

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
DIPARTIMENTO INGEGNERIA DEI MATERIALI E DELLA
PRODUZIONE



DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA CHIMICA,
DEI MATERIALI E DELLA PRODUZIONE

indirizzo in
Tecnologie e Sistemi Intelligenti per l'Automazione della Produzione

XIX ciclo

TESI DI DOTTORATO

LA GESTIONE DEI RISCHI NELLA PRODUZIONE DI BENI E SERVIZI.
MODELLI MATEMATICI DI ANALISI MEDIANTE SIMULAZIONE.

TUTOR

CH.MO PROF. ING.
VINCENZO ZOPPOLI

DOTTORANDO

DR. ING.
GIUSEPPE CONVERSO

COORDINATORE

CH.MO PROF. ING.
NINO GRIZZUTI

ANNO ACCADEMICO 2005-2006

*Grazie alla Prof. Santillo,
lume e guida della mia crescita.*

*Grazie al Prof. Zoppoli
che mi ha dato questa chance.*

*Grazie al Dr. de Siena
per le Sue intuizioni e la Sua benevolenza*

*Grazie soprattutto ai Miei Familiari
per i loro sacrifici, il loro aiuto, il loro esempio*

INDICE

INTRODUZIONE

pag. XIII

PARTE I – FONDAMENTI TEORICI DI RISK MANAGEMENT

Capitolo 1 – NOZIONI FONDAMENTALI SULLA MATERIA

Par. 1.1 Generalità	pag. 04
Par. 1.2 Rischi Operativi	pag. 07
Par. 1.3 Generalità su tecnica d'analisi e riduzione dei rischi	pag. 10
Par. 1.4 Il Risk Management	pag. 12
Par. 1.5 Elementi innovativi del Risk management	pag. 13
Par. 1.6 Centralità del Risk management	pag. 16
Par. 1.7 Il risk Manager	pag. 21
Par. 1.8 Il Chrisis Management	pag. 24
Par. 1.9 La percezione del rischio	pag. 25

Capitolo 2 – LA PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA DI RISK MANAGEMENT

Par. 2.1 Premessa	pag. 26
Par. 2.2 Caratteristiche del modello di risk management	pag. 29
Par. 2.3 Logica e metodologia del modello di risk management	pag. 31
Par. 2.4 Significato delle azioni di risk management	pag. 37
Par. 2.5 Economia della metodologia di risk management	pag. 39

Capitolo 3 – METODI ED AMBITI DECISIONALI

Par. 3.1 Analisi dell'attività decisionali	pag. 42
Par. 3.2 Criteri di decisione	pag. 43
3.2.1 Convenienza economica	
3.2.2 Gli effetti finanziari	
3.2.3 Avversione al rischio	
Par. 3.3 Metodologie di decisione sotto incertezza	pag. 49
3.3.1 Approccio dell'utilità attesa	
3.3.2 Il worry method	

PARTE II – I MODELLI E GLI STRUMENTI DI ANALISI PROPOSTI

Capitolo 4 – IL PROCESSO DI IDENTIFICAZIONE

Par. 4.1 Premessa	pag. 53
Par. 4.2 Analisi per stratificazione	pag. 54

Par. 4.3	Analisi grafica dei dati	pag. 57
Par. 4.4	La correlazione tra fattori	pag. 62
Par. 4.5	L'identificazione	pag. 66
4.5.1	La ricerca delle informazioni	
4.5.2	I documenti contabili ed extra contabili	
4.5.3	Le interviste	
4.5.4	Le ispezioni	
4.5.5	Le tecniche di indagine	
4.5.6	Diagrammi di flusso	
4.5.7	Stima delle performance del processo	
4.5.8	Lo studio di Capability	
4.5.9	I diagrammi causa ed effetto	
4.5.10	Diagramma di Pareto	
4.5.11	Fault-tree analysis	
4.5.12	Hazard and operability study	
4.5.13	Matrice causa ed effetto	
4.5.14	Il modello Failure Mode and Effect Analysis	

Capitolo 5 – LA MISURAZIONE DEL RISCHIO

Par. 5.1	Introduzione	pag. 100
Par. 5.2	La misurazione del rischio	pag. 101
Par. 5.3	Le tecniche di misurazione	pag. 102
Par. 5.4	Alcuni strumenti elementari per la gestione dei rischi	pag. 103
Par. 5.5	Le tecniche di misurazione del rischio	pag. 111
5.5.1	La raccolta delle informazioni	
5.5.2	Determinazione delle distribuzioni di probabilità	
5.5.2.1	Le disomogeneità delle unità di rischio	
5.5.2.2	Le disomogeneità delle caratteristiche del rischio	
5.5.2.3	Le disomogeneità del potere d'acquisto della moneta	
5.5.3	La distribuzione di probabilità delle perdite potenziali	
5.5.4	Le misure di sintesi	
5.5.5	Interpretazione della distribuzione di perdite potenziali: MPY	
5.5.5.1	La tecnica dell'approssimazione normale	
5.5.5.2	Il metodo di Chebyshev	
5.5.5.3	La tecnica della proprietà normale	
5.5.5.4	La tecnica di Allen-Duvall	

5.5.5.5	La tecnica delle tabulazione analitica	
5.5.5.6	Conclusioni	
Par. 5.6	I modelli autoregressivi	pag. 133
5.6.1	Il Test T si significatività	
5.6.2	Il modello autoregressivo del p-esimo ordine stimato	
5.6.3	Utilizzo del modello autoregressivo a scopi previsivi	
5.6.4	Procedura di analisi attraverso i modelli autoregressivi	
5.6.5	Validità e limiti dei metodi dell'analisi autoregressiva	
Par. 5.7	Le tecniche discrezionali	pag. 141
5.7.1	La definizione di MUR ed MPL	
5.7.2	Danni diretti e danni indiretti	
5.7.3	Partizione dello stabilimento in unita' di rischio	
5.7.4	MUR ed MPL nei danni diretti; MPL nei soli danni indiretti	
5.7.4.1	Calcolo della MUR	
5.7.4.2	Calcolo dell' MPL nei danni diretti (MPL _D)	
5.7.4.3	Calcolo dell'MPL nei danni indiretti (MPL _I)	

Capitolo 6 – STRATEGIE DI GESTIONE

Par. 6.1	Introduzione	pag. 144
Par. 6.2	La gestione dei rischi	pag. 145
Par. 6.3	L'eliminazione	pag. 147
Par. 6.4	Le tecniche di prevenzione del rischio	pag. 148
6.4.1	La valutazione dei piani di prevenzione	
Par. 6.5	Le tecniche di riduzione del rischio	pag. 153
6.5.1	La valutazione dei piani di riduzione	
Par. 6.6	Il trasferimento non assicurativo	pag. 154
Par. 6.7	La ritenzione	pag. 156
6.7.1	Condizioni favorevoli per l'implementazione	
6.7.2	La valutazione del livello di ritenzione	
Par. 6.8	Il trasferimento assicurativo	pag. 167
Par. 6.9	Linee guida per il programma assicurativo	pag. 173
Par. 6.10	Attività di gestione del programma assicurativo	pag. 174
Par. 6.11	La manutenzione del programma	pag. 175
Par. 6.12	La valutazione delle coperture assicurative	pag. 176
Par. 6.13	La ripartizione	pag. 178

Capitolo 7 – MODELLI DI SIMULAZIONE STATICA E DINAMICA

Par. 7.1	Simulatori statici e simulatori dinamici	pag.181
7.1.1	Generalità sui sistemi di simulazione	
7.1.2	Utilizzo combinato di metodi di simulazione	
Par. 7.2	Proprietà del Metodo di simulazione alla Montecarlo	pag. 185
Par. 7.3	La simulazione dinamica	pag. 189
7.3.1	Cosa è una simulazione dinamica	
7.3.2	La simulazione al computer	
7.3.3	Popolarità e vantaggi	
7.3.4	Gli aspetti negativi	
7.3.5	Quando è opportune utilizzare una simulazione	
7.3.6	Differenti tipi di simulazione	
7.3.7	Un interessante esempio applicativo: il rischio sanitario	
Par. 7.4	ARENA Simulation	pag. 202
7.4.1	Concetti fondamentali per la simulazione con Arena	
7.4.2	Arena Simulation: aspetti rilevanti	
7.4.3	Procedura di calcolo dell'indicatore di performance atteso	
Par. 7.5	La simulazione nel FIRE SAFETY ENGEENERING	pag. 210
7.5.1	Risk Management e Fire Engineering	
7.5.2	I modelli a parametri distribuiti (o numerici o di campo)	
Par. 7.6	La simulazione nel rischio allagamento: l'HEC-FDA	pag.217
7.6.1	Condizioni di scenario	
7.6.2	Analisi Idrologica	
7.6.3	Analisi Economica	
7.6.4	Il doppio processo di valutazione	
7.6.5	L'HEC-FDA	
Par. 7.7	Bibliografia	

PARTE III – I CASI DI STUDIO

Capitolo 8 – I RISCHI OPERATIVI: LA VERNICIATURA IN WHIRLPOOL

Par. 8.1 L'azienda e la sua dinamica evolutiva	pag. 229
Par. 8.2 Lo stabilimento di Napoli	pag. 232
Par. 8.3 Descrizione del ciclo produttivo	pag. 232
Par. 8.4 La verniciatura di mobili per lavatrici	pag. 235
8.4.1 Analisi del pretrattamento	
Par. 8.5 Valutazione del rischio per agenti chimici di processo	pag. 241
8.5.1 Sub-Indice I	
8.5.1.1 Proprietà chimico fisiche	
8.5.1.2 Quantità in uso	
8.5.1.3 Tipologia d'uso	
8.5.1.4 Tipologia di controllo	
8.5.1.5 Tempo di esposizione	
8.5.2 Sub-indice d	
Par. 8.6 Valutazione rischio per agenti chimici di pretrattamento	pag. 247
Par. 8.7 Valutazione del rischio nell'unità di cataforesi	pag. 250
Par. 8.8 Valutazione dei rischi nell'unità a polveri	pag. 255
8.8.1 Valutazione nel reparto di verniciatura a polveri	
8.8.2 Valutazione degli scarti del processo di verniciatura a polveri	
8.8.3 Analisi dell'interazione tra scarto e rilavorazione	
8.8.4 Studio dell'efficienza del sistema di misurazione	
8.8.5 Analisi dell'efficienza del processo	
8.8.6 La matrice causa ed effetto	
8.8.7 Il modello Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	
8.8.8 Definizione del piano di campionamento	
8.8.9 Analisi critica dei risultati	
8.8.10 Regolazione delle pistole valendosi dei dati rilevati	
8.8.11 Descrizione dei risultati	
8.8.12 Descrizione dei risultati a seguito dello studio migliorativo	
8.8.13 Calcolo dei risparmi dei costi attesi	

Capitolo 9 – IL RISCHIO IN SANITÀ: LA CHIRURGIA PROTETICA D’ANCA

Par.9.1 I tempi di degenza	pag. 290
Par. 9.2 Analisi mediante simulazione dinamica	pag. 291
Par. 9.3 Le ipotesi di miglioramento	pag. 292
Par. 9.4 La simulazione con Arena	pag. 303
Par. 9.5 Il rischio attuale: la simulazione Montecarlo	pag. 319
Par. 9.6 Rischio atteso dopo gli interventi di Risk Management	pag. 322

Capitolo 10 – IL RISCHIO PROPERTY DA INCENDIO: IL MODELLO F.D.S.

Par. 10.1 Introduzione alle simulazioni da incendio	pag. 323
Par. 10.2 La geometria del problema	pag. 324
Par. 10.3 La logistica nella simulazione	pag. 324
Par. 10.4 Le simulazioni numeriche	pag. 327
10.4.1 Il ruolo dell’indice α	
10.4.2 Fattore di ventilazione	
10.4.3 la modellazione del focolaio	
Par. 10.5 L’efficacia degli impianti di protezione attiva	pag. 333
10.5.1 Parametri caratterizzanti la propagazione del calore	
10.5.2 Temperatura dei pallet	
Par. 10.6 Funzionamento di FDS	pag. 342
10.6.1 Elementi per la creazione di un file di input per FDS	
Par. 10.7 L’applicazione	pag. 351
10.7.1 Simulazione in magazzino con sprinkler	
Par. 10.8 File di Output	pag. 355

. Capitolo 11 – L’ INONDAZIONE: L’HEC-FDA APPLICATO ALLA *SILARO SRL*

Par. 11.1 L’azienda Silaro	pag. 356
11.1.1 Il sito produttivo	
Par. 11.2 I rischi associati	pag. 363
Par. 11.3 La valutazione attraverso procedure di simulazione	pag. 370

Par. 11.4 Le misure di prevenzione e protezione	pag. 378
11.4.1 H.A.B.-HYDRO AIR-BAG	
Par. 11.5 La simulazione delle procedure di mitigazione	pag. 380
Par. 11.6 Il confronto tra le diverse configurazioni	pag. 383
Par. 11.7 Conclusioni	pag. 385
Par. 11.8 Bibliografia	pag. 386

INTRODUZIONE

In un contesto turbolento, critico e reso ancor più complesso dalla globalizzazione, la sopravvivenza di un'azienda è di fatto, fortemente legata, alla capacità di migliorare continuamente. La tesi che proponiamo, ha il compito di promuovere un'idea innovativa di risk management, che porta a perfezionare la metodologia, da analisi e gestione strategica dei rischi di processo, ad analisi e controllo strategico del processo stesso. La novità di questa metodologia sta, non negli strumenti o nelle procedure utilizzate, ma nella particolare sequenzialità, modalità e dinamicità con la quale essi possono essere utilizzati, trovando un naturale connubio con le dinamiche aziendali.

L'idea fondamentale intorno alla quale si articola l'intero lavoro, nasce durante uno stage effettuato presso lo stabilimento Whirlpool Europe di Napoli, che aveva per obiettivo la riduzione dei rischi di processo nell'unità di verniciatura. La procedura di risk management, svolta nei vari mesi di stage per identificare e gestire le fonti di rischio, ha portato alla creazione di flussi informativi interfunzionali, tra l'unità di risk management e tutte le altre unità aziendali data la complessità delle informazioni necessarie. Ciò ha consentito l'istituzione di rapporti con tutte le figure e strutture che con la verniciatura avessero delle relazioni, dall'amministrazione, alla direzione ai capi sezione agli operatori ed infine i consulenti esterni. La necessità di reggere tanti canali informativi diversificati, anche se a prima impressione evidenzia un'inorganicità, consentì di avere un quadro complessivo sull'intero processo, conservando comunque forti connotati di specificità in merito alle singole procedure svolte nel reparto. Sul campo quindi, si ci è resi conto, che dallo sviluppo di una procedura di risk management, oltre che a conoscenze sui rischi si evidenziano inefficienze di processo, di tipo

organizzativo e procedurale, le quali ovviamente rendevano il prodotto non a specifica, con aggravii di costi per scarti e rilavorazione.

Di fronte a tale scenario, si è avvertita l'esigenza e l'opportunità di approfondire un approccio di natura squisitamente gestionale che unificasse la metodologia, utilizzata per limitare le perdite operative (e quindi i relativi costi di produzione) con quella impiegata per la gestione dei rischi puri (che sono determinati dalle classiche minacce di natura aleatorie – incendio, furto, danni indiretti, etc. – che sottendono al patrimonio di una qualsiasi azienda).

La chiave di tale ragionamento innovativo, implicava necessariamente la configurazione di una procedura e di uno strumento di valutazione/gestione dei rischi che presentassero le caratteristiche di:

1. essere fondati su una metodologia di analisi oggettiva, che rinunciassero agli elementi arbitrari tipici di questa disciplina (almeno per come oggi è finora largamente diffusa);
2. generare in modello matematico di analisi in grado di fornire output numerici;
3. gestire in modo strategico le perdite potenziali generate dai rischi con i costi certi della loro gestione;
4. confrontare in maniera inequivocabile, in termini di costi/opportunità, i piani alternativi (protettivi ovvero preventivi) di limitazione dei rischi;
5. garantire la flessibilità nelle applicazioni ai più disparati settori produttivi e per le più differenti tipologie di rischio (la proprietà di uno stabilimento, piuttosto che la responsabilità civile di un Ente; le perdite operative di una società di servizi, piuttosto che il rischio sanitario di un'azienda ospedaliera)

La ricerca si è articolata in un percorso strutturato in fasi precise che ha utilizzato una serie di nuovi e vecchi strumenti statistici, ognuno dei quali è

propedeutico all'altro nell'ottica di una visione generale di completamento del processo.

La soluzione al problema che ci siamo posti, è stata offerta dalla combinazione opportuna di strumenti di simulazione statica e dinamica, che vede comunque l'utilizzo del Metodo Montecarlo, come elemento centrale del processo di analisi, valutazione oggettiva e successiva gestione dei rischi.

La tesi è strutturata in undici capitoli: i primi tre (raggruppati nella Parte I del lavoro) riguardano l'impostazione metodologica, attraverso cui sono sviluppati i principi base della disciplina in esame. I successivi quattro capitoli (che costituiscono la Parte II) descrivono la metodologia elaborata e gli strumenti simulativi ideati ed adottati, per affrontare la problematica in parola e rappresentano il cuore del lavoro qui presentato.

Nella terza e conclusiva parte sono presentati quattro differenti casi di studio, il primo dei quali è relativo alle perdite operative del reparto di verniciatura in Whirlpool; il secondo presenta un modello innovativo per il trattamento del rischio sanitario; il terzo ed il quarto, infine, riguardano la simulazione del così detto danno *property* per aziende di produzione derivante rispettivamente da incendio e allagamento.

In conclusione è stata riscontrata la validità dell'approccio proposto che consente di determinare un modello numerico e quindi una rappresentazione oggettiva del rischio (prima e dopo gli interventi di riduzione dello stesso), attraverso la combinazione di una simulazione dinamica (per la parte di valutazione delle variabili di processo da analizzare ai fini dei fattori di rischio individuati) e di una statica (il Metodo Montecarlo che determina il valore dell'indice di performance, abbinato alla valutazione assoluta del rischio in esame).

