



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale

Identificazione, analisi, valutazione e trattamento del rischio cancerogeno

Identification, analysis, evaluation and treatment of the carcinogenic risk

Relatore: Chiar.mo

Prof. Bevilacqua Maurizio

Tesi di Laurea di:

De Sanctis Samuele

Correlatore:

Ing. Marcucci Giulio

A.A. 2020 / 2021

Indice

1. Introduzione	1
2. Cos'è il rischio	2
3. Risk Management	3
3.1.Valutazione del rischio	7
3.1.1. Identificazione	8
3.1.2. Analisi	10
3.1.3. Misure di prevenzione e protezione	13
3.1.3.1. Trattamento e monitoraggio	16
4. Introduzione al rischio cancerogeno	18
4.1.Valutazione e analisi del rischio cancerogeno	19
4.1.1. Identificazione	22
4.1.1.1. Scheda informativa sugli agenti cancerogeni	24
4.1.1.2. Fattori di incertezza	27
4.1.2. Misure di prevenzione e protezione	28
4.1.2.1. Trattamento e monitoraggio	31
4.1.2.1.1. Monitoraggio ambientale	32
4.1.2.1.2. Trattamento sanitario	33
4.1.2.1.3. Monitoraggio biologico	35
5. Conclusioni	37
Bibliografia e Sitografia	38

1 Introduzione

Il rischio fa riferimento ai diversi esiti che un soggetto può ottenere in una particolare situazione; pertanto, il rischio è correlato alla probabilità che si verifichi l'evento più o meno favorevole per il soggetto. Gli ambiti in cui si manifestano le scelte di rischio sono tanto mutevoli quanto quelli relativi alle attività di impresa, ovvero i rischi affrontati dagli imprenditori investendo il proprio capitale e compiendo scelte che negli anni possono avere effetti diversi sui profitti. Altro reparto direttamente interessato dal concetto di rischio è il reparto assicurativo; in questa categoria i possibili rischi di un determinato evento appartengono al verificarsi del rischio stesso, soggetto a una copertura, cioè a un premio pagato dall'impresa di assicurazione che deve quindi valutare quanto possa esporsi. Anche le società di credito affrontano vari tipi di rischi come l'emissione di mutui, mentre gli investitori finanziari combattono con rischi legati alle proprie attività speculative. Dal rischio non sono svincolate le industrie, all'interno delle quali il rischio risiede nel pericolo di incidenti sul lavoro o eventi fisici come incendi ed esplosioni. Negli ultimi anni dunque il concetto di rischio e di gestione dello stesso sono stati applicati in un numero sempre maggiore di strutture operative; se in settori come quello finanziario e bancario, della protezione civile, della difesa, della sicurezza sul lavoro, della protezione delle informazioni e delle reti informatiche, l'applicazione delle metodologie strutturate di Risk Management risalgono già al secolo scorso, nel tempo sono state introdotte importanti nuove applicazioni nell'ambito di valutazione del rischio riguardo la salute dei lavoratori, le linee di produzione, i luoghi di lavoro, le scuole, gli ambienti con accesso al pubblico. In questo elaborato si farà riferimento alla letteratura tecnica e agli standard di riferimento sulla gestione del rischio introducendo la definizione base di rischio e i concetti relativi alla sua gestione nelle fasi di identificazione, analisi, valutazione e trattamento.

2 Cos'è il rischio

Nell'ambito della gestione dei disastri e delle emergenze, la definizione di rischio è sempre stata finalizzata ad evidenziare gli aspetti negativi, i cosiddetti danni o impatti, che si manifestano al verificarsi di specifici eventi di origine naturale o antropica. Rimanendo all'interno di questa declinazione, un'adeguata definizione potrebbe essere quella per cui *il rischio fornisce una misura della potenzialità di un danno dovuto al possibile accadimento di un evento.*

Tuttavia, nel 2009, l'International Organization for Standardization (ISO) ha emesso lo standard ISO 31000 denominato *Risk Management - Principles and Guidelines*, successivamente aggiornato nel 2018, e lo standard ISO 31010 sul *Risk Management - Risk Assessment Technology*, proponendo un metodo di definizione del rischio più generale che può indirizzare, in modo flessibile, i risultati verso direzioni sia negative che positive. Per la ISO 31000, il rischio è *l'impatto dell'incertezza sull'obiettivo*; l'obiettivo dello standard è coordinare i concetti di gestione del rischio emersi sino ad allora nei vari campi scientifici al fine di offrirsi come standard di riferimento. In questo senso, la ISO 31000 non deve essere considerata come uno standard utilizzato per ottenere una certificazione di conformità o un sigillo di qualità rilasciato da un ente terzo così come in altri casi di standard ISO, ma solo come un metodo di principio, progettato per essere efficace per tutti i reparti, con lo scopo di standardizzare il vocabolario, la lingua e le varie fasi del processo di gestione del rischio [1].

3 Risk Management

Le fasi del processo di gestione del rischio, in analogia alla ISO 31000, possono essere riassunte nello schema seguente:

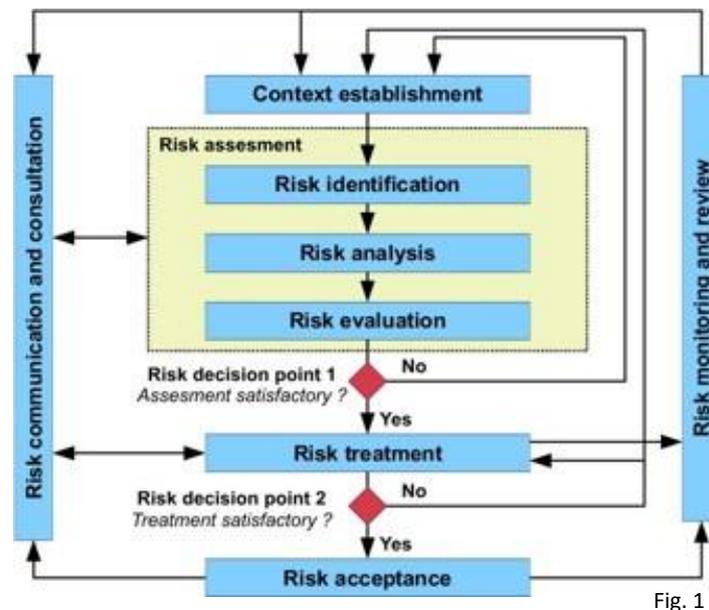


Fig. 1

In breve, possiamo dire che la ISO 31000 consiglia di analizzare dapprima l'ambiente aziendale interno ed esterno al fine di valutare quali forze abbiano un impatto positivo e quali uno negativo sull'azienda. Nella fase di valutazione occorre poi definire i processi e mappare i rischi seguendo tre sottofasi ben precise: l'identificazione, l'analisi e la stima. I rischi valutati sono i rischi che possono manifestarsi nelle principali attività e sono distinti in: rischi di conformità legati al mancato rispetto di norme o leggi cui l'azienda deve per legge applicare, rischi per cose e persone, rischi operativi connessi ai processi interni dell'azienda, rischi strategici cui appartiene il posizionamento dell'azienda sul mercato e rischi finanziari cui fanno parte le perdite occulte dovute alla mancata gestione dei precedenti rischi. Se la valutazione dei rischi si rivelasse soddisfacente, si procederebbe con il relativo trattamento del rischio al fine di eliminarlo, ridurlo

o accettarlo a seconda di quella che è la situazione sottoposta ad analisi; al contrario, se la valutazione risultasse inadatta alla situazione, il rischio verrebbe monitorato e riesaminato, il che porterebbe a nuove e continue analisi fino al momento in cui non venga a verificarsi l'eliminazione o quanto meno una riduzione efficace dell'impatto del rischio. Questo processo sistematico che consente l'identificazione, l'analisi, la valutazione e la mitigazione dei rischi è definito come Risk Management.

Nella ISO 31000, il Risk Management è definito come l'insieme delle attività coordinate per dirigere e controllare un'organizzazione esposta a rischi. In altre parole, quindi, il Risk Management può essere visto come un processo sistematico che consente l'identificazione, l'analisi, la valutazione e la mitigazione dei rischi [1].

Nello standard, come sopra accennato, il rischio è generalmente definito come *l'effetto dell'incertezza sugli obiettivi*, specificando che:

- l'effetto è lo scostamento dal risultato atteso, sia esso positivo o negativo;
- gli obiettivi possono coprire diversi dipartimenti e possono essere applicati a diversi livelli;
- il rischio è solitamente caratterizzato dal verificarsi di un evento e dalle sue conseguenze ed è calcolato sulla base delle conseguenze dell'impatto su un determinato evento e della probabilità di accadimento;
- l'incertezza costituisce una componente sconosciuta relativa alla probabilità di accadimento e alle conseguenze pratiche che ne derivano.

Come descritto nel Capitolo 1, il concetto di rischio è applicato in tutti i settori della società, dal settore pubblico (rischi sanitari, rischi di catastrofi naturali, rischi per la sicurezza nazionale) al settore privato e produttivo (rischi commerciali, rischi aziendali, rischi d'investimento).

Le istituzioni pubbliche sono generalmente interessate a ridurre l'impatto di eventi catastrofici in termini di: morti e feriti gravi, danni all'economia, mantenimento della qualità della vita della popolazione, danni agli interessi nazionali e danni all'immagine. Pertanto, in questo caso, il metodo mira a ridurre l'impatto dell'incidente sulla qualità della vita dei cittadini e del Paese. Gli operatori privati, invece, sono interessati a ridurre l'impatto delle perdite economiche su infrastrutture e fatturato, tutelare la salute dei dipendenti, privilegiare le attività di riduzione dei rischi e trasferire a terzi i rischi più rilevanti che non possono essere gestiti direttamente, quando conveniente, con interventi di copertura assicurativa.

Torniamo ora allo standard ISO 31000; il processo di gestione del rischio è fondamentalmente mostrato nella Figura 1, all'interno del quale il metodo utilizzato è il ciclo PDCA (*Plan/Do/Check/Act*). Il ciclo PDCA è stato sviluppato da W. Shewhart, successivamente promosso da W. Edwards Deming, ed è diviso brevemente in quattro fasi:

- *Plan*: cosa fare e come fare (pianificazione) per soddisfare le politiche e gli obiettivi stabiliti;
- *Do*: attuare il contenuto del piano;
- *Check*: verifica se il lavoro svolto è in linea con il piano e se gli obiettivi prefissati sono stati effettivamente raggiunti;
- *Act*: cosa migliorare e come?

Tenendo presente questo approccio metodologico, si può notare come la Figura 1 mostri in dettaglio le operazioni da svolgere applicando il ciclo di PDCA specifico per il Risk Management. In particolare si evidenziano le seguenti fasi:

- definizione dell'area di analisi, de background e degli standard, definendo con precisione il sistema da controllare (*Context Establishment*).

- condurre una valutazione del rischio (*Risk Assessment*) che può essere ulteriormente suddivisa in tre diverse sottofasi: identificazione del rischio (*Risk Identification*), analisi del rischio (*Risk Analysis*) e ponderazione del rischio (*Risk Evaluation*).
- il trattamento del rischio (*Risk Treatment*) è solitamente suddiviso in due sottofasi: mitigazione dei rischi, possibile mediante adeguate contromisure, e accettazione dei conseguenti rischi residui.

Come mostrato in Figura 1, alle fasi cardini del processo di gestione del rischio esaminate si aggiungono ulteriori fasi trasversali di comunicazione e consulto con esperti coinvolti nella gestione dei processi e di monitoraggio e revisione dei risultati, dei metodi e delle azioni attuate in tutte le fasi del processo di gestione [3].

3.1 Valutazione del rischio

La valutazione del rischio è la fase centrale dell'intero processo e ha lo scopo di determinare nel modo più oggettivo possibile se il rischio è tollerabile e di conseguenza accettabile, o se è troppo elevato ed è quindi necessario adottare misure di mitigazione per ridurre l'impatto. La valutazione, come precedente illustrato, consiste in un sottoprocesso della gestione del rischio in cui vengono valutate le vulnerabilità dell'azienda, le minacce e le rispettive probabilità di accadimento calcolando in parallelo i possibili danni coerenti ai possibili eventi attesi. Questa fase è quindi cruciale per identificare il livello di rischio aziendale e il potenziale impatto sugli obiettivi e sugli asset aziendali, così da guidare le successive fasi di *Risk Mitigation*, *Risk Sharing* o *Risk Acceptance* [4].

Al fine di condurre una valutazione del rischio adeguata, l'azienda conduce un'analisi costi-benefici per determinare il livello critico oltre il quale risultano necessarie misure di mitigazione. In questo senso si identificano:

- rischi non tollerabili per i quali è necessario adottare misure di mitigazione poiché possono causare danni di entità tale da poter compromettere l'azienda;
- rischi tollerabili che, pur potendo avere effetti negativi, possono rappresentare potenziali opportunità;
- rischi trascurabili che le aziende possono non affrontare in quanto i loro effetti non danneggiano in modo significativo l'azienda.

3.1.1 Identificazione

La fase di identificazione ha lo scopo di elaborare un elenco quanto più dettagliato possibile delle fonti di rischio procedendo secondo i risultati ottenuti durante il Context Establishment. Pertanto, è necessario raccogliere informazioni il più dettagliate possibili attraverso esperienze dirette, interviste, analisi di report e valutazioni. Basandosi su standard e metodi diversi, il metodo di identificazione dei rischi non è unico. Spetta al personale che svolge attività di Risk Identification selezionare le attività più adatte alla realtà da analizzare.

La norma di riferimento ISO 31010 *Risk Assessment Techniques* descrive in dettaglio 41 tecniche di identificazione dei rischi; eccone alcune:

- *Brainstorming*: include l'ispirazione e l'incoraggiamento alla libera comunicazione tra un gruppo di persone qualificate per determinare le potenziali modalità di fallimento e i relativi pericoli, rischi, standard decisionali e/o opzioni di trattamento.
- *Interviste strutturate o semi-strutturate*: ai singoli intervistati vengono poste una serie di domande preparate, incoraggiando ad una visione della situazione da una prospettiva diversa in modo da identificarne i rischi;
- *Metodo Delphi*: utilizza un gruppo selezionato di esperti per rispondere a una serie di questionari. Le domande sono solitamente espresse come ipotesi e i membri esprimono le loro opinioni.
- *Elenco di controllo*: un elenco di pericoli, rischi o errori di controllo, generalmente basati sull'esperienza, a seguito di precedenti valutazioni o fallimenti. Possono essere utilizzati anche da non esperti perché precompilati e creati per un contesto simile a quello da analizzare.
- *PHA (Primary Hazard Analysis)*: un metodo induttivo implementato attraverso l'identificazione di eventi potenzialmente pericolosi. L'analisi è gestita da un capogruppo che guiderà il team di lavoro composto da

membri in grado di soddisfare tutte le competenze necessarie; questo metodo guida il gruppo di lavoro a determinare l'impatto dei potenziali pericoli sul sistema.

- *HAZOP (Hazard and Operability)*: un'ispezione sistematica e ben strutturata di prodotti, processi, procedure e sistemi pianificati o esistenti. È un approccio che identifica i rischi per le persone, le attrezzature, l'ambiente e gli obiettivi. Controlla sistematicamente come ciascuna parte del sistema, processo o programma risponderà alle modifiche dei parametri chiave.
- *HACCP (analisi dei rischi e punto critico di controllo)*: fornisce un quadro per identificare i pericoli e implementare i controlli in tutte le parti rilevanti del processo per prevenire i rischi e mantenere l'affidabilità e la sicurezza del sistema. L'HACCP mira a garantire che i rischi siano ridotti al minimo controllando l'intero processo piuttosto che monitorando gli ultimi istanti.
- *SWIFT*: è uno studio sistematico condotto da un team per motivare i partecipanti a identificare i rischi; il team utilizza ipotesi "what if".
- *Analisi dello scenario*: può essere utilizzato per identificare i rischi considerando possibili sviluppi futuri ed esaminando il loro impatto. Si tratta di una serie di ipotesi che riflettono il *caso migliore*, il *caso peggiore* o il *caso previsto* in modo che le potenziali conseguenze e probabilità di ciascuno scenario possano essere analizzate sotto forma di analisi di sensitività durante il processo di analisi del rischio.

È evidente come le suddette tecnologie consentono di utilizzare diverse metodologie per identificare, analizzare e pesare i rischi, ed è quindi il responsabile dell'esecuzione del processo, il Risk Manager, che deve selezionare il più idoneo e performante in base a obiettivi, risorse, competenze disponibili, tempistica e struttura organizzativa [2].

3.1.2 Analisi

La classificazione dei metodi e degli strumenti di analisi del rischio può essere effettuata secondo il metodo di valutazione utilizzato; è possibile optare per:

- *Metodi qualitativi*: forniscono la valutazione del rischio mediante una scala qualitativa (ad esempio *alto, medio, basso*);
- *Metodi quantitativi*: riportano la valutazione ad un preciso valore numerico, generalmente inteso come la perdita economica causata dall'impatto del rischio. Si tratta di un approccio più complesso e oneroso del precedente, in quanto risulta necessaria la consultazione di un censimento e di una valutazione dei beni, oltre che una valutazione delle possibili perdite in caso di incidente;
- *Metodi semiquantitativi*: rappresentano un compromesso tra i primi due, per i quali le valutazioni avvengono in maniera qualitativa e poi convertite in valori numerici in modo che possano essere elaborate da algoritmi computazionali e trattate come fossero valutazioni quantitative [5].

Immaginiamo di effettuare la valutazione di un possibile rischio incendio: il metodo qualitativo di valutazione del rischio si basa sulla definizione di classi o livelli numerici di valori riguardo la probabilità F (*Frequenza*) di accadimento dell'incendio e dell'entità M (*Magnitudo*) del danno atteso, associati a valori numerici convenzionali non riferiti a grandezze misurabili. Le scale della frequenza e dell'entità possono essere identificate rispettivamente dalle tabelle seguenti:

Valore	Livello	Definizione
4	Molto Probabile	Esiste una correlazione diretta tra la mancanza rilevata e il verificarsi dell'incendio
3	Probabile	La mancanza rilevata potrebbe provocare un incendio anche se non in modo diretto
2	Poco Probabile	La mancanza rilevata potrebbe provocare un incendio solo in circostanze sfortunate di eventi
1	Improbabile	La mancanza rilevata può provocare un incendio solo in circostanze sfortunate di eventi poco probabili

Tab. 1

Valore	Livello	Definizione
4	Molto Grave	Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti letali o di invalidità totale
3	Grave	Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti di invalidità parziale
2	Medio	Infortunio o episodio di esposizione acuta con inabilità reversibile
1	Lieve	Infortunio o episodio di esposizione acuta con inabilità rapidamente reversibile

Tab. 2

La costruzione della matrice di rischio (R) deriva dal prodotto di frequenza e magnitudo: $R = F * M$.

$R = F * M$	<i>Impatto Lieve</i>	<i>Impatto Medio</i>	<i>Impatto Grave</i>	<i>Impatto Molto Grave</i>
<i>Improbabile</i>	1 * 1 = 1	1 * 2 = 2	1 * 3 = 3	1 * 4 = 4
<i>Poco Probabile</i>	2 * 1 = 2	2 * 2 = 4	2 * 3 = 6	2 * 4 = 8
<i>Probabile</i>	3 * 1 = 3	3 * 2 = 6	3 * 3 = 9	3 * 4 = 12
<i>Molto probabile</i>	4 * 1 = 4	4 * 2 = 8	4 * 3 = 12	4 * 4 = 16

Tab. 3

In base al rischio ottenuto è necessario pianificare e attuare misure preventive per ridurre la probabilità di incidenti e adottare misure protettive per ridurre la gravità dei danni connessi. L'attuazione delle azioni correttive viene effettuata in base alla priorità associata al rischio [6]:

$R > 8$	Azioni correttive indilazionabili	Priorità 1
$4 \leq R \leq 8$	Azioni correttive necessarie da programmare con urgenza	Priorità 2
$2 \leq R \leq 3$	Azioni correttive e/o migliorative da programmare nel breve-medio termine	Priorità 3
$R = 1$	Azioni migliorative da programmare non richiedenti un intervento immediato	Priorità 4

Tab. 4

Il metodo quantitativo, invece, si basa sull'analisi quantitativa del rischio utilizzando espressioni matematiche di tipo $R = f(F, M)$, dove la funzione f può assumere una forma piuttosto complessa dato che può tener conto della maggior parte dei parametri coinvolti nella generazione e nello sviluppo del rischio, fra cui: fattori umani, materiali, macchinari, processi, ambiente. Diversamente dai metodi qualitativi, quando si utilizzano metodi quantitativi, oltre alla probabilità di accadimento e alla gravità del danno, devono essere considerati anche altri fattori come l'estensione del danno e la durata dell'esposizione. Quando si desidera valutare il rischio in modo molto dettagliato e analitico si condurrà questo tipo di approccio senza lasciare molto spazio alla soggettività del valutatore.

Ultimi sono i metodi semiquantitativi che, come accennato in precedenza, si basano sull'analisi quantitativa, dove il rischio è $R = f(F, M)$, ma con un approccio leggermente semplificato. I dati disponibili sono quelli raccolti durante l'indagine ed il parametro di confronto è il dato che specifica le norme tecniche e che dipende sempre dalla probabilità di accadimento e dal conseguente danno.

3.1.3 Misure di prevenzione e protezione

Un'efficace strategia di prevenzione dei rischi deve anche considerare attentamente la quota di rischio che sussiste anche dopo aver attuato tutte le possibili misure di prevenzione e protezione. Pertanto, se un'attenta valutazione del rischio non può prevedere ogni possibile situazione operativa e l'attuazione rigorosa di misure preventive non può eliminare tutti i possibili rischi, è necessario considerare i rischi residui conseguenti alle misure adottate; a tal fine esistono alcuni strumenti che possono aiutare le aziende e le imprese a tenerne conto. Il rischio residuo R_R è quindi il rischio che ancora sussiste in seguito all'applicazione delle misure di prevenzione e protezione, considerate come azioni di riduzione del rischio iniziale R_I [7].

Il rischio valutato secondo il Paragrafo 3.1.2 dipende strettamente dalla probabilità del verificarsi dell'evento e dalla gravità conseguente al danno, senza considerare gli effetti delle misure preventive e protettive adottate. L'effetto delle misure può essere quantificato introducendo fattori di correzione dell'indice di rischio al fine di determinare il valore di rischio residuo. Dopo aver selezionato il valore della frequenza F con cui l'evento può verificarsi, vengono determinati i fattori correttivi relativi alle misure preventive adottate. Le misure preventive comprendono: l'informazione, la formazione e l'addestramento del personale e l'organizzazione interna (insieme di procedure, istruzioni, ecc.); tali misure possono ridurre la possibilità del verificarsi di eventi dannosi, riducendo così l'indice di rischio. Il fattore correttivo relativo alla formazione dei lavoratori viene identificato con F_F (Tab. 5).

<i>Fattore di Formazione</i>	F_F
Se le procedure di informazione, formazione e di addestramento vengono ripetute periodicamente attraverso lo svolgimento di corsi e incontri con verifica di apprendimento	0,500
Se le procedure di informazione e formazione vengono ripetute periodicamente attraverso lo svolgimento di corsi con verifica di apprendimento	0,400
Se il personale è stato formato attraverso la partecipazione ad un corso di verifica di apprendimento	0,300
Se la formazione del personale attraverso corsi con verifica di apprendimento è stata programmata ma non ancora realizzata	0,150
Se il personale è stato informato attraverso la consegna di un opuscolo informativo	0,000

Tab. 5

Per quantificare l'effetto delle misure organizzative si introduce invece il fattore di correzione F_O (Tab. 6).

<i>Fattore Organizzativo</i>	F_O
L'Ente si è dotato di un Sistema di Gestione della Sicurezza	0,500
Se le misure organizzative adottate sono adeguate	0,400
Se le misure organizzative previste sono adeguate ma in fase di completamento	0,300
Se le misure organizzative adottate non sono adeguate	0,150
Se le misure organizzative sono assenti	0,000

Tab. 6

Il fattore di frequenza residua F_R da utilizzare nel calcolo del rischio viene ricavato mediante la correzione: $F_R = \frac{F}{1+F_F+F_O}$; utilizzando i valori assegnati nelle tabelle precedenti per i fattori F_F e F_O , F_R sarà compreso fra F e il 50% di F [8].

Una volta determinato il valore di gravità teorica del danno M , viene determinato il fattore correttivo per le misure di protezione (fmp) che è funzione delle misure protettive adottate per ridurre la gravità del danno distinte in:

- misure di protezione attiva di cui fanno parte la formazione e l'addestramento delle squadre di emergenza e di primo soccorso e le procedure da avviare in caso di emergenza;

- misure di protezione passiva tra cui la presenza di dispositivi strutturali di protezione e norme di sicurezza da rispettare durante lo svolgimento dell'attività lavorativa dell'operatore.

Per calcolare l' fmp si usufruisce della tabella sottostante:

	Misure di protezione Passiva			
Misure di protezione Attiva	Adeguate	Sufficienti	Non sufficienti	Assenti
Adeguate	1,000	0,750	0,500	0,350
Sufficienti	0,750	0,500	0,350	0,150
Non sufficienti	0,500	0,350	0,150	0,000
Assenti	0,350	0,150	0,000	0,000

Tab. 7

La gravità residua del danno M_R , considerando gli effetti delle misure di protezione, è calcolata come segue: $M_R = \frac{M}{1+fmp}$. Coerentemente con il caso del fattore di frequenza residua, utilizzando il valore assegnato all' fmp in Tabella 7, il valore di M_R è compreso tra M e il 50% di M ; tale risultato presuppone che in ogni caso, sebbene possano essere utilizzati sistemi di protezione sufficienti e funzionali, la gravità del danno residuo non può essere inferiore al 50% della gravità teorica [8].

Una volta determinati gli indici F_R e M_R , il valore effettivo del rischio residuo R_R può essere calcolato come prodotto dei due indici: $R_R = F_R * M_R$; se il valore del rischio residuo non fosse sufficiente per essere accettato, occorrerebbe rivalutare e riesaminare le misure di prevenzione e protezione e/o applicarne di nuove per ridurre ulteriormente il valore residuo altrimenti ottenuto.

3.1.3.1 Trattamento e monitoraggio

Sulla base dei risultati ottenuti e del concetto di miglioramento del sistema, si ha la possibilità di prendere una serie di decisioni finalizzate al trattamento del rischio che possono essere riassunte in:

- aggirare il rischio;
- assumersi dei rischi per ricercare opportunità;
- eliminare le fonti di rischio;
- modificare la probabilità di accadimento e ridurre l'impatto;
- condividere il rischio;
- accettare il rischio sulla base di decisioni generate a seguito di una meticolosa valutazione.

Con l'applicazione di una di queste misure di trattamento si determina il grado di probabilità e il grado di gravità che danno origine al valore di rischio residuo che permarrà nonostante l'impiego e l'azione di una o più misure di mitigazione. È necessario pertanto che i rischi residui vengano monitorati in maniera continua o periodica a seconda dell'impatto correlato. Se necessario, può essere utilizzata una matrice contenente quanto segue:

- il codice di rischio;
- i fattori numerici che compongono il rischio (*Probabilità, Impatto, Rischio*);
- una o più decisioni da attuare;
- la possibile azione di mitigazione del rischio;
- i fattori numerici che caratterizzano il rischio residuo;
- i tempi di attuazione per i quali l'azione di mitigazione deve portare ai risultati sperati;
- i tempi di monitoraggio [9].

Una matrice, a puro scopo dimostrativo, potrebbe essere la seguente:

<i>Codice Rischio</i>	F_I	M_I	R_I	<i>Decisioni</i>	<i>Azione di Mitigazione</i>	F_R	M_R	R_R	<i>Tempi di Attuazione</i>	<i>Tempi di Monitoraggio</i>
R01	2	2	4	Modificare Impatto	Condivisione del Rischio	2	1	2	Un trimestre	Periodici

Tab. 8

4 Introduzione al rischio cancerogeno

La valutazione del rischio che si è deciso di intraprendere è quella relativa al rischio di esposizione ad agenti cancerogeni. L'obiettivo principale di questo tipo di valutazione è definire i possibili scenari di incidente, la loro probabilità di accadimento e le conseguenze intese come danni a persone e a strutture al fine di definire adeguate strategie di prevenzione e misure di protezione.

Ai sensi del D.Lgs. 81 del Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro, e in particolare facendo riferimento all'art. 235, viene richiesto ai datori di lavoro di evitare o ridurre l'impiego di agenti cancerogeni, definiti dall'art. 234, nei luoghi di lavoro intraprendendo una o più delle seguenti misure, esposte in ordine di priorità e tutte strettamente legate alla loro effettiva fattibilità tecnica:

- sostituire l'agente con un altro agente innocuo o meno nocivo per la salute e la sicurezza dei lavoratori nelle condizioni d'uso in cui viene utilizzato;
- impiego di un agente in un sistema chiuso purché tecnicamente possibile;
- riduzione dei livelli di esposizione dei lavoratori al più basso valore tecnicamente possibile [10].

4.1 Valutazione e analisi del rischio cancerogeno

Per ogni lavoratore deve essere condotta una valutazione dei rischi, ma per semplificare l'applicazione, i lavoratori possono essere suddivisi in gruppi di lavoro omogenei in base alle responsabilità e alle attività svolte. La procedura si basa su un'analisi ponderata di alcuni fattori considerati validi indicatori di esposizione al rischio cancerogeno (stato chimico e fisico del composto, presenza di dispositivi di protezione, quantità d'uso, temperatura di utilizzo, frequenza d'uso e tempo di manipolazione). Tutti i dati relativi ad agenti cancerogeni, a compiti, ad attività ed a dispositivi di protezione sono raccolti in maniera sistematica in una scheda di rivelazione che viene compilata e sottoscritta dal singolo operatore e dal responsabile del gruppo di lavoro di cui l'operatore fa parte. Al fine di determinare i rischi associati all'esposizione ad agenti cancerogeni, tutti gli elementi che caratterizzano l'esposizione devono essere considerati secondo il seguente algoritmo [10]:

$$L_c = \sum_{i=1}^n \frac{P_i * S_i * T_i * Q_i * E_i * F_i}{6.25}$$

dove:

L_c	è il livello d'esposizione del singolo lavoratore agli n agenti cancerogeni
P_i	è il fattore di uso ed efficienza P dei dispositivi di protezione collettiva durante l'uso dell' i -esimo agente cancerogeno
S_i	è il fattore stato fisico S e corrisponde allo stato chimico-fisico dell' i -esima sostanza
T_i	è il fattore temperatura di processo T e corrisponde alla temperatura del processo lavorativo dell' i -esima sostanza
Q_i	è dato dal valore del fattore quantità utilizzata Q corrispondente alla quantità dell' i -esimo agente cancerogeno adoperato nella singola manipolazione
E_i	è dato dal valore del fattore di durata E corrispondente al tempo di manipolazione dell' i -esimo agente cancerogeno espresso in minuti/giorno
F_i	è il fattore frequenza di utilizzo F corrisponde alla frequenza di manipolazione dell' i -esima sostanza espresso in giorni/anno

Tab. 9

Secondo criteri soggettivi, ai fattori di rischio indicati vengono assegnati valori scalari proporzionali al grado di pericolosità; è evidente che nella definizione di tali criteri si è cercato di renderli il più possibile vicini all'oggettività e alla condivisione. Dall' algoritmo di cui sopra, è possibile osservare come il prodotto dei diversi indicatori quantifichi la potenziale esposizione alla sostanza *i*-esima. I valori delle variabili che compongono l'algoritmo utilizzato sono di seguito spiegati [10]:

Fattore di Protezione collettiva <i>P</i>	
Categorie di Rischio	Valore di Pericolosità
Ciclo chiuso	1
Cappa funzionante	2
Parzialmente sotto cappa	5
Senza cappa	10

Stato chimico-fisico <i>S</i>	
Categorie di Rischio	Valore di Pericolosità
Gel, solido compatto	2
Liquido non volatile, cristalli	5
Gas, vapore, liquido volatile, polvere fine	10

Temperatura di processo <i>T</i>	
Categorie di Rischio	Valore di Pericolosità
$T_u \leq 0,3T_{eb}$	2
$0,3T_{eb} < T_u \leq 0,7T_{eb}$	5
$0,7T_{eb} < T_u$	10

Quantità utilizzata <i>Q</i>	
Categorie di Rischio	Valore di Pericolosità
$Q < 1 g$ o $Q < 1 ml$	2
$1 g$ o $1 ml \leq Q \leq 50 g$ o $50 ml$	5
$Q > 50 g$ o $50 ml$	10

Tempo di manipolazione <i>E</i>	
Fattore di Rischio	Valore di Pericolosità
Frazione giornaliera	<i>minuti</i> /480

Frequenza di utilizzo <i>F</i>	
Fattore di Rischio	Valore di Pericolosità
Frequenza di utilizzo	<i>giorni</i> /200

Tab. 10

Sostituendo nell'algorithmo di valutazione i dati di interesse della tabella precedente, per ogni sostanza i -esima utilizzata si ottiene un certo valore del livello di esposizione L_{c_i} ; tutti i valori L_{c_i} vengono sommati tra loro per ottenere il valore di esposizione totale L_c di ogni specifico operatore. Se in base ai parametri utilizzati in questa analisi si verifica che il livello di esposizione complessiva L_c di un lavoratore è inferiore a 1 allora si può affermare che le misure di prevenzione e protezione in atto sono sufficienti per contenere il fattore di rischio; in questo caso la situazione è certificata come sotto controllo non essendoci gravi rischi per la salute. Pertanto, in queste condizioni, i lavoratori verranno classificati come *non esposti* o, in misura preventiva, come *potenzialmente esposti* per cause accidentali senza la necessità di dover essere iscritti nel registro degli esposti al rischio cancerogeno. Viceversa se, in base ai parametri utilizzati nella presente analisi, il livello di esposizione complessiva L_c del lavoratore è maggiore a 1, allora l'operatore in questione sarà classificato come operatore *esposto* e di conseguenza verrà applicato l'obbligo di iscrizione al registro. Dunque:

Livello di esposizione di ogni singola sostanza L_{c_i} per lavoratore	
$L_{c_i} \geq 1$	Esposto
$L_{c_i} < 1$	Non esposto/Potenzialmente esposto
Livello di esposizione complessiva L_c per lavoratore	
$L_c \geq 1$	Esposto
$L_c < 1$	Non esposto/Potenzialmente esposto

Tab. 11

4.1.1 Identificazione

L'Unione Europea, secondo il regolamento CLP (*Classification, Labelling and Packaging*) in vigore dal 20/01/2009, classifica le sostanze cancerogene in tre diverse categorie, quali:

Categoria 1A	Sostanze di cui sono noti gli effetti cancerogeni per l'uomo
Categoria 2B	Sostanze di cui si presumono gli effetti cancerogene per l'uomo
Categoria 2	Sostanze di cui si sospettano gli effetti cancerogeni per l'uomo

Tab. 12

Ad ogni delle precedenti categorie sono associati pittogrammi e indicazioni di pericolo disposti sulle etichette relative alle sostanze utilizzate in base alla propria categoria associata. Tali specifiche sono riportate nella Tabella 13.

Categoria	Pittogramma	Avvertenza	Indicazione di rischio
1A	 Carc. 1A	<i>Pericolo!</i>	Può provocare il cancro (<i>indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo</i>)
1B	 Carc. 1B	<i>Pericolo!</i>	Può provocare il cancro (<i>indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo</i>)
2	 Carc. 2	<i>Attenzione!</i>	Sospettato di provocare il cancro (<i>indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo</i>)

Tab. 13

In base alla categoria di appartenenza viene definito l'agente cancerogeno; l'Unione Europea lo definisce come:

- Una sostanza che risponde ai criteri relativi alla classificazione quali categorie cancerogene 1A o 1B;

- Una miscela contenente una o più sostanze di cui al punto precedente, quando la concentrazione di una o più delle singole sostanze risponde ai requisiti relativi ai limiti di concentrazione [11].

La classificazione di cancerogenicità di una miscela secondo il CLP è:

Classificazione sostanza	Limiti di concentrazione	Classificazione miscela
Cancerogene Categoria 1A o 1B	$\geq 0,1\%$	Cancerogena Categoria 1A o 1B
Cancerogene Categoria 2	$\geq 1,0\%$	Cancerogena Categoria 2

Tab. 14

4.1.1.1 Scheda informativa sugli agenti cancerogeni

Il responsabile del laboratorio, prima di decidere l'introduzione e l'uso di un nuovo agente chimico potenzialmente cancerogeno, collabora con il Servizio di Protezione e Prevenzione (*SPP*) in modo da valutarne la pericolosità, le modalità con cui viene utilizzato, i rischi ambientali e per la salute degli operatori. Il Servizio di Protezione e Prevenzione, coadiuvato dal medico competente, effettua poi la Valutazione dei Rischi; se la valutazione portasse ad un esito di rischio *irrilevante* per la salute si procederebbe all'acquisto. Viceversa se il rischio venisse valutato *non irrilevante* per la salute si attiverebbero misure di protezione adeguate, quali la sorveglianza sanitaria, l'adozione di misure di protezione individuale e la formazione degli addetti per poi procedere all'acquisto. Se invece il rischio venisse ritenuto *non accettabile*, non si procederebbe all'acquisto motivando la scelta e valutando la possibilità di usare un agente alternativo. Nel caso in cui la valutazione garantisca la sicurezza necessaria per effettuare l'acquisto, il responsabile del laboratorio attiverebbe la procedura di acquisto dell'agente chimico secondo quanto previsto dall'agenzia; in fase di ordine viene quindi richiesta la Scheda Dati di Sicurezza (*SDS*) del prodotto al fornitore, un documento legale in cui vengono elencati tutti i pericoli per la salute e la sicurezza dell'uomo e dell'ambiente di un prodotto chimico. In particolare vi sono elencate le componenti, il produttore, i rischi durante il trasporto, le indicazioni per lo smaltimento, i limiti di esposizione e i dispositivi di protezione individuale da indossare per chi ne entra in contatto. Il responsabile del laboratorio valuta la *SDS* così che, in caso di rilievo di problematiche di sicurezza del prodotto peggiorative rispetto a quanto già valutato preventivamente, avvisi il *SPP* per le considerazioni del caso. Il responsabile del laboratorio deve inoltre garantire che i lavoratori siano formati e informati circa i rischi identificati nelle *SDS* e nella valutazione del rischio cancerogeno. Un'ulteriore mansione del responsabile del laboratorio è

quella di attuare misure precauzionali, supportato dal SPP e in base alle informazioni ricevute tramite la SDS, per le corrette operazioni di:

- approvvigionamento: bisogna ridurre al minimo le quantità di tutti i prodotti presenti, siano essi coinvolti nella lavorazione o meno;
- stoccaggio: è necessario adibire allo stoccaggio aree dedicate e ben attrezzate oltre che verificare annualmente lo stato generale dei depositi;
- impiego e manipolazione: è fondamentale segregare l'ambiente di lavoro, mantenere i residui di prodotti utilizzati nei recipienti originali, curare con la massima attenzione la correttezza dell'etichettatura e utilizzare sistemi di raccolta e inertizzazione in caso di perdite o sversamenti, DPI idonei e dispositivi di emergenza per un pronto intervento;
- smaltimento: bisogna minimizzare e mantenere il più possibile separati gli scarti di lavorazione;
- istruzioni operative: è essenziale elaborare norme di comportamento sia generali che specifiche per ridurre al minimo la probabilità di accadimento di eventi indesiderati;
- formazione: alla base di un'efficace prevenzione è un'adeguata formazione, informazione ed addestramento del personale [10].

Dunque a supporto dell'algoritmo discusso nel Paragrafo 4.1 è necessario fornire una scheda informativa per la quale vengono compilati diversi campi fra cui quelli di cui appena trattato: area operativa di appartenenza, nome dell'agente cancerogeno, fasi di rischio dell'agente, descrizione dell'attività svolta, frequenza di utilizzo (espressa in *giorni/anno*), tempo di manipolazione (espresso in *minuti/giorno*) e altri consultabili in Figura 2.

STRUTTURA: _____			
LABORATORIO: _____			
LINEA ANALITICA: _____			
1. Nome agente: _____		Numero CAS: _____	
<input type="checkbox"/> cancerogeno		<input type="checkbox"/> mutageno	
Altre frasi di rischio: _____	_____	Valore limite (ppm)	_____
2. Personale addetto (nome, cognome, qualifica): _____			
3. Gruppo omogeneo di appartenenza: _____			
4. Possibilità di sostituire l'agente utilizzato con uno meno pericoloso: <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no, perché?			
5. Possibilità di ridurre i quantitativi manipolati dell'agente: <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no, perché?			
6. Possibilità di ridurre i quantitativi stoccati dell'agente: <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no, perché?			
7. Luogo di stoccaggio	_____	Quantitativo stoccato	_____
8. Modalità di stoccaggio: _____			
9. Possibilità di ciclo chiuso: <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no, perché?			
10. Altri sistemi di prevenzione/protezione adottati: _____			
11. Esistono fasi lavorative che <i>non</i> possono essere effettuate sotto coppa: <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no, perché?			
12. D.P.I. utilizzati: _____			
13. Informazione/formazione degli operatori: <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no, perché?			
14. Descrizione dettagliata dell'attività svolta con l'agente utilizzato:			
Fase 1: _____			
Fase 2: _____			
Fase 3: _____			
	Fase 1	Fase 2	Fase 3
15. Luogo di utilizzo			
16. Stato fisico della sostanza			
17. Frequenza della manipolazione (<i>giorni/anno</i>)			
18. Durata del ciclo lavorativo (<i>minuti/giorno</i>)			
19. Quantitativo impiegato per singola manipolazione (<i>mg o ml</i>)			
20. Temperatura di utilizzo della sostanza (<i>°C</i>)			
21. Uso di dispositivi di protezione collettiva conformi	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no
22. Quali fasi dell'attività sono da ritenersi a suo giudizio più pericolose? _____			
23. A seguito delle risposte:			
a) giudica l'utilizzo dei cancerogeni: <input type="checkbox"/> sicuro <input type="checkbox"/> a rischio <input type="checkbox"/> non so			
b) giudica migliorabile la situazione? <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no, perché?			
c) giudica il rischio di esposizione complessivamente: <input type="checkbox"/> basso <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> alto			
24. Osservazioni: _____			
Il Lavoratore		Il Dirigente/Responsabile	
_____		_____	
Data			

Fig. 2

4.1.1.2 Fattori di incertezza

Esistono tre generiche fonti di incertezza relativa all'analisi dei rischi cancerogeni quali: l'incertezza dovuta al modello, quella dovuta ai dati e quella relativa alla qualità generale dell'analisi. L'incertezza sulla modellazione è legata alla semplificazione e rappresenta una misura del grado con cui il modello non riesce a rappresentare accuratamente la realtà; l'incertezza dei parametri risiede nell'input del modello, quindi nella raccolta delle informazioni ed è dovuta a dati incompleti, a compilazioni errate e potenzialmente a causa dell'operatore che potrebbe mancare di conoscenza. D'altra parte, l'incertezza derivata dalla qualità dell'analisi include principalmente due aspetti: la completezza e il dettaglio di tutti i possibili pericoli. È importante precisare che è impossibile per chi effettua la valutazione considerare tutti i possibili eventi, così come richiedere all'analista di proseguire la valutazione tenendo conto di tutti gli aspetti identificati a causa del gran numero di eventi individuabili; è per questo motivo che è tenuto ad identificarne solo un set rappresentativo per la prosecuzione della valutazione. In questo caso, l'incertezza della valutazione è dovuta al contributo di *rischio ignorato* dovuto agli eventi esclusi nell'analisi. Per l'incertezza del modello e delle stime è possibile utilizzare metodi matematici testati per analizzare quantitativamente e controllare la suddetta incertezza; in assenza di un metodo quantitativo, è possibile usufruire di studi di sensibilità o di controllo di qualità nell'applicazione delle tecniche analitiche.

4.1.2 Misure di prevenzione e protezione

Ai sensi del D.Lgs. 81/2008, le misure preventive sono definite come *il complesso delle disposizioni o misure necessarie anche secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, per evitare o diminuire i rischi professionali nel rispetto della salute della popolazione e dell'integrità dell'ambiente esterno.* Fondamentalmente, si vogliono adottare misure preventive per evitare o ridurre la possibilità di incidenti che possono causare danni ai lavoratori. Come già espresso nel Paragrafo 4, nel caso degli agenti cancerogeni, la più importante misura di prevenzione dell'esposizione sarebbe la sostituzione di tali agenti con altri non pericolosi per la salute o meno pericolosi nelle condizioni di utilizzo. Un'altra misura possibile è la modifica delle procedure lavorative; nel caso in cui non fosse possibile, il datore di lavoro è obbligato ad adottare misure tecniche, organizzative e procedurali per ridurre al minimo il numero di lavoratori esposti e diminuire a valori più bassi possibili durata e intensità di esposizione dei lavoratori. Esempi di adozione di misure tecniche, organizzative e procedurali possono essere l'utilizzo del cosiddetto sistema di lavorazione a *ciclo chiuso*, caratterizzato dall'assenza di scambio di materiale con l'ambiente circostante e dal controllo remoto da parte dei dipendenti, l'impiego di agenti cancerogeni in quantità non superiori al volume di produzione così da evitare pericolosi accumuli nelle postazioni di lavoro, l'isolamento dei processi rischiosi in aree contrassegnate e accessibili solo al personale autorizzato. Importante sono anche la regolare e sistematica pulizia dei locali, delle attrezzature e degli impianti in conformità ai requisiti delle SDS e la conservazione, la manipolazione, il trasporto e lo smaltimento dei prodotti cancerogeni in condizioni di totale sicurezza. Come già discusso, altrettanto fondamentali alla prevenzione dei rischi risultano essere l'informazione e la formazione dei lavoratori esposti o potenzialmente esposti; i datori di lavoro devono assicurarsi che i lavoratori siano pienamente informati e

formati in merito alla tipologia di agenti cancerogeni presenti nel ciclo di lavoro, ai rischi per la propria salute e alle misure preventive da attuare al fine di evitare o ridurre l'esposizione. Ovviamente attività di informazione e formazione vengono effettuate prima di assegnare ai lavoratori una qualsiasi attività con rischi di esposizione da agenti cancerogeni anche se minimi; tali attività devono essere ripetute ogni 5 anni o anche meno nel caso in cui vengono a verificarsi cambiamenti e/o modifiche tali da influire sulla natura dei rischi.

Contrariamente alle misure preventive, le misure di protezione non servono a ridurre i rischi, ma a ridurre il grado di danno causato dall'esposizione al pericolo.

Le misure di protezione possono essere:

- collettive: proteggono contemporaneamente tutti i lavoratori nello stesso ambiente (*DPC*);
- personali: proteggono il lavoratore che ne usufruisce, solitamente si fa riferimento ai dispositivi di protezione individuale (*DPI*).

Le principali misure di protezione collettiva comprendono la ventilazione e l'aspirazione localizzata dell'aria. La ventilazione generale consente il ricircolo dell'aria nell'intero ambiente di lavoro, tuttavia la ventilazione generale non riduce la quantità totale di inquinanti nell'aria, ma ne riduce esclusivamente la concentrazione. L'aspirazione localizzata cattura invece gli inquinanti nel punto di emissione prima che raggiungano lo spazio vitale del lavoratore; una volta catturati, gli inquinanti vengono estratti dall'ambiente e contemporaneamente viene immessa aria pulita dall'esterno. Dunque, l'aspirazione localizzata dell'aria può garantire una protezione migliore rispetto alla ventilazione generale. È possibile che i rischi di esposizione permangano sebbene vengano adottate misure preventive e protettive; a conseguenza di ciò i datori di lavoro sono obbligati a fornire DPI adeguati per i lavoratori esposti. Così come i datori di lavoro d'altra parte i lavoratori sono obbligati a indossare i DPI fornitigli; di seguito sono elencati i più utilizzati [12].

DPI per le vie respiratorie		
Facciale filtrante	È costituito da un unico elemento di materiale filtrante, indicato dalla sigla FFP; può essere munito di valvola di espirazione.	
Semimaschera	La semimaschera copre solo naso e bocca.	
Pieno facciale	Il pieno facciale copre invece tutto il viso. Può essere dotato di uno o due filtri.	
DPI per gli arti superiori		
Guanti	Costituiscono una barriera tra la cute e gli agenti chimici; la protezione si basa sulla resistenza alla penetrazione. I guanti possono essere monouso o riutilizzabili.	
DPI per gli arti inferiori		
Stivali	Proteggono i piedi e/o le gambe da liquidi nocivi. Comprendono scarpe e stivali, costituiti da materiali impermeabili e muniti di soles antiscivolo.	
DPI per gli occhi e il viso		
Occhiali	Proteggono gli occhi contro schizzi di liquidi. Gli occhiali a mascherina proteggono anche le cavità oculari e possono essere indossati sopra gli occhiali da vista.	
Visiera	La visiera, oltre che proteggere gli occhi, copre l'intero volto. Può essere montata su un elmetto o fissata direttamente alla testa.	
Schermo	Si impiega durante la saldatura; la superficie è composta da una parte metallica e da una lastra. Lo schermo può essere sostenuto a mano o integrato con apposito casco.	

Tab. 15

È possibile che i DPI siano monouso o riutilizzabili; nel secondo caso, devono necessariamente essere riposti in luoghi idonei, separati da abiti civili, puliti e ispezionati dopo ogni utilizzo, al fine da costatarne possibili difetti o deterioramenti così da poter ripararli o, se necessario, sostituirli con nuovi modelli.

4.1.2.1 Trattamento e monitoraggio

Lo scopo del trattamento e del monitoraggio sul posto di lavoro circa il livello di rischio di esposizione ad agenti cancerogeni è determinare il livello di rischio in un determinato periodo di tempo e per uno specifico ruolo lavorativo; un piano di monitoraggio è la risposta alle domande relative alla comprensione di come cambia lo stato di salute di un lavoratore nel tempo in relazione alla propria mansione. Parallelamente dunque si eseguono azioni di prevenzione e protezione, di cui trattato in precedenza, a seconda dei risultati ottenuti mediante trattamento sanitario e monitoraggio ambientale e biologico.

4.1.2.1.1 Monitoraggio ambientale

Scopo del monitoraggio ambientale è stimare la contaminazione dell'ambiente e delle superfici da parte di sostanze potenzialmente pericolose per i lavoratori. La concentrazione aerodispersa è un indicatore della qualità dell'aria nell'ambiente mentre la contaminazione della superficie può indicare l'efficacia delle procedure di pulizia e disinfezione. Il monitoraggio ambientale può essere effettuato analizzando diversi campioni: aria, superficie di lavoro, materiali, strumenti o indumenti. Nel caso di attività lavorative che prevedano l'utilizzo di agenti cancerogeni nel ciclo produttivo vengono utilizzate tecnologie che consentono il rilevamento in aria e sulle superfici per il monitoraggio di specifici reagenti; tale monitoraggio consentirà di verificare l'efficacia delle misure di contenimento adottate e la correttezza delle procedure operative attuate al fine di eliminare o ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori [13]. Il monitoraggio ambientale per valutare il livello di esposizione a sostanze pericolose è un'attività che non può sostituire le tecniche di prevenzione e protezione della salute e sicurezza dei lavoratori, per cui prima di effettuare un monitoraggio ambientale, è necessario attuare le dovute operazioni previste e necessarie quali: la valutazione del rischio, la protezione e le misure di emergenza, far sì che l'uso di agenti e il numero di lavoratori che ne fanno uso sia limitato il più possibile, informare e formare gli operatori. Lo scopo del monitoraggio ambientale è quello di individuare la presenza di situazioni di rischio per gli operatori al fine di poter implementare misure preventive e protettive ritenute necessarie per mantenere il livello di rischio *accettabile*. È possibile definire *accettabile* il livello di rischio nel momento in cui dal monitoraggio ambientale si apprende che la presenza di agenti pericolosi non supera i valori limiti imposti per i quali si avrebbero effetti negativi per la salute del lavoratore.

4.1.2.1.2 Trattamento sanitario

La sorveglianza sanitaria viene effettuata in base al rischio specifico valutato per ogni singolo lavoratore. Nel D.Lgs. 81/2008, per *sorveglianza sanitaria* si intende l'insieme dei comportamenti sanitari volti a tutelare la salute e la sicurezza dei lavoratori, in relazione all'ambiente di lavoro, ai fattori di rischio professionale e alle procedure per lo svolgimento delle attività lavorative. La sorveglianza sanitaria comprende:

- una visita medica preventiva volta alla valutazione dell'idoneità del lavoratore alla specifica mansione richiesta;
- visite mediche periodiche per controllare lo stato di salute dei lavoratori nel tempo; la frequenza di tali accertamenti, se non specificata dalla normativa, è generalmente di una volta all'anno. A discrezione del medico competente, la frequenza può subire variazioni;
- visite mediche eseguite su richiesta di un lavoratore qualora il medico responsabile ritenga il peggioramento di salute correlato ai rischi professionali;
- una visita medica preventiva al cambio di lavoro per verificare l'idoneità alla nuova mansione;
- una visita medica al momento della cessazione del rapporto lavorativo [14];

In caso di esposizione a sostanze cancerogene, se i risultati della valutazione del rischio mostrano che, rispetto alle variabili considerate (tipologia di agente, quantità, modalità d'impiego, misure generali di prevenzione e protezione adottate, ecc.), viene superata la soglia per la quale il rischio non è più considerato *irrilevante*, la sorveglianza sanitaria diviene obbligatoria.

I lavoratori considerati *esposti* o *potenzialmente esposti* sono iscritti nel registro degli esposti al rischio; tale registro elenca le attività che ciascuno di loro svolge, gli agenti cancerogeni utilizzati e il valore noto dell'esposizione alla sostanza. Il registro è istituito e aggiornato dal datore di lavoro ed è accessibile al responsabile del servizio di prevenzione e protezione e ai rappresentanti per la sicurezza.

Oltre che per i motivi di sopra elencati, il trattamento sanitario può essere richiesto anche dal datore di lavoro qualora lo ritenesse necessario; mediante tale approccio è possibile superare alcune criticità tra cui la mancata considerazione di importanti elementi durante l'analisi di valutazione della necessità del trattamento sanitario come quello della suscettibilità all'esposizione di ogni singolo operatore. Pertanto, una ragionevole valutazione del rischio deve considerare non solo l'esposizione alla sostanza, ma anche il meccanismo d'azione dell'agente sull'individuo su base immuno-allergica o metabolica. Sfortunatamente, quest'ultima variabile è piuttosto complessa e difficile da parametrizzare con l'algoritmo e le valutazioni analitiche proposte nei paragrafi precedenti [10].

4.1.2.1.3 Monitoraggio biologico

In termini generali, il monitoraggio biologico può essere definito come la valutazione e la misurazione degli agenti chimici presenti sul luogo di lavoro. Lo scopo del monitoraggio biologico è valutare l'esposizione e i rischi per la salute dei lavoratori confrontando i valori ottenuti con opportuni valori di riferimento; a far da indicatori sono i risultati delle misurazioni ottenute dall'analisi dell'agente chimico, dai cambiamenti rilevati durante la sua manipolazione e dalle modifiche biochimiche risultanti. Nel caso di lavoratori esposti a sostanze cancerogene, questi fungeranno da *mezzi di trasporto* per l'agente mediante sangue, urina e aria espirata; la parte effettivamente ottenuta dai mezzi biologici dell'individuo per l'analisi costituisce il *campione*. I risultati della misurazione consentono di determinare il livello di esposizione di un individuo e dedurre se il lavoratore si trovi in una situazione che rappresenta una minaccia per la propria salute. I risultati del controllo biologico forniscono quindi informazioni sull'esposizione attuale dei lavoratori e sui potenziali rischi per la loro salute in determinate condizioni, piuttosto che informazioni sul loro stato di salute futuro. Per il monitoraggio biologico è possibile utilizzare sostituti cutanei, delle superfici assorbenti poste a diretto contatto con la pelle durante la fase di lavoro e che vengono contaminate dall'agente in quanto sostitute della pelle dei lavoratori. Nonostante l'assenza di linee guida che permettano di seguire uno specifico protocollo, l'OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) ha stabilito dei criteri circa la suddivisione del corpo in aree anatomiche, la superficie minima di area anatomica cui applicare i sostituti cutanei o la loro collocazione approssimativa. Dopo l'esposizione i sostituti cutanei vengono rimossi e l'agente chimico viene estratto cosicché la soluzione possa essere analizzata. Spesso metodi diretti di questo tipo possono presentare una serie di limitazioni e

l'interpretazione dei dati può provocare notevoli difficoltà a causa, come detto, della mancanza di protocolli per ogni specifica situazione [10].

5 Conclusioni

Lo scopo del presente lavoro è stato quello di fornire le conoscenze necessarie per un'adeguata valutazione del rischio, specificatamente per quello relativo all'esposizione ad agenti cancerogeni. Un'opportuna valutazione viene effettuata, come discusso, seguendo e rispettando meticolosamente precise linee guida e normative nazionali e internazionali, come quelle relative all'etichettatura e alla corretta manipolazione degli agenti cancerogeni con l'utilizzo di idonei DPI e l'impiego di efficaci DPC e avvalendosi di metodologie, analisi, approcci e valutazioni esistenti che possono considerare un ampio range di realtà, come nel caso delle misure di prevenzione e protezione e di trattamento e monitoraggio.

Bibliografia e Sitografia

- [1] ISO 31000, *Risk Management – Principles and guidelines*, International Organization for Standardization, 2009, aggiornato nel 2018
- [2] ISO 31010, *Risk Management – Risk assessment techniques*, International Organization for Standardization, 2009
- [3] M. Carbonelli, *Gestione del rischio: dagli standard ISO alle applicazioni per i sistemi a supporto delle decisioni*, www.safetysecuritymagazine.com
- [4] B. Sasso, *Coordinatore CTS - Manutenzione & Asset Management*, www.manutenzione-online.com
- [5] L. Schiavina e G. Butti, *L'analisi dei rischi. Un approccio con logica Fuzzy*, www.ictsecuritymagazine.com
- [6] F. Petrocco, *Corso base di specializzazione in prevenzione incendi, Valutazione qualitativa del rischio in rapporto agli obiettivi di sicurezza – Individuazione delle misure di compensazione*, www.ingegneriteramo.it
- [7] Ufficio stampa del Punto Sicuro, *Gli strumenti per determinare e quantificare il rischio residuo*, www.puntosicuro.it
- [8] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), *Criteri di valutazione dei rischi ed esempi di valutazione*, www.isprambiente.gov.it
- [9] A. Citterio, *Pianificazione, identificazione e analisi dei rischi, come farle in modo corretto*, www.riskmanagement360.it
- [10] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), *Linee guida per la valutazione del rischio da esposizione ad agenti chimici pericolosi e ad agenti cancerogeni e mutageni*, www.isprambiente.gov.it
- [11] B. Gorelli, *Prevenzione e sicurezza nei laboratori- Sostanze pericolose: agenti chimici e agenti cancerogeni e mutageni*, <https://www.dsv.unisi.it>
- [12] L. Lambertucci, *Manuale della sicurezza*, www.disva.univpm.it

- [13] Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL),
Conoscere il rischio – Monitoraggio ambientale, www.inail.it
- [14] Redazione Gruppo Maurizi, *Visita medica preventiva, quando eseguirla*,
www.gruppomaurizi.it