caso in cui la situazione proposta dalla descrizione non corrisponde totalmente alla reale condizione rilevata e va indicato come è stato ridotto il rischio;
- la casella NA ("Not Applicable") va utilizzata nel caso in cui la situazione proposta dalla descrizione non sia coerente con la tipologia di impianto oggetto di analisi;
- la casella C ("Corrected") va utilizzata nel caso in cui la situazione sia già stata corretta o sia in fase di correzione al momento della verifica;
- le singole condizioni di pericolo ed i rischi sono divisi per categoria, ed al termine di ciascuna è inserita una riga di somma per le spunte inserite nelle singole caselle;
- la verifica si intende conclusa quando viene calcolato il punteggio finale ("Overall Score") come rapporto percentuale tra la somma delle caselle A, fratto la somma delle caselle A, U e C;
- un punteggio inferiore o uguale al 70% richiede un'immediata valutazione dei punti critici da migliorare;
- un punto extra può essere assegnato nel caso in cui un rischio venga ridotto in maniera egregia;

DATI DELLA CHECK-LIST:

Impianto: IMPIANTO MOTTE IMF

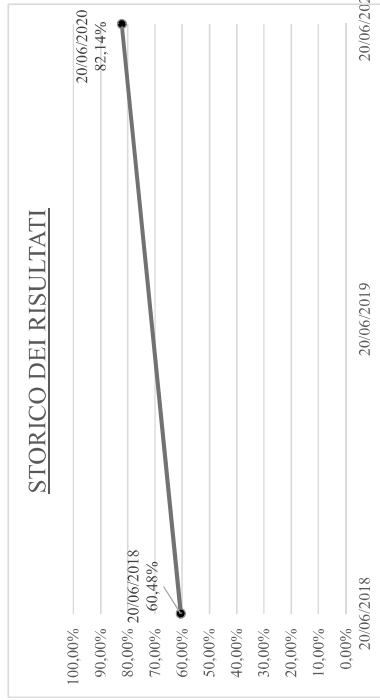
Data compilazione: 20/06/2018

Compilata da: Baron Filippo

STORICO DEI RISULTATI:

Data	Risultato
20/06/2018	60,48%
20/06/2020	82,14%

(DOPO L'INTERVENTO)



20/06/2018

20/06/2020

1) Rischi generali

Materiali e prodotti

I materiali ed i prodotti utilizzati dall'impianto non sono dannosi per la salute dell'uomo in caso di esposizione agli stessi.

Commento: Vedere valutazioni specifiche di esposizione schede di sicurezza

Illuminazione

L'impianto si trova in una posizione tale da garantire illuminazione sufficiente allo svolgimento delle operazioni previste per l'uso e la manutenzione

Commento:

Design dell'impianto

L'impianto è costituito da componenti progettati in modo da facilitare il trasporto, l'installazione, l'uso, la movimentazione, la manutenzione e lo stoccaggio degli stessi

Commento: Spazi ristretti per accesso e movimentazione

Ergonomia dell'impianto

Componenti progettati in modo da facilitare l'uso e la conduzione dell'impianto stesso da parte degli operatori (inclusi movimenti ripetitivi, fatica, sforzo mentale, ecc.)

Commento:

Posizione di utilizzo

L'impianto è progettato e posizionato in modo da evitare, per quanto possibile, che l'operatore sia esposto a rischi derivanti da altre macchine nelle sue vicinanze

Commento:

Sedili

I sedili per gli operatori sono progettati per garantire l'ergonomia durante la lavorazione e posizionati in modo da facilitare lo svolgimento delle operazioni richieste

Commento:

Segnaletica ed informazione

La segnaletica di sicurezza ed informazione è posizionata in maniera adeguata, mantenuta pulita ed in ordine (inclusi piani d'emergenza e numeri telefonici utili)

Commento:

Politica aziendale

Esiste una politica aziendale che vieta l'assunzione di alcool e sostanze psicotrope e prevede controlli programmati per le verifiche di idoneità

Commento:

Ordine e pulizia delle zone di lavoro

La zona di lavoro attorno all'impianto è ragionevolmente pulita e ordinata (almeno non devono esserci accumuli di materiale inutilizzato, pericoloso o afferente ad altri reparti)

Commento:

Rifiuti e scarti di lavorazione	A	U	NA	C
Scarti di lavorazione, rifiuti e materiale da scartare vengono rimossi tempestivamente dall'area onde evitare rischi aggiuntivi per gli altri operatori				X
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Archivio dei report	A	U	NA	C
Viene mantenuto aggiornato e completo un archivio di report di incidenti, mancati incidenti, ispezioni, segnalazioni, simulazioni d'emergenza, ecc.		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Formazione dei lavoratori	A	U	NA	C
Tutti i nuovi assunti ed i lavoratori che cambiano mansione vengono formati sull'uso delle apparecchiature il cui uso è previsto dalla propria mansione (con aggiornamenti)		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Condizioni della struttura	A	U	NA	C
La struttura in cui è contenuto l'impianto è in buono stato di conservazione e non si sono verificati recentemente crolli, cedimenti e rotture della struttura o di componenti ospitati				X
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Stoccaggio sulle scaffalature	A	U	NA	C
Non esiste pericolo di ribaltamento, caduta di oggetti e materiali dalle scaffalature. Gli scaffali sono in buone condizioni e riportano i dati di targa quali portata per piano e totale		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Esposizione agli agenti atmosferici	A	U	NA	C
L'impianto è al riparo dagli agenti atmosferici e dal freddo (o comunque le postazioni di lavoro sono protette da tali azioni)		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Impianti di captazione delle polveri	A	U	NA	C
L'impianto è fornito di aspirazione nei punti in cui c'è generazione di polveri e tale apparecchiatura è sottoposta a controlli e manutenzione periodici		X		
<i>Commento:</i> Non è presente un impianto d'aspirazione in tutte le zone in cui c'è generazione di polveri.	EXTRA			
Condizioni della pavimentazione	A	U	NA	C
Il pavimento è privo di sostanze quali olii, ecc. che potrebbero comportare rischi per chi transita e lavora nella zona dell'impianto (include disponibilità di eventuali assorbitori)				X
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Manualistica	A	U	NA	C
Vengono conservati disegni, schemi, particolari, manuali e schede di tutte le macchine e le attrezzature dell'impianto (regolarmente aggiornati in caso di modifiche)				X
<i>Commento:</i>	EXTRA			
D. SOMMA DEI PUNTEGGI	9	2	1	6
	EXTRA 0			

2) Rischi dovuti ai sistemi di comando	A	U	NA	C
Sicurezza ed affidabilità dei sistemi di comando				X
Devono essere garantiti almeno la prevenzione dell'avvio inatteso e l'impossibilità di procedere nella lavorazione nel caso in cui venga premuto un pulsante di sicurezza				EXTRA
<i>Commento:</i>				
Sistemi di controllo e comando	A	U	NA	C
Sistemi di controllo e comando intuitivi, disposti con logica nelle postazioni adeguate e dotati di indicazioni che limitino le possibilità d'errore umano		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Avviamento	A	U	NA	C
Sistemi di avviamento devono consentire un avvio sicuro sia in modo locale che eventualmente gestito da remoto (anche dopo stop d'emergenza)		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Fermata ordinaria	A	U	NA	C
Sistemi di comando devono prevedere la possibilità di fermare la macchina senza dover premere un pulsante d'emergenza per poterla riavviare senza resettare le sicurezze		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Fermata d'emergenza del singolo componente	A	U	NA	C
La pressione di un pulsante d'emergenza o l'azionamento di un altro sistema di sicurezza prevede l'immediato stop della macchina e l'interruzione dell'alimentazione della stessa		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Fermata d'emergenza dell'intero impianto	A	U	NA	C
La pressione di un pulsante d'emergenza o l'azionamento di un altro sistema di sicurezza prevede l'immediato stop dell'impianto a valle ed a monte dello stesso		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Selezione del modo di comando	A	U	NA	C
E' possibile scegliere il modo di comando più adatto all'operazione in corso e tale scelta può essere eseguita grazie ad indicazioni precise ed a prova d'errore		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
Interruzione dell'alimentazione elettrica	A	U	NA	C
In caso di mancanza improvvisa dell'alimentazione elettrica, la macchina deve comunque essere in grado di garantire la sicurezza dell'operatore		X		
<i>Commento:</i>	EXTRA			
2) SOMMA DEI PUNTEGGI	8	0	0	0
	EXTRA 0			