PARTE I

FONDAMENTI TEORICI DI RISK MANAGEMENT

Capitolo 1

NOZIONI FONDAMENTALI PER LA GESTIONE SULLA MATERIA

1.1 Generalità

Il pericolo è definito, genericamente, come la proprietà o qualità intrinseca di una determinata entità avente il potenziale di causare danni¹. I danni a sua volta sono subordinati all'incertezza, elemento cruciale per definire il concetto di rischio, il quale è il fulcro della nostra trattazione. A proposito dell'incertezza il Gobbi scrive: “Vi sono eventi che consideriamo come necessari, altri come impossibili, fra i due estremi, la certezza della necessità e la certezza dell'impossibilità, vi è il campo estesissimo in cui si ha in varie gradazioni l'incertezza se un dato evento si verificherà o no”². La gradazione dell'incertezza sarà legata ad un'assenza più o meno ampia d'informazioni sul fatto che un certo evento abbia o non abbia a verificarsi in un certo intervallo di tempo. Egli definisce invece *eventualità* la possibilità di un evento incerto e poiché per ogni soggetto un eventualità può essere *favorevole, indifferente, sfavorevole*, identifica con il termine **rischio**, l'eventualità sfavorevole. A riguardo F. Knight definisce il rischio come un'*incertezza misurabile*, in altre parole una categoria logica all'interno del più generale concetto d'*incertezza* (ignoranza sugli eventi futuri) ed in contrapposizione con l'*incertezza non misurabile*³. La misurabilità cui Knight fa riferimento, suscettibile di trasformare l'incertezza in rischio, è legata alla determinazione di una tipologia di probabilità che, di per se stessa, non può che ricollegarsi ad eventi

¹ B. Frattini, *Linea guida per la valutazione dei rischi*, EPC LIBRI

² U. GOBBI, *L'assicurazione in generale*, INA, Roma, 1974

³ F. Knight, *Risk, uncertainty and profit*, Chicago University Press, Chicago, 1971

sfavorevoli, ossia suscettibili di produrre danni. Per questi motivi esprimiamo l'opinione che *il rischio è definibile come la possibilità di subire un danno, una perdita, come eventualità generica o per il fatto di esporsi ad un pericolo nel quale ci si può imbattere*. Da quanto appena visto si evidenzia la complessità della questione, dovuta all'infinità di forme che il rischio può assumere, in base al contesto in cui si verifica e alle modalità di manifestarsi. Assume validità pratica dunque, definire il rischio solo in rapporto al situazione a cui ci si riferisce e ai fini conoscitivi che ci si propone. Dato che il contesto di interesse per la nostra analisi è quello aziendale definiremo il rischio come una minaccia per i beni e i profitti dell'azienda. In modo più rigoroso, si considera **“rischio aziendale”** ogni evento che potenzialmente, determina irregolarità nel risultato atteso del cash flow aziendale relativo ad uno o più esercizi. Si rileva quindi, che il rischio, oggi, condiziona sempre di più i risultati dell'esercizio; si rende necessaria pertanto una catalogazione dei vari rischi a cui un'azienda può essere sottoposta. Le categorie di rischio principali a cui un'azienda può essere esposta sono essenzialmente due:

- **Rischi d'affari**
- **Rischi puri**

I primi relativi ai fattori prettamente finanziari, direttamente connessi all'attività produttiva dell'azienda. I secondi invece sono connessi ai fattori fisici, cioè umani e tecnologici, ed a fattori immateriali, diversi da quelli finanziari, in grado di minacciare la capacità di produrre reddito dell'azienda. Le due categorie anzidette si specificano in altre sottospecie, le quali evidenziano la specifica manifestazione del rischio, come mostrato nello schema alla pagina seguente:

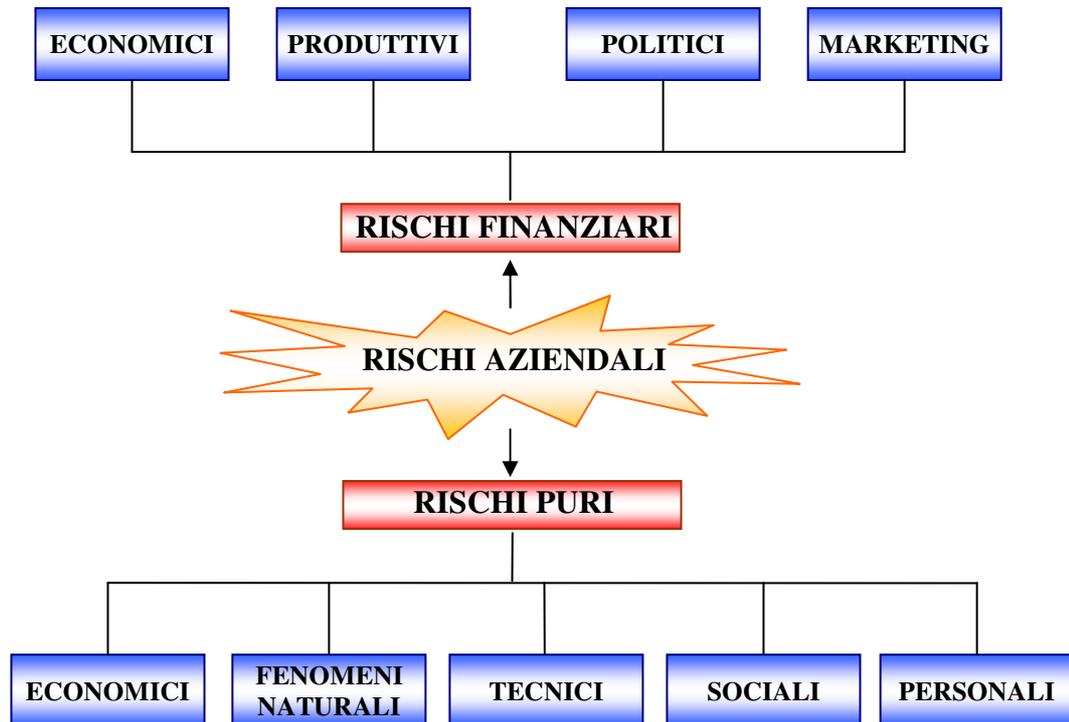


Figura 1.1: Rischi di affari e Rischi puri. [Fonte: Bruno Frattini, *Linee guida per la valutazione dei rischi*, EPC LIBRI]

Ad ogni rischio che può essere letto al secondo livello dello schema precedente possono corrispondere molti contesti sfavorevoli per l'azienda, come vediamo di seguito:

- **RISCHI ECONOMICI:** Inflazione, regime fiscale, concorrenza, situazione economica.
- **RISCHI POLITICI:** Nazionalizzazioni, colpi di stato, guerra, restrizioni commerciali, legislazione governativa.
- **RISCHI PRODUTTIVI:** Dimensionamento della produzione, variazione dei costi produttivi, restrizione nella fornitura delle materie prime.
- **MARKETING:** Errori nella previsione della domanda, errori di approccio al mercato.

- FENOMENI NATURALI: Terremoto, inondazioni, tempeste, uragani.
- SOCIALI: furti, rapine, infedeltà, errori, negligenza, comportamenti colposi, scioperi, sommosse, sabotaggio, terrorismo.
- TECNICI: incendi, guasti alle macchine, difetti nei sistemi di sicurezza, crolli, difetti di prodotto.
- PERSONALI: morte, malattia, infortunio.
- ECONOMICI (puri): Interruzione della produzione, perdite pecuniarie.

1.2 Rischi operativi

Le basi che poniamo a fondamento di questa trattazione sono legate a due ordini di esigenze, la prima è considerare rischi riducibili da una gestione strategica, la seconda è considerare i rischi che possono manifestarsi a regime, ossia a produzione dimensionata.

Queste considerazioni ci portano a valutare solo le tipologie di rischi **sociali, tecnici, personali ed economici**, in tale contesto possiamo effettuare un' ulteriore analisi di dettaglio dei rischi aziendali, individuando cinque gruppi principali di categorie di rischio.

Rischi ordinari o generici

Sono quei pericoli che si trovano generalmente presenti nella grande maggioranza delle attività produttive, collegati alla struttura fisica produttiva, come:

- Fattori di rischio inerenti agli ambienti di lavoro, sia sotto il profilo infortunistico (passaggi, scale, pavimenti, etc.), che sotto il profilo dell' igiene sul lavoro (illuminazione, ricambi d' aria, microclima, etc.).
- Fattori di rischio inerenti a macchine, attrezzature ed impianti, in prevalenza attinenti alla possibilità di infortuni (accessibilità a parti in

movimento, proiezioni di frammenti/schegge, mezzi di sollevamento e trasporto, elettrocuzione, etc.).

Rischi specifici

Sono quei pericoli che risultano maggiormente imputabili e correlati al procedimento di lavorazione adottato, come:

- Fattori di rischio riconducibili alle sostanze pericolose utilizzate e alla loro eventuale presenza nell'ambiente sotto qualunque stato fisico: liquido, gas o vapore.
- Fattori di rischio ambientali specifici delle lavorazioni, quali: rumore, radiazioni, microclima.

I pericoli inclusi in questa categoria sono in generale riconducibili al rilascio di sostanze o di energia nell'ambiente di lavoro, in condizione di normale funzionamento.

Rischi ergonomici

Sono quei pericoli evidenziati dalla nuova normativa, collegati a criteri ergonomici errati, che in generale risultano non strettamente correlati in modo specifico al ciclo tecnologico sviluppato, come :

- Sollevamento manuale dei carichi;
- videoterminali;
- Posture incongrue.

Rischi di processo

Di particolare importanza, sono quei pericoli che risultano strettamente correlati allo specifico ciclo tecnologico sviluppato, riconducibili alla

possibilità di incidente e conseguente rilascio nell'ambiente di sostanze tossiche e/o di energia e che si originano in caso di anomalie o deviazioni delle normali condizioni operative o di funzionamento, come:

- Rilasci di sostanze pericolose nell'ambiente.
- Rilasci di energia, come incendi o esplosioni.

Rischi connessi all'organizzazione

In generale per organizzazione si intende l'insieme dei ruoli, delle funzioni e delle relazioni fra di essi. I pericoli che può presentare una organizzazione sono quindi collegati a carenze, difetti, o improvvise variazioni in uno qualunque di questi elementi costitutivi.

Alcuni lati critici dell'organizzazione possono essere individuati sulla base dei seguenti punti:

- Presenza di personale inesperto, non sufficientemente formato ed addestrato.
- Responsabilità non chiaramente definite. Suddivisione dei compiti non chiara e precisa (potenziali conflitti e sovrapposizioni).
- Carenza o assenza di un sistema di autorizzazioni.
- Carenza di documentazione.
- Verifiche interne insufficienti o inadeguate.

Nella pratica i pericoli connessi all'organizzazione sono molto spesso alla base di rischio ordinario, specifico ed ergonomico.

Per schematizzare la visione della precedente presentazione, consideriamo lo schema a pagina seguente (Figura 1.2).

1.3 Requisiti di una tecnica di analisi e riduzione dei rischi.

Nel precedente paragrafo si è mirato ad evidenziare la quantità notevole di rischi a cui la gestione operativa di un'azienda deve far fronte. Questa situazione spinge le organizzazioni alla ricerca di tecniche che possono fronteggiare il problema, mirando ad una gestione strategica dei rischi, in modo da non considerarli più un fenomeno imprevisto e dagli effetti sconosciuti, ma da gestire riducendo le loro conseguenze ridotte a standard accettabili di aleatorietà.

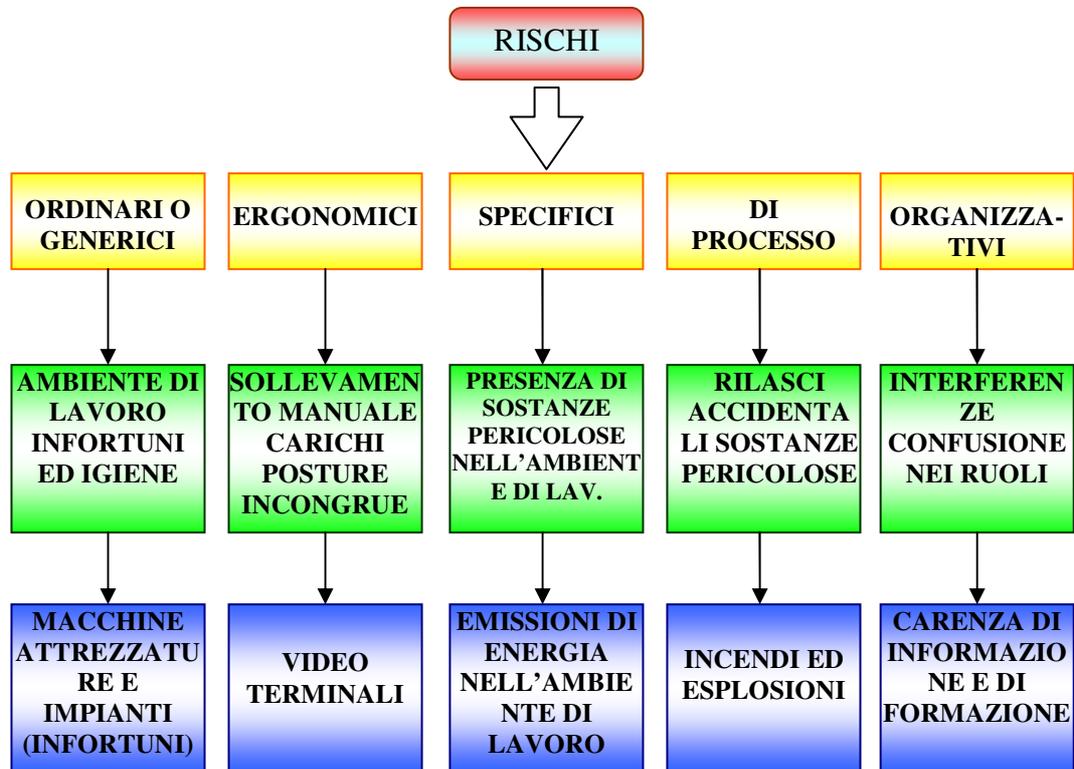


Figura 1.2: Rischi Operativi.

Diventa perciò necessario superare il binomio “rischio-casualità” per sostituirlo con una correlazione tra “rischio e prevedibilità”.

Considerando il precedente binomio possiamo definire il rischio come *combinazione dei fattori “probabilità” e “dimensione del danno” conseguenti alla esposizione ai pericoli o fattori di rischio*. In pratica eventi contraddistinti da alta probabilità di accadimento e da limitate dimensioni del danno possono quindi essere definiti allo stesso livello di rischio di altri eventi con probabilità anche assai più bassa ma conseguenti dimensioni di danno molto maggiori. Si può quindi pensare, almeno in linea di principio, di arrivare a definire dei livelli di rischio ammissibile, che individuino le combinazioni tollerabili del binomio probabilità /dimensione del danno. Si può immaginare di definire, in un diagramma cartesiano, una **curva di isorischio**, contraddistinta dallo stesso valore delle combinazioni probabilità/dimensione del danno, che separa due porzioni di spazio: Area del rischio accettabile e area del rischio diminuibile;

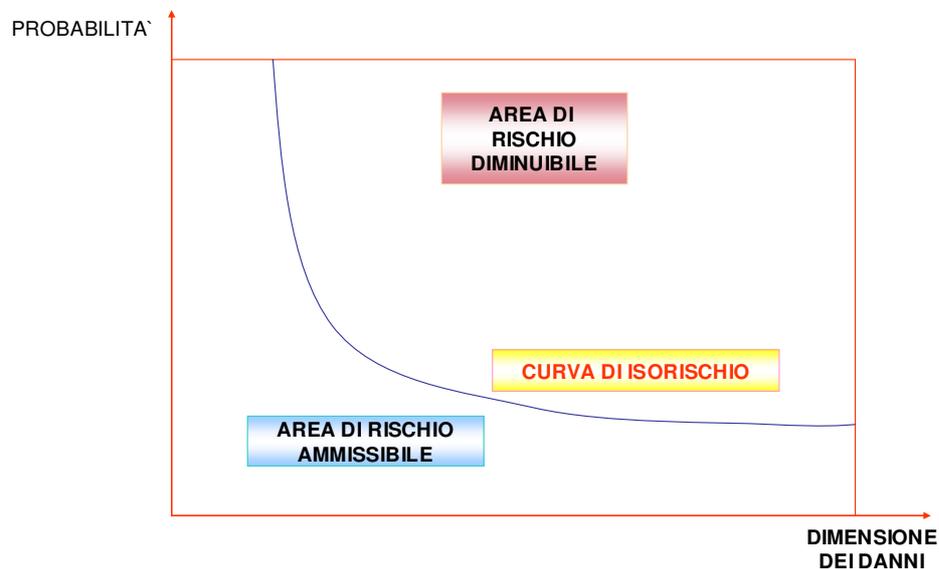


Figura 1.3: Curva di isorischio. [Fonte: Bruno Frattini, D. Lgs. 626/94 art. 4]

1.4 Il Risk Management.

Una tecnica con le caratteristiche sopraindicate, rappresenta una vera e propria innovazione manageriale. Infatti l'innovazione non si limita, come a volte si crede, alla sfera della tecnologia e della creazione di nuovi prodotti e processi. Accanto all'innovazione tecnologica sta infatti quella manageriale, che si concretizza nella creazione di nuove tecniche di gestione delle risorse, di organizzazione del lavoro, di programmazione delle operazioni, di assunzione delle decisioni. L'innovazione manageriale, come quella tecnologica, può essere finalizzata a risparmio di costi, a incrementi del fatturato o più in generale al miglioramento della qualità, anche nelle sue sfumature meno quantificabili, della gestione aziendale. Il *Risk Management* costituisce un esempio di innovazione manageriale relativa alle problematiche della *gestione degli eventi avversi di origine dolosa ed accidentale* (detta anche *Protezione Aziendale*). Il risk management si sviluppa negli Stati Uniti, come disciplina aziendale a partire dagli anni cinquanta, in via subalterna all'avvento ed alla successiva diffusione della cultura legata alla *total quality*; ossia ogni rischio potenziale può trasformarsi in un'insoddisfazione del cliente. Rientreranno in tale sfera accadimenti di genere assai vario, dall'incendio al *computer crime*, dal furto alla contraffazione del marchio, dall'attentato all'incidente sul lavoro, tutti accomunati dall'arrecare danno al patrimonio materiale, immateriale ed umano dell'azienda. L'urgenza di tale innovazione manageriale è dovuta a tre motivi fondamentali:

1. La gestione degli eventi di origine dolosa ed accidentale è forse, sia nella pratica, sia nel *corpus* delle conoscenze aziendaliste, la meno avanzata fra le diverse aree della gestione complessiva dell'impresa. Rispetto a funzioni consolidate come il *marketing*, la finanza, l'amministrazione.

2. Gli eventi in questione mostrano una tendenza verso l'aggravamento, particolarmente evidente per quanto riguarda alcuni rischi, come quelli ambientali o di responsabilità per il mal funzionamento del prodotto. Le ragioni di tale aggravamento vanno ricercate nella crescita della sensibilità sociale al tema della sicurezza, nella tendenza dei legislatori verso la regolamentazione delle attività pericolose e la difesa dei soggetti a rischio, nell'evoluzione della tecnologia verso forme più complesse e intrinsecamente pericolose.
3. Gli eventi di origine dolosa ed accidentale comportano costi significativi, che nei casi più gravi possono superare la stessa capacità di sopportazione finanziaria dell'impresa. La gestione accurata di tali eventi può quindi costituire una fonte non disprezzabile di risparmi.

Il Risk Management, fra le innovazioni che mirano a soddisfare le esigenze di Protezione Aziendale, si contraddistingue per essere quella di carattere più ampio. Infatti, pur nel rispetto delle specificità gestionali imposte da ogni gruppo di eventi dolosi ed accidentali, il *Risk Management* offre una logica di azione molto generale, applicabile ad ogni rischio. Il Risk Management è, in qualche modo, una *forma manageriale nuova* all'interno della quale debbono inserirsi tutti i singoli interventi di Protezione Aziendale. Si può anzi dire che il *Risk Management* si caratterizzi per l'unificazione di approcci, strumenti di trattamento del rischio, competenze fino ad oggi frammentate e prive di collegamento.

1.5 Elementi innovativi del Risk Management

Scendendo in dettaglio, vogliamo evidenziare gli elementi qualificanti di questo metodo di gestione innovativo. Si evidenzia in primis, la strutturazione delle attività di gestione del rischio secondo un modello sequenziale in cui le decisioni finali sono sostenute da una rilevazione

preliminare delle singole eventualità avverse potenziali; il modello si articola in tre fasi fondamentali:

- l' *identificazione* del rischio, che mira all'accertamento sistematico e continuativo delle minacce;
- la *valutazione* del rischio, ossia la traduzione delle minacce in termini quantitativi, in particolare mediante la determinazione della probabilità di accadimento e della gravità potenziale del danno;
- la *gestione* del rischio, nell'ambito del quale vengono stabiliti ed applicati gli interventi più opportuni per ridurre i rischi ad un livello giudicato conveniente in rapporto agli obiettivi aziendali.

Agganciare il trattamento del rischio ad un lavoro precedente di raccolta di informazioni e di elaborazioni significa eliminare gli approcci decisionali <empirici> basati su approssimazioni, giudizi intuitivi, e regole <del pollice> scarsamente rispettose dell'economicità complessive dell'impresa. Inoltre, le fasi di identificazione e valutazione consentono di rafforzare le capacità previsionali circa il materializzarsi di eventi avversi, specie se nuovi o altamente discontinui nella loro manifestazione. Altro aspetto interessante del Risk Management è la realizzazione della massima integrazione fra i diversi strumenti di intervento sul rischio. Infatti, la Protezione Aziendale è caratterizzata non soltanto da una forte eterogeneità delle materie affrontate, ma anche da notevoli differenze fra i mezzi d'azione. Come approfondiremo anche in seguito, l'assicurazione, da una parte e le soluzioni tecniche di prevenzione, dall'altra, costituiscono due mezzi assai distinti, con interlocutori, competenze necessarie, filosofie sostanzialmente diverse.

Il *Risk Management*, in base all'assunto che assicurazione e prevenzione siano strumenti complementari da impiegare in modo congiunto, attiva i meccanismi necessari a realizzarne il coordinamento decisionale ed organizzativo. In aggiunta a quanto appena detto, è necessario registrare il notevole allargamento della gamma di strumenti tecnici, con uno sconfinamento deciso nel campo delle tecniche finanziarie di gestione dei flussi. Il principio ispiratore è il tentativo di riprodurre, al proprio interno, alcuni aspetti della gestione del portafoglio rischi delle imprese assicurative. Il vantaggio fondamentale risiede nella dilatazione della capacità di ritenzione e conseguentemente, nell'acquisizione di maggiore flessibilità e libertà nelle decisioni di impiego degli strumenti tradizionali della Protezione Aziendale. È degno di nota inoltre tra gli aspetti qualificanti, lo spostamento delle metodologie decisionali verso la prospettiva finanziaria, coerentemente con quanto avviene da tempo nella valutazione di qualunque investimento aziendale. In quest'ottica un evento dannoso viene ad essere essenzialmente considerato come l'origine di un flusso monetario negativo e gli interventi di Risk Management come dei mezzi per la contrazione di tali flussi. Questo consente di interpretare finanziariamente tutti gli strumenti di gestione dei rischi puri, e non solo quelli che già sono finanziari nella loro natura, agevolandone l'unificazione concettuale ed operativa. Infine possiamo concludere, sottolineando l'impegno del Risk Management nella ricerca della massima integrazione della gestione degli eventi dolosi ed accidentali nel complesso della gestione aziendale opponendosi infatti, all'isolamento organizzativo della protezione aziendale, particolarmente pregiudizievole in quanto i responsabili di quest'area sono invece chiamati ad interloquire costantemente con il management di tutte le funzioni. Il Risk Management si qualifica per la creazione di collegamenti fra Protezione Aziendale e gestione d'impresa, con particolare enfasi sull'istituzione di adeguati meccanismi di comunicazione e sulla concessione ai responsabili della

gestione dei rischi di uno *status* sufficiente per trattare su una base di sostanziale parità con i vari responsabili funzionali.

1.6 Centralità del Risk Management.

Vogliamo realizzare una breve panoramica sulla centralità del *risk management* tra le varie funzioni aziendali, facendo vedere il modo in cui la gestione dei rischi puri e delle inefficienze è collocata all'interno della struttura aziendale e del complesso di attività e di rapporti che animano la vita di un'impresa. In pratica, il *Risk Management* non può essere svolto in isolamento, ma ha bisogno di scambi informativi intensi e continui con tutte le aree, così come della collaborazione operativa di ogni funzione. È pertanto particolarmente importante che il posizionamento organizzativo di chi si occupa della gestione dei rischi puri sia tale da :

- permettere di colloquiare facilmente con tutte le funzioni senza gli intralci determinati dalla linea gerarchica; a tal fine si ritiene di norma preferibile che al *Risk Management* venga assegnato il ruolo di *staff*;
- consentire una sufficiente vicinanza con il vertice aziendale, per godere di quella autorevolezza necessaria per poter sviluppare utili relazioni con gli altri dirigenti.

Infine posizioniamo il *Risk Management* a nucleo delle varie funzioni aziendali come nella figura seguente.

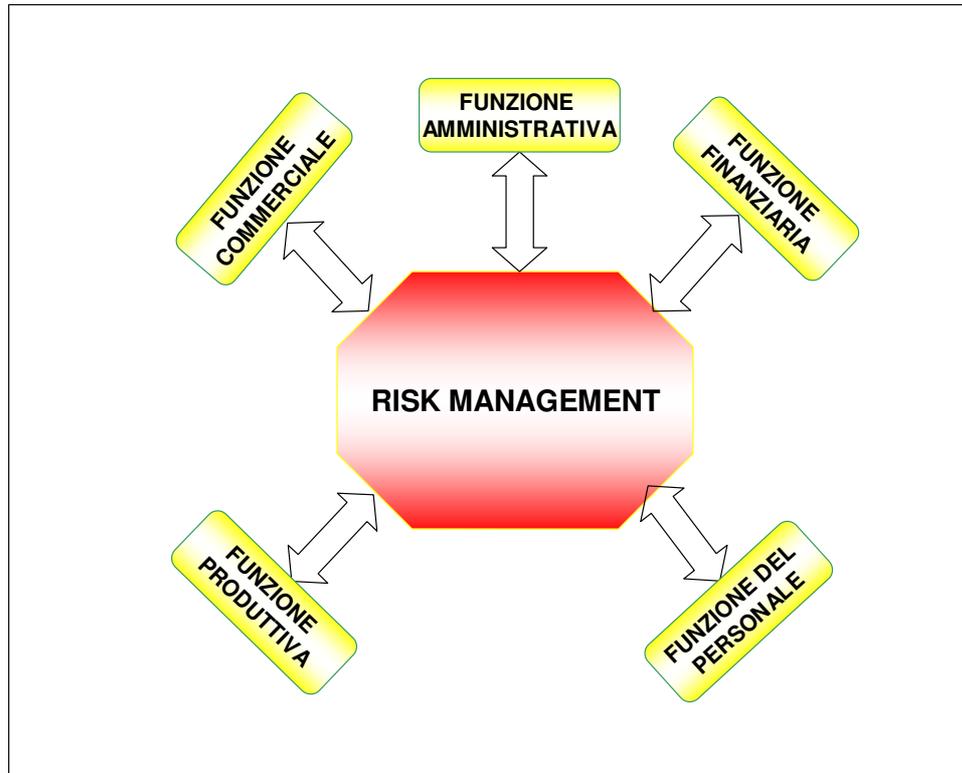


Figura 1.4: Centralità del risk management.

Si rilevano oltre alla centralità della posizione rispetto alle altre funzioni aziendali, le innumerevoli interazioni rispetto a quest'ultime, la cui natura è di seguito riportata:

- 1) interazione tra *gestione dei rischi e funzione amministrativa*, rappresenta una fonte primaria di informazioni per il risk management, mediante lo svolgimento delle proprie funzioni, di cui le più importanti:
 - *Le procedure di controllo interno*, rivolte alla salvaguardia delle attività dell'azienda e all'accertamento dell'accuratezza e affidabilità delle sue informazioni contabili;

- *i controlli di budget*, parte integrante del processo finanziario complessivo dell'azienda;
 - *le rilevazioni e valutazioni relative alle attività aziendali* ed in particolare beni immobili, immobilizzazioni tecniche e scorte;
 - *le registrazioni contabili*, in particolare il Libro dei cespiti ammortizzabili e il Libro di magazzino rappresentano un supporto indispensabile all'attività del risk management;
 - *il controllo dei costi, infatti*, con l'istituzione dei centri di costo e con l'individuazione di criteri per la loro imputazione, a mezzo di sistemi contabili possono consentire l'individuazione di sprechi nei consumi di materie e materiali, di errori di produzione con conseguenti danneggiamenti o distruzioni di beni, di scarso utilizzo di attrezzature, di tecniche di produzione dispendiose, tutti elementi che possono avere significative implicazioni per il risk management;
 - *le analisi di bilancio*, le quali fanno emergere indicazioni importanti sull'esistenza di situazioni di debolezza finanziaria all'interno dell'impresa; forniscono inoltre utili informazioni sulle esposizioni a perdite indirette, intese come perdite consequenziali risultanti da distruzioni o danneggiamenti, (per incendi, disastri naturali, etc.);
 - *il controllo dei costi assicurativi*, al fine di valutare le coperture esistenti in rapporto al livello di protezione offerto dalle polizze.
- 2) Interazione tra *gestione dei rischi e funzione finanziaria*, è così forte che, laddove la gestione dei rischi non possiede autonomia funzionale,

il risk management opera spesso alle dirette dipendenze della direzione finanziaria⁴.

3) Interazione tra *gestione dei rischi e funzione commerciale*, consolidata dalla numerosità delle situazioni di rischio generate dalla funzione commerciale dell'impresa sia nell'attività di vendita sia durante la fase di distribuzione fisica dei prodotti. Siffatte situazioni sono tipicamente collegate:

- Alle *condizioni contrattuali di vendita dei prodotti*, fondamentali per il risk management per identificare il soggetto su cui ricade l'onere di eventuali danni a terzi;
- alle *attività di trasporto dei beni*, i cui rischi se non adeguatamente trattati, possono portare alla distruzione o danneggiamento dei beni aziendali (merci, automezzi), a perdite finanziarie per responsabilità legali (danni ai terzi coinvolti in sinistri causati da automezzi aziendali), e anche danni legati ai ritardi di consegna;
- alle *informazioni e garanzie date agli acquirenti e consumatori*, le prime devono essere semplici e soprattutto veritiere, cioè rappresentanti le reali specifiche del prodotto, le seconde invece devono essere chiare e proporzionate alla reale qualità del prodotto;
- allo *sviluppo di nuovi prodotti*, a cui banalmente sono legati tutti i rischi dei progetti innovativi;

⁴ C.A. WILLIAMS-R.M. HEINS, Risk, cit., pag. 36; M.R. GREEN- J. S. TRESCHMAN, Risk, cit., pag. 47 e M.R. GREEN- O.N. SERBEIN, Risk management, cit., pag. 16.

- alla *politica dei prezzi*, al fine di non trascurare in questa sede i costi inerenti il trattamento dei rischi puri inerenti al prodotto.

4) Interazione tra **gestione dei rischi e funzione del personale**, strettissima almeno per quel che concerne la *sicurezza sul lavoro e la prevenzione delle perdite associate ai rischi di infortunio*. Infatti, pur essendo compito della direzione del personale sviluppare procedure di lavoro che garantiscono la sicurezza e mantengono costanti condizioni fisiche e ambientali tali da minimizzare il rischio di incidenti, è necessario l'intervento del risk management, il quale avendo minuziose rilevazioni sugli incidenti del passato, consente un'attuazione profittevole delle suddette procedure.

5) Interazione tra **gestione dei rischi e funzione produttiva**, fondamentale in materia di:

- *Programmazione della produzione;*
- *progettazione e sistemazione delle linee di produzione in termini di efficienza di processo;*
- *scelta dei materiali e manutenzione degli impianti;*

Siffatta interazione ha essenzialmente obiettivi di minimizzazione dei rischi di infortuni sul lavoro così come di quelli di distruzione o danneggiamento di beni aziendali connessi a incendi o altri fenomeni naturali o delle perdite conseguenti quando, malauguratamente, tali eventi avessero a verificarsi; ma poché è necessaria in queste circostanze un'analisi molto dettagliata del processo, il risk manager è disposto favorevolmente all'implementazione di un controllo di capability.

Così in sede di *programmazione della produzione* il flusso di prodotti generato dal ciclo produttivo risulterà correlato alla sinistrosità ed

all'efficienza dell'impianto. In definitiva lo studio dei tempi e metodi dovrà identificare standard tali da minimizzare la frequenza o la gravità dei sinistri e delle inefficienze. Analogamente all'atto della *progettazione e sistemazione* delle linee di produzione e, quando possibile, già nella fase di progettazione dello stabilimento, sarà necessario garantire quelle condizioni che possono assicurare la massima riduzione della frequenza dei sinistri o delle perdite quando il sinistro si verifica.

Perfino la scelta delle *materie prime* e materiali di consumo utilizzati nel processo produttivo può essere in qualche modo influente sulla sicurezza delle lavorazioni sicché ogni decisione in ordine agli stessi esige determinati requisiti la cui valutazione va assunta in accordo con il risk management. Quest'ultimo ha il compito inoltre di contribuire allo sviluppo di rigorose procedure di manutenzione degli impianti e attrezzature in quanto perdite, anche notevoli, possono essere la conseguenza di interventi non corretti, o ancora peggio, mancanti.

Va infine sottolineata un'ultima importante funzione assolta dal risk management nei riguardi della Direzione di Produzione e cioè quella di fornire costantemente informazioni su nuovi sviluppi dei sistemi di sicurezza e sull'efficienza dell'intero processo.

1.7 Il Risk Manager

Tratteremo in questa sede l'estrazione professionale del *Risk Manager* e la sua collocazione nell'organizzazione. L'estrazione professionale, è significativa per le *performance* di *Risk Management*, ed anche – elemento ancora più importante – per la capacità di imporre tale innovazione manageriale all'interno dell'organizzazione. La collocazione organizzativa invece è fondamentale per la valorizzazione interna delle scelte del risk manager, essa scaturisce da una congiunta considerazione dell'ambiente organizzativo nel quale opera l'impresa e della struttura organizzativa

interna. Vogliamo evidenziare in primis come l'estrazione professionale è soggetta a continue evoluzioni modificanti l'entità iniziale, mediante innumerevoli relazioni che il risk manager è chiamato a mantenere con tutte le funzioni aziendali interne e con l'ambiente esterno dell'azienda. Tenendo presente che il ricorso al finanziamento del rischio mediante trasferimento assicurativo, assorbe in realtà la parte quantitativamente più importante dei programmi aziendali di gestione del rischio, è necessaria una conoscenza approfondita del mercato assicurativo e dei suoi partecipanti nonché l'instaurazione con essi di solidi ed efficienti canali di comunicazione. Proprio per i motivi succitati è stato da molti osservato come, nella sua evoluzione storica, il *risk manager* rappresenti un'implementazione e allargamento dei compiti del responsabile assicurativo. A quanto detto inoltre, si aggiungono altre innumerevoli relazioni con consulenti esterni, come i brokers, avvocati, fisici, ingegneri di produzione, fiscalisti, attuari, consulenti finanziari; con produttori e installatori di sistemi di sicurezza, con i quali si ha una compartecipazione di know-how indispensabile per tre ordini di ragioni:

- 1) conoscenza di prodotti innovativi (utili per valutare l'efficienza dei sistemi di protezione in essere);
- 2) introduzione di nuovi strumenti di prevenzione;
- 3) possibilità di ricontrattare i premi di talune polizze assicurative con il contemporaneo aumento del livello di sicurezza offerto all'assicuratore.

Un ulteriore canale privilegiato di relazioni con l'ambiente organizzativo è quello che viene ad instaurarsi tra risk manager ed organismi di verifica tecnici, come le Unità Sanitarie Locali⁵, o a quelle tributarie come

⁵ Come noto all' U.S.L. sono state attribuite le competenze già possedute da vari organi tra i quali la A.N.C.C. (Associazione Nazionale per il Controllo della Combustione), l' E.N.P.I. (Ente

all'I.N.A.I.L. (Istituto Nazionale Infortuni sul Lavoro). In seconda analisi valuteremo attentamente la collocazione del risk manager in relazione ai diversi ambienti organizzativi. Tale scelta non può che risultare da una congiunta considerazione dell'ambiente organizzativo nel quale opera l'impresa e della struttura organizzativa interna. Nel caso di ambiente organizzativo relativamente stabile e con struttura *gerarchico – funzionale* caratterizzata da processi di delega molto ridotti, l'esposizione ai rischi imprenditoriali sarà limitata. Ne consegue che l'attenzione sarà prevalentemente concentrata sui rischi puri. Quindi risulta probabile la non eccessiva enfaticizzazione del ruolo del risk manager, portando il suo inserimento in rapporto di linea con il Direttore Finanziario e nell'ambito del sub-sistema funzionale da quest'ultimo sovrinteso. In un contesto ambientale organizzativo relativamente instabile ed eterogeneo fa riscontro sovente una struttura organizzativa interna divisionale o dipartimentalizzata che generalmente evidenzia ampia delega nei riguardi delle divisioni. In tale ipotesi, appare necessario un più accurato approccio ai rischi sia puri che imprenditoriali, inoltre la maggiore ampiezza della delega ed il processo decisionario decentrato, inducono a ritenere che il ruolo del risk manager deve essere dotato di sufficiente autorità per poter imporre, quando necessario, l'esigenza di operare determinate modifiche interne allo scopo di attrezzare l'impresa di fronte ai rischi. Per la stessa ragione l'alta direzione deve fornire il segnale a tutta l'organizzazione dell'importanza data alla gestione dei rischi. È preferibile dunque in tali situazioni, come soluzione un rapporto di linea con il Direttore Generale in veste di direttore di sub-sistema autonomo di gestione del rischio.

Nazionale Prevenzione Infortuni), l' Ispettorato Provinciale del Lavoro, il Servizio di medicina per gli ambienti di lavoro, l' Ufficio Igiene e così` via. Per questi ed altri aspetti dell' argomento rinviamo a L. Golzio, *Economia e organizzazione della sicurezza del lavoro in impresa*, Gufare`, Milano, 1984.

1.8 Il Crisis Management

Un'allargamento metodologico del Risk Management verso la gestione di eventi catastrofici porta alla realizzazione del *Crisis Management*, ossia alla *gestione degli speciali momenti di emergenza in cui gli eventi non possono essere affrontati dall'organizzazione se non per mezzo di uno <stato di mobilitazione>*. Ci si riferisce alle crisi, ossia ad episodi di particolare gravità (disastri ecologici, episodi mortali di tampering, incidenti industriali catastrofici, ecc.), in cui a pesanti conseguenze economiche si affiancano un forte impatto sui mezzi di comunicazione ed una potenzialità di lesione dell'immagine. Le crisi pongono alla direzione aziendale problemi del tutto nuovi ed eccezionali, da risolvere in tempi brevissimi, con il vincolo di pressioni sociali, sotto la minaccia di una stabile riduzione della economicità. La straordinarietà di tali situazioni impone l'abbandono delle abituali *routine* di comportamento in favore di procedure ed organi decisionali altrettanto straordinari. Il *Crisis Management* propone una serie di strumenti adatti a tali speciali conseguenze, concepiti affinché :

- a) la direzione possa compiere scelte corrette in tempi brevissimi;
- b) si instauri un flusso di comunicazione aperto, responsabile e fruttuoso con l'organizzazione e con gli attori esterni.

I processi di *Crisis Management* non si adattano solo agli eventi di origine dolosa ed accidentale, ma si prestano ad essere impiegati anche in contingenze economiche - finanziarie (dissesti, take – over ostili, gravi insuccessi commerciali, ecc.), purché si riscontrano tre elementi :

- Un'elevata gravità degli effetti potenziali;
- l'inapplicabilità delle procedure decisionali routinarie;
- la presenza di uno stringente vincolo temporale.

Il *Crisis management* non si esaurisce peraltro negli strumenti operativi che lo contraddistinguono, come i *piani di emergenza* (mosse da intraprendere in occasione di emergenze potenziale) ed i *crisis team* (centri decisionali relativi alla gestione dell'emergenza), in quanto la sua essenza deve essere ravvisata in un paradigma gestionale di base, che si incorpora non tanto nelle procedure, quanto nelle persone, evidenziando l'ineluttabile unicità di ogni crisi, che richiede di essere affrontata con soluzioni assolutamente specifiche. Infine dunque, si potrebbe ridurre il fine del Crisis Management (come disciplina) al potenziamento delle virtù decisionali delle persone deputate alla gestione dell'emergenza.

1.9 La percezione del rischio

La percezione del rischio, trattata alla fine del capitolo, è da ritenersi un fattore costante che accompagna qualsiasi strategia di risk management, influenzando sia le caratteristiche che il grado di affermazione di quest'ultimo in un'impresa.

Con il termine *percezione del rischio* ci riferiamo alla misura in cui le minacce gravanti sul patrimonio aziendale sono ritenute temibili. È intuitivo infatti, che qualora il *management* ritenga che i rischi cui è esposta l'organizzazione non possono incidere significativamente sulle sue sorti, la gestione dei rischi puri godrà di scarsa considerazione. Dunque possiamo concludere che se la percezione del rischio è complessivamente scarsa, verosimilmente, ciò è all'origine di un'insufficiente analisi del rischio, il che a sua volta impedisce, in un circolo vizioso, il miglioramento della percezione.

Capitolo 2

LA PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA DI RISK MANAGEMENT

2.1 Premessa

Prima di entrare nel merito, vogliamo precisare l'impostazione culturale alla base della metodologia di risk management. La valorizzazione delle esperienze che si possono trarre dall'analisi degli incidenti e delle condizioni organizzative da cui sono scaturiti, rappresenta un radicale cambiamento che abbandona la comune concezione dell'errore come colpa e dell'analisi dell'incidente come ricerca del responsabile da punire. J. Reason sostiene che il problema dell'errore umano può essere visto essenzialmente in due modi:

- Approccio alla persona;
- Approccio al sistema.

Entrambi gli approcci sottintendono una differente filosofia dell'errore ed una differente risposta, soprattutto perché fanno risalire l'errore a due classi di cause. La debolezza intrinseca dell'approccio personale è che porta ad isolare le azioni insicure dal contesto sistemico che le ha generate, trascurando il potenziale di apprendimento contenuto nell'analisi dell'errore.

Nell'approccio di sistema al contrario, l'assunto fondamentale è che nelle migliori organizzazioni, dato che gli esseri umani sono fallibili, è inevitabile che prima o poi si verifichino degli errori, come conseguenze del "disegno" del sistema. Pertanto la nostra idea sarà quella di predisporre

delle difese di sistema e, quando un incidente accade, l'obiettivo primario non sarà più quello di individuare chi ha sbagliato, ma chiedersi come e perché le difese hanno fallito. In effetti è ormai tempo di pensare alla sicurezza come ad un requisito del sistema e all'evento avverso come al frutto di una interazione tra fattori tecnici, organizzativi e di processo piuttosto che alla conseguenza di un singolo errore umano. Si tratta quindi di promuovere quel cambiamento **culturale** già iniziato nel mondo anglosassone e che comincia a muovere i primi passi anche in Italia, che consente di superare l'approccio punitivo dell'errore, il quale deve essere visto come un fallimento dell'intero sistema, incapace ne di prevenire l'errore ne di implementare delle opportune procedure di contenimento, identificabili come barriere; evidenti nello schema seguente:

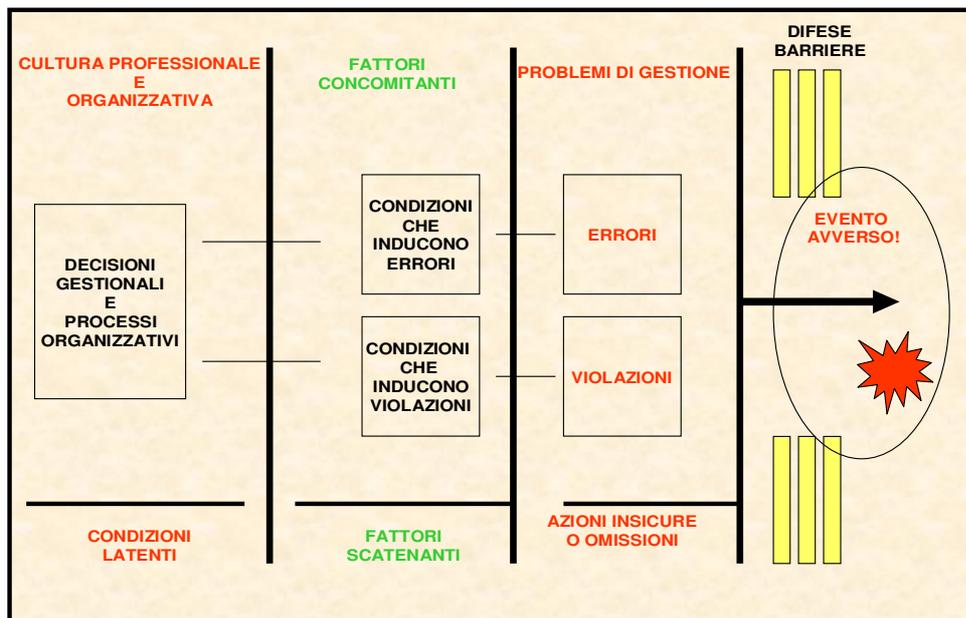


Figura 2.1: Modello della catena di cause degli eventi avversi.[Fonte J. Reason]

È molto facile, di fronte a qualcosa che non ha funzionato, limitarsi alla colpevolizzazione dell'operatore direttamente coinvolto, che in realtà è

solamente l'ultimo e più debole anello della catena degli eventi che hanno innescato l'errore e conseguentemente il danno. Al contrario ciò che serve è un sistema che renda possibile la rilevazione di tutti gli errori, anche quelli che non hanno generato un evento avverso, consentendone l'analisi approfondita e la ricerca delle cause, al fine di prevenire il ripetersi delle stesse condizioni di rischio o di limitare il danno quando questo si è ormai verificato (*barriere*). Progettare sistemi finalizzati alla prevenzione degli errori non è facile. La scarsa visibilità degli errori che nella maggior parte dei casi non vengono segnalati dagli operatori, di qualsiasi livello, frenati dal timore di essere giudicati negativamente dai colleghi e dal timore delle ripercussioni, è solo uno degli ostacoli al cambiamento. Quindi per promuovere il cambiamento culturale utile all'avvio di un sistema di gestione del rischio, è fondamentale una leadership forte che individui come prioritario l'obiettivo di garantire la sicurezza delle prestazioni, attraverso sistemi di risk management che prevedano, se necessario, anche la profonda revisione e modifica dei processi. Dovrà essere la stessa direzione aziendale la prima ad individuare la necessità di implementare un sistema di risk management, ponendolo tra gli obiettivi prioritari dell'azienda e inserendolo nella scheda di budget della Struttura, questo è un importante segnale per l'intera struttura aziendale. In conclusione, il passaggio all'uso degli errori come fonte di apprendimento per migliorare la qualità, rappresenta un grosso cambiamento. È necessario perciò che il cambiamento culturale sia il più possibile diffuso, perché non è possibile sperare in buoni risultati se la maggioranza dei professionisti non partecipa attivamente sia alla fase di individuazione che a quella di miglioramento, propedeutico è quindi un iter formativo specifico allo sviluppo di un programma di gestione del rischio efficace.

2.2 Caratteristiche e posizione del modello di risk management

Il percorso di progettazione del sistema aziendale di risk management muove dalla identificazione iniziale delle tipologie di rischi che il sistema è chiamato a gestire. La rilevazione e misurazione dei rischi è, come noto, all'origine delle metodologie e degli strumenti tipicamente utilizzati dalla funzione di risk management. Dalla identificazione dei rischi oggetto di monitoraggio, muovono le scelte riguardanti:

- La struttura del modello di rilevazione;
- l'individuazione delle responsabilità dei soggetti coinvolti;
- il disegno dell'architettura dei flussi informativi e dei supporti informatici e tecnici.

L'impostazione del modello di rilevazione è orientata a definire standard condivisi anche al di fuori della unità di risk management. In particolare è essenziale, per il buon funzionamento del sistema, la coerenza con i criteri e le caratteristiche degli strumenti trattati dalle strutture operative, ossia dalle unità di business.

Da queste considerazioni emerge la rilevanza di un approccio alla misurazione e monitoraggio dei rischi che sia coerente con i processi aziendali e con il modus operandi della pluralità di funzioni coinvolte. Ciò implica la diffusione di una cultura del rischio, idonea ad assicurarne un corretto governo ed a generare adeguati flussi informativi nei confronti dei vertici aziendali, cui va sempre ricondotta la responsabilità complessiva delle scelte strategiche in materia di rischi aziendali. Nella figura successiva sono esemplificate le linee fondamentali dei processi aziendali da cui promana l'assunzione del rischio: le decisioni fondamentali sulle strategie e la conseguente allocazione del capitale, possono essere visti

come atti cruciali di un ciclo che coinvolge tutte le funzioni responsabili dei processi operativi e di controllo.

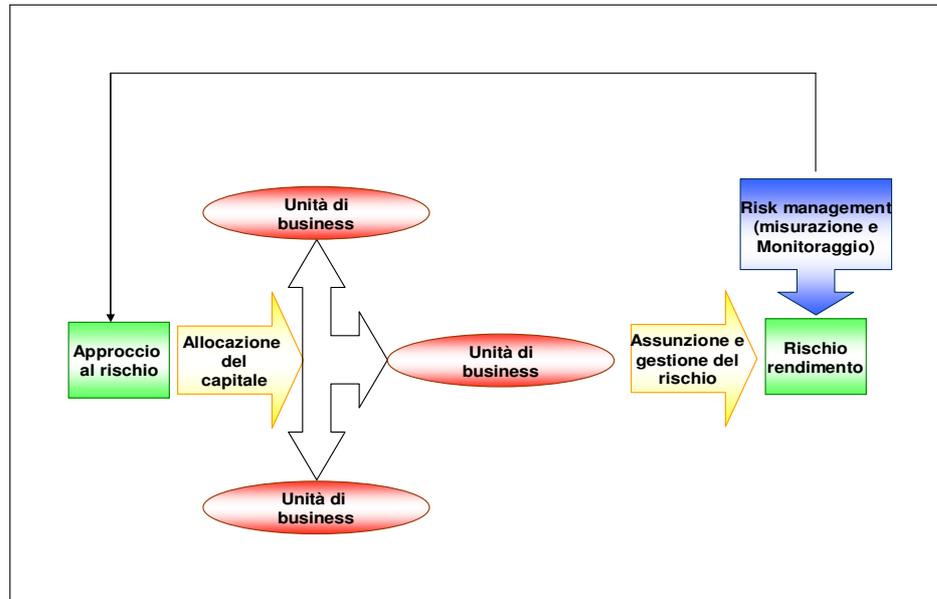


Figura 2.1: Processo di assunzione e gestione del rischio⁶

Il nostro obiettivo è l'implementazione di un sistema di monitoraggio dei rischi operativi, i cui dati ci permettono di realizzare opportune strategie di risk management in funzione delle specifiche esigenze ed convenienze. Quanto detto richiede un'opportuna conoscenza delle modalità di svolgimento dei processi che danno luogo all'assunzione di rischi per identificare tutti i momenti significativi nei quali possono verificarsi eventi inattesi comportanti perdite patrimoniali. Appare evidente come l'ampiezza delle possibili occasioni di rischio è direttamente correlata all'efficacia del complessivo sistema dei controlli interni: l'affidabilità dei presidi sul

⁶Corrado Meglio, Ciro Tarantino, *Introduzione al Risk Management. Incontri*, Marco Canale, Università "Federico II" di Napoli, 22 maggio 2000.

corretto funzionamento dei processi riduce infatti i possibili fallimenti delle procedure di corretta rilevazione e gestione dei rischi. Queste osservazioni mettono in evidenza la rilevanza dei collegamenti tra la funzione di risk management ed il sistema dei controlli interni, al fine di assicurare effettività agli indirizzi gestionali in materia di rischi e condivisione degli strumenti utilizzati per la rilevazione ed il monitoraggio; ciò costituisce il presupposto per una consapevole assunzione delle decisioni a tutti i livelli dell'azienda.

2.3 Logica e metodologia del modello di risk management

Come già accennato, il risk management è la funzione aziendale con il compito di identificare, valutare, gestire e sottoporre a controllo economico i rischi puri che minacciano i beni e i profitti della stessa azienda. La predetta definizione fa riferimento ai seguenti aspetti qualificativi:

- un atteggiamento verso il rischio basato sulla quantificazione delle esposizioni (frequenza e gravità);
- l'adozione di strumenti di controllo economico: vale a dire la valorizzazione delle esposizioni e la definizione di politiche di gestione orientate ad un risultato economico;
- la ricerca di criteri di ottimizzazione coerenti con la funzione obiettivo aziendale (in prima istanza, con la tutela della capacità di sopravvivenza dell'azienda).

Il punto qualificante quindi, a supporto di quanto detto, dell'approccio di risk management alla gestione dei rischi puri d'azienda, più che nelle caratteristiche intrinseche dei singoli interventi concretamente operati, deve essere riscontrabile nella loro coerenza e sistematicità; ottenute rompendo il «tradizionale» e rigido paradigma «rischio-assicurazione» ed

abbracciando una più razionale e strutturata sequenza decisionale, in grado di ricondurre ad unità logica tutte le molteplici e variegate situazioni di vulnerabilità.

Tale sequenza, il cui obiettivo ultimo è la trasformazione del profilo di rischio iniziale nel profilo di rischio più coerente con gli obiettivi aziendali, si articola in sei fasi così riassumibili: 1) **identificazione** di tutte le situazioni in grado di generare perdite da eventi accidentali; 2) **individuazione** delle possibili alternative di gestione; 3) **selezione** del piano di gestione ottimale; 4) **realizzazione** dello stesso piano; 5) **monitoraggio** dei risultati; 6) eventuale «aggiustamento» delle tecniche di gestione utilizzate.

Al fine di illustrare le caratteristiche del risk management, tuttavia, può essere più proficuo ricorrere ad una logica di analisi per processi, raggruppando le singole attività non in relazione alla loro collocazione logico-temporale, ma in relazione all'omogeneità di obiettivi e competenze. Secondo tale approccio, quindi, si possono individuare tre macroprocessi, che benché non logicamente posti in rigido ordine sequenziale, quanto piuttosto «spalmati» lungo la sequenza logica precedentemente esposta, possono essere autonomamente studiati: *identificazione, valutazione e gestione* (figura alla pagina seguente). Il processo di identificazione del rischio ha l'obiettivo di *gestire il fabbisogno informativo di tutta l'attività di risk management*, ricercando e strutturando le informazioni necessarie per una chiara ed esaustiva descrizione del profilo di rischio dell'azienda indagata; al fine di creare il presupposto informativo dei processi di valutazione e gestione.

La sola descrizione del profilo di rischio, per quanto completa e sistematica, non è però da sola sufficiente per l'elaborazione di un razionale e coerente piano di azione, che non può assolutamente prescindere da un vincolo di economicità, come già accennato ad inizio paragrafo.

Il processo di valutazione si rende necessario, poiché qualsiasi azione di gestione del rischio implica inevitabilmente l'impiego di risorse aziendali, il cui « sacrificio » -in un'ottica di allocazione ottimale delle stesse – è giustificabile solo qualora i connessi «benefici» eccedano quelli generabili

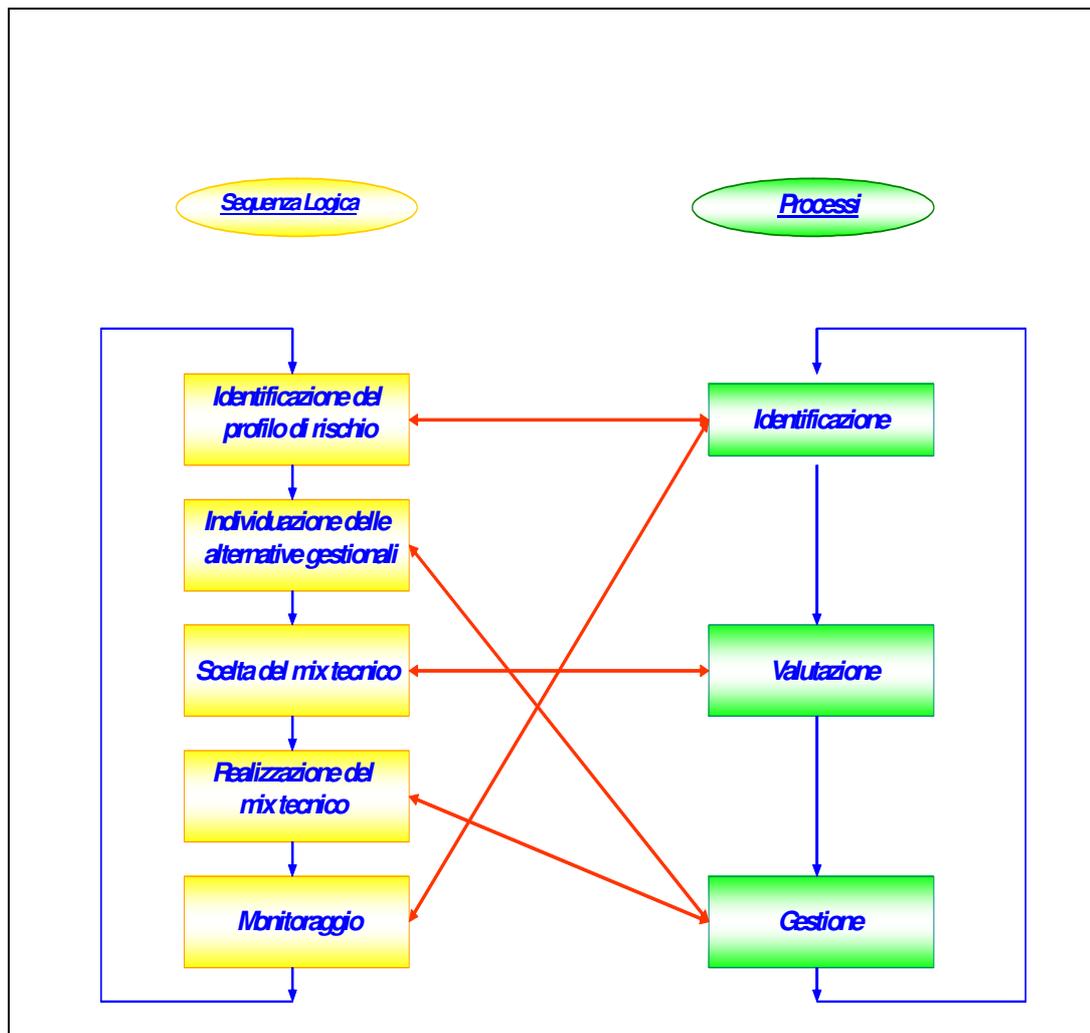


Figura 2.2: Relazione logico funzionale tra attività e processi di gestione del rischio.

da eventuali impieghi alternativi. Le competenze richieste per una sua efficace ed efficiente conduzione sono da individuarsi nel possesso di un adeguato modello di valutazione e nel raggiungimento di una affidabile integrazione informativa con gli altri processi, da cui si ricevono le informazioni in input (informazioni relative alle caratteristiche del rischio

ed a costi e benefici di ogni possibile tecnica di gestione) ed a cui si cedono le informazioni in output (mix di tecniche da applicare), secondo lo schema riportato in figura.

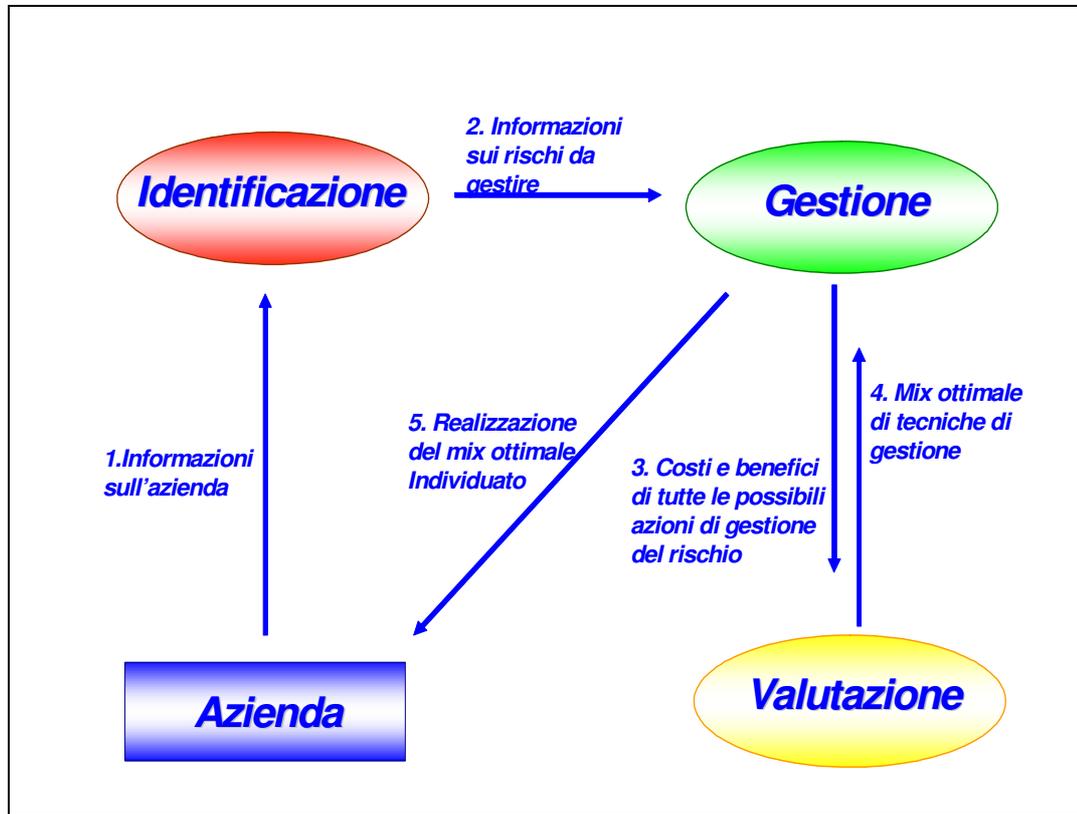


Figura 2.3: Interrelazione tra i processi di gestione del rischio

Il processo di gestione del rischio, infine, ha il duplice obiettivo di individuare tutte le possibili alternative di gestione dei rischi emersi durante la fase di identificazione (esplicitando, per ognuna, i relativi costi e benefici) e di realizzare nel concreto quelle selezionate. Le tecniche di gestione (si veda la figura 2.4) si possono suddividere in due classi fondamentali, a seconda che agiscano direttamente sulle caratteristiche intrinseche delle determinanti del rischio (tecniche di controllo), oppure sulle relative conseguenze economico-finanziarie una volta che l'evento si sia manifestato e abbia prodotto i suoi danni (tecniche di finanziamento del rischio). Le tecniche di controllo del rischio, a loro volta, pur essendo

decisamente numerose, variegata ed in continua evoluzione, sono classificabili lungo due dimensioni, a seconda che si voglia enfatizzare il loro impatto sul profilo di rischio, oppure lo strumento a tale scopo utilizzato. Nel primo caso, si distingue tra tecniche di prevenzione, se in grado di ridurre la probabilità di verificarsi di eventi dannosi, e tecniche di protezione, se in grado di ridurre i danni conseguenti al sinistro; nel secondo tra tecniche di controllo fisico, procedurali e tecniche psicologiche dove le prime consistono nell'adozione di impianti e/o congegni fisici in

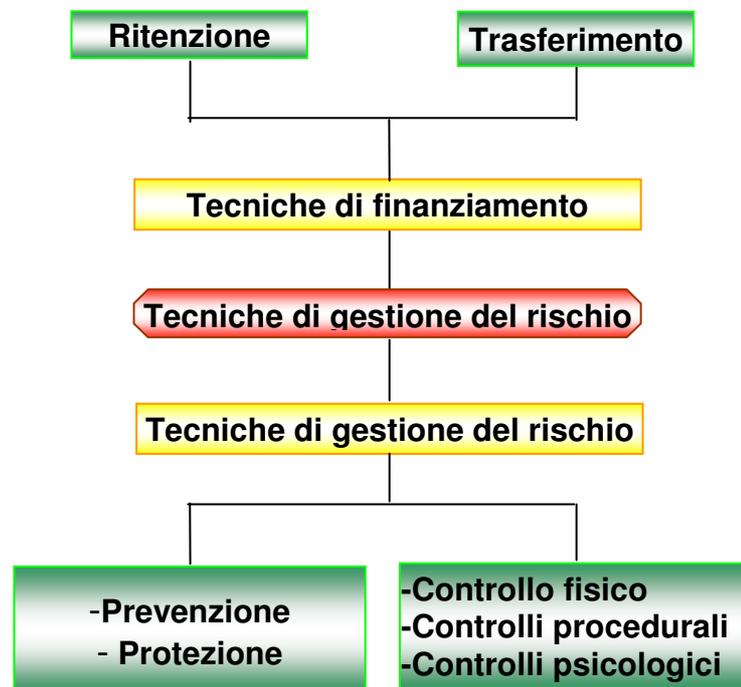


Figura 2.4: Classificazione delle tecniche di gestione [Fonte G.Converso, *Gestione della Produzione Industriale*]

grado di ridurre la probabilità di manifestazione di un sinistro o le perdite conseguenti; le seconde nell'imposizione di particolari regole di comportamento; mentre le tecniche psicologiche consistono nel trasferire all'interno dell'intera struttura organizzativa una cultura di gestione dei rischi, attraverso corsi formativi, incontri e dialoghi interpersonali (vedi tabella). Le tecniche di finanziamento del rischio, invece, si possono classificare in funzione del soggetto economico su cui ricadono le

conseguenze economico finanziarie dei sinistri, distinguendo tra forme di trasferimento e forme di ritenzione. Nel primo caso, l'obiettivo di «ammorbidire» le conseguenze di eventuali sinistri sull'equilibrio economico-finanziario dell'azienda si realizza trasferendo quest'ultime ad altri soggetti economici; nel secondo, attraverso un « preventivo » processo di pianificazione finanziaria (tipicamente realizzato attraverso accantonamenti contabili, aperture di linee di credito contingenti, processi interni di autoassicurazione, creazione di compagnie captive, ...).

	Tecniche di controllo fisico	Tecniche di controllo procedurale	Tecniche di controllo psicologiche
Prevenzione	Adozione di oli non infiammabili	Ispezione periodica degli impianti	Corsi per sensibilizzare al rischio il personale Corsi di aggiornamento tecnico Corsi di antinfortunistica
Protezione	Installazione di impianti di segnalazione incendio Installazione di impianti sprinkler Duplicazione impianti in presenza di colli di bott.	Procedure di evacuazione degli stabilimenti Procedure di allarme a squadre interne Elaborazione piani di emergenza	Corsi di pronto soccorso Addestramento di squadre Antincendio

Tabella 2.1: Esempio di classificazione di alcune tecniche di controllo del rischio incendio

Le tecniche di finanziamento si pongono in subordine sia perché qualsiasi strategia di finanziamento del rischio è attuabile in termini sufficientemente convenienti solo in presenza di livelli di sinistrosità contenuti o comunque strettamente controllati (e quindi, quando si è dato seguito ad una preventiva azione di gestione del rischio), sia in tutti i casi in cui un sinistro

coinvolga valori (come la tutela della vita umana e la salvaguardia dell'ambiente) che non possono -o meglio, non dovrebbero - essere ricondotti ad un mero calcolo di convenienza economico-finanziaria e che quindi devono essere necessariamente tutelati.

2.4 Significato operativo delle azioni di risk management

La riduzione e la ritenzione, entrambe dirette sul rischio, consistono nella rimozione parziale o totale delle cause dell'evento dannoso e nella realizzazione di mezzi di protezione atti a ridurre la vulnerabilità dei beni soggetti al rischio. In entrambi i casi l'intervento si traduce per lo più in un investimento che deve essere valutato sotto il profilo economico e delle scelte tecniche. La ritenzione, escludendo il caso in cui la ritenzione del rischio sia il risultato di una politica disattenta o di un comportamento inconsapevole, che certamente esula dalla dottrina del Risk Management, è riferibile a quegli eventi che per frequenza ed entità non è opportuno siano soggetti a copertura assicurativa, mentre negli altri casi comporta, nella sua corretta interpretazione, la costituzione di un fondo di autofinanziamento, attraverso un periodico accantonamento, che dovrà servire a fronteggiare le situazioni di emergenza determinate dall'evento dannoso. Il trasferimento del rischio invece, che si realizza mediante l'intervento dell'assicuratore, comporta il ricorso ad un costo periodico in luogo dell'accantonamento ed è di sicuro vantaggio per il rapporto tra l'entità del costo e la capacità finanziaria messa a disposizione dall'assicuratore, sicuramente maggiore di quanto ottenibile con il ricorso ad un fondo autoalimentato. Poiché il "Risk Management" è una metodologia che si pone l'obiettivo di tutelare complessivamente gli interessi dell'azienda volto a tutelare la capacità di reddito può prescindere dai criteri di economicità anche nelle politiche di gestione dei rischi stessi, utilizzando di volta in volta gli strumenti, i prodotti e le soluzioni che garantiscano la stessa. In tutti i casi in cui

l'evento pregiudizievole é di natura tecnica, connesso quindi con lo svolgimento dell'attività, e in qualche caso anche per i rischi connessi all'azione dell'uomo

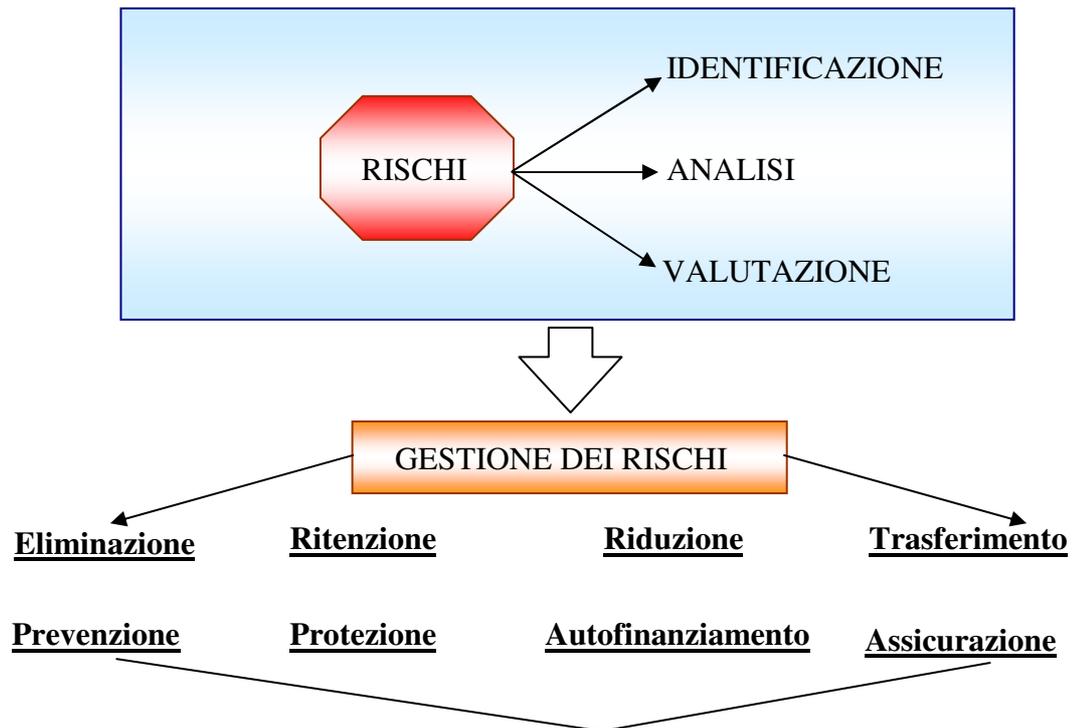


Figura 2.5: Metodologia di risk management [Bruno Frattini, Sicurezza]

esistono come già anticipato due strade percorribili:

- la prevenzione
- la protezione

Con la prima si ottiene l'effetto di ridurre la frequenza con cui l'evento può verificarsi, in quanto si eliminano parzialmente le cause di danno (buona manutenzione degli impianti, accortezza nel tenere debitamente separati gli ingredienti di una reazione incontrollabile, quali ad esempio infiammabili e

fonti di energia, ecc.); mentre con la seconda si tende a contenere l'entità del danno una volta verificatosi l'evento. Tutto quanto non è possibile eliminare attraverso l'intervento diretto appartiene alla sfera del rischio "trasferibile". Ed è proprio questo il campo in cui si manifesta l'importanza del compito dell'Assicuratore. Non tutti i rischi che incombono sull'attività di un'azienda possono essere trasferiti. Ciò deriva dai limiti di carattere generale che si riconoscono in un codice operativo comune a tutti gli Assicuratori, affiancati di volta in volta da ulteriori limiti in rispetto di normative degli specifici contratti e, più nel dettaglio, in funzione delle peculiarità del singolo Cliente. In definitiva un rischio è assicurabile quando:

- L'interesse da tutelare deve essere misurabile economicamente, così come il possibile danno, secondo un criterio univoco.
- L'evento che può ledere l'interesse deve essere improvviso ed estraneo alla volontà del soggetto assicurato.

2.5 Economia della metodologia di risk management

Il *Risk Management* costituisce un'azione sistematica mirante a ridurre gli ostacoli frapposti al raggiungimento da parte dell'impresa dei suoi obiettivi economici. I rischi puri sono all'origine di costi di vario genere, che in modo più o meno evidente, agiscono negativamente sulla performance aziendale.

Non è, tuttavia, corretto sostenere che le azioni del *Risk Management* siano sempre capaci di minimizzare tali rischi, perché ogni intervento comporta, a sua volta, costi, che non necessariamente sono compensati dal risparmio conseguente alla diminuzione del rischio sostenuto dall'impresa.

Come tutte le decisioni relative alla vita aziendale, anche l'attività di *Risk Management* deve essere sottoposta ad un'analisi comparativa tra costi e benefici derivanti dalle azioni intraprese. Si deve, pertanto, distinguere tra:

- *costi dei rischi puri;*
- *costi degli interventi di Risk Management.*

La valutazione monetaria del costo dei rischi puri richiede una precisa descrizione e quantificazione delle conseguenze dovute alla manifestazione concreta dell'evento dannoso. L'esito immediato e diretto del realizzarsi di una minaccia nei confronti dell'attività aziendale può comportare:

- la perdita della disponibilità di una risorsa, nel caso essa cessi di far parte del patrimonio aziendale;
- la modifica indesiderata della risorsa, quando i suoi elementi funzionali sono manipolati per atto doloso o accidentale, menomando l'attitudine a realizzare le proprie funzionalità.

A queste voci di costo, poi, si devono aggiungere gli effetti negativi che intercorrono tra il momento del verificarsi del danno e quello della completa eliminazione dello stesso.

L'analisi presentata è però, incompleta e riduttiva: il costo di un rischio non può essere inteso unicamente nel senso contabile, ma deve assumere il significato più generico di *svantaggio* che, a volte, è visibile e quantificabile, in altri casi, risulta refrattario alla misurazione economica. La violazione della riservatezza di informazioni e di *know-how*, che potrebbero essere sfruttate in concorrenza con l'azienda, rappresenta un danno non direttamente convertibile in valori monetari, ma, di sicuro, si riflette negativamente sulle scelte strategiche e competitive dell'azienda.

Dalla mera esistenza del rischio derivano *costi/svantaggi* che vengono sostenuti sotto forma di incertezza e distorsione dei processi decisionali.

In genere, è più agevole valutare i costi degli interventi, classificabili in:

- a) *costi diretti*: sono costituiti da tutte le spese erogate per dotazioni di strumenti di azione sul rischio (premi assicurativi, manutenzioni ordinarie e straordinarie, costi amministrativi, sistemi di sicurezza, ecc.);
- b) *costi indiretti*: sono costituiti dalle perdite di efficienza, dalle minori vendite e, in generale, da ogni effetto negativo legato all'impiego di strumenti di *Risk Management* (rallentamenti dei ritmi produttivi, ecc.).

La verifica di convenienza basata sul confronto dei costi dei rischi puri ed i costi delle forme di contenimento del rischio stesso si rivela, comunque, non semplice, tanto da poter concordare con la considerazione che l'indeterminatezza quantitativa è uno dei principali punti di criticità della gestione dei rischi puri.

Capitolo 3

METODI ED AMBITI DECISIONALI

3.1 Analisi dell'attività decisionale

Trattata la metodologia e la tipologia di tecniche di risk management (capitolo precedente), ci poniamo qui il problema della scelta delle tecniche, o meglio della combinazione di tecniche, a cui affidarsi per gestire le situazioni di rischio a cui l'azienda è esposta, evidenziandone le problematiche e difficoltà rilevanti.

La connaturata incertezza che presiede la materializzazione del rischio puro è l'elemento discriminante che rende complesso il sistema decisionale in materia di Risk Management. Un rischio comporta il verificarsi di una particolare conseguenza appartenente ad una serie di conseguenze note nella loro sostanza, ma incerte nel loro verificarsi: si può stabilire che un certo rischio esiste, ma conoscere in anticipo i tempi e le modalità con cui si realizzerà sarebbe in contrasto con la sua stessa natura di evento incerto.

Pertanto, arrivare a gestire il rischio significa attrezzarsi di fronte all'intero spettro di esiti futuri: la decisione deve contemplare tutte le eventualità, la cui "conoscenza" si realizza mediante la formulazione di previsioni e, sulla base di queste, si stabiliscono le misure ritenute più idonee a fronteggiare le potenziali situazioni di vulnerabilità.

Il percorso decisionale, tipico dell'azienda, finalizzato al conseguimento del profitto non garantisce la completezza dei riferimenti informativi necessari a ponderare tutti gli aspetti legati all'incertezza insita nelle situazioni che sono oggetto di analisi.

La valutazione di convenienza, basata sull'analisi di comparazione tra costi sostenuti e benefici conseguiti nella realizzazione dei piani di gestione, al fine di minimizzare i costi del rischio, è uno dei criteri di scelta fondamentali, ma non si può tralasciare che essa è deformata dall'impossibilità di prevedere gli esiti di una situazione. La composizione dei flussi monetari associati alle evenienze dannose si caratterizza di ammontari certi dovuti agli interventi posti in essere e da ammontari incerti dovuti alle probabili manifestazione del rischio. Ciò comporta, ai fini pratici, l'introduzione della probabilità nell'attività decisionale. Da qui risulta chiaro che la decisione per attuare una scelta appropriata nel trattamento del rischio puro è determinata, oltre che dai fattori di natura economica, anche dalla necessità, consapevole o inconsapevole, di ridurre il livello di incertezza. La componente discrezionale, quindi, dovuta al giudizio personale di chi assume il compito di decidere della soluzione assume un rilievo che non può essere trascurato.

3.2 Criteri di decisione

La definizione dei criteri da seguire per rendere ottimale la decisione in materia di Risk management è un punto delicato del sistema decisionale. La difficoltà nel delineare delle linee guida risiede nella necessità di dover relazionare fattori e motivazioni di natura economica, tipicamente aziendali, e di natura discrezionale e contingente dovuti allo stato di incertezza insito nelle situazioni da risolvere.

Le decisioni di Risk Management dovrebbero essere la sintesi di tre fattori:

- la convenienza economica;
- l'effetto finanziario;
- l'avversione al rischio.

3.2.1 Convenienza economica

Un intervento di Risk Management rappresenta per l'azienda un investimento che genera, nel tempo, flussi di cassa negativi e positivi. I primi sono dati dai costi dell'assicurazione, del controllo del rischio, della ritenzione e di tutti i costi monetari indiretti che possono essere collegati con certezza all'intervento. I secondi sono dati dal risparmio dovuto alle minori perdite per eventi dolosi od accidentali e da tutti i vantaggi monetari indiretti accertabili con sicurezza.

Il metodo del *valore attuale netto* introduce il concetto del valore finanziario del fattore tempo. Il principio cardine del valore finanziario del tempo risiede nell'attribuzione di un maggiore valore ad una somma di denaro immediatamente disponibile rispetto alla medesima disponibile in futuro.⁷ L'attualizzazione è un processo di omogeneizzazione volto a permettere il confronto di grandezze finanziarie disponibili in tempi diversi e quindi non direttamente confrontabili.

Il *valore attuale* indica il valore alla data corrente di un investimento secondo la formula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

dove VAN sta per Valore Attuale Netto, F_t è l'entità del flusso al tempo t , e i è il tasso di attualizzazione (o d'interesse).⁸

⁷ 'Un dollaro oggi vale più di un dollaro domani'. R. A. Bradley, S. C. Myers, S. Sandri, *Principi di finanza aziendale*, Milano, McGraw-Hill, 1999.

⁸ Per un approfondimento su VAN ed altre tecniche di misurazione della convenienza di investimenti, si veda R.A. Brealey, S. Myers, *Principi di finanza aziendale*, Milano, McGraw-Hill, 1990.

Un investimento è considerato vantaggioso quando il Valore del VAN risulta positivo. Per le valutazioni di azioni di Risk Management, i risultati sono tutt'altro che infallibili, in quanto il VAN è un criterio applicabile solo a vantaggi economici quantificabili in modo certo. Diversi vantaggi indiretti, soprattutto le considerazioni di carattere strategico, sono inadatti ad essere trattati con questo tipo di analisi, che, per tale motivo, potrebbe operare una sottovalutazione sistematica della convenienza degli interventi di gestione dei rischi puri. Nel caso dell'assicurazione, a rigore, i flussi certi in uscita dei premi dovrebbero essere confrontati con i flussi incerti in entrata dei risparmi di perdita, che possono essere definiti solo in termini di probabilità, ma il VAN non è applicabile utilizzando questo tipo di informazioni. Nel caso dell'introduzione di tecniche di prevenzione occorre essere in grado di stabilire gli effetti dell'intervento sui valori delle perdite attese. Risulta chiaro che l'utilizzo delle tradizionali regole di valutazione economica, pur consentendo di conoscere un aspetto della situazione esaminata, offre un quadro deficitario in termini di elementi informativi, necessari ad una scelta ponderata.

3.2.2 Gli effetti finanziari

Le perdite dei rischi puri non si distribuiscono uniformemente nel tempo, ma, spesso, si manifestano improvvisamente, con conseguenze economiche che potrebbero alterare l'equilibrio finanziario. Il Risk Management sostituisce, all'andamento erratico dei costi delle perdite, il flusso regolare dei costi dell'assicurazione o della prevenzione ed elimina o attenua le punte di perdita che sarebbero eccessive per la sopportazione aziendale.

I benefici sugli effetti finanziari offerti dai vari strumenti di Risk Management possono essere illustrati graficamente.⁹

⁹ I grafici in questione sono tratti da N. Misani, *Introduzione al Risk Management*, Milano, EGEA, 1994, pag. 244.

Il grafico riportato in figura 1 visualizza l'andamento ipotetico delle perdite periodali (P), su un arco di dieci anni, relative ad un determinato rischio. Il limite PA indica l'ammontare massimo di perdita assorbibile dalle risorse finanziarie aziendali senza grave squilibrio.

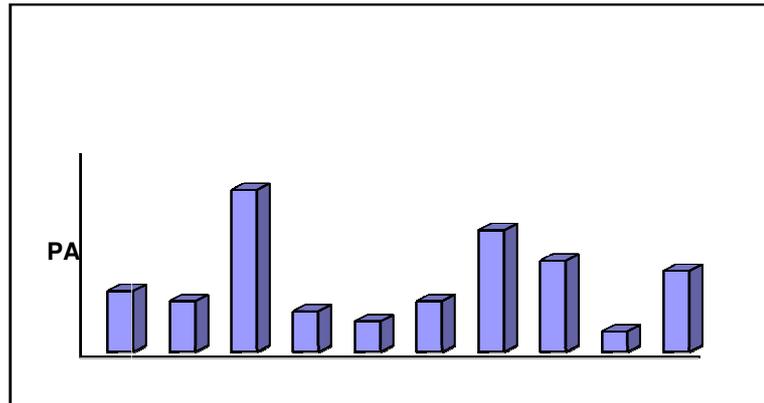


Figura 3.1: Perdite sostenibili rispetto ai vincoli finanziari

Gli strumenti di *Risk Management* realizzano con diverse modalità la compatibilità tra perdite ed equilibrio finanziario. Nella figura 2 sono presentati gli effetti dell'adozione di assicurazione, ritenzione e controllo del rischio.

L'assicurazione, supponendo una completa copertura del rischio, equivale alla rimozione del vincolo finanziario (Grafico1), in quanto le perdite vengono sostenute dall'assicuratore. La ritenzione ha, invece, come effetto un innalzamento della capacità di assorbimento aziendale, grazie alla creazione di fondi speciali cui attingere a supporto delle risorse finanziarie ordinarie (Grafico 2). Infine, le tecniche di controllo si contraddistinguono per lasciare inalterato il vincolo finanziario ed agire sulle perdite mediante misure di prevenzione della minaccia e protezione dalle conseguenze dannose (Grafico 3).

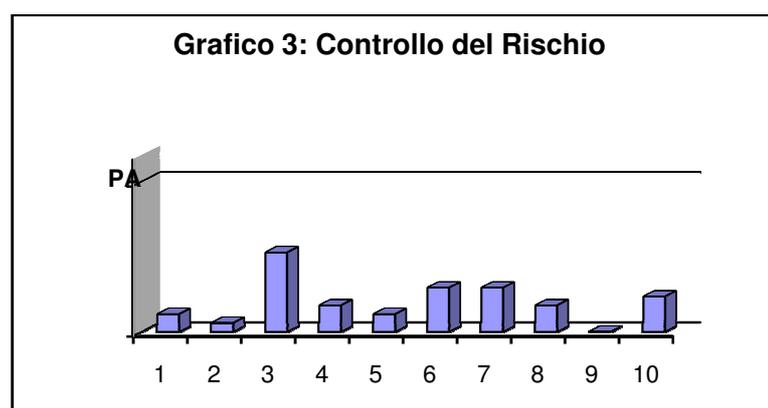
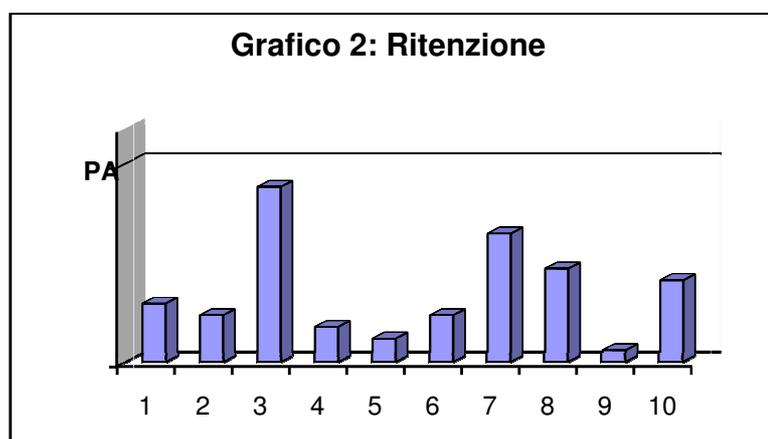
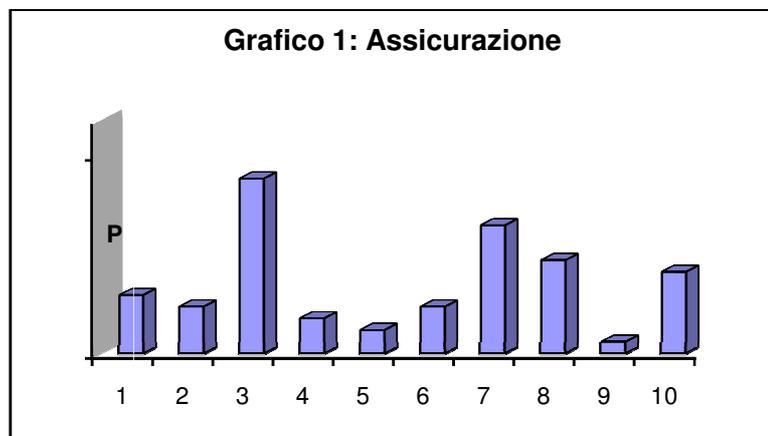


Figure 3.2, 3.3, 3.4: Andamento delle perdite aziendali a seguito di varie strategie di risk management

E' compito del decisore scegliere fra le varie opzioni verificando se l'onere economico di una tecnica sia realmente compensato dal beneficio finanziario apportato.

3.2.3 Avversione al rischio

Un ulteriore fattore decisionale è rappresentato dall'*avversione al rischio*, ossia la maggiore o minore propensione psicologica del decisore ad accettare situazioni di rischio.

I grafici riportati in figura presentano il limite di non evidenziare che i tre strumenti principali di Risk Management offrono gradi diversi di certezza circa l'effettivo rispetto del piano di gestione stabilito. L'assicurazione, nei limiti delle clausole contrattuali, opera in modo certo;¹⁰ la ritenzione può rivelarsi inefficace a causa di errori nella previsione delle perdite; il controllo, infine, oltre ad esporre al rischio di errate previsioni delle perdite, comporta l'ulteriore pericolo che la riduzione delle perdite stesse non si verifichi (o si verifichi in misura inferiore alle attese) a causa di errate valutazioni dell'efficacia delle misure di sicurezza o di mutamenti delle situazioni di rischio.

Il livello di perdita che l'azienda può sopportare senza squilibrio finanziario è una grandezza collegata a parametri oggettivi, quali la composizione delle fonti di finanziamento, la capacità di ricorso al credito, ecc. D'altra parte, l'alterazione dell'equilibrio finanziario è rimesso al giudizio soggettivo ed ancora, una volta determinato il livello massimo di sopportabilità, si può optare per una politica di rigorosa osservanza o adottare un approccio più permissivo. L'influenza dell'avversione al rischio su tali comportamenti è indiscutibile, ma fa sorgere il problema di trasformare tale fattore in un criterio decisionale di tipo quantitativo. In effetti, si potrebbe ritenere

¹⁰ Si trascura il rischio che la compagnia assicuratrice non sia solvibile.

semplicemente che l'avversione al rischio sia esercitata dal decisore in maniera informale e, al limite, del tutto inconsapevole.

D'altro canto, la quantificazione sarebbe utile per il fatto che in azienda esistono più decisori ed è opportuno che le scelte di ognuno siano guidate da politiche uniformi, oltre ad essere coerenti con l'interesse e con l'avversione al rischio dell'organizzazione.

3.3 Metodologie di decisione sotto incertezza

L'arricchimento degli input informativi per mezzo della stima della probabilità¹¹ dei possibili eventi dannosi e delle conseguenze monetarie ad essi associati modifica il processo decisionale allargando a metodologie che tengono conto della componente personale del giudizio relativo ai diversi modi di trattare il rischio. Questa modifica volta a dare significato numerico al carattere psicologico ed individuale di una decisione risulta, da un lato, positiva, proprio per questo intento, dall'altro, negativa per la impossibilità di convenzione oggettiva su tale argomento.

3.3.1 Approccio dell'utilità attesa

La teoria dell'utilità attesa¹² si dimostra adotta una logica di lungo periodo, in quanto tiene conto delle probabilità di accadimento degli eventi e connette l'aspetto economico con l'avversione al rischio.

In questo tipo di valutazione, alla moneta, come grandezza rilevante per le decisioni, si sostituisce l'*utilità*, che si intende come il beneficio psicologico di cui un individuo gode grazie ad un bene – monetario o non –

¹¹ “Il calcolo della probabilità è lo strumento che consente di rendere razionale il comportamento dell'uomo di fronte all'incertezza”.M. Fraire, A. Rizzi, *Elementi di statistica*, Roma, La Nuova Italia Scientifica, 1997.

¹² John Von Neumann e Oskar Morgenstern sono ritenuti i fondatori della moderna teoria dell'utilità attesa.

o ad una situazione. L'utilità viene espressa tramite funzioni; ogni individuo possiede una sua personale funzione di utilità.

L'aspetto più interessante dell'approccio dell'utilità attesa è che la forma della funzione di utilità della moneta dipende dall'avversione al rischio dell'individuo.

Infatti riveste fondamentale importanza l'atteggiamento dell'individuo nei confronti della situazione di rischio che si concretizza nella deformazione degli ammontari monetari aleatori, che porta alla sostituzione della cifra aleatoria con il suo "*certo equivalente monetario*" (ECM), inteso come la somma certa che viene giudicata equivalente a quella aleatoria da un valutatore "razionale".¹³

Se una generica somma \mathbf{X} prevede un insieme di possibili valori $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ con probabilità rispettivamente pari a $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$, allora il suo *certo equivalente* è quella somma di denaro z tale che la sua utilità uguaglia l'utilità attesa della situazione aleatoria:

$$U(z) = U(x_1) p_1 + U(x_2) p_2 + U(x_3) p_3 + \dots + U(x_n) p_n$$

In una notazione sintetica, la precedente equazione si scrive come

$$U(z) = E [U(\mathbf{X})]$$

dove il simbolo 'E' indica l'operatore 'valore atteso', da cui si trae che il valore del certo equivalente è dato da:

$$z[\mathbf{X}] = U^{-1}[E[U(\mathbf{X})]]$$

¹³ Tale concetto è apparso in campo economico nel XVIII secolo grazie alle osservazioni formulate dagli studiosi D. Bernoulli e G. Cramer in risposta ai problemi sollevati dal "Paradosso di San Pietroburgo". Secondo tale paradosso, se ad uno scommettitore fosse proposto di lanciare una moneta e di raddoppiare la base di partenza per ogni lancio fino all'uscita di una <<testa>>, il valore atteso della sua vincita sarebbe infinito, per cui dovrebbe essere disposto a giocare qualunque cifra. Per approfondimenti S. Gorowitz, *The St. Petersburg Paradox*, in M. Allais e O. Hagen (a cura di), *Expected Utility Hypotheses and the Allais Paradox*, Dordrecht, Reidel, 1979.

il confronto fra due somme incerte si basa sul confronto tra le loro utilità attese.

Il certo equivalente non è uguale al valore atteso, ma ad esso è collegato dalla seguente relazione:

$$\text{Certo equivalente monetario} = \text{valore atteso} + \text{premio per il rischio}$$

Questo significa che la differenza esprime la misura del gradimento o dell'avversione dell'individuo verso la situazione di rischio.

In generale, ci si può attendere che la funzione sia monotonicamente crescente, ossia che ogni individuo preferisca una somma di denaro maggiore rispetto ad una inferiore.

Nel caso in cui U l'utilità fosse proporzionale al crescere della quantità di moneta vi sarebbe perfetta coincidenza tra certo equivalente e valore atteso: è il caso della neutralità nei confronti del rischio. Nella gestione del rischio le somme in gioco sono di ammontare non trascurabile e quindi non è un atteggiamento da prendere in considerazione.

Il caso di una crescita dell'utilità meno che proporzionale (concava verso il basso) è relativo ad un individuo avverso al rischio: è questo l'atteggiamento nei confronti del rischio di un gestore razionale.

Secondo questa teoria un individuo effettua le sue scelte basandosi sul valore minimo dell'utilità attesa.

L'uso concreto di questo metodo incontra l'ostacolo di misurare le funzioni di utilità.

Inoltre, è importante considerare che l'azienda non è un individuo, ma un insieme di individui ed è dubbio se abbia senso attribuirle funzioni di utilità.

Anche quando si pensa ad utilità riferite al top management si possono sollevare perplessità circa la trasferibilità del suo atteggiamento generale verso il rischio al caso particolare dei rischi puri; le persone presentano propensione o avversione al rischio distinte in relazione alla natura alla tipologia e del rischio.

3.3.2 Il worry method

Il *worry method* o il metodo del fattore di disturbo¹⁴ si basa sul presupposto della preferibilità delle situazioni certe rispetto a quelle incerte.

Il *worry factor* è la quantità che esprime il costo psicologico di una situazione di rischio. La sua quantificazione è affidata allo stesso decisore, che dovrebbe tenere conto di tre aspetti:

- la massima perdita che può subire l'azienda, in relazione alla capacità aziendale di sopportazione e agli obiettivi di stabilità del reddito;
- il tipo di rischio, in quanto certi eventi possono essere particolarmente indesiderabili per la loro risonanza pubblica, l'eventuale perdita di vite umane, la lesione dell'immagine del prodotto, ecc.;
- l'avversione al rischio desumibile dalle politiche aziendali .

Il fattore così definito rappresenta un costo che , aggiunto ai costi da sostenere per le azioni di Risk Management, consente di determinare il costo totale di ognuna delle alternative possibili.

Il metodo presenta caratteristiche interessanti per il fatto che mette in relazione la specifica situazione finanziaria dell'azienda, la convenienza economica delle opzioni e l'avversione al rischio. a questi aspetti positivi si contrappone la misteriosità dei metodi di determinazione del fattore di disturbo: se è abbastanza agevole definire la relazione tra i *worry factors* di più alternative, non esiste nessuna scala per la fissazione del valore assoluto. Ciò significa che la decisione viene ad inserirsi una componente di soggettività elevata e una totale impossibilità di riscontro nei calcoli.

¹⁴ La metodologia è stata sviluppata da C.A. Williams, R.M.Heins, *Risk Management and Insurance*, New York, McGraw-Hill, p.277, 1989.

PARTE II

I MODELLI E GLI STRUMENTI DI ANALISI PROPOSTI

Capitolo 4

IL PROCESSO DI IDENTIFICAZIONE

4.1 Premessa

Prima di trattare tutte le peculiarità dell' IDENTIFICAZIONE, proprie della metodologia, si necessita esplicitare alcune procedure inferenziali che ci consentono di calibrare l'identificazione su quelle attività che recano maggiori danni al sistema, mostrando un più alto livello di criticità.

Queste preliminari indagini statistiche puntano quindi, a non disperdere l' enorme potenziale delle procedure di *risk management*, ma a concentrarlo su esigenze di importanza primaria. Il primo problema che si pone quindi è quello di interpretazione della mole di dati iniziali. Quindi, una volta che i dati sono stati raccolti con criterio e si è certi della loro attendibilità, si possono analizzare cercando relazioni di dipendenza tra le varie fonti di rischio, individuando correlazioni e tendenze, stabilendo quali variabili incidono in maggior misura sull'evoluzione di determinati processi, in sintesi andando alla ricerca delle aree sulle quali concentrare, l'azione di miglioramento in modo da ottenere il più consistente incremento possibile nella qualità del processo. L'obiettivo finale è quello di giungere ad una totale e profonda conoscenza del processo sotto esame. Si possono elencare una serie di steps, in questo caso di tipologia prevalentemente statistica utili per la corretta esecuzione della procedura:

1. Conduzione di analisi per stratificazione
2. Analisi grafica
3. Analisi di correlazione ecc.

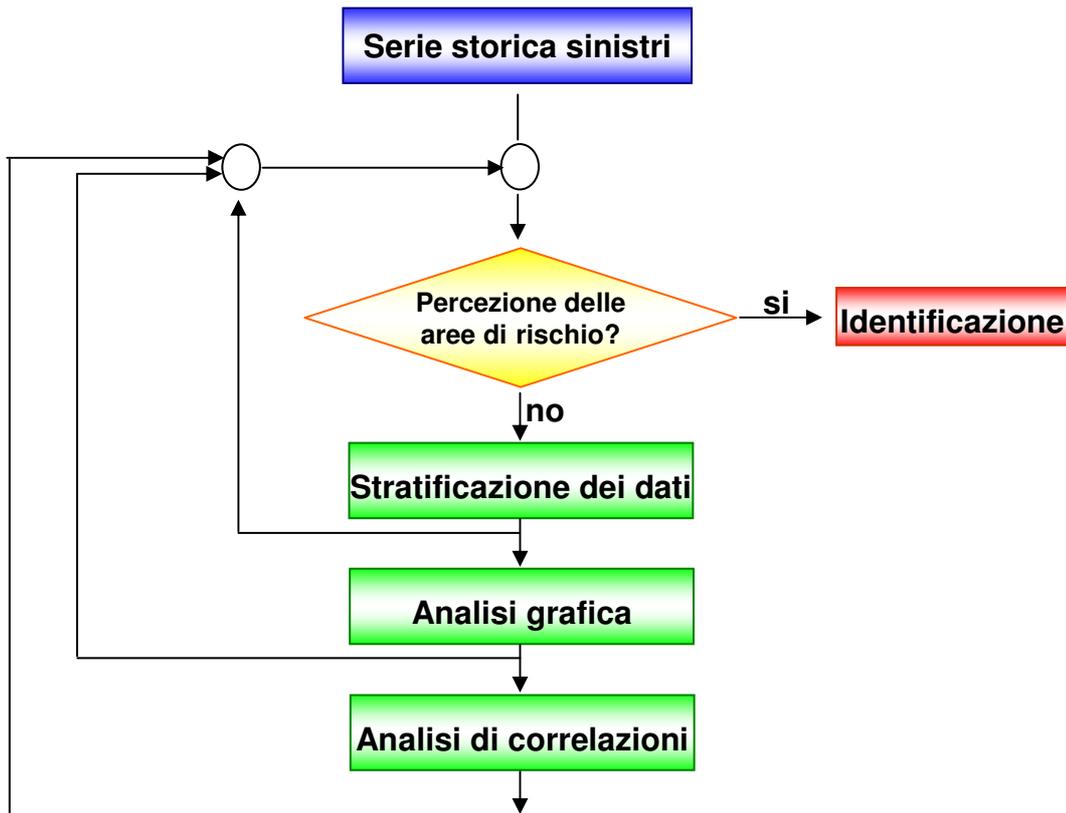


Figura 4.1: Processo di pre-identificazione

4.2 Analisi per stratificazione

Il primo step che siamo portati a implementare appena in possesso dei dati è valutare la loro complessità rispetto alle informazioni che a noi servono. Se si ci rende conto che il materiale in analisi si presenta talmente complesso che le relazioni causa-effetto, tra gli eventi in studio, non appaiono del tutto evidenti, si può implementare una stratificazione che evidenzi le cause e le renda maggiormente distinguibili dal groviglio di dati iniziali, migliorando così la qualità delle informazioni. I fattori di stratificazione su cui vengono maggiormente raggruppati i dati sono i seguenti:

- **tempo:** raggruppamento per periodi di tempo (ora, giorno, settimana, mese, turni di lavoro ecc);

- **operatori o unità operative:** raggruppamento in base all'operatore o unità operativa che ha effettuato la particolare operazione;
- **macchine e/o attrezzature:** modello, tipo, tecnologia;
- **materiale:** fornitore, composizione, consegne;
- **metodo di controllo di misura:** tipo di apparecchiature/strumento di controllo, addetto alle analisi; ecc.

Lo scopo di tale operazione è identificare l'influenza di determinati fattori sul fenomeno in esame attraverso il confronto tra i dati globali e i dati stratificati per evidenziare eventuali differenze. In pratica, se si è in possesso di una serie storica, rappresentativa degli incidenti avvenuti in un determinato reparto per un determinato orizzonte di tempo, ben poco ci dirà sull'efficienza di una specificata unità operativa, dato fondamentale per implementare la procedura di identificazione. Tale serie storica potrà essere sottoposta ad un processo di stratificazione, per singole unità operative (macchina, operatore, ecc.) o ancora per turni di lavoro ecc. Quanto detto sta ad indicare che una situazione di apparente normalità, ossia una serie storica con un trend regolare può essere data dalla cumulata di varie serie con andamenti diversi, di cui alcuni assolutamente stazionari e privi di trend, mentre altri crescenti. Come è evidente dai grafici alla pagina seguente, l'andamento complessivo del reparto di verniciatura, non richiede particolari urgenze di intervento, ma esplodendo la serie cumulata si evidenziano per alcune unità valori assolutamente non in linea con le specifiche, ossia a parità di ascissa valori di ordinata mediamente più elevati. Quindi si richiederà, un'identificazione dei rischi per l'unità di cataforesi e del forno di verniciatura 1, seguita da opportune procedure di risk management finalizzate a modificarne il trend. In un secondo momento si focalizzerà l'attenzione sulle altre unità per ottimizzare l'intero sistema mediante il controllo di tutte le variabili e se dallo studio si evincono inefficienze di processo cercare di eliminare anche quest'ultime,

considerando così il risk management, come una funzione aziendale orientata alla Qualità Totale del processo.

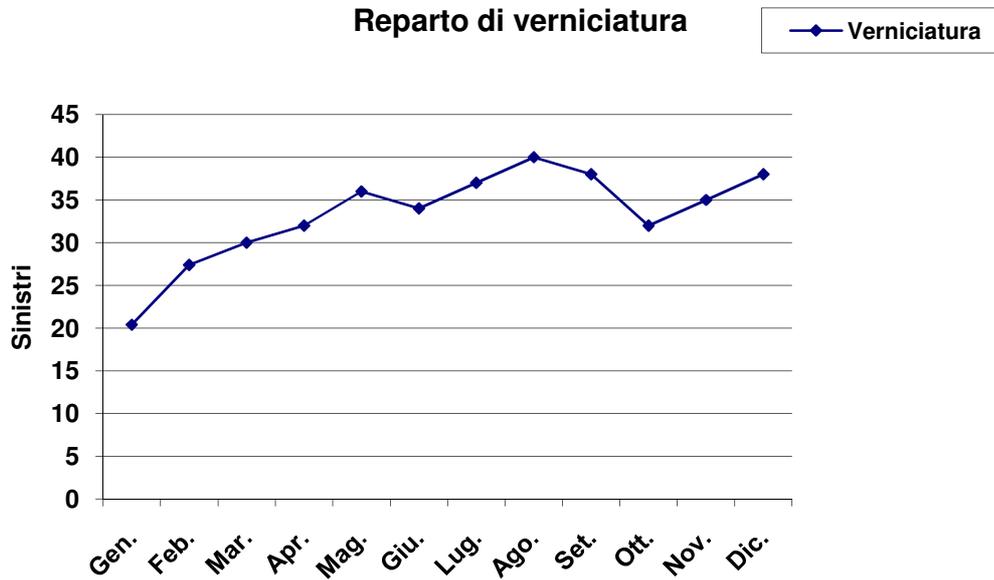


Figura 4.2: Serie storica cumulata dei sinistri per l'unità di verniciatura

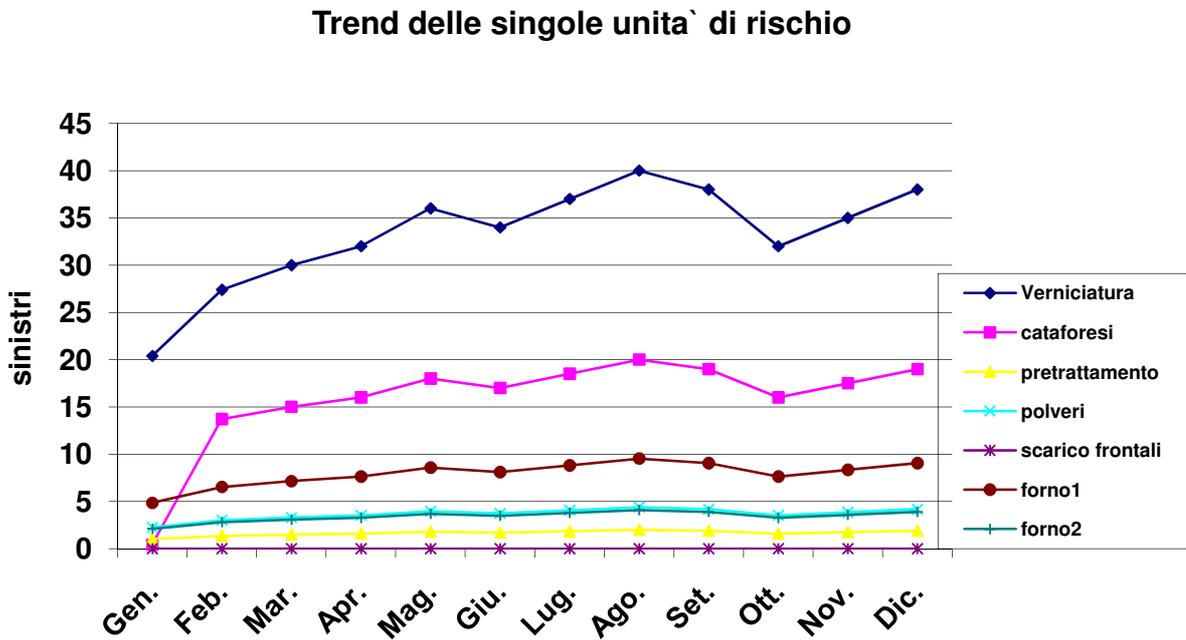


Figura 4.3: Serie storiche dei sinistri ottenute dalla stratificazione dei dati

4.3 Analisi grafica dei dati: Istogrammi

Depurata la serie storica dei sinistri, da elementi non significativi ai fini dell'individuazione delle unità su cui agire con priorità, è necessario strutturare graficamente i dati ottenuti. Utili a tale proposito sono gli istogrammi, strumento indispensabile per evidenziare l'andamento statistico dei dati che sono in nostro possesso, attraverso la visualizzazione grafica degli stessi. In alcuni casi, per poter valutare correttamente una serie storica, è necessario aumentare le dimensioni del campione, e quindi aumentare il numero di dati; questi risulterebbero di difficile comprensione se non fossero visualizzati in un istogramma. Per la costruzione dell'istogramma bisogna seguire i seguenti passi:

Calcolo del campo di variazione (R). R è definito dalla seguente formula:

$$R = (\text{valore massimo}) - (\text{valore minimo})$$

Dove il valore massimo e minimo si riferiscono al massimo e minimo dei valori, osservati. Questi possono essere ottenuti facilmente individuando il massimo e il minimo di ogni serie storica e successivamente prendendo il più grande dei valori massimi e il più piccolo dei valori minimi.

Determinazione dell'intervallo di classe. Questo è determinato dividendo il campo di variazione R, in intervalli di uguale ampiezza. Per ottenere l'ampiezza dell'intervallo bisogna dividere R per 1,205... (oppure 10, 20 o 50, 0.1, 0.2 o 0.5, in funzione dell'ordine di grandezza di R) così da ottenere da 5 a 20 e più intervalli di classe di uguale ampiezza. Quando ci sono due possibilità, si usa l'intervallo più stretto se il numero di misure è maggiore o uguale a 100 e l'intervallo più ampio se vi sono 99 o meno valori osservati.

Preparazione della tabella di frequenza. Preparare una tabella sulla quale possono essere registrati: classe, punto centrale della classe, simboli di frequenza e frequenza.

Determinazione dei limiti della classe. Determinare, riportandoli sulla tabella di frequenza, i limiti degli intervalli in modo da comprendere il massimo e il minimo dei valori osservati. Per prima cosa determiniamo il limite inferiore della prima classe e sommiamo a questo l'ampiezza dell'intervallo per ottenere il limite tra la prima e la seconda classe, fondamentale è che alla prima classe corrisponda il valore minimo. Fatto ciò sommiamo l'ampiezza dell'intervallo per ottenere il secondo limite, il terzo e così via assicurandosi che l'ultima classe contenga il valore massimo.

Calcolo del punto centrale di classe. Lo calcoleremo utilizzando la seguente equazione e riportandolo sulla tabella di frequenza:

Punto centrale della prima classe = (somma dei limiti superiore ed inferiore della prima classe)/2

Punto centrale della seconda classe = (somma dei limiti superiore ed inferiore della seconda classe)/2 e così via. Oppure si possono ottenere con la seguente procedura:

Punto centrale della seconda classe = Punto centrale della prima classe + intervallo di classe ecc.

Rilevazione delle frequenze. Particolare importanza assume quest'ultimo step della procedura di analisi pre – identificazione, infatti la bontà dei risultati qui ottenuti valorizzeranno le analisi ed i risultati seguenti. In pratica disponendo di un campione casuale di una variabile aleatoria, tenteremo di costruire la funzione massa di probabilità, se la variabile è discreta, o la densità di probabilità, se la variabile è continua, disegnandone

rispettivamente la distribuzione empirica delle *frequenze relative*, ovvero la distribuzione della *densità di frequenza*. Il nostro scopo quindi, in questo particolare ambito sarà la determinazione del numero di volte n_i , che una stessa determinazione sperimentale x_i , compare in un campione di una variabile aleatoria discreta X (frequenza assoluta), ed il rapporto tra n_i , e la dimensione n del campione (frequenza relativa); in pratica :

$$P_i = \frac{n_i}{n}; \quad \sum n_i = n; \quad \sum P_i = 1;$$

Volendo esplicitare la procedura fin qui esposta possiamo immaginare il seguente esempio:

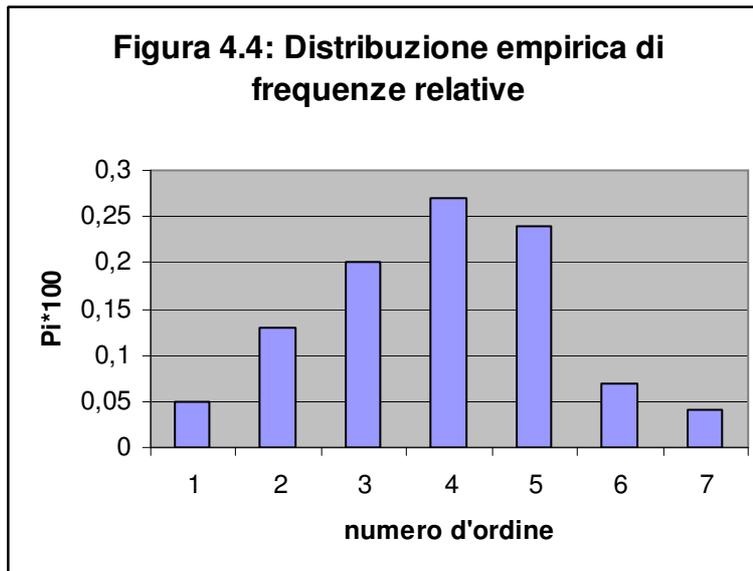
Ipotizziamo che in un impianto sono state registrate, nell'arco di 75 giorni, 156 incidenti.

Questo dato in se non aiuta molto in un'indagine di individuazione statistico-analitica, possiamo pensare dunque di fare una stratificazione per numeri di errori al giorno. Ipotizziamo quindi di ottenere sette classi, di cui la prima rappresenta zero errori in un giorno, e la settima rappresenterà sei errori al giorno. È evidente come il dato generico prenda forma, evidenziando il range di oscillazione degli errori giornalieri. A questo punto possiamo implementare il calcolo della frequenza assoluta e relativa di cui sopra; evidenziando quali sono le classi che maggiormente si ripetono, banalmente se l'ultima, ossia sei errori in un giorno, si verifica rarissimamente o mai è un conto, diversamente se si verifica per il 70% o più dei giorni dell'orizzonte di analisi, imponendo un processo di identificazione immediato per intercettare le unità critiche responsabili. In definitiva il risultato ricavato dall'analisi, può identificarsi con la tabella del tipo seguente:

N.ro d' ordine i	N.ro incidenti xi	frequenza ni	frequenza relativa Pi
1	0	21	0,28
2	1	9	0,12
3	2	10	0,13
4	3	20	0,27
5	4	10	0,13
6	5	3	0,04
7	6	2	0,03
		$\sum_{i=1}^7 n_i = n = 75$	$\sum_{i=1}^7 P_i = 1$

Tabella 4.1: Frequenze e errori registrati in 75 giorni

Dalla strutturazione dei dati in questo modo risulta immediato organizzarli in un istogramma, come si vede di seguito:



Per quanto detto, fin dai primi step dell'analisi di risk management possiamo tentare di capire, quale quota riteniamo di gestire all'interno del sistema, anche in termini di efficienza e controllo di processo, e quale invece vogliamo trasferire all'esterno.

Infatti calcolando la media \bar{X} e la varianza S^2 nel seguente modo:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^7 x_i P_i ; \quad S^2 = \sum_{i=1}^7 (x_i - \bar{X})^2 P_i ;$$

Nel nostro caso ($\bar{X} = 2,89$, ed $S^2 = 2,06$), possiamo dire di avere un numero medio di incidenti al giorno pari a 2,89 con una varianza che raggiunge al massimo i 4,95 incidenti al giorno. A questo punto considerando la funzione Cdf (funzione distribuzione cumulata), rappresentante la probabilità che si verifichino un numero di eventi minori o uguali ad un limite da noi prestabilito:

$$P_r(x \leq x_i) = F(x_i) = \sum_{j=1}^i P_j$$

Possiamo pensare (nel nostro caso), di voler gestire il rischio di massimo 3 incidenti al giorno, scegliendoli in base a pesi espressivi della loro gravità, avendo quindi una probabilità $F(3) = 65\%$ di accadimento, trasferiremo al mercato un rischio di accadimento di incidenti pari a $1 - F(3) = (1 - 0,65) * 100 = 35\%$. Nel caso in cui i dati storici riguardano una v.a. continua, le determinazioni devono essere raccolte in gruppi secondo l'appartenenza ad intervalli di valori predeterminati. Tali intervalli possono essere scelti di uguale ampiezza, contigui, chiusi a destra ed in numero né troppo grande, per evitare di avere intervalli vuoti, né troppo piccolo per non perdere informazioni circa la forma della pdf (funzione densità di probabilità) della variabile aleatoria in studio. In questi casi per scegliere il numero giusto di intervalli in cui suddividere il range di valori osservati è consigliabile usare come riferimento il numero k ottenuto dalla seguente formula empirica:

$$k = 1 + 3.3 \log_{10}(n)$$

$$\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k}$$

essendo n la dimensione del campione. Il numero di valori n_i , che cade in ciascun intervallo diviso per n e l'ampiezza Δx dell'intervallo ci fornisce la densità di frequenza f_i che insiste mediamente sull' i -esimo intervallo:

$$f_i = \frac{n_i}{n\Delta x}; \quad \sum_{i=1}^n f_i \Delta x = 1;$$

L'istogramma delle f_i costituisce un'immagine più o meno fedele della pdf della v.a. a seconda del campione. In questo caso potremmo considerare come esempio la distribuzione degli errori durante l'arco di un turno di lavoro per evidenziare per esempio l'influenza della stanchezza sul rendimento degli operatori; (sorvoliamo in questo caso la determinazione della tabella e dell'istogramma poiché simile al precedente), consideriamo solo le formule della media e della varianza in questi casi:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n x_i f_i \Delta x_i; \quad S^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 f_i \Delta x_i;$$

dalla loro conoscenza e della Cdf si possono, come già visto, fare delle scelte di intervento in merito al problema.

4.4 La correlazione tra fattori

Scopo di chi effettua un'analisi inferenziale, come abbiamo visto, è determinare il valore di una variabile Y (frequenza dei sinistri per un'unità), avendo a disposizione una variabile esogena, cioè non legata da una

relazione funzionale con Y , X (per esempio l'efficienza di una macchina). L'obiettivo diventa, quindi, sviluppare un modello che relazioni la variabile Y alla X . In altre situazioni vi è una variabile Y , ed una serie di variabili esogene (X_1, X_2 , etc.) conosciute e l'obiettivo è trovare una funzione che relazioni Y a tutte le altre variabili. Nel primo caso si parla di *regressione senipilce*, e sarà oggetto dei nostri studi, nel secondo di *regressione multipla*. Nella situazione più generale vi è un set di n campioni appaiati (X_i, Y_i) , con $i = 1, 2, \dots, n$. In genere si considera una relazione lineare tra X e Y rappresentata dall'equazione:

$$\bar{Y} = a + bX + e$$

Dove a è l'intercetta, b l'inclinazione della retta ed e denota l'errore, cioè la deviazione dell'osservazione dalla relazione lineare. L'obiettivo è, accettato un margine di errore, di trovare i valori di a e b tali che la retta:

$$\hat{Y} = \mathbf{a} + bX$$

presenti il miglior adattamento ai dati; a tale scopo si può utilizzare il metodo dei minimi quadrati, per il quale si ha:

$$a = \frac{\left| \begin{array}{c} \sum Y_i \sum X_i \\ \sum Y_i X_i \sum X_i^2 \\ \sum X_i \sum X_i^2 \end{array} \right|}{\left| \begin{array}{c} n \sum X_i \\ \sum X_i \sum X_i^2 \end{array} \right|} = \frac{\sum Y_i \sum X_i^2 - \sum X_i \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2};$$

$$b = \frac{\left| \begin{array}{c} n \sum Y_i \\ \sum X_i \sum Y_i X_i \\ \sum X_i \sum X_i^2 \end{array} \right|}{\left| \begin{array}{c} n \sum X_i \\ \sum X_i \sum X_i^2 \end{array} \right|} = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2};$$

Spesso accade che due variabili siano correlate l'una all'altra, ma risulta non corretto affermare che il valore di una variabile dipende dal valore dell'altra variabile. Per questo è stato introdotto il coefficiente di **correlazione** r che fornisce una misura della correlazione lineare tra due variabili, r può variare tra zero, nel caso in cui non vi è correlazione, e ± 1 , nel caso di perfetta correlazione lineare. Quando $r > 0$, si dice che le due variabili sono correlate positivamente (al crescere di una cresce anche l'altra); quando $r < 0$, negativamente (al crescere di una decresce l'altra). Il coefficiente di correlazione r_{XY} viene calcolato come di seguito. Prima di determinare la formula, dobbiamo osservare che con procedimento simile al precedente è possibile determinare una relazione tra la variabile indipendente Y e la variabile dipendente X della forma $X = c + dY$ con :

$$c = \frac{\sum X_i \sum Y_i^2 - \sum Y_i \sum X_i Y_i}{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}; \quad d = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2};$$

Calcolato l'indice d , possiamo affermare che per $\hat{Y} = a + bX$, il *coefficiente di correlazione* sarà il seguente:

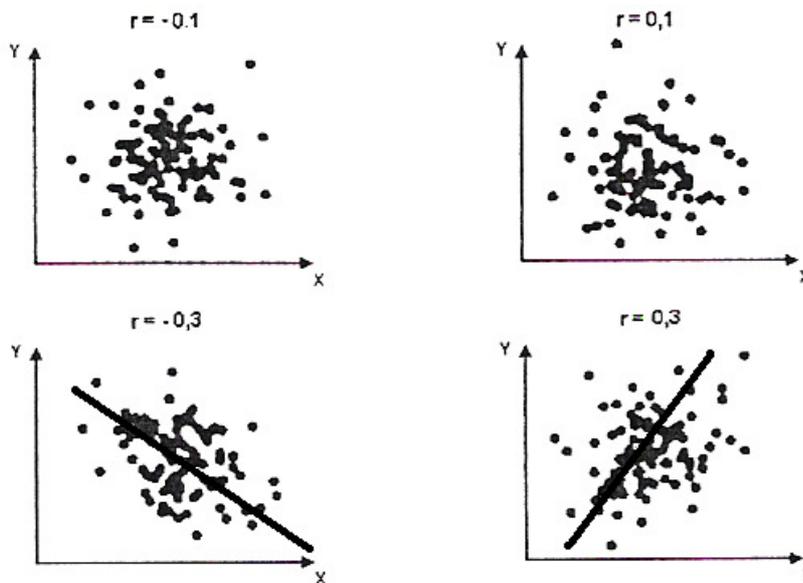
$$r_{XY} = \sqrt{bd} = \frac{n \sum (XY) - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2) \cdot (n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}};$$

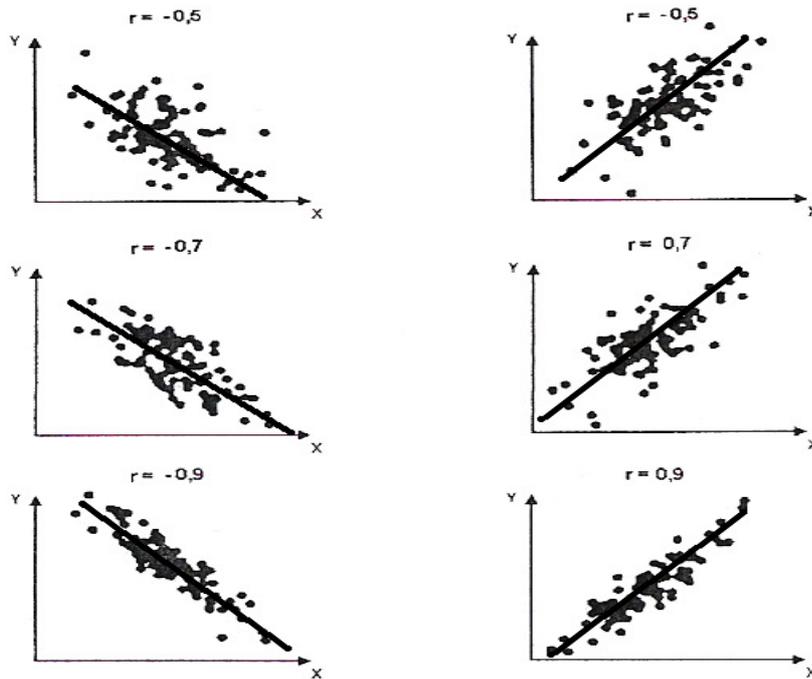
In pratica se siamo in possesso di due serie di rilevazioni, rappresentanti due elementi critici di nostro interesse, riusciremo a determinare la retta di correlazione, grazie alla quale riusciremo, mediante modifiche dei valori di X_i , a determinare i valori di Y_i , che per esempio può essere un parametro difficilmente monitorabile; ciò è possibile se si ha una buona correlazione tra i due parametri supportata cioè da un buon valore del coefficiente di correlazione come si può vedere di seguito:

Osservazioni	X_i	Y_i	X_i^2	Y_i^2	$X_i Y_i$
1	3	13	9	169	39
2	4	13	16	169	52
3	5	16	25	256	80
4	5	19	25	361	95
5	7	25	49	625	175
6	9	32	81	1024	288
7	10	31	100	961	310
8	12	35	144	1225	420
9	13	42	169	1764	546
10	15	46	225	2116	690

Tabella 4.1: Esempio di determinazione del coefficiente di correlazione

Dalla tabella precedente si ha: $\hat{Y} = 3,64 + 2,83X_i$; con un $r_{XY} = 0,99$; perfetta correlazione, ma se ne possono avere vari, in base ai dati che si presentano come è evidente nei seguenti grafici:





4.5 L' identificazione

Mediante le procedure brevemente trattate nel paragrafo precedente, si riesce a depurare l'insieme dei dati dagli elementi non significativi, giungendo ad individuare tra i vari reparti di uno stabilimento l'unità dove si evidenziano le maggiori criticità. È da qui che parte e prende corpo il processo di identificazione, al fine di individuare le *unità di rischio* fonte degli eventi avversi. Compito principale di tale fase sarà la gestione del flusso informativo in ingresso tra realtà e risk management. Per la costruzione di tale metodologia si devono necessariamente soddisfare due ordini di esigenze; da un lato i necessari strumenti logico-operativi per la ricerca delle informazioni nella realtà, dall'altro precisi strumenti di strutturazione delle stesse, al fine di ottimizzare la coerenza informativa tra processi. Poiché gli strumenti logico operativi per la ricerca delle informazioni non possono che essere strumentali alle esigenze di coerenza informativa e quindi della strutturazione delle informazioni, la costruzione di una metodologia di identificazione deve quindi, necessariamente iniziare

da tale punto. La corretta conduzione dei processi di gestione e valutazione postula necessariamente la conoscenza del profilo di rischio che si intende affrontare, al fine di consentire la corretta individuazione delle possibili azioni di gestione (consentendo, quindi, la scelta tra tecniche di controllo e tecniche di finanziamento, tra tecniche di prevenzione e tecniche di protezione, tra tecniche di controllo fisico, procedurali e psicologiche, tra tecniche di trasferimento e di ritenzione,...). Definita quindi la corretta percezione dell'unità di rischio (come visto nel precedente paragrafo), ossia le unità di riferimento dove maggiormente il processo genera criticità o eventi sfavorevoli e inefficienze, lì la gestione concentrerà le proprie attività di controllo e finanziamento e la valutazione l'analisi dei costi-benefici. Tale condizione preliminare quindi, si può intendere validamente implementabile solo qualora la descrizione del profilo di rischio sia in grado di consentire:

- a) l'esauriva descrizione di tutte le cause (*i pericoli*) di eventi sfavorevoli presenti nelle unità di rischio precedentemente individuate, al fine di consentire la scelta tra tecniche di controllo fisico, procedurali e psicologiche;
- b) l'esauriva descrizione di tutte le condizioni in grado di accrescere la possibilità che le inefficienze generino eventi sfavorevoli e le conseguenze di questi ultimi, al fine di operare la scelte tra tecniche di prevenzione e protezione e tra tecniche di trasferimento e ritenzione; oltre che di porre le necessarie premesse per la stima delle perdite potenziali e la valutazione dell'impatto delle tecniche adottate su di esse;
- c) L'individuazione della tipologia di effetti generati da ogni possibile evento sfavorevole, necessari ancora una volta come punto di partenza per la scelta tra tecniche di controllo fisico, procedurali e psicologiche, oltre che per la stima delle perdite potenziali e la valutazione dell'impatto delle tecniche di gestione adottate su di esse. In sintesi, il flusso informativo in

uscita dal processo di identificazione deve necessariamente essere strutturato in modo da consentire l'univoca descrizione: delle unità di rischio che caratterizzano l'azienda, dei pericoli e delle casualità insite in ognuna di esse e della tipologia di danni eventualmente generabili. Il tutto al duplice fine di consentire la completa e corretta individuazione di tutte le possibili azioni di gestione del rischio adottabili e la loro valutazione di convenienza.

4.5.1 La ricerca delle informazioni

Dopo aver definito il fabbisogno informativo che il processo di identificazione deve soddisfare, occorre definire le modalità attraverso cui ricercare le informazioni elementari necessarie per costruirlo, aspetto che presenta non pochi problemi. Infatti se la definizione di un criterio di strutturazione dell'output può avvenire in modo sufficientemente preciso ed univoco, purtroppo non può dirsi altrettanto circa i criteri di ricerca dell'input. Il risk management infatti, trae il suo flusso informativo dalla realtà aziendale e dal contesto che la circonda, che essendo sempre in continua ed imprevedibile evoluzione non si prestano all'adozione di un criterio di indagine univoco e di universale applicazione. Tuttavia, se non è possibile generalizzare sul criterio, è sempre possibile farlo dal punto di vista metodologico, individuando un insieme di conoscenze di base, di strumenti di indagine e di fonti informative in grado di far eseguire, di volta in volta ed a seconda delle circostanze, un coerente percorso di ricerca.

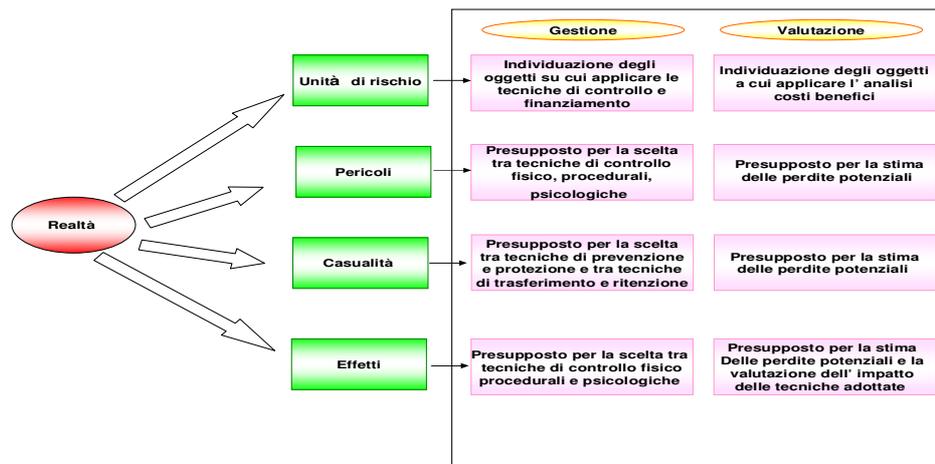


Figura 4.4: Struttura e finalità dell' output del processo di identificazione

Il percorso di ricerca che vogliamo strutturare, nel suo complesso, forma il cosiddetto “ *Sistema informativo aziendale*”, a cui poi attingere per definire nella fattispecie, le aree di vulnerabilità maggiormente suscettibili al rischio di subire forme di danno. Tali conoscenze si ottengono facendo ricorso a tutte le fonti informative presenti in azienda, rappresentate dai documenti contabili ed extra contabili, dalle interviste ai dirigenti ed alle ispezioni.

4.5.2 La consultazione di documenti contabili ed extra contabili

Lo studio dei documenti contabili permette di venire a conoscenza di informazioni di “fondo” che caratterizzano l'azienda, quali la struttura economica e finanziaria, le caratteristiche del patrimonio, del processo produttivo e del personale. L'analisi della struttura economica, realizzata attraverso l'esame degli ultimi bilanci disponibili, può mettere in rilievo il prevalente orientamento aziendale verso un particolare prodotto, particolari voci di costo, dovuti a sinistri o a inefficienze dell'impianto. Inoltre ulteriori riflessioni possono essere formulate dall'analisi approfondita di alcune

poste di bilancio e dal dettaglio dei conti che le originano inclusa la relativa documentazione di supporto¹⁵. Tra le più significative possiamo ricordare:

1. *Cassa*. La gestione della cassa contanti comporta rischi di perdite fisiche connesse al trasporto dei valori per il deposito presso istituti di credito, ai pericoli di falsificazione, di furto, di infedeltà di dipendenti, di distruzione fisica per incendi, alluvioni e così via. Per lo meno nei casi in cui le operazioni di cassa contanti raggiungano livelli elevati tanto le procedure di controllo interno quanto le misure di protezione e localizzazione fisica dei valori devono essere attentamente esaminate. Al riguardo può rammentarsi che sovente furti di entità elevata originano da sottrazioni molto modeste, in quanto tali sfuggenti ai normali controlli, e continuate per lunghi periodi di tempo. Le medesime considerazioni vanno ripetute per la cassa valori: assegni, effetti, titoli di credito in genere, valori bollati, titoli azionari ed obbligazioni.

2. *Magazzini*. Le rilevazioni e registrazioni contabili relative alle scorte possono offrire elementi apprezzabili per l'identificazione dei rischi. L'individuazione della natura delle scorte, della loro ubicazione, della loro dinamica non solo in termini di quantità ma anche di valore, della loro pericolosità intrinseca (esplosivi, infiammabili, nocivi e così via), sono altrettanti informazioni che consentono di classificare le giacenze secondo il criterio della gravità del rischio.

3. *Fabbricati ed impianti*. Il confronto tra le immobilizzazioni tecniche ed i fabbricati in cui esse sono collocate, rilevate dai conti aziendali e dal libro dei beni ammortizzabili, consente sovente di evidenziare esposizioni a rischi trascurati o duplicazione di coperture assicurative.

4. *Automezzi*. Rappresentano una delle più rilevanti fonti di esposizione ai rischi e per tale motivo richiedono particolari procedure di gestione del

¹⁵ A.H. Criddle, *A theory of Risk Discovery, National Insurance Buyer*, January 1959; M.R. Greene-O.N. Serbein, *Risk*; D.J. Farthing-R.L. Carter, *Accounting and other documentary information, Handbook*.

rischio. Attraverso le scritture contabili è possibile ricostruire la loro storia, classificarli per tipologia, conoscerne lo stato di vetustà, le revisioni che hanno subito e così via. Attraverso la loro individuazione è poi possibile risalire ai nominativi dei potenziali conduttori di ciascun automezzo, alle distanze e tipologie dei percorsi svolti e così via.

5. *Fornitori.* Attraverso le rilevazioni contabili relative ai fornitori è possibile per ciascuno di essi acquisire informazioni sul tipo e le quantità di beni o servizi acquistati, evidenziare eventuali rapporti di subfornitura (che in taluni casi possono dare luogo ad apprezzabili situazioni rischiose) e conoscere, più in generale, il grado di dipendenza dell'impresa da ciascun fornitore. L'indagine su tali soggetti può ancora far rilevare, ad esempio, rischi di cambio connessi a modalità di pagamento in valuta estera.

6. *Clienti.* Un'analisi approfondita dei conti accessi ai clienti può consentire, per ciascuno di essi, di conoscere il tipo e le quantità di prodotti o servizi ceduti, la localizzazione di tali soggetti, il grado di dipendenza dell'impresa verso ciascuno di essi. Con l'elaborazione di siffatte informazioni (congiuntamente all'analisi delle rilevazioni contabili relative ai ricavi) si possono ricavare ulteriori dati relativi alle esportazioni dell'impresa (sovente soggette ad elevati gradi di rischio, non solo di cambio), alle eventuali vendite dirette al pubblico (che possono esporre in taluni casi a rischi di responsabilità), alle vendite rateali, alle vendite soggette a franchige o licenze e così di seguito.

7. *Costi del personale.* Un'analisi di tali costi può permettere l'evidenziazione di significative aree di rischio. Così il costo della manodopera diretta riflette, entro certi limiti, il rischio di esposizione agli incidenti sul lavoro. Uno studio accurato dei rimborsi spese per viaggi e trasferte può porre in luce l'entità e la frequenza dei viaggi dei dipendenti, i mezzi di trasporto utilizzati e se tali mezzi sono di proprietà aziendale o dei dipendenti medesimi.

8. *Spese di ricerca e sviluppo.* L'analisi delle registrazioni di tali costi ed ancor più la loro dinamica temporale (nel senso di una crescita) possono indurre a ritenere che nuovi filoni di ricerca si sono aperti o che prodotti innovativi hanno raggiunto uno stadio di sviluppo che prelude all'immissione in produzione. In entrambi i casi ciò può significare il sopravvenire di rischi in aree che possono essere al di fuori delle normali operazioni aziendali.

9. *Affitti passivi.* L'indagine relativa a tale conto può consentire di accertare di quali beni, mobili o immobili, l'impresa ha acquisito la disponibilità attraverso contratti di locazione, in base ai quali quasi sempre il conduttore assume su di sé una serie di rischi di responsabilità (rischio locativo).

È appena il caso di sottolineare che l'identificazione delle aree di rischio e dei singoli rischi esige un'indagine che va proiettata sul futuro della gestione piuttosto che sulle evidenze del passato. Ecco pertanto che qualora sia istituzionalizzato presso l'azienda un sistema budgetario è opportuno che l'accennata ricognizione abbia luogo sui dati previsionali. Essi, risultando formalizzati in budgets aziendali settoriali, potranno infatti rivelare più facilmente nuove situazioni di rischio: ad esempio dal budget degli investimenti quelle connesse ai nuovi progetti, dal budget delle vendite quelle legate ai nuovi prodotti, e così di seguito. Tra gli altri documenti dai quali è possibile trarre informazioni sui rischi particolare rilevanza assumono i contratti di vario tipo stipulati tra l'impresa e i terzi: di acquisto, di vendita, di manutenzione, di affitto, di locazione mobiliare. L'analisi delle clausole contrattuali riveste importanza talora decisiva ai fini dell'identificazione di determinati rischi di responsabilità, così come esse consentono di specificare più approfonditamente il rischio di interruzione dell'attività e il grado di dipendenza dell'impresa dai terzi.

4.5.3 Le interviste

Le interviste consistono nello svolgimento di vari colloqui con tutti i soggetti in possesso di informazioni utili per la definizione del profilo di rischio. Le persone in grado di offrire contributi preziosi nella rilevazione di fatti e giudizi sono numerose: top managers, direttori di divisione e di funzione, tecnici, addetti alla security e alla safety, operai, ecc. La conduzione di interviste è il punto chiave del processo di identificazione del rischio, perché è il mezzo più affidabile per acquisire la concreta percezione della realtà aziendale, non sempre conforme a quella risultante dai modelli organizzativi e dai comportamenti ufficiali. Affinché si ottengano tali risultati, tuttavia, occorre notevole esperienza ed attitudine: è importante far emergere tutti i possibili “punti deboli “ senza inibire la controparte. Le interviste possono essere svolte in modo formale o informale. Nel primo caso i temi da trattare sono predefiniti e si ricorre all’uso di questionari o griglie di analisi. Nel secondo caso, invece, il colloquio non segue uno schema programmato: l’intervistato è lasciato libero, entro certi margini, di scegliere gli argomenti della conversazione e di proporre opinioni e suggerimenti. Le interviste informali richiedono un ulteriore lavoro di elaborazione, perché possono rivelarsi disordinate e dispersive, ma sono le più idonee a far emergere dati e notizie.

4.5.4 Le ispezioni

Qualunque indagine documentale, per quanto accurata possa essere, non sarà mai in grado di fornire tutti gli elementi indispensabili per una completa identificazione dei rischi in corso. Sovente solo la constatazione de visu dei luoghi in cui hanno effettuazione le operazioni aziendali e possibilmente durante il loro normale svolgimento consente l’acquisizione di informazioni di dettaglio che, per necessità di sintesi, documenti e rapporti non consentono di far emergere. Non va inoltre trascurato il fatto che se si desidera spostare l’accento sulla prevenzione delle perdite

piuttosto che sulla loro reintegrazione è necessario mantenere costantemente sotto controllo le variazioni che intervengono nel tempo sullo stato fisico dei beni sotto rischio. Le ispezioni fisiche ai luoghi di lavoro avranno pertanto il duplice scopo:

- a) di migliorare lo stato di conoscenza sugli eventi potenzialmente produttori di perdite, sui relativi pericoli e sulle casualità;
- b) di verificare le variazioni che intervengono nel tempo e che non solo sono suscettibili di far evidenziare nuove situazioni di rischio, ma anche di aggravare quelle già riconosciute.

Pur non potendosene fare un'elencazione esaustiva le ispezioni avranno riguardo¹⁶:

- 1) ai *fabbricati*, alle loro caratteristiche strutturali, al loro stato di conservazione, all'ambiente circostante;
- 2) ai *processi produttivi*, alla tipologia dei materiali utilizzati, allo stato di conservazione di macchine e impianti;
- 3) ai *beni e/o servizi prodotti*, al loro imballaggio e immagazzinamento, alle istruzioni per l'uso;
- 4) ai *sistemi di trasporto interno ed esterno*, alla loro tipologia, al loro stato di manutenzione;
- 5) ai *sistemi di prevenzione*, alla loro tipologia, al loro stato di manutenzione;
- 6) ai *sistemi di sicurezza*, ai loro mezzi di controllo, ai mezzi tecnici e umani per la difesa e protezione di beni (valori, magazzini) e persone.

4.5.5 Le tecniche di indagine

¹⁶ D.J. Farthing, <Inspection>, *Handbook* ; I. Pfeffer D.R. Klock, *Perspectives*.

L'identificazione dei rischi deve svilupparsi attraverso un percorso chiaro e coerente. Una corretta costruzione del flusso informativo tra realtà aziendale e *Risk Management* necessita di strumenti logico-operativi per la ricerca di informazioni e di criteri di classificazione e strutturazione delle stesse. L'adozione di opportuni strumenti di indagine, quali modelli di approccio e di scomposizione di realtà complesse, consente di collegare fatti, condizioni e fenomeni capaci di combinarsi per generare situazioni rischiose. Numerosi sono gli strumenti adoperabili: ognuno mette in rilievo soprattutto certi aspetti delle situazioni di rischio trascurandone altri. Questo limite può essere superato attraverso l'applicazione congiunta di più tecniche, i cui risultati, a volte differenti, devono essere confrontati ed eventualmente sintetizzati. Il successo dell'analisi è, quindi, fortemente dipendente dal fattore umano, ossia dall'intuito e dall'abilità personale di chi conduce l'identificazione nel costruire possibili scenari sfavorevoli. Nel seguito della trattazione sono illustrate alcune delle tecniche con le quali si realizzano schemi del rischio di facile leggibilità e di notevole chiarezza espositiva. L'ipotesi di base è che ogni attività sia misurabile o almeno analizzabile, di conseguenza, dopo aver individuato una o più attività sulle quali si vuole intervenire per ottenere il miglioramento, si procede all'individuazione degli indicatori più rappresentativi ed alla raccolta dei dati. L'approccio è di tipo statistico e per la validità della procedura è necessario che i dati siano attendibili. Gli strumenti più utilizzati in questa fase vanno dal Diagramma di Pareto, dagli istogrammi al calcolo della Process Capability. È ovvio che le modalità di campionamento ed i criteri utilizzati per raccogliere i dati incidono in maniera sostanziale sui risultati di questa prima fase. Infatti non si possono fare interventi significativi ed efficaci di miglioramento se non si hanno dati certi; appunto solo se si conosce si può intervenire in modo efficace. Lo strumento per conoscere in modo oggettivo il problema in esame è il valore della misura, che elimina i condizionamenti dovuti all'esperienza.

4.5.6 Diagramma di flusso

Il primo passo è quello di avere una chiara rappresentazione delle varie attività svolte, nel reparto individuato, la mappatura serve a fotografare il campo sul quale si dovranno svolgere le operazioni successive. Essa viene sviluppata con lo scopo di aiutare la comprensione del processo *stesso*. Chiarifica inoltre la sequenza degli steps del processo identificando tutte le variabili di output che escono da ogni attività. Questa metodologia produce una documentazione dettagliata del processo e un'opportunità di risolvere le incomprensioni relative alle attività di processo. La mappatura del processo serve a chiarificare la sequenza dei passi dello stesso e identifica tutte le variabili in output da ciascuna attività. Questo metodo provvede a documentare le fasi del processo in modo tale che non esistano incomprensioni. Le attività vengono classificate come critiche, a maggior o minor effetto sul sistema. L'aspetto più importante è la definizione della strategia del processo che parte dal suo stato attuale a quello in cui esso è sotto controllo statistico. Ovviamente, questo programma richiede una raccolta dati che deve essere fatta con estrema accuratezza e dettaglio. L'analisi deve essere condotta tenendo conto di tutte le variabili, dai sinistri accaduti e probabili, dalle difettosità in uscita alle carte di controllo alle procedure utilizzate nelle attività del processo. La mappatura di un processo s'inserisce nel piano generale di risk management e quindi di miglioramento per due ragioni:

1. Nella fase di misura di un piano di miglioramento è fondamentale capire nel dettaglio cosa accade nel processo, individuando tutte le variabili critiche d'input e d'output;

2. Una mappatura del processo ci aiuta a documentare il processo per poterne mantenere il controllo e ridurre la variazione che nasce dai cambiamenti che esso subisce nel corso del tempo;

La mappatura del processo è il punto di partenza per molti steps successivi nel percorso verso il miglioramento ovvero essa è:

- Un input importante alla matrice causa ed effetto;
- Un input per la compilazione dello FMEA;
- Input al piano di controllo;
- Input al primo studio di capability;
- Può essere usata per delineare le attività del team;
- Evidenzia le attività critiche (con probabilità di causare sinistri) e anche attività non a valore aggiunto che se possibile dovranno essere eliminate;

Generalmente per conferire dinamicità a tale fotografia la mappatura viene realizzata adottando i diagrammi di flusso; questi ultimi vengono realizzati rappresentando le varie attività con dei simboli che ne classificano il tipo e le relazioni tra esse esistenti con delle frecce che ne schematizzano la successione e le interdipendenze. Non esistono criteri precisi su come tali simboli vadano usati. Tuttavia una mappatura standard facilita la lettura e la comprensione. Assegnando ad ogni simbolo una particolare attività. Questi diagrammi si sono sempre rivelati molto funzionali per avere una chiara immagine del processo sia in sede di studio che di esposizione del progetto. La flessibilità di questo strumento ne consiglia il continuo aggiornamento nel corso dell'evoluzione dell'intero progetto in modo da avere sempre una chiara rappresentazione dello stato attuale del lavoro. Inoltre la forza di questo tipo di rappresentazione risiede nel fatto che consente una rapida individuazione delle variabili critiche di input e di output che costituiscono i

primi elementi sui quali agire per garantire i cambiamenti più sostanziali; non è un caso che molto spesso si suole accompagnare ai diagrammi di flusso dettagliati una mappa di processo di alto livello nella quale sono schematizzate solo le attività principali dell'intero processo e, accanto ad esse, le relative variabili critiche di processo sia in ingresso che in uscita. E' possibile inoltre identificare le attività critiche, a valore aggiunto e quelle senza valore aggiunto, ossia le attività di processo da quelle di non processo. Un'attività all'interno di un processo aggiunge come noto valore agli input modificabili, oppure li usa per produrre qualcosa di nuovo. Detto ciò, è fondamentale che la classificazione degli input deve avvenire secondo quella che è l'importanza della variabile di input, la sua controllabilità, la sua misurabilità e la sua criticità. Possiamo definire ai fini della trattazione quattro classi di variabili entro le quali inserire gli input del processo considerato.

- Input controllabili: key process input variables che si possono far variare per vedere l'effetto sulle key process output variables, talvolta chiamate variabili manopola;
- Input critici: KPIV per cui è stato statisticamente dimostrato che hanno un impatto forte sulla variabilità di KPOV, sia come efficienza di processo, sia come rischio congenito.
- Input di rumore: variabili che influenzano il KPOV ma sono difficili o impossibili da controllare.
- Procedure operative standard: procedure necessarie affinché le attività del processo siano svolte a specifica, