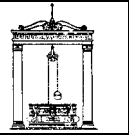


**Università degli Studi di Roma “La Sapienza”
Cattedra di Sicurezza degli Impianti Industriali**

Dispensa 10

Alcuni Metodi di Analisi dei Rischi

Autori: L.Fedele	Nome File: Dispensa 10	Revisione: n. 3 del 19/3/04	Pagina: 1 di 28
---------------------	---------------------------	--------------------------------	--------------------



INDICE

1. METODI DI ANALISI DEL RISCHIO

1.1 CLASSIFICAZIONE DEI METODI

1.2 SCHEMA LOGICO DELL'ANALISI DEI RISCHI

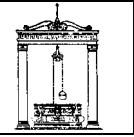
1.3 METODOLOGIE DI ANALISI DEI RISCHI

1.3.1 METODO PROPOSTO DALLA NORMA UNI EN 1050

1.3.2 METODO PROPOSTO DALLO STANDARD MIL-STD-882C

1.3.3 METODO PROPOSTO DALL'AISS

1.3.4 AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS)



1. METODI DI ANALISI DEL RISCHIO

1.1 Classificazione dei Metodi

In letteratura esistono diversi metodi finalizzati all'analisi del rischio. In generale si può affermare che ne esistono due tipi:

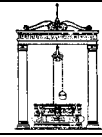
- Metodo induttivo: si ipotizza il guasto del componente procedendo poi ad un'analisi volta ad identificare gli eventi che tale guasto potrebbe causare;
- Metodo deduttivo: si ipotizza l'evento finale per risalire agli eventi che potrebbero causarlo.

Volendo "classificare" i metodi di analisi del rischio in un altro modo questi si possono distinguere in:

- Metodi quantitativi: si basano sull'analisi quantitativa del rischio $R = f(P, D)$, in cui:
 - la funzione f può assumere una forma anche complessa, che tenga conto della maggior parte dei parametri che intervengono nella nascita e nello sviluppo del rischio, quali: fattore umano, materiali, macchina, processo e ambiente;
 - vengono considerati, oltre alla probabilità di accadimento e gravità del danno, anche altri fattori quali: estensione del danno, frequenza e durata di esposizione, possibilità di evitare o limitare il danno, ecc.

Tale tipologia di valutazione viene effettuata quando si vuole valutare il rischio in modo molto dettagliato e analitico, lasciando poco spazio alla soggettività del valutatore.

- Metodi qualitativi: tali modelli non utilizzano espressioni matematiche del tipo $R = f(P, D)$ per valutare i diversi rischi, ma effettuano un'analisi qualitativa verificando la conformità alle norme vigenti (leggi, decreti o norme di buona tecnica). Il punto di arrivo è un giudizio qualitativo della situazione che si sta valutando.
- Metodi semi-quantitativi (o semi-qualitativi): si basano su un'analisi quantitativa, in cui il rischio è $R = f(P, D)$, ma con approccio leggermente semplificato. I dati a disposizione sono quelli rilevati al momento dell'indagine ed i parametri di confronto sono quelli che prescrivono le norme tecniche, dipendenti sempre dalla probabilità di accadimento e del danno conseguente.
- Metodi multi-criterio: consentono di prendere in considerazione contemporaneamente diversi fattori attraverso la formulazione del problema decisionale in una struttura gerarchica. Essi senza perdere di rigore quantitativo



e senza ridurre i fattori di analisi coinvolti, mantengono una visione sintetica della percezione del rischio. Un approccio di questo tipo appare in grado di fornire una metodologia flessibile e di facile comprensione con cui analizzare i pericoli e le loro cause e definire conseguentemente delle azioni correttive congruenti.

1.2 Schema Logico dell'Analisi del Rischio

I vari metodi di valutazione dei rischi si differenziano per scopo, completezza ed utilizzo ma tutti presentano la stessa sequenza di passi logici articolandosi in tre passi principali:

1. Identificazione dei pericoli: si individuano in modo sistematico tutti i pericoli legati all'attività in esame ed i fattori di rischio connessi (in questa fase si usano prevalentemente check-list, dati storici sugli incidenti, casi simili ecc.).
2. Valutazione del rischio: si stima il rischio per ogni pericolo individuato; questa fase comprende anche il giudizio sul grado di accettabilità del rischio stesso.
3. Definizione delle priorità degli interventi correttivi: i pericoli vengono ordinati per valori di rischio decrescenti e per tutti i casi in cui tale livello risulta inaccettabile si individuano azioni correttive adeguate.

In termini analitici il Rischio viene sempre definito come funzione della probabilità di accadimento e della magnitudo (severità del danno) relativi al singolo pericolo attraverso l'espressione:

$$R=f(M,p)$$

R: magnitudo del rischio

M: magnitudo del danno potenziale

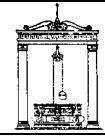
p: probabilità di accadimento del danno

In relazione alla tipologia di rischio da analizzare R è esprimibile in forma quantitativa, semi-quantitativa o, in alcuni casi, soltanto qualitativa.

1.3 Metodologie di Analisi dei Rischi

Nel seguito verranno descritti alcuni metodi elaborati al fine di valutare i rischi.

Autori: L.Fedele	Nome File: Dispensa 10	Revisione: n. 3 del 19/3/04	Pagina: 4 di 28
---------------------	---------------------------	--------------------------------	--------------------



1.3.1 Metodo Proposto dalla Norma UNI EN 1050

La norma UNI EN 1050:1998 “Sicurezza del macchinario - Principi per la valutazione del rischio” fornisce le linee guida per l’identificazione dei pericoli, i criteri per la valutazione del rischio e la selezione di adeguate misure di sicurezza in relazione a rischi e vincoli imposti da fattori di natura tecnica ed economica; quindi descrive una serie di metodologie di analisi associate alla valutazione del rischio sia di tipo quantitativo che qualitativo.

Il metodo approfondito è di natura semi-quantitativa, è stato proposto¹ per l’analisi del rischio nell’utilizzo delle macchine utensili e va ad integrare le prescrizioni della EN 1050 che, proprio per i suoi scopi di carattere generale, non può essere adeguatamente analitica.

Le attività e le operazioni a cui questo metodo si rivolge sono quelle tipicamente svolte sulle macchine utensili e riguardano:

- il prelievo, la movimentazione ed il posizionamento dei pezzi, degli attrezzi, ecc.. eventualmente con l’ausilio di carrelli e/o carroponti;
- la movimentazione, la disposizione ed il montaggio sulla macchina degli utensili necessari alla lavorazione specifica;
- la registrazione, regolazione e programmazione della macchina utensile;
- il comando e governo della macchina, il controllo delle lavorazioni eseguite (visive, strumentali, ecc.);
- il riordino della macchina e del posto di lavoro;
- la manutenzione.

1.3.1.1 Modalità di Applicazione

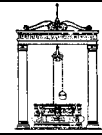
L’analisi proposta si articola principalmente in tre passi successivi:

1. identificazione dei fattori di rischio;
2. valutazione del rischio;
3. selezione delle misure di sicurezza.

1. IDENTIFICAZIONE DEI FATTORI DI RISCHIO;

Questo passo si prefigge lo scopo di individuare tutti gli aspetti delle fasi di lavoro che possono essere fonte di pericolo; in questa fase possono offrire un valido ausilio le liste di controllo (check list). In effetti si tratta di elencare potenziali fattori di rischio (ad es.

¹ “Contributo metodologico per la valutazione del rischio nell’impiego di macchine utensili” M. Lando, R. Macchiaroli, D. Fedele. Impiantistica Italiana, anno IX (1996), pag. 23/32



rumore, sostanze pericolose, contatti elettrici, ecc.) e di analizzarli mediante una lista che passi in rassegna le questioni più importanti relative alla sicurezza.

La stesura delle liste, che sono caratterizzate da semplicità e versatilità d'uso, facilità di aggiornamento e semplicità nella successiva trattazione dei dati, deve avvenire tenendo presenti una serie di riferimenti:

- richieste specifiche della normativa in vigore
- standard internazionali di buona tecnica
- rispondenza al "buon senso" sotto il profilo tecnico-ingegneristico
- standard e leggi specifiche di settori e/o settori particolari

Il processo valutativo comincia individuando ed analizzando tutti i possibili fattori di rischio che scaturiscono dall'uso della macchina. Un valido aiuto, in questa fase conoscitiva, è offerto dall'elenco (ovviamente non esaustivo) riportato nella norma EN 414 "Sicurezza del macchinario. Regole per la stesura e la redazione di norme di sicurezza" che contiene le principali tipologie di rischio presenti nell'utilizzo di macchine insieme con le specifiche norme tecniche di riferimento. Tale lista dovrà essere integrata con la segnalazione di eventi e situazioni che, associati ad un pericolo, possono essere causa di un danno (es. errori umani, erronee procedure di lavoro, avaria ai dispositivi di sicurezza, intralcio tra addetti alle operazioni, ecc.).

In generale la fase di identificazione dei pericoli deve prevedere:

- sopralluoghi presso le stazioni di lavoro, con rilevazioni visive;
- interviste al personale addetto, al medico competente, al responsabile della sicurezza;
- analisi dei dati storici su infortuni avvenuti in azienda.

2. VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Identificati i fattori di rischio connessi con l'utilizzo della macchina si procede alla valutazione del rischio stesso.

La misura del rischio associata a ciascun pericolo è espressa tramite la:

$$R = f(D,A)^2$$

dove:

R = magnitudo del rischio

D = severità del danno

A = probabilità di accadimento del danno

² Si può notare la differenziazione tra i simboli D,A e quelli M,p precedentemente introdotti. Essi pur esprimendo gli stessi concetti mettono in evidenza che le modalità di determinazione di D e A tengono conto della specifica tipologia di rischio in esame

L'aspetto più importante, in questo stadio dell'analisi, è l'oggettivazione della misura del rischio che spesso è affidata a valutazioni meramente qualitative e fortemente dipendenti dalla sensibilità del valutatore.

Di conseguenza il primo passo riguarda l'identificazione dei parametri che influenzano D e A.

Il secondo passo consiste nel calcolo di D e A, in funzione dei valori assunti dai parametri che li influenzano.

Infine il terzo passo prevede l'identificazione del legame funzionale f che consentirà la stima quantitativa del rischio R.

SEVERITA' DEL DANNO: D

La severità del danno è considerata funzione di due parametri:

1. **DP**: massimo danno prevedibile. Misura le conseguenze provocate dall'evento (in termini di effetti temporali dell'infortunio)

Massimo infortunio prevedibile	DP
fino a 3 giorni di invalidità	1
da 4 a 40 giorni di invalidità	2
oltre 40 giorni di invalidità	3

2. **ED**: massima estensione del danno. Misura il numero di persone coinvolte

Massima estensione del danno	ED
individuo singolo	1
due o più individui	2

La valutazione di questi fattori può essere effettuata con l'ausilio di scale semiquantitative come quelle riportate.

PROBABILITA' DI ACCADIMENTO DEL DANNO: A

La probabilità di accadimento del danno è considerata funzione di quattro parametri:

1. **FA:** frequenza di accesso ai luoghi pericolosi

Accesso ai luoghi	FA
saltuario	1
frequente	2
continuo	3

2. **TP:** tempo di permanenza, cioè tempo di esposizione al pericolo

Tempo di permanenza	TP
fino a 5 secondi	1
da 5 a 60 secondi	2
oltre 60 secondi	3

3. **IO:** indice di occorrenza dell'evento che causa il danno, valuta la probabilità di accadimento dell'evento pericoloso

Probabilità dell'evento-causa	IO
bassa	1
media	2
elevata	3

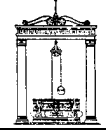
4. **IP:** indice di prevenzione, valuta la possibilità di prevenzione del danno. Quest'ultimo indice è legato al grado di formazione degli addetti, alla idoneità dei dispositivi di protezione individuale, e alla possibilità di evitare il danno una volta che l'evento causante si sia manifestato:

Indice di prevenzione			IP
Formazione	DPI*	Evitabilità del danno	
scarsa	inidonei	molto bassa	1
idonea	idonei	limitata	2

Per tali parametri si possono utilizzare le scale semiquantitative sopra proposte. Per l'effettuazione della vera e propria stima del rischio si può far riferimento alla seguente tabella:



SICUREZZA DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI



VALUTAZIONE DEI RISCHI MACCHINA

PERICOLI	LOCALIZZAZIONE PERICOLI	FATTORI DETERMINANTI LA SEVERITA' DEL DANNO		Severità danno D=f(DP, ED)	FATTORI DETERMINANTI L'ACCADIMENTO DEL DANNO			Accadimento danno A=f(FA, TP, IO, 1/IP)	VALUTAZIONE RISCHIO R=F (D,A)	
		Max danno prevedibile e DP	Max estensione del danno ED		INDICI ESPOSIZIONE		Indice di occorrenza IO			Indice di prevenzione e IO
					Frequenza di accesso FA	Tempo di permanenza TP				
1	Pericoli di natura meccanica									
1.1	Pericoli di schiacciamento									
1.2	Pericoli di impigliamento									
1.3	Pericoli di scivolamento									
1.4	Pericoli di attrito o abrasione									
2	Pericoli di natura elettrica									
2.1	Contatto elettrico									
2.2	Fenomeni elettrostatici									
3	Pericoli di natura termica									
3.1	Superfici radianti									
3.2	Contatto con fiamme									
4	Pericoli generati dal rumore									
5	Pericoli generati da vibrazioni									
6	Pericoli derivanti da radiazioni elettromagnetiche									
6.1	Archi elettrici									
6.2	Laser									
6.3	Radiazioni ionizzanti									
7	Pericoli generati da materiali e sostanze									
7.1	Contatto o inalazione di fluidi, gas fumi e polveri									
7.2	Incendio o esplosione									
8	Pericoli provocati dall'inosservanza dei principi ergonomici									
8.1	Posture errate o sforzi eccessivi									

Autori:
L.Fedele

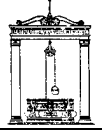
Nome File:
Dispensa 10

Revisione:
n. 3 del 19/3/04

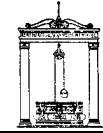
Pagina:
9 di 28



SICUREZZA DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI



8.2	Mancato uso dei DPI									
8.3	Illuminazione insufficiente									
8.4	Errori umani									



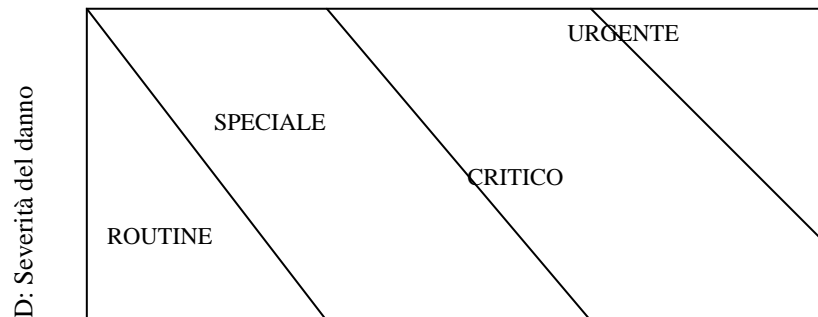
La misura del rischio associato a ciascun pericolo esaminato sarà ricavata attraverso legami funzionali tra i fattori di rischio. Tali legami possono essere di varia natura, possono essere descritti da relazioni matematiche più o meno semplici.

Con riferimento all'impiego di macchine utensili i legami funzionali sono esprimibili, nella maggior parte dei casi, attraverso relazioni matematiche elementari (prodotto).

I legami funzionali quindi devono essere tali da permettere di ottenere valori che rispecchino la situazione reale ed inoltre dovranno tenere conto dei risultati di analisi condotte in merito ad infortuni, della tipologia delle lavorazioni e dei dati storici.

Sulla base di tali considerazioni si potrà scegliere la funzione matematica più idonea alla rappresentazione dei dati e, rappresentandola in forma grafica sarà possibile rendere immediato il concetto di priorità di intervento.

In genere la funzione f consente di costruire una matrice rischio/intervento (Fig. 1) che permette di evidenziare le aree di criticità segnalando, in tal modo, il grado di urgenza degli interventi.



A: Accadimento del danno

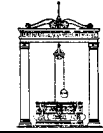
Figura 1: Matrice rischio/intervento

3. SELEZIONE DELLE MISURE DI SICUREZZA

Effettuata la valutazione del rischio e analizzata la priorità degli interventi da eseguire, la riduzione del rischio può avvenire in due direzioni, l'una volta a ridurre la probabilità di accadimento del danno (prevenzione) e l'altra volta invece a contenere le eventuali conseguenze (protezione).

Ciò nonostante la scelta relativa al tipo di intervento da effettuare dovrà seguire rigorosamente la successiva sequenza logica:

1. eliminazione del pericolo
2. riduzione del pericolo



3. riduzione del rischio alla fonte
4. gestione ottimale della situazione pericolo
5. protezione personale
6. informazione-formazione

In generale, quindi, dovranno essere privilegiate quelle misure che consentono la riduzione del rischio alla fonte³.

Per i pericoli che non possono essere eliminati o sufficientemente ridotti si dovrà ricorrere alle “protezioni” (ripari o dispositivi di sicurezza).

1.3.1.2 Pregi e Limiti/Inconvenienti/Difficoltà d’uso

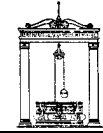
Pregi

- Semplicità di applicazione
- Possibilità di integrare, nella valutazione, fattori che concorrono alla determinazione del rischio tra di loro eterogenei (gravità del danno, formazione del personale, estensione del danno, probabilità del verificarsi dell’evento causa del danno, ecc)
- Possibilità di utilizzare rappresentazioni grafiche che guidino la fase decisionale fornendo, alla direzione aziendale, razionali indicazioni di priorità per una coerente pianificazione degli interventi di prevenzione di prevenzione e/o protezione.

Limiti/Inconvenienti/Difficoltà d’uso

- Questo metodo, così come tutti quelli di natura semi-quantitativa si basa su un’interpretazione “soggettiva” della probabilità basata sul “grado di fiducia” che il valutatore assegna al verificarsi di un evento ed alla gravità delle sue conseguenze. E’ da notare che il termine “soggettivo” non è da considerare come arbitrario ma come “giudizio esperto”, cioè legato al grado di conoscenza e competenza sui molteplici fattori che intervengono e compongono il sistema oggetto di analisi.
- Nell’applicazione in esame non vengono considerati:
 - i rischi derivanti dall’ambiente di lavoro (Layout, illuminazione, rumore, microclima, ecc.);
 - i rischi connessi al fattore umano (adattamento fisico e psichico del lavoratore alla mansione assegnata, organizzazione del lavoro);
- Infine questa metodologia appare poco flessibile infatti è stata espressamente realizzata per essere applicata ai rischi connessi con l’impiego di macchine utensili.

³ La stessa norma UNI EN 292-1:1992 “Sicurezza del macchinario. Concetti fondamentali, principi generali di progettazione. Terminologia, metodologia di base” dedica un intero capitolo a quanto è possibile fare in tal senso in sede di progettazione.



1.3.2. Metodo Proposto dallo Standard MIL-STD-882c

Lo standard MIL-STD-882c (1993) individua un insieme di requisiti per la realizzazione di un programma di sicurezza (System Safety Program) con l'obiettivo di fornire specifiche progettuali e strumenti di controllo operativo, in grado di eliminare i pericoli individuati o, comunque, ridurre il rischio a livelli accettabili. La norma propone anche una metodologia semi-quantitativa per l'identificazione e la valutazione dei pericoli associati ad un generico sistema.

1.3.2.1 Modalità di Applicazione

La valutazione del rischio si basa sulla stima, attraverso l'uso di opportune tabelle:

- della probabilità di accadimento (Tab.1.1);
- della gravità del danno (Tab. 1.2);

Il metodo di stima è particolarmente utile in tutte quelle situazioni, relativamente frequenti, in cui non siano disponibili dati quantitativi.

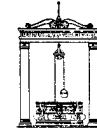
Gli output di questa metodologia sono:

- una matrice di rischio (Hazard Assessment Matrix) (Tab. 1.3);
- un indice di rischio (Hazard Risk Index o HRI) attraverso il quale è possibile individuare le condizioni di maggior criticità (Tab. 1.4) e dare priorità agli interventi correttivi.

Ad oggi, è lo schema maggiormente utilizzato, anche in forme "personalizzate" dall'utilizzatore, in cui vengono di volta in volta modificate le scale di probabilità e gravità oppure i giudizi relativi ai diversi livelli di rischio.

Classe	Descrizione	Frequenza di accadimento	Possibile relazione con dati quantitativi
(A)Frequente	Probabilità di accadimenti frequenti	Alta	$>10^{-1}$
(B)Probabile	Accadimenti ripetuti	↓	$10^{-2} < p < 10^{-1}$
(C)Occasionale	Accadimenti limitati	Media	$10^{-3} < p < 10^{-2}$
(D)Remota	Improbabile ma possibile	↓	$10^{-6} < p < 10^{-3}$
(E)Improbabile	Nessun accadimento durante la vita del sistema	Bassa	$< 10^{-6}$

Tabella 1. 1: Classi di probabilità di accadimento



Categoria	Nome	Descrizione
I	Catastrofico	-Morte -Perdita del sistema
II	Critico	-Infortunio grave -Danno grave al sistema
III	Marginale	-Infortunio lieve -Danno limitato al sistema
IV	Trascurabile	-Nessun infortunio -Nessun danno

Tabella 1. 2: Categorie di gravità del danno potenziale

Frequenza di Accadimento	Categorie di gravità			
	I Catastrofico	II Critico	III Marginale	IV Trascurabile
(A)Frequente	1A	2A	3A	4A
(B)Probabile	1B	2B	3B	4B
(C)Occasionale	1C	2C	3C	4C
(D)Remota	1D	2D	3D	4D
(E)Improbabile	1E	2E	3E	4E

Tabella 1. 3: Matrice di rischio

	Indice di rischio(HRI)	Criteri di azione
	I	Inaccettabile
	II	Indesiderabile(giudizio del management)
	III	Accettabile, controllo
	IV	Accettabile, monitoraggio

Tabella 1. 4: Determinazione dell'indice di rischio



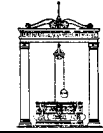
2.3.2.2 Pregi e Limiti/Inconvenienti/Difficoltà d'uso

Pregi

- Semplicità di applicazione.
- Questo metodo risulta particolarmente utile quando non ci sono, a disposizione del valutatore, dati quantitativi.
- La metodologia in esame fornisce una priorità di intervento attraverso un indice di rischio.
- Il metodo proposto è molto flessibile: i fattori che si considerano al fine della valutazione del rischio sono solo la probabilità di accadimento e la gravità del danno potenziale e quindi si ha la possibilità di applicare tale metodologia a situazioni e realtà anche molto diverse tra di loro.

Limiti/Inconvenienti/Difficoltà d'uso

- Il metodo in esame è di natura semi-quantitativa, cioè, come detto, permette la sua applicazione anche nel caso in cui sia difficile od impossibile reperire dati quantitativi. Questa caratteristica costituisce però anche un potenziale limite, infatti il successo o meno dell'applicazione si basa sulla competenza del valutatore e sul grado di conoscenza che egli ha di tutti i fattori che intervengono e compongono il sistema oggetto di analisi.
- Nella metodologia in esame, come già detto, i parametri che vengono considerati sono solo probabilità e gravità, ciò costituisce non solo un pregio, ma anche un limite, infatti nella valutazione del rischio non vengono presi in esame alcuni fattori quali l'ambiente di lavoro, le capacità personali del lavoratore di dominare il rischio, l'adattamento fisico e psichico del lavoratore, ecc.



1.3.3 Metodo Proposto dall'AISS⁴

Alla base di questo metodo vi è la constatazione che gli infortuni sul lavoro sono la risultante di più cause: la statistica e l'analisi mostrano che il verificarsi di un infortunio è dovuto ad una serie di fattori disparati, come un'errata progettazione, il cattivo stato del macchinario, la scarsa pulizia o l'ingombro dei pavimenti, il comportamento individuale, l'assenza di dispositivi di protezione, l'improvvisazione e l'irrazionale organizzazione del lavoro, l'illuminazione ambiente, ecc.

Tutti questi fattori sono riconducibili a tre grandi categorie:

- il materiale o l'attrezzatura di lavoro;
- l'ambiente;
- l'uomo o l'organizzazione del lavoro.

L'impostazione seguita nella guida a cui si fa riferimento prevede una valutazione quantitativa del rischio d'infortunio, effettuata assegnando dei valori numerici ai fattori che rientrano nelle tre categorie considerate.

1.3.3.1 Modalità di Applicazione

Il modello proposto si articola nelle seguenti operazioni successive:

Prima fase: valutazione del rischio globale proprio del posto di lavoro

$$R_g = Ma \times Amb$$

dove:

Ma rappresenta il rischio legato alla "materiale" (macchina)

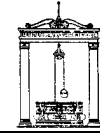
Amb rappresenta l'incidenza dell'ambiente lavorativo

Seconda fase: valutazione della capacità personale dell'individuo di dominare il rischio: *P*

Terza fase: valutazione del rischio d'infortunio:

$$R_{inf} = R_g - kP$$

⁴ "Calcolare da sé il rischio infortunio". A cura del Comitato Internazionale "Sicurezza delle Macchine" dell'AISS e dell'ISPESL, con il sostegno della Commissione Europea. (1998)



Con il coefficiente k si vuole tener conto del fatto che, nella valutazione del rischio d'infortunio, i fattori personali (P) acquistano tanto più rilevanza tanto più elevato è il rischio legato al "materiale".

Quarta fase:

Percezione del rischio: situare il rischio, quantificato come esposto, nella sfera dell'accettabilità.

La prima, la seconda e la quarta fase sono sicuramente le più delicate, l'approfondimento che segue riguarda esclusivamente le prime due: nella legislazione italiana non si richiede il raggiungimento di determinati livelli di sicurezza e quindi la quarta fase è a discrezione dell'azienda.

VALUTAZIONE DEL RISCHIO LEGATO AL MATERIALE

Deriva dal prodotto di quattro fattori:

1 Eventi pericolosi:

- di scarsa conseguenza (urti, tagli superficiali, ecc.)
- gravi (fratture, lesioni profonde, ecc.)
- gravissimi ed irreversibili

Quotazione proposta: $Pd = da 1 a 10$

2 Frequenza e durata dell'esposizione durante il funzionamento della macchina:

- esposizione occasionale ridotta (ad es. macchine automatiche in buone condizioni di funzionamento, ecc.)
- esposizione ciclica frequente (ad es. presse intermittenti, macchine utensili di produzione, ecc.)
- esposizione frequente o continua (ad es. macchine a governo manuale o automatiche ma in uno stato tale da richiedere interventi frequenti, ecc.)

Quotazione proposta: $Ex = da 1 a 10$

2 Probabilità d'occorrenza di un evento pericoloso legato al fattore "materiale"

- bassa (completa inaccessibilità agli elementi pericolosi; dispositivi di protezione pratici e sicuri; ecc.)
- media (dispositivi di protezione integrale ed in buone condizioni di funzionamento, i quali tuttavia assicurano solo una protezione parziale; effettuazione di alcuni interventi in condizioni di sicurezza ridotta, ecc.)

Autori: L.Fedele	Nome File: Dispensa 10	Revisione: n. 3 del 19/3/04	Pagina: 17 di 28
---------------------	---------------------------	--------------------------------	---------------------

- elevata (protezione incompleta; dispositivi di protezione smontati o disattivati, ecc.)

Quotazione proposta: $Pr = da\ 0,5\ a\ 1,5$

1 Probabilità di evitare o di limitare le lesioni

- L'evento pericoloso è nettamente percepibile ed esiste la possibilità di schivarlo (persona preavvisata)
- Occorrenza improvvisa ed inattesa dell'evento pericoloso

Quotazione proposta: $Ev = da\ 0,5\ a\ 1$

Valutazione globale del fattore "materiale"

$$Ma = Pd \times Ex \times Pr \times Ev = da\ 0,25\ a\ 150$$

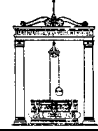
VALUTAZIONE DELL'INCIDENZA DOVUTA ALL'AMBIENTE DI LAVORO

Deriva dalla somma di tre fattori:

1 Ubicazione del posto di lavoro

- il posto di lavoro e le varie zone di lavoro sono situati:
 - sullo stesso livello
 - con differenze di livello permanenti
 - impiego di attrezzi ed accessori (passerelle, scale a piuoli)
- lo spazio di lavoro ed i passaggi sono:
 - sgombri e spaziosi
 - angusti ed ingombrati

Quotazione proposta: $Qa = da\ 0,5\ a\ 1$



2 Ambiente lavorativo

- illuminazione :
 - corretta (sufficiente, ma non abbagliante)
 - insufficiente
- rumore :
 - non disturba (buona percezione dei segnali)
 - disturba
- microclima (temperatura, polveri, umidità, correnti d'aria) :
 - buono
 - dà fastidio, stressante

Quotazione proposta: $Q_b = da\ 0,3\ a\ 0,6$

3 Probabilità d'occorrenza di un evento pericoloso legato al fattore "materiale"

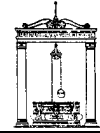
- disposizione dei comandi, dei dispositivi di segnalazione, degli indicativo, delle zone di carico e di rifornimento, ecc.:
 - buona
 - scadente
- sollecitazioni fisiche (sforzi, movimentazione di cariche, ritmo di lavoro, ecc.)
 - leggere
 - pesanti

Quotazione proposta: $Q_c = da\ 0,2\ a\ 0,4$

Valutazione globale del fattore "ambientale"

$$A_{mb} = Q_a + Q_b + Q_c = da\ 1\ a\ 2$$

Autori: L.Fedele	Nome File: Dispensa 10	Revisione: n. 3 del 19/3/04	Pagina: 19 di 28
---------------------	---------------------------	--------------------------------	---------------------



CAPACITA' DELL'INDIVIDUO DI DOMINARE IL RISCHIO

Deriva dalla somma di tre fattori.

1 Qualificazione del personale (in rapporto alla mansione assegnata)

- soggetto qualificato (formazione professionale generale + addestramento specifico sul posto di lavoro) ed esperto
- soggetto qualificato od esperto
- soggetto non qualificato e senza esperienza

Quotazione proposta: $Q = da 10 a 0$

2 Fattori fisiologici

- adattamento fisico e psichico del soggetto alla mansione assegnata
 - buono
 - scadente

Quotazione proposta: $\varphi = da 3 a 0$

3 Organizzazione del lavoro

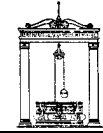
- procedure/ modalità operative/ consegne aventi un riflesso sulla sicurezza
 - formalmente codificate e rigorosamente rispettate
 - codificate, ma non rispettate sistematicamente
 - né codificate né rispettate

Quotazione proposta: $O = da 5 a 0$

Valutazione globale del fattore "uomo" $P + \varphi + O = da 0 a 18$

VALUTAZIONE DEL RISCHIO D'INFORTUNIO

Autori: L.Fedele	Nome File: Dispensa 10	Revisione: n. 3 del 19/3/04	Pagina: 20 di 28
---------------------	---------------------------	--------------------------------	---------------------



Valutazione del rischio globale legato al posto di lavoro:

$$R_g = Ma \times Amb$$

Valutazione del rischio d'infortunio:

$$R_{inf} = R_g - P \frac{Ma}{150}$$

Il coefficiente di ponderazione $\frac{Ma}{150}$ sta a significare che la capacità del soggetto di dominare il rischio varia in funzione del livello di rischio legato al materiale (es. non si metterà un apprendista al lavoro su una macchina di lavorazione del legno pericolosa).

1.3.3.2 Pregi e Limiti/Inconvenienti/Difficoltà d'uso

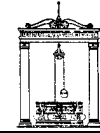
Pregi

- Il metodo in esame risulta molto completo: in esso vengono considerati, come concorrenti alla valutazione del rischio d'infortunio, molteplici fattori di rischio anche notevolmente differenti tra di loro.
- Semplicità di applicazione.
- Questa metodologia fornisce un quadro sintetico e completo della realtà oggetto di studio ed inoltre i risultati ottenuti permettono di programmare gli interventi correttivi (preventivi o protettivi) in base ad una priorità di intervento.

Limiti/Inconvenienti/Difficoltà d'uso

- Il metodo in esame, così come tutti quelli di natura semi-quantitativa e' un valido strumento in tutti quei casi in cui il reperimento dei dati sia difficile od impossibile. Ciò costituisce non solo un pregio ma anche un potenziale limite, infatti la valutazione si basa soprattutto sulla sensibilità e l'esperienza di chi conduce l'analisi.
- Il metodo proposto è poco flessibile; esso infatti è stato espressamente realizzato per essere applicato ai rischi derivanti dal "rapporto uomo-macchina".

Autori: L.Fedele	Nome File: Dispensa 10	Revisione: n. 3 del 19/3/04	Pagina: 21 di 28
---------------------	---------------------------	--------------------------------	---------------------



1.3.4 AHP (Analytic Hierarchy Process)

L'AHP (Analytic Hierarchy Process) è una metodologia sviluppata da Saaty negli anni ottanta la cui robustezza e flessibilità hanno reso possibile il suo utilizzo in svariati settori anche molto diversi tra loro; esso è un metodo di analisi decisionale multicriterio che consente di valutare le priorità di azioni che possono essere a seconda dei casi: programmi, strategie di intervento, piani, progetti, ecc.

Un processo decisionale si chiama multicriterio quando le decisioni debbono essere prese tenendo conto contemporaneamente di diversi fattori, i criteri, su cui le alternative devono essere valutate: non ci si può limitare a scegliere l'alternativa che ottimizzi un solo fattore ma bisogna tener conto di tutti i fattori.

Nell'applicazione di tale metodo si formula il problema decisionale in una struttura gerarchica e si definiscono le priorità dei suoi elementi, ad ogni livello, comparando la loro reciproca importanza (o verosimiglianza) rispetto ad un attributo comune.

I confronti vengono effettuati attraverso un processo sequenziale di paragoni a coppie, utilizzando una scala linguistica e/o numerica.

Il motivo centrale di questa metodologia è la maggior affidabilità dei giudizi relativi rispetto a quelli assoluti, ed in tal senso l'AHP favorisce l'integrazione di valutazioni oggettive e soggettive, quantitative e qualitative, e sfrutta l'ampio spettro delle informazioni disponibili.

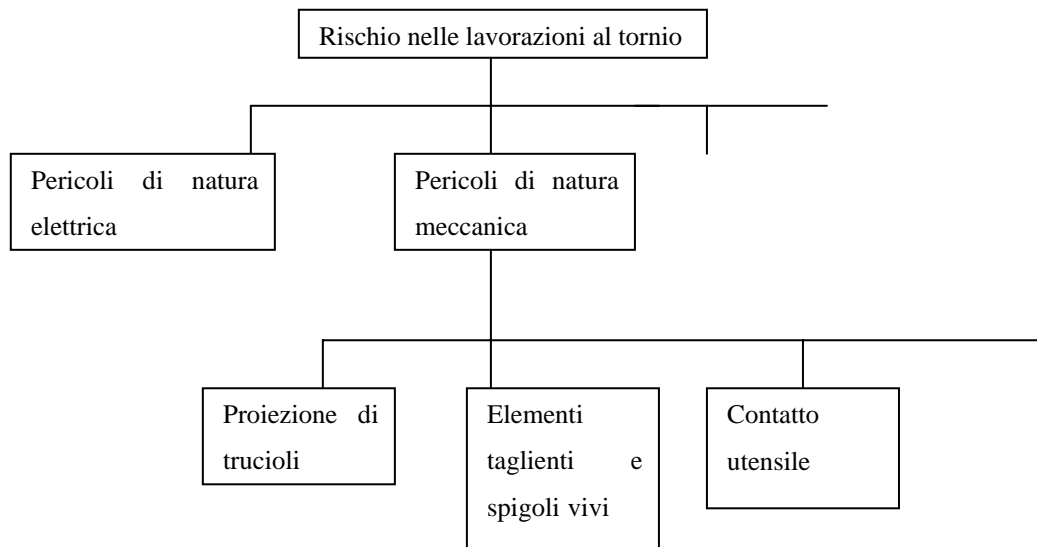
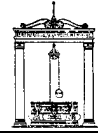
Sebbene il numero dei paragoni a coppie richiesto per la determinazione dei pesi relativi dei pericoli e delle funzioni di verosimiglianza del rischio è ridondante rispetto a quanto strettamente necessario, questa ridondanza di informazioni permette di ottenere una migliore classificazione.

1.3.4.1 Modalità di applicazione

L'applicazione dell'AHP si articola in due fasi ognuna delle quali prevede una serie di passi successivi, nella spiegazione si sono introdotti degli esempi specifici in modo da facilitarne la comprensione:

Fase I: Valutazione del rischio

- In primo luogo si procede alla definizione del problema in termini di struttura gerarchica, attraverso una scomposizione top-down dell'obiettivo di livello superiore. Il livello più alto della gerarchia è l'obiettivo principale, ad esempio il rischio in una determinata lavorazione; gli elementi del o dei livelli intermedi rappresentano le tipologie di pericolo (ad esempio: meccanico, elettrico, chimico...). L'ultimo livello è costituito dalle sorgenti di pericolo (ad esempio: elementi taglienti e spigoli vivi, proiezione di truciolo...).

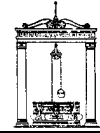


- Si procede individuando l'importanza relativa degli elementi appartenenti ad un determinato livello rispetto al livello superiore. Questa operazione si ripete per ogni livello della gerarchia. A tal fine si realizzano dei confronti a coppie mediante l'utilizzo di una scala numerico-linguistica come quella riportata di seguito.

Giudizi Linguistici	Grado di importanza o verosimiglianza
Ugualmente importante/verosimile	1
Moderatamente più importante/verosimile	3
Sensibilmente più importante/verosimile	5
Molto più importante/verosimile	7
Estremamente più importante/verosimile	9

Valori intermedi possono venire utilizzati per generare ulteriori livelli di discriminazione

Tabella 1. 5: Scala numerico-linguistica



I valori reciproci di quelli riportati in tabella vengono utilizzati per esprimere giudizi opposti ($a_{ji} = 1 / a_{ij}$).

Con riferimento alla gerarchia sopra riportata si ha ad esempio:

Rischio	Cont. Utensile	Proiez. Truc.	Z
Cont. Utensile	1	2	1.7
Proiez. Truc.	1/2	1	1.2
Z	1/1.7	1/1.2	1

ove con Z si è indicata una generica sorgente di rischio.

- Le informazioni derivanti dal confronto a coppie, che forniscono l'importanza relativa tra gli elementi, vengono organizzate in una struttura a matrice (A) ed utilizzate per ottenere i pesi di priorità assoluti (il vettore W) che verranno usati per calcolare la classifica globale delle alternative.

A tal fine si utilizza il *metodo dell'autovalore* (Saaty, 1980):

Data la matrice A, della forma

$$\begin{bmatrix} 1 & & & & & & & \\ & \dots & & & & & & \\ & & 1 & & & & & \\ & & & \dots & & & & \\ & & 1/a_{ij} & & 1 & & & \\ & & & & & \dots & & \\ & & & & & & 1 & \\ & & & & & & & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_i \\ w_j \\ w_n \end{bmatrix} = AW$$

si determinano i valori di priorità degli elementi decisionali, valori corrispondenti all'autovettore w, risolvendo il sistema:

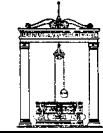
$$A \cdot W = I_{\max} \cdot W$$

dove

I_{\max} : è l'autovalore massimo della matrice A

W: è l'autovettore corrispondente a I_{\max} .

Ogni elemento del vettore W rappresenta il grado di influenza del singolo elemento, del livello al quale appartiene, sul livello superiore nella determinazione dell'indice di rischio finale.



Rischio	Cont. Utensile	Proiez. Truc.	Z	Pesi
Cont. Utensile	1	2	1.7	0.479
Proiez. Truc.	1/2	1	1.2	0.283
Z	1/1.7	1/1.2	1	0.238

- Per ogni sorgente di pericolo si stima la verosimiglianza dei livelli di rischio (A=alto, MA= medio/alto, MB=medio/basso, B=basso) tramite la comparazione a coppie eseguita come esposto sopra. Da questa operazione si evince il livello di rischio di ogni singola sorgente di pericolo ottenendo la funzione di verosimiglianza.

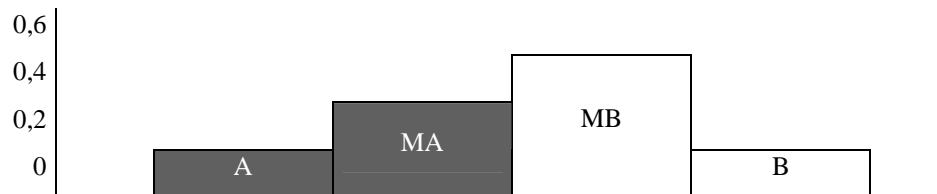


Tabella 1. 6: Proiezione Truciolo - Funzione di verosimiglianza del rischio

- Moltiplicando la funzione di verosimiglianza per il peso relativo ad ogni sorgente di rischio (ottenuti con il metodo dell'autovalore) si ottiene la funzione di rischio di ogni sorgente.

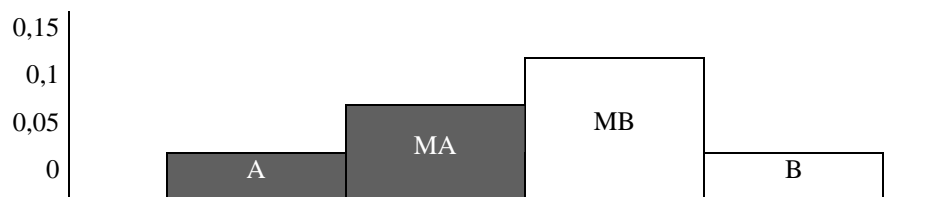
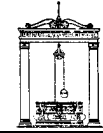


Tabella 1. 7: Proiezione Truciolo - Funzione di rischio

- Le funzioni di rischio di ogni sorgente di pericolo relative ad ogni tipologia di rischio vengono sommate tra loro. Si ottiene in tal modo una funzione di rischio per ogni tipologia dei livelli intermedi.



- Si ripete la stessa operazione sui livelli superiori in modo iterativo, fino ad ottenere la funzione di rischio dell'intera attività.
- Le funzioni di rischio non permettono un confronto diretto tra pericoli differenti, per questo motivo il valutatore deve definire una scala di pesi attraverso la quale attribuire, in base alla sua percezione, un peso di importanza ai singoli livelli di rischio (A, MA, MB, B), in questo modo si ottiene l'indice di rischio;

Scala di rischio	A	MA	MB	B	Pesi
A	1	1.2	2	6	0.402
MA	1/1.2	1	2	5	0.350
MB	1/2	1/2	1	2	0.174
B	1/6	1/5	1/2	1	0.074

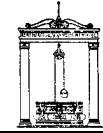
Tabella 1. 8: Determinazione della scala dei livelli di rischio

- Infine si costruisce la graduatoria dei pericoli in base all'indice di rischio moltiplicando i pesi attribuiti ai singoli livelli di rischio per i rispettivi pesi della funzione di rischio e sommando tra di loro i risultati ottenuti. Attraverso quest'ultima operazione si ottiene per ogni sorgente di pericolo e per ogni tipologia di pericolo un indice sintetico di rischio che permette di confrontare tra loro i vari parametri e quindi di effettuare le scelte di intervento in base alle priorità stabilite.

Fase II: Valutazione delle cause di rischio

Questa fase serve per stimare il grado di influenza delle cause di rischio in modo da permettere un'efficace e congruente selezione delle azioni di prevenzione e protezione da intraprendere.

- Analogamente alla fase di sviluppo delle funzioni di verosimiglianza del rischio si procede alla determinazione delle funzioni di verosimiglianza delle cause di rischio. Questa analisi si può sviluppare su quattro cause principali:
 - **M**: caratteristiche intrinseche della macchina o delle attrezzature di lavoro;
 - **O**: competenze e abilità dell'operatore;
 - **P**: procedure di lavoro utilizzate (compresi i DPI);
 - **A**: caratteristiche dell'ambiente di lavoro in cui si svolge l'attività.



Di seguito si riporta un esempio:

Proiez. Truc.	M	O	P	A	Pesi
M	1	5	2	8	0.548
O	1/5	1	1/1.5	3	0.145
P	1/2	1.5	1	5	0.242
A	1/8	1/3	1/5	1	0.055

Tabella 1. 9: Determinazione della funzione di verosimiglianza delle cause

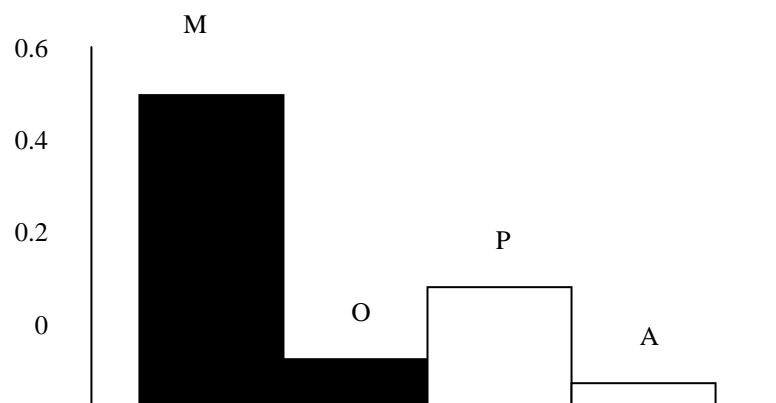
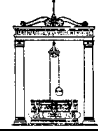


Figura 2.2: Funzione di verosimiglianza delle cause

- Moltiplicando le funzioni di verosimiglianza delle cause con i rispettivi indici di rischio si ottengono le *funzioni di causa* del rischio per ogni pericolo. Le funzioni di causa vengono calcolate per ogni livello nella gerarchia sommando per ogni singola causa i contributi degli elementi dei livelli più bassi della gerarchia. Quando si giunge al livello più alto della gerarchia si ottiene una visione completa dell'importanza con cui le varie cause contribuiscono alla determinazione del rischio.



1.3.4.2 Pregi e Limiti/Inconvenienti/Difficoltà d'uso

Pregi

- L'AHP offre la possibilità di integrare fattori oggettivi e soggettivi, qualitativi e quantitativi; la possibilità di considerare contemporaneamente diversi fattori rende più efficace la percezione del rischio.
- Questo metodo conferisce maggiore affidabilità ai giudizi espressi in forma comparata che a quelli espressi in forma assoluta, ciò riflette una più profonda corrispondenza con le categorie mentali dell'uomo.
- Grande flessibilità: esistono applicazioni dell'AHP in settori tra loro anche disparati.
- La stima del livello di rischio viene realizzata attraverso un modello gerarchico e competitivo tra pericoli differenti, ciò consente di arrivare ad un giudizio sintetico sul rischio globale dell'attività che si sta esaminando.
- Le stime si effettuano attraverso distribuzioni di valori e non mediante valori puntuali: ciò rende il processo più trasparente.

Limiti/Inconvenienti/Difficoltà d'uso

- L'AHP presenta una difficoltà di applicazione piuttosto elevata e fortemente legata alla preparazione del valutatore.
- Cambiando la struttura gerarchica cambiano i risultati: questa appare come la fase più critica di tutto il processo valutativo.
- Se si opera una applicazione a sistemi complessi sussiste la necessità di un supporto informatico da realizzare, a seconda dei casi, in base alle esigenze.