3) Rischi di natura meccanica		A	U	NA	C
Perdita di stabilità					
L'impianto è stabilmente fissato a terra ed ogni perdita di stabilità e/o ribaltamento sono impediti					
<i>Commento:</i>					EXTRA
Rottura durante il funzionamento		A <td>U <td>NA <td>C</td> </td></td>	U <td>NA <td>C</td> </td>	NA <td>C</td>	C
L'impianto è costruito con componenti resistenti ed adatti agli sforzi a cui è sottoposto, per evitare che una rottura durante il funzionamento possa comportare pericoli gravi					
<i>Commento:</i>					EXTRA
Espulsione di pezzi e/o caduta di oggetti		A <td>U <td>NA <td>C</td> </td></td>	U <td>NA <td>C</td> </td>	NA <td>C</td>	C
L'impianto è progettato in modo da non mettere in pericolo gli operatori a causa di eventuali oggetti che possono sganciarsi dalla loro sede e cadere o venire proiettati					
<i>Commento:</i>					EXTRA
Superfici, angoli e spigoli		A <td>U <td>NA <td>C</td> </td></td>	U <td>NA <td>C</td> </td>	NA <td>C</td>	C
L'impianto è costruito in modo da evitare rischi agli operatori dovuti da spigoli taglienti, angoli appuntiti e superfici d'ostacolo alle normali operazioni					
<i>Commento:</i>					EXTRA
Operazioni manuali tra le macchine dell'impianto		A <td>U <td>NA <td>C</td> </td></td>	U <td>NA <td>C</td> </td>	NA <td>C</td>	C
Le operazioni eseguite direttamente dall'operatore sono facilitate da sistemi di sollevamento, carrelli, ecc. in modo da rendere la manovra meno difficoltosa					
<i>Commento:</i>					EXTRA
Variazioni della modalità d'uso		A <td>U <td>NA <td>C</td> </td></td>	U <td>NA <td>C</td> </td>	NA <td>C</td>	C
La variazione del modo d'uso dell'impianto (incluso il riavvio dopo la manutenzione) deve poter essere eseguita in maniera sicura e in modo da non comportare rischi aggiuntivi					
<i>Commento:</i>					EXTRA
Parti mobili per la lavorazione		A <td>U <td>NA <td>C</td> </td></td>	U <td>NA <td>C</td> </td>	NA <td>C</td>	C
Le parti mobili delle macchine che compongono l'impianto sono protette da ripari fissi, mobili, interbloccati o di altro tipo, tali da impedire l'accesso alla zona pericolosa					
<i>Commento:</i>					EXTRA
Parti mobili per la trasmissione del moto		A <td>U <td>NA <td>C</td> </td></td>	U <td>NA <td>C</td> </td>	NA <td>C</td>	C
Le parti mobili delle macchine che compongono l'impianto sono protette da ripari fissi, mobili, interbloccati o di altro tipo, tali da impedire l'accesso alla zona pericolosa					
<i>Commento:</i>					EXTRA
Caratteristiche dei ripari		A <td>U <td>NA <td>C</td> </td></td>	U <td>NA <td>C</td> </td>	NA <td>C</td>	C
I ripari devono essere difficilmente removibili, robusti, installati alla distanza corretta, ben dimensionati e non d'intralcio alla lavorazione					
<i>Commento:</i>					EXTRA

Investimento, spinta, impigliamento e urto (collegamenti tra le macchine)		A	U	NA	C
Le macchine che compongono l'impianto devono prevenire l'investimento, l'urto, l'impigliamento e la spinta dell'operatore durante il loro funzionamento					
<i>Commento:</i>					EXTRA
Taglio, cesoiamento, puntura (collegamenti tra le macchine)		A <td>U <td>NA <td>C</td> </td></td>	U <td>NA <td>C</td> </td>	NA <td>C</td>	C
Le macchine che compongono l'impianto devono prevenire il rischio di taglio, di cesoiamento e di puntura dell'operatore durante il loro funzionamento					
<i>Commento:</i>					EXTRA
Scivolamento, inciampo e caduta (collegamenti tra le macchine)		A <td>U <td>NA <td>C</td> </td></td>	U <td>NA <td>C</td> </td>	NA <td>C</td>	C
Le macchine che compongono l'impianto devono prevenire il rischio di scivolamento, inciampo e caduta dell'operatore durante il loro funzionamento					
<i>Commento:</i>					EXTRA
Mobilità delle macchine		A <td>U <td>NA <td>C</td> </td></td>	U <td>NA <td>C</td> </td>	NA <td>C</td>	C
Le macchine mobili interfacciate nell'impianto devono impedire che l'operatore possa essere messo in posizione di pericolo					
<i>Commento:</i>					EXTRA
3) SOMMA DEI PUNTEGGI		13	0	0	0
					EXTRA 2

4) Rischi di natura fisica		A	U	NA	C
Temperature estreme					
L'impianto è posizionato in modo da non essere sottoposto a temperature estreme o comunque è protetto e progettato appositamente					
<i>Commento:</i>					
Incendio		A	U	NA	C
L'impianto è progettato per evitare surriscaldamenti e incendio delle sostanze usate nell'impianto o nelle vicinanze. Nell'impianto è vietato fumare ed usare fiamme libere.					
<i>Commento:</i>					
Esplosione		A	U	NA	C
L'impianto è progettato per evitare la generazione di esplosioni dovute a gas, polveri, ecc.					
<i>Commento:</i>					
Rumore		A	U	NA	C
L'impianto nel suo complesso è realizzato in modo da non sottoporre l'operatore a livelli di rumore fuori norma o comunque sono state messe in atto misure protettive					
<i>Commento:</i>					
Vibrazioni		A	U	NA	C
L'impianto nel suo complesso è realizzato in modo da non sottoporre l'operatore a livelli di vibrazioni fuori norma o comunque sono state messe in atto misure protettive					
<i>Commento:</i>					
Radiazioni interne od esterne (incluse radiazioni laser)		A	U	NA	C
L'impianto nel suo complesso è realizzato in modo da non sottoporre l'operatore a livelli di radiazioni fuori norma o comunque sono state messe in atto misure protettive					
<i>Commento:</i>					
Fumi e polveri		A	U	NA	C
L'impianto nel suo complesso è realizzato in modo da non esporre l'operatore a fumi e polveri dannose per la salute (incluso rischio ATEX)					
<i>Commento:</i> Rischio contenuto mediante l'obbligo d'uso dei DPI.					
4) SOMMA DEI PUNTEGGI					
		6	0	1	0
		EXTRA 0			

5) Rischi di natura chimica		A	U	NA	C
Esposizione a sostanze chimiche					
L'impianto è progettato in modo da non esporre l'operatore a livelli dannosi per la salute di sostanze chimiche					
<i>Commento:</i>					
Stoccaggio		A	U	NA	C
Lo stoccaggio delle sostanze chimiche e combustibili avviene in zona sicura appositamente predisposta					
<i>Commento:</i>					
Schede di sicurezza e formazione		A	U	NA	C
Gli operatori vengono formati sull'uso delle sostanze chimiche che dovranno utilizzare e hanno libero accesso alle schede di sicurezza delle stesse					
<i>Commento:</i>					
Sistemi di aspirazione e docce oculari d'emergenza		A	U	NA	C
Nelle zone in cui vengono usate sostanze chimiche è previsto un impianto di aspirazione ed una o più docce d'emergenza					
<i>Commento:</i> Non è disponibile l'impianto di aspirazione.					
5) SOMMA DEI PUNTEGGI					
		3	1	0	0
		EXTRA 0			

6) Accesso alle macchine

Sistemi di accesso alle macchine		A	U	NA	C
L'impianto è provvisto di piattaforme fisse, scale e punti d'aggancio per l'accesso alle macchine installate in quota (se possibile, costruiti in materiale antiscivolo)		X			
<i>Commento:</i>		EXTRA			
<hr/>					
Segnaletica interna della zona d'installazione		A	U	NA	C
La zona in cui si trova l'impianto è dotata di segnaletica orizzontale/verticale per regolare il transito di mezzi e pedoni (il transito va protetto adeguatamente nelle zone pericolose)				X	
<i>Commento:</i>		EXTRA			
<hr/>					
Spazi confinati		A	U	NA	C
Se presenti, sono adeguatamente ventilati e sorvegliati durante la manutenzione (eventualmente, gli operatori devono essere dotati di sistemi di monitoraggio continuo)		X			
<i>Commento:</i> Formazione operatori che operano in spazi confinati.					
<hr/>					
6) SOMMA DEI PUNTEGGI		2	0	1	0
		EXTRA 0			

7) Procedure di manutenzione

Isolamento dalle fonti d'energia		A	U	NA	C
L'impianto è progettato in modo da poter isolare ogni singola fonte d'energia che lo alimenta per poterla poi ricollegare dopo le operazioni di pulizia, manutenzione, ecc.		X			
<i>Commento:</i>		EXTRA			
<hr/>					
Procedure autorizzative e LockOut/TagOut		A	U	NA	C
Dopo le operazioni di manutenzione, il riavvio dell'impianto è autorizzato solo dal capo della manutenzione o vengono applicate procedure LockOut/TagOut			X		
<i>Commento:</i>		EXTRA			
<hr/>					
Errore nel montaggio e nella manutenzione		A	U	NA	C
Ogni componente dell'impianto è codificato, riducendo quindi la possibilità d'errore durante la manutenzione e nel montaggio					X
<i>Commento:</i>		EXTRA			
<hr/>					
Intervento dell'operatore		A	U	NA	C
L'intervento dell'operatore è ridotto al minimo per quanto riguarda frequenti blocchi delle macchine dovute al processo produttivo gravoso					X
<i>Commento:</i>		EXTRA			
<hr/>					
Interventi di manutenzione		A	U	NA	C
La manutenzione è programmata e lo scadenziario delle operazioni di verifica e sostituzione dei componenti segue le indicazioni originali del produttore				X	
<i>Commento:</i>		EXTRA			
<hr/>					
Pulizia delle parti interne		A	U	NA	C
L'impianto è stato progettato in modo da garantire l'accesso per le operazioni di pulizia alle zone che richiedono la richiesta frequentemente			X		
<i>Commento:</i>		EXTRA			
<hr/>					
Mantenimento della piena funzionalità		A	U	NA	C
L'impianto viene verificato e pulito periodicamente per assicurarne la piena funzionalità			X		
<i>Commento:</i>		EXTRA			
<hr/>					
Scarico dei circuiti pneumatici ed oleodinamici		A	U	NA	C
In caso di manutenzione, è previsto l'isolamento dal circuito di alimentazione dell'aria compressa e dell'olio, seguito dalla messa a scarico manuale o automatica dell'impianto		X			
<i>Commento:</i>		EXTRA			
<hr/>					
7) SOMMA DEI PUNTEGGI		3	2	0	3
		EXTRA 0			

8) Dispositivi di Protezione Individuale

Uso dei DPI

L'impianto può essere condotto solo da operatori che indossano i DPI previsti dalla mansione che svolgono (formazione ed informazione)

Commento:

Disponibilità e conservazione dei DPI

Gli operatori possono accedere liberamente ai distributori di DPI e vengono formati sul corretto uso e conservazione degli stessi

Commento:

Vestitario per gli operatori

Gli operatori sono dotati di capi d'abbigliamento protettivi adeguati alla mansione che svolgono

Commento:

8) SOMMA DEI PUNTEGGI

3	0	0	0
EXTRA 0			

9) Rischi di natura elettrica

Messa a terra

L'impianto è totalmente collegato a terra per evitare che alcune superfici possano entrare in tensione in caso di guasto

Commento:

Rispetto indicazioni del produttore

L'impianto elettrico rispetta le indicazioni di cablaggio fornite dai singoli produttori; ove assenti, usare il buon senso e/o la regola dell'arte (inclusi adattatori, multiprese, ecc.)

Commento:

Cavi volanti, scoperti, abbandonati, ecc.

Sono assenti nell'impianto e nelle sue vicinanze, cavi volanti, scoperti o inutilizzati

Commento:

Manutenzione elettrica

Durante le operazioni di manutenzione sulla parte elettrica, l'alimentazione generale dell'impianto o di sue porzioni viene chiusa e l'accesso al quadro viene bloccato

Commento:

9) SOMMA DEI PUNTEGGI

4	0	0	0
EXTRA 0			

10) Rischi derivanti dall'uso di attrezzature e mezzi

Condizioni delle attrezzature e dei mezzi		A	U	NA	C
Le attrezzature manuali (o elettriche, pneumatiche, oleodinamiche) ed i mezzi (sollevarli, X argani, carroponti, carrelli) usati nell'impianto sono in buone condizioni EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Verifica e segnalazione di anomalie e malfunzionamenti		A	U	NA	C
Ad ogni segnalazione da parte degli operatori, il reparto manutenzione esegue i controlli X necessari a garantire la sicurezza e la funzionalità nell'uso dell'attrezzatura EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Manuali d'uso e rispetto delle indicazioni		A	U	NA	C
L'utilizzo di qualsiasi attrezzatura prevede l'obbligo di lettura del suo manuale d'uso, oltre che il X rispetto delle indicazioni del produttore nella loro completezza EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Uso riservato al personale addestrato		A	U	NA	C
L'utilizzo di attrezzature di sollevamento e/o mezzi di trasporto è consentito solo al personale X qualificato EXTRA					
<i>Commento:</i>					

10) SOMMA DEI PUNTEGGI	4	0	0	0
	EXTRA 0			

11) Situazioni d'emergenza

Piano d'emergenza e istruzioni per la gestione delle emergenze		A	U	NA	C
Tutti gli operatori conoscono le procedure per la gestione delle emergenze riguardanti l'impianto X e le istruzioni generali per il piano d'emergenza aziendale EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Attrezzature per il primo soccorso		A	U	NA	C
Sono disponibili nelle vicinanze dell'impianto le attrezzature di base per fronteggiare X un'emergenza medica (kit di primo soccorso, attrezzature speciali eventuali, ecc.) EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Attrezzature antincendio		A	U	NA	C
Sono disponibili nelle vicinanze dell'impianto le attrezzature per la lotta agli incendi ed esse X sono regolarmente manutentate e verificate (estintori, impianti automatici, ecc.) EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Segnaletica d'emergenza		A	U	NA	C
Tutte le attrezzature d'emergenza sono posizionate in zone visibili e raggiungibili senza esporre X l'operatore al pericolo, oltre che ben indicate dalla segnaletica EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Impianto di rivelazione automatica dell'incendio		A	U	NA	C
L'impianto è servito dall'impianto di rivelazione automatica dell'incendio X EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Formazione degli operatori		A	U	NA	C
Un numero adeguato di operatori è formato per gestire le emergenze mediche e di lotta X all'incendio (e segue gli obblighi aggiornamenti periodici) EXTRA					
<i>Commento:</i>					
Comunicazioni con il servizio d'emergenza		A	U	NA	C
Il personale è dotato di telefoni cordless o fissi collegati sulla linea interna ed esterna per la X comunicazione con gli uffici preposti alla gestione delle emergenze EXTRA					
<i>Commento:</i>					

11) SOMMA DEI PUNTEGGI	6	1	0	0
	EXTRA 0			

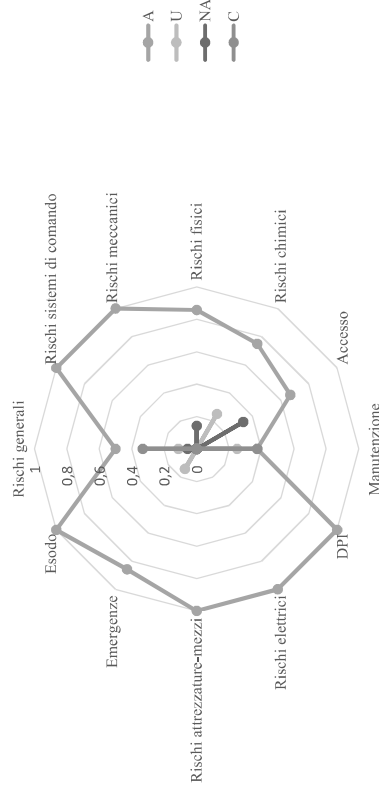
12) Esodo	A	U	NA	C
Vie d'esodo La zona d'installazione dell'impianto è servita da un sistema di vie d'esodo ben indicato da segnalatica orizzontale/verticale, conosciuto da tutti gli operatori. <i>Commento:</i>	X			
Protezione delle vie d'esodo Il sistema di vie d'esodo è studiato in modo da non esporre l'operatore ad ulteriori rischi per la sua salute. <i>Commento:</i>	X			
Uscite d'emergenza Le uscite d'emergenza a cui conducono le vie d'esodo sono in numero sufficiente e dotate di porte tagliafuoco ad apertura facilitata e sfociano in luogo sicuro e privo di ostacoli. <i>Commento:</i> Scala dal piano superiore conduce direttamente su luogo aperto.	X			
Pulizia e ordine del sistema d'esodo Le uscite d'emergenza e le vie d'esodo sono libere da ostacoli e materiale potenzialmente pericoloso. <i>Commento:</i>	X			
Sistemi di segnalazione dell'emergenza manuali Lungo le vie d'esodo o in prossimità delle uscite d'emergenza sono presenti pulsanti per la segnalazione manuale dell'emergenza. <i>Commento:</i>	X			
Manutenzione delle vie d'esodo e delle uscite d'emergenza Le porte tagliafuoco e le vie d'esodo sono regolarmente pulite e manutate. <i>Commento:</i>	X			
Black-Out In caso di black-out, le vie d'esodo e le uscite d'emergenza restano comunque utilizzabili ed illuminate da sistema di illuminazione d'emergenza (periodicamente ispezionato). <i>Commento:</i>	X			
12) SOMMA DEI PUNTEGGI	7	0	0	0
EXTRA				0

SCHEDA DI CALCOLO DEL RISULTATO

Riassunto punteggi relativi nelle singole schede:

Scheda	A	U	NA	C	EXT
Rischi generali	0,5	0,111	0,056	0,333	0
Rischi sistemi di comando	1	0	0	0	0
Rischi meccanici	1	0	0	0	2
Rischi fisici	0,857	0	0,143	0	0
Rischi chimici	0,75	0,25	0	0	0
Accesso	0,667	0	0,333	0	0
Manutenzione	0,375	0,25	0	0,375	0
DPI	1	0	0	0	0
Rischi elettrici	1	0	0	0	0
Rischi attrezzature-mezzi	1	0	0	0	0
Emergenze	0,857	0,143	0	0	0
Esodo	1	0	0	0	0

OK?	tot	extra?
<input checked="" type="checkbox"/>	18	0
<input checked="" type="checkbox"/>	8	0
<input checked="" type="checkbox"/>	13	2
<input checked="" type="checkbox"/>	7	0
<input checked="" type="checkbox"/>	4	0
<input checked="" type="checkbox"/>	3	0
<input checked="" type="checkbox"/>	8	0
<input checked="" type="checkbox"/>	3	0
<input checked="" type="checkbox"/>	4	0
<input checked="" type="checkbox"/>	4	0
<input checked="" type="checkbox"/>	7	0
<input checked="" type="checkbox"/>	7	0



$$Y = \frac{68}{A} + \frac{6}{U} + \frac{9}{C} + \frac{1}{1} = \frac{84}{0,5*EXTRA}$$

$$\text{OVERALL SCORE} = \left(\frac{68}{A} + \frac{1}{1} \right) \div \frac{84}{Y} = \frac{82,14}{Y}$$

$R \leq 70\%$
 $70\% < R < 80\%$
 $R \geq 80\%$
VER sono presenti caselle in + o in -

NOTA: Riportare al termine della valutazione il risultato e la data nella pagina introduttiva per inserirlo nello storico dei risultati

IDENTIFICAZIONE, VALUTAZIONE E RIDUZIONE DEI RISCHI																				
IMPIANTO		IMPIANTO A MOTTE		METODO E STRUMENTI USATI		EN ISO 12100:2010 - Appendice B		DATA		20/06/2018		REV 0		DATA						
ANALISTA		BARON						RIFERIMENTI AZIENDA		VDP FONDERIA S.P.A. - VIA LAGO DI ALLEGHE 39 - SCHIO (VI)										
<small>LEGENDA: A-priorità intervento massima, B-intervento raccomandato, C-rischio residuo accettabile, E88-verore nelle celle</small>																				
N°	MACCHINA E ZONA PERICOLOSA	ATTIVITÀ O OPERAZIONE PERICOLOSA	PERICOLO	EVENTO PERICOLOSO	SITUAZIONE PERICOLOSA	DANNO POTENZIALE	STIMA RISCHIO ATTUALMENTE PRESENTE					MISURE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO		STIMA DEL RISCHIO DOPO L'INTERVENTO						
							GRAVITÀ (G)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	EVITABILITÀ (AV)	CLASSE (C)	PRIORITÀ INTERVENTO	MISURE PREVENZIONE	MISURE PROTEZIONE	GRAVITÀ (G)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	EVITABILITÀ (AV)	CLASSE (C)	ACCETTABILE? (priorità C-Su, priorità A-G-S-NO)
1	CANTIERE DI FORMATURA - CARRELLI E RULLIERE	caricamento casse sui modelli	caduta del carico dalla gru a bandiera	sganciamento involontario del carico dal sistema di sollevamento	l'addetto alla formatura si trova con il corpo intero o gli arti sotto al carico	schiacciamento arti	2	5	3	1	9	B	segnalatica + addestramento operatori	-	2	5	1	1	7	SI
1.1			schiacciamento del corpo intero	3	5	3	1	9	A	segnalatica + addestramento operatori	elmetto protettivo	2	5	1	1	7	SI			
1.2			movimento inatteso del carico	movimento brusco può causare urto contro l'operatore	spinta anche verso zone pericolose	1	5	4	2	11	B	griglie protettive per zone pericolose	-	1	5	2	1	8	SI	
1.3		fissaggio modelli sulle casse	schiacciamento arti tra le parti da fissare	movimentazione manuale dei pezzi durante il fissaggio	l'operatore movimentava manualmente i pezzi durante il fissaggio per piccole regolazioni	schiacciamento mani e dita	2	5	1	1	7	C	obblighi in ogni caso i guanti protettivi	-						
1.4		trasferimento casse pronte	elementi trascinati dalle rulliere in movimento	durante il trasferimento con le rulliere, l'operatore può accedere alle parti in movimento	contatto con i rulli	schiacciamento dita e mani	3	5	3	1	9	A	ripari fissi per organi in movimento raggiungibili + barriere fotoelettriche	-	2	5	1	1	7	SI
1.5						trascinamento/intrappolamento	4	5	3	3	11	A	ripari fissi per organi in movimento raggiungibili + barriere fotoelettriche	-	2	5	1	1	7	SI
2	CANTIERE DI FORMATURA - CARRELLO TRASFERITORE	movimentazione delle casse nella linea	carrello movimentato in automatico dall'impianto	l'avvio del movimento del carrello non è prevedibile in quanto è controllato dal sistema automatizzato dell'impianto	l'operatore può trovarsi nelle vicinanze del carrello	investimento dell'operatore	3	4	3	3	10	A	cancelli d'accesso dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	3	2	1	1	4	SI
2.1						schiacciamento arti inferiori o superiori tra le ruote e le rotaie con possibile cesoimento	4	3	3	2	8	A	cancelli d'accesso dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	3	2	1	1	4	SI
2.2						impigliamento dell'operatore con parti del carrello	2	4	2	1	7	C	cancelli d'accesso dotati di interblocco	-						
3	CANTIERE DI FORMATURA -	inserimento manuale o mediante bandiera di componenti sussidiari (raffreddatori, colate, ecc.)	movimento inatteso del piano d'appoggio	il movimento inatteso del piano d'appoggio provoca una perdita di stabilità per l'operatore	l'operatore si sorge sul pezzo per posizionare i componenti	caduta e urto contro parti fisse	1	5	3	3	11	B	barriere fotoelettriche per impedire movimento nastri con operatore e al lavoro	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	1	2	8	SI
3.1						contatto con braccio del mescolatore in movimento	un movimento involontario del braccio del mescolatore potrebbe urtare l'operatore	l'operatore si trova nelle vicinanze del mescolatore	spinta e conseguente caduta	2	5	3	3	11	A	barriere fotoelettriche per bloccare la macchina con operatore presente	indumenti ed elmetto protettivo	2	5	1
3.2							abrasione	1	5	3	2	10	C	in ogni caso, sono obbligatori indumenti ed elmetto protettivo	-					
3.3		manovra mescolatore per riempimento					soffocamento	4	5	3	1	9	A	barriere fotoelettriche per impedire avvicinamento	-	2	5	1	1	7

IDENTIFICAZIONE, VALUTAZIONE E RIDUZIONE DEI RISCHI																				
IMPIANTO		IMPIANTO A MOTTE		METODO E STRUMENTI USATI		EN ISO 12100:2010 - Appendice B		DATA		20/06/2018		REV 0		DATA						
ANALISTA		BARON						RIFERIMENTI AZIENDA		VDP FONDERIA S.P.A. - VIA LAGO DI ALLEGHE 39 - SCHIO (VI)										
<small>LEGENDA: A-priorità intervento massima, B-intervento raccomandato, C-rischio residuo accettabile, E88-verore nelle celle</small>																				
N°	MACCHINA E ZONA PERICOLOSA	ATTIVITÀ O OPERAZIONE PERICOLOSA	PERICOLO	EVENTO PERICOLOSO	SITUAZIONE PERICOLOSA	DANNO POTENZIALE	STIMA RISCHIO ATTUALMENTE PRESENTE					MISURE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO		STIMA DEL RISCHIO DOPO L'INTERVENTO						
							GRAVITÀ (G)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	EVITABILITÀ (AV)	CLASSE (C)	PRIORITÀ INTERVENTO	MISURE PREVENZIONE	MISURE PROTEZIONE	GRAVITÀ (G)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	EVITABILITÀ (AV)	CLASSE (C)	ACCETTABILE? (priorità C-Su, priorità A-G-S-NO)
3.4	FORMAZIONE POSTAZIONE DI FORMATURA CON MESCOLATORE E PIANO VIBRANTE	per riempimento	azionamento involontario dell'operazione di riempimento	involontario dell'operazione di riempimento può investire l'operatore con un flusso di sabbia mista a resina	uno degli operatori può trovarsi sulla cassa da riempire mentre l'altro comanda il braccio	bruciatura (dovuta alla reazione tra resina e catalizzatore)	2	4	2	2	8	B	barriere fotoelettriche per impedire avvicinamento	indumenti ed elmetto protettivo	2	5	1	1	7	SI
3.5						danni agli occhi ed alla pelle	3	4	2	1	7	B	barriere fotoelettriche per impedire avvicinamento	indumenti ed elmetto protettivo	2	5	1	1	7	SI
3.6		azionamento piano vibrante per compattamento	vibrazione del piano su cuscinetti ad aria	movimento oscillatorio del piano	presenza dell'operatore nella zona di movimento del piano	schiacciamento arti inferiori	2	5	4	2	11	A	riparo fisso per zona dei cuscinetti di sospensione del piano	scarpe antinfortunistiche obbligatorie in tutto l'impianto	1	5	1	1	7	SI
3.7							disturbi osteoarticolari	2	5	1	2	8	B	-	isolamento del piano vibrante dal piano di calpestio	1	5	1	1	7
3.8		tutte le operazioni di riempimento	rischio chimico	uso di resina e catalizzatori classificati come pericolosi	esposizione dell'operatore a sostanze pericolose	difficoltà respiratorie, emicrania	2	5	4	2	11	A	utilizzo DPI adeguati (tra cui indumenti protettivi, mascherine adatte alle resine, occhiali, ecc.)	impianto di aspirazione + informazione sul rischio chimico	1	5	2	1	8	SI
3.9						danni alla pelle ed agli occhi	3	5	4	2	11	A	utilizzo DPI adeguati (tra cui indumenti protettivi, mascherine adatte alle resine, occhiali, ecc.)	impianto di aspirazione + informazione sul rischio chimico	2	5	1	1	7	SI
4	CANTIERE DI FORMATURA - TRASFERIMENTO CASSE RIEMPIE FINO ALLA RIBALTATRICE	trasferimento automatico tramite rulliere delle casse verso il resto dell'impianto	contatto con parti in movimento (rulli, rulliere rotanti, ecc.)	movimento incontrollato (automatico)	l'operatore può entrare in contatto con macchine e componenti in movimento	schiacciamento	3	3	3	1	7	B	cancelli d'accesso dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	2	5	1	1	7	SI
4.1						trascinamento/intrappolamento	4	2	3	1	6	A	cancelli d'accesso dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	2	5	1	1	7	SI
4.2						abrasione	1	5	4	2	11	B	cancelli d'accesso dotati di interblocco	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	2	1	8	SI
5						trascinamento/intrappolamento	3	2	2	1	5	B	cancelli d'accesso dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	1	2	1	1	4	SI
5.1	CANTIERE DI FORMATURA - RIBALTATRICE	ribaltamento casse piene per liberazione motta formata	rotazione della macchina per liberazione motta	movimento automatizzato	l'operatore potrebbe trovarsi nelle vicinanze della macchina	schiacciamento	3	2	2	1	5	B	cancelli d'accesso dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	2	2	1	1	4	SI
5.2						impigliamento	2	3	3	2	8	B	cancelli d'accesso dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	1	2	1	1	4	SI
5.3						cesoimento	3	2	2	1	5	B	cancelli d'accesso dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	2	2	1	1	4	SI
5.4						sgancio involontario della cassa o della motta	l'operatore potrebbe dover intervenire manualmente nel caso in cui la motta fosse bloccata nella cassa	schiacciamento arti o busto	3	2	4	2	8	A	cancelli d'accesso dotati di interblocco + manutenzione solo a macchina ferma e bloccata	-	2	2	3	1
6	scarico motte dal carrello trasferire al nastro trasportatore gommatto	azionamento automatico dei nastri di scarico e di linea	l'operatore potrebbe trovarsi nei pressi del nastro o sul nastro stesso	l'azionamento del nastro potrebbe provocare perdita d'equilibrio dell'operatore	caduta e urto contro parti fisse	2	5	3	2	10	B	cancelli d'accesso al nastro dotati di interblocco	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	1	1	7	SI	
6.1					abrasione	1	5	3	1	9	C	-	indumenti ed elmetto protettivo							
6.2					schiacciamento tra i rulli o tra il nastro e i rulli	3	3	2	2	7	B	cancelli d'accesso al nastro dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	2	5	1	1	7	SI	

IDENTIFICAZIONE, VALUTAZIONE E RIDUZIONE DEI RISCHI																					
IMPIANTO		IMPIANTO A MOTTE		METODO E STRUMENTI USATI		EN ISO 12100:2010 - Appendice B		DATA		20/06/2018		REV 0		DATA							
ANALISTA		BARON						RIFERIMENTI AZIENDA		VDP FONDERIA S.P.A. - VIA LAGO DI ALLEGHE 39 - SCHIO (VI)											
<small>LEGENDA: A-priorità intervento massima, B-intervento raccomandato, C-rischio residuo accettabile, E88-errore nelle celle</small>																					
N°	MACCHINA E ZONA PERICOLOSA	ATTIVITÀ O OPERAZIONE PERICOLOSA	PERICOLO	EVENTO PERICOLOSO	SITUAZIONE PERICOLOSA	DANNO POTENZIALE	STIMA RISCHIO ATTUALMENTE PRESENTE					MISURE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO		STIMA DEL RISCHIO DOPO L'INTERVENTO							
							GRAVITÀ (G)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	EVITABILITÀ (AV)	CLASSE (C)	PRIORITÀ INTERVENTO	MISURE PREVENZIONE	MISURE PROTEZIONE	GRAVITÀ (G)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	EVITABILITÀ (AV)	CLASSE (C)	ACCETTABILE? (priorità C-Su, priorità A-G-S-100)	
6.3	STAZIONE DI VERNICIATURA	soffiaggio con aria compressa della motta o carteggiatura manuale della superficie	accesso alla motta presente sul nastro	l'operatore accede mediante scaletta al piano del nastro e rimuove i residui di formatura con aria compressa o carteggia la superficie della stessa	movimento improvviso del nastro può provocare danni all'operatore	trascinamento/intrappolamento	4	3	2	1	6	A	cancelli d'accesso al nastro dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	2	3	1	1	5	SI	
6.4						caduta e urto contro parti fisse	2	4	3	2	9	B	cancelli d'accesso al nastro dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	1	4	1	1	6	SI	
6.5						abrasione	1	4	3	2	9	C	-	indumenti ed elmetto protettivo							
6.6						schiacciamento tra i rulli o tra il nastro e i rulli	3	3	2	1	6	B	cancelli d'accesso al nastro dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	2	3	1	1	5	SI	
6.7						trascinamento/intrappolamento	4	3	2	1	6	A	cancelli d'accesso al nastro dotati di interblocco	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	2	3	1	1	5	SI	
6.8		movimentazione della motta mediante manipolatore-posizionatore (dal nastro alla verniciatura e ritorno)	contatto con parti della macchina o della motta in movimento	l'operatore aziona il manipolatore che stringe due ganasce attorno alla motta, la solleva dal piano e la posiziona sopra la vasca di verniciatura ruotandola verso l'operatore	movimento improvviso del manipolatore	urto	2	4	2	1	7	C	pedana sensibile alla pressione	indumenti ed elmetto protettivo							
6.9						schiacciamento contro la vasca o contro il nastro	3	3	4	1	8	A	pedana sensibile alla pressione	-	1	3	1	1	5	SI	
6.10		sgancio o rottura della motta sollevata	la motta, se non sufficientemente indurita, può rompersi	possibile schiacciamento dell'operatore se lo stesso si trova nelle vicinanze della motta	schiacciamento	2	3	1	1	5	C	-	indumenti ed elmetto protettivo								
6.11						applicazione intonaco mediante spruzzatura	contatto con intonaco	durante l'applicazione dell'intonaco e la rimozione dello stesso in caso di eccesso, l'operatore può venire in contatto con la sostanza stessa	contatto con intonaco	nessuno (prodotto non pericoloso)	2	5	2	1	8	B	obbligatori in ogni caso i guanti e gli occhiali protettivi	-	1	5	1
7		FORNO D'ESSICAZIONE	essiccazione della motta intonacata in forno	macchina ad alta temperatura	la superficie esterna della macchina si trova a temperatura alta	possibile contatto con superficie ad alta temperatura	bruciatura/scottatura	2	4	1	1	6	C	-	indumenti ed elmetto protettivo						
7.1			uscita delle motte calde dal forno	materiale ad alta temperatura	la motta ad alta temperatura esce dal forno e scorre sul nastro	possibile contatto con superficie ad alta temperatura	bruciatura/scottatura	2	4	1	1	6	C	-	indumenti ed elmetto protettivo						

IDENTIFICAZIONE, VALUTAZIONE E RIDUZIONE DEI RISCHI																				
IMPIANTO		IMPIANTO A MOTTE		METODO E STRUMENTI USATI		EN ISO 12100:2010 - Appendice B		DATA		20/06/2018		REV 0		DATA						
ANALISTA		BARON						RIFERIMENTI AZIENDA		VDP FONDERIA S.P.A. - VIA LAGO DI ALLEGHE 39 - SCHIO (VI)										
<small>LEGENDA: A-priorità intervento massima, B-intervento raccomandato, C-rischio residuo accettabile, E88-errore nelle celle</small>																				
N°	MACCHINA E ZONA PERICOLOSA	ATTIVITÀ O OPERAZIONE PERICOLOSA	PERICOLO	EVENTO PERICOLOSO	SITUAZIONE PERICOLOSA	DANNO POTENZIALE	STIMA RISCHIO ATTUALMENTE PRESENTE					MISURE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO		STIMA DEL RISCHIO DOPO L'INTERVENTO						
							GRAVITÀ (G)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	EVITABILITÀ (AV)	CLASSE (C)	PRIORITÀ INTERVENTO	MISURE PREVENZIONE	MISURE PROTEZIONE	GRAVITÀ (G)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	EVITABILITÀ (AV)	CLASSE (C)	ACCETTABILE? (priorità C-Su, priorità A-G-S-100)
8	RAMOLAGGIO	inserimento manuale o mediante bandiera di anime o riparazione della motta	movimento inatteso del piano d'appoggio	il movimento inatteso del piano d'appoggio provoca una perdita di stabilità per l'operatore	l'operatore si sporge sul pezzo per posizionare i componenti	caduta e urto contro parti fisse	2	5	2	1	8	B	barriere fotoelettriche per bloccare la macchina con operatore presente	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	1	1	7	SI
8.1						contatto con parti calde	2	5	2	1	8	B	-	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	1	1	7	SI
8.2		applicazione di vernici o collanti	movimento inatteso del piano d'appoggio	il movimento inatteso del piano d'appoggio provoca una perdita di stabilità per l'operatore	l'operatore si sporge sul pezzo per posizionare i componenti	caduta e urto contro parti fisse	2	5	2	1	8	B	barriere fotoelettriche per bloccare la macchina con operatore presente	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	1	1	7	SI
8.3						contatto con parti calde	2	5	2	1	8	B	-	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	1	1	7	SI
9	ACCOPIATORE	preparazione motta	movimento inatteso del nastro o dell'accoppiatore	durante la fase di preparazione all'accoppiamento, l'operatore si trova sopra la motta e sotto l'accoppiatore	l'operatore si sporge sul pezzo per effettuare la lavorazione	caduta e urto contro parti fisse (anche in caso di movimento del nastro)	2	5	2	1	8	B	barriere fotoelettriche per bloccare la macchina con operatore presente	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	1	1	7	SI
9.1						schiacciamento contro la motta od il nastro (in caso di movimento dell'accoppiatore)	3	5	3	2	10	A	barriere fotoelettriche per bloccare la macchina con operatore presente	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	2	5	1	1	7	SI
9.2		presa e sollevamento della motta (e posizionamento della motta inferiore sulla piana)	movimento inatteso dell'accoppiatore o sgancio della motta	un movimento incontrollato può causare urto della macchina o della motta contro l'operatore oppure lo sgancio della motta	l'operatore può trovarsi nelle vicinanze della motta	urto e conseguente caduta	2	5	2	1	8	B	barriere fotoelettriche per bloccare la macchina con operatore presente	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	1	5	1	1	7	SI
9.3						schiacciamento	3	5	2	1	8	A	barriere fotoelettriche per bloccare la macchina con operatore presente	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	2	5	1	1	7	SI
9.4		trasferimento della motta superiore sulla inferiore ed accoppiamento	movimento inatteso dell'accoppiatore o sgancio della motta	un movimento incontrollato può causare urto della macchina o della motta contro l'operatore oppure lo sgancio della motta	l'operatore può trovarsi nelle vicinanze della motta	urto e conseguente caduta	2	5	2	1	8	B	barriere fotoelettriche per bloccare la macchina con operatore presente	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	1	5	1	1	7	SI
9.5	schiacciamento					3	5	2	1	8	A	barriere fotoelettriche per bloccare la macchina con operatore presente	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	2	5	1	1	7	SI	

IDENTIFICAZIONE, VALUTAZIONE E RIDUZIONE DEI RISCHI																					
IMPIANTO		IMPIANTO A MOTTE		METODO E STRUMENTI USATI		EN ISO 12100:2010 - Appendice B		DATA		20/06/2018		REV 0 DATA									
ANALISTA		BARON						RIFERIMENTI AZIENDA		VDP FONDERIA S.P.A. - VIA LAGO DI ALLEGHE 39 - SCHIO (VI)											
<small>LEGENDA: A-priorità intervento massima, B-intervento raccomandato, C-rischio residuo accettabile, EB8-errore nelle celle</small>																					
N°	MACCHINA E ZONA PERICOLOSA	ATTIVITÀ O OPERAZIONE PERICOLOSA	PERICOLO	EVENTO PERICOLOSO	SITUAZIONE PERICOLOSA	DANNO POTENZIALE	STIMA RISCHIO ATTUALMENTE PRESENTE					PRIORITY INTERVENTO	MISURE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO		STIMA DEL RISCHIO DOPO L'INTERVENTO						
							GRAVITÀ (G)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	EVITABILITÀ (AV)	CLASSE (C)		MISURE PREVENZIONE	MISURE PROTEZIONE	GRAVITÀ (G)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	EVITABILITÀ (AV)	CLASSE (C)	ACCETTABILE? (priorità C-Su, priorità A-G-S-100)	
12.11		rimozione del getto dal distaffatore	caduta del carico dall'apparecchio di sollevamento	l'operatore usa un carroponete per il sollevamento del getto distaffato	l'operatore si trova in una porzione pericolosa del distaffatore	schiacciamento	4	4	2	1	7	A	segnalatica + addestramento operatori	elmetto protettivo	2	4	1	1	6	SI	
12.12							urto	2	4	2	2	8	B	segnalatica + addestramento operatori	elmetto protettivo	2	4	1	1	6	SI
12.13							abrasione	1	4	2	2	8	C	segnalatica + addestramento operatori	elmetto protettivo						
12.14							inciampo e caduta	2	4	3	1	8	B	segnalatica + addestramento operatori	elmetto protettivo	2	4	1	1	6	SI
12.15		pulizia della zona di distaffaggio	caduta dall'alto	durante la pulizia della griglia del distaffatore l'operatore si trova sopra un locale interrato dove è posizionato il sistema di recupero della sabbia	in caso di cedimento della griglia o spostamento del piano di calpestio l'operatore può cadere nel locale sottostante	caduta	2	3	4	1	8	B	-	obbligo d'uso DPI adeguati (incluso corda di trattenuta eventuale)	2	3	2	1	6	SI	
12.16							urto	1	3	4	2	9	C	-	indumenti ed elmetto protettivo						
12.17							abrasione	1	3	4	2	9	C	-	indumenti ed elmetto protettivo						
13		accesso per manutenzione a parti interne delle macchine (mescolatore, rulliere, ecc.)	parti taglienti	durante le operazioni di manutenzione l'operatore può entrare in contatto con parti taglienti	-	taglio e cesoiamento	3	3	3	1	7	B	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	indumenti ed elmetto protettivo	1	3	1	1	5	SI	
13.1							abrasione	1	4	4	3	11	B	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	indumenti ed elmetto protettivo	1	4	1	1	6	SI
13.2		spigoli sporgenti	durante tutte le attività l'operatore può entrare in contatto con spigoli appuntiti sporgenti	-	-	urto	2	5	3	2	10	B	-	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	2	1	8	SI	
13.3							abrasione	1	5	4	2	11	B	-	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	2	1	8	SI
13.4							taglio	2	5	3	1	9	B	-	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	2	1	8	SI
13.5							superfici scivolose	durante tutte le attività l'operatore può scivolare a causa di sversamento di olio o accumulo di polvere sul pavimento	-	scivolamento/caduta	2	5	4	3	12	A	obbligo pulizia settimanale dei luoghi di lavoro mediante aspirapolvere o spazzatrice	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	2
13.6		presenza di ostacoli a terra	durante tutte le attività l'operatore può inciampare su ostacoli presenti sul pavimento	-	inciampo e caduta	2	5	4	3	12	A	ordine del luogo di lavoro e delle vie d'esodo	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	2	1	8	SI		

IDENTIFICAZIONE, VALUTAZIONE E RIDUZIONE DEI RISCHI																									
IMPIANTO		IMPIANTO A MOTTE		METODO E STRUMENTI USATI		EN ISO 12100:2010 - Appendice B		DATA		20/06/2018		REV 0 DATA													
ANALISTA		BARON						RIFERIMENTI AZIENDA		VDP FONDERIA S.P.A. - VIA LAGO DI ALLEGHE 39 - SCHIO (VI)															
<small>LEGENDA: A-priorità intervento massima, B-intervento raccomandato, C-rischio residuo accettabile, EB8-errore nelle celle</small>																									
N°	MACCHINA E ZONA PERICOLOSA	ATTIVITÀ O OPERAZIONE PERICOLOSA	PERICOLO	EVENTO PERICOLOSO	SITUAZIONE PERICOLOSA	DANNO POTENZIALE	STIMA RISCHIO ATTUALMENTE PRESENTE					PRIORITY INTERVENTO	MISURE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO		STIMA DEL RISCHIO DOPO L'INTERVENTO										
							GRAVITÀ (G)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	EVITABILITÀ (AV)	CLASSE (C)		MISURE PREVENZIONE	MISURE PROTEZIONE	GRAVITÀ (G)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	EVITABILITÀ (AV)	CLASSE (C)	ACCETTABILE? (priorità C-Su, priorità A-G-S-100)					
13.7	TUTTO L'IMPIANTO	tutte le attività	altezza da terra	durante quasi tutte le attività l'operatore si trova su un piano di calpestio al massimo a 600 mm da terra	-	caduta	2	5	3	2	10	B	-	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	1	1	7	SI					
13.8							alta pressione	l'operatore può trovarsi nelle vicinanze delle centraline oleodinamiche ad alta pressione	-	abrasione	1	3	2	1	6	C	-	indumenti ed elmetto protettivo							
13.9											scottatura	2	3	2	2	7	C	-	indumenti ed elmetto protettivo						
13.10							incendio e presenza di fiamme libere	presenza di bruciatori a metano nei pressi del forno	-	proiezione di corpi e/o fluidi	3	3	2	1	6	B	manutenzione frequente dei gruppi oleodinamici	-	2	3	1	1	5	SI	
13.11											bruciatura	2	5	2	1	8	B	-	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	2	1	8	SI
13.12											lesioni dovute al calore	2	5	2	1	8	B	-	indumenti ed elmetto protettivo	1	5	2	1	8	SI
13.13							scottatura	1	5	3	1	9	C	-	indumenti ed elmetto protettivo										
13.14							rumore del processo di fabbricazione	l'operatore è sottoposto durante tutte le attività ad un livello di rumore superiore alla soglia consentita (la sorgente è l'impianto stesso e la vicinanza ad altri reparti)	-	perdita permanente dell'udito, ronzii, ecc.	3	5	4	3	12	A	obbligo d'uso dei tappi auricolari o cuffie protettive in tutto l'impianto	informazione e formazione del personale	1	5	2	2	9	SI	
13.15							movimentazione dei carichi	l'operatore movimentazione componenti di peso variabile	-	disturbi muscolo-scheletrici	3	4	3	2	9	A	obbligo d'uso degli appositi sistemi di sollevamento ove previsti	informazione e formazione del personale	1	4	2	1	7	SI	
13.16											fatica	1	5	3	2	10	C	-	informazione e formazione del personale						
13.17							accesso alle macchine ed ai locali interrati	l'operatore potrebbe dover accedere in fase di manutenzione o pulizia a parti della macchina difficilmente raggiungibili	-	stress ed altri danni relativi alla salute	2	3	4	2	9	B	rispetto procedura per lavori in ambiente confinato	-	1	3	1	1	5	SI	
13.18										disturbi muscolo-scheletrici	2	3	4	2	9	B	rispetto procedura per lavori in ambiente confinato ed indicazioni del produttore	-	1	3	1	1	5	SI	

IDENTIFICAZIONE, VALUTAZIONE E RIDUZIONE DEI RISCHI																				
IMPIANTO		IMPIANTO A MOTTE		METODO E STRUMENTI USATI		EN ISO 12100:2010 - Appendice B		DATA		20/06/2018		REV		0		DATA				
ANALISTA		BARON						RIFERIMENTI AZIENDA		VDP FONDERIA S.P.A. - VIA LAGO DI ALLEGHE 39 - SCHIO (VI)										
<small>LEGENDA: A-priorità intervento massima, B-intervento raccomandato, C-rischio residuo accettabile, ERR-errore nelle celle</small>																				
N°	MACCHINA E ZONA PERICOLOSA	ATTIVITÀ O OPERAZIONE PERICOLOSA	PERICOLO	EVENTO PERICOLOSO	SITUAZIONE PERICOLOSA	DANNO POTENZIALE	STIMA RISCHIO ATTUALMENTE PRESENTE					PRIORITY INTERVENTO	MISURE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO		STIMA DEL RISCHIO DOPO L'INTERVENTO					
							GRAVITÀ (Se)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	AVOIDANCE (Av)	CLASSE (C)		MISURE PREVENZIONE	MISURE PROTEZIONE	GRAVITÀ (Se)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	AVOIDANCE (Av)	CLASSE (C)	ACCETTABILE? (priorità C - Su, priorità A+B=NO)
13.19			ambiente d'installazione	l'operatore opera in un ambiente polveroso e rumoroso; per questo risulta non facile la comunicazione con gli altri operatori	azionamenti involontari; errore umano	creazione di situazioni pericolose per gli altri operatori	4	5	4	3	12	A	formazione del personale	implementazione di sistemi per limitare l'errore umano (aggiornamento quadri di comando, ecc.)	2	5	1	1	7	SI
13.20		manutenzione meccanica	contatto con parti in movimento	il manutentore potrebbe dover accedere direttamente agli organi di trasmissione del moto delle macchine	azionamenti involontari; errore umano	schiacciamento, trascinamento, intrappolamento, cesoiamento, ecc.	3	4	3	1	8	A	obbligo manutenzione a macchina ferma e bloccata	obbligo uso guanti protettivi	1	4	1	1	6	SI
13.21			contatto con parti calde	il manutentore potrebbe dover operare su parti della macchina calde o vicino a getti caldi	-	bruciatura, scottatura, lesioni dovute al calore	2	4	3	1	8	B	-	obbligo uso guanti protettivi	1	4	1	1	6	SI
13.22		manutenzione elettrica	operazioni su impianti fuori tensione	il manutentore può trovarsi in condizioni di pericolo nel caso siano presenti accumuli di energia elettrostatica o parti calde	-	bruciatura, scottatura, lesioni dovute al calore	2	5	3	2	10	B	rispetto procedure manutenzione elettrica	uso dei DPI appositi	1	5	1	1	7	SI
13.23	3						4	2	1	7	B	rispetto procedure manutenzione elettrica + dispositivi diff/magn	uso dei DPI appositi	1	4	2	1	7	SI	
13.24	2						4	2	2	8	B	rispetto procedure manutenzione elettrica + dispositivi diff/magn	uso dei DPI appositi	1	4	2	1	7	SI	
13.25	2						3	3	2	8	B	rispetto procedure manutenzione elettrica	uso dei DPI appositi	1	3	1	1	5	SI	
13.26	4						3	2	1	6	A	esecuzione lavori sotto tensione solo per operatori addestrati	uso dei DPI appositi	2	3	1	1	5	SI	
13.27			operazioni su impianti in tensione	il manutentore si trova in condizioni di pericolo in caso di sovraccarico o cortocircuito	-	bruciatura, scottatura, lesioni dovute al calore	3	3	2	1	6	B	esecuzione lavori sotto tensione solo per operatori addestrati	uso dei DPI appositi	2	3	1	1	5	SI

IDENTIFICAZIONE, VALUTAZIONE E RIDUZIONE DEI RISCHI																				
IMPIANTO		IMPIANTO A MOTTE		METODO E STRUMENTI USATI		EN ISO 12100:2010 - Appendice B		DATA		20/06/2018		REV		0		DATA				
ANALISTA		BARON						RIFERIMENTI AZIENDA		VDP FONDERIA S.P.A. - VIA LAGO DI ALLEGHE 39 - SCHIO (VI)										
<small>LEGENDA: A-priorità intervento massima, B-intervento raccomandato, C-rischio residuo accettabile, ERR-errore nelle celle</small>																				
N°	MACCHINA E ZONA PERICOLOSA	ATTIVITÀ O OPERAZIONE PERICOLOSA	PERICOLO	EVENTO PERICOLOSO	SITUAZIONE PERICOLOSA	DANNO POTENZIALE	STIMA RISCHIO ATTUALMENTE PRESENTE					PRIORITY INTERVENTO	MISURE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO		STIMA DEL RISCHIO DOPO L'INTERVENTO					
							GRAVITÀ (Se)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	AVOIDANCE (Av)	CLASSE (C)		MISURE PREVENZIONE	MISURE PROTEZIONE	GRAVITÀ (Se)	FREQUENZA (F)	PROBABILITÀ (P)	AVOIDANCE (Av)	CLASSE (C)	ACCETTABILE? (priorità C - Su, priorità A+B=NO)
13.28						effetti dell'arco (incendio, proiezione particelle fuse)	2	2	3	2	7	C	prevenzione dei guasti (cortocircuiti e sovraccarichi) mediante progettazione impianto elettrico secondo regola dell'arte	uso dei DPI appositi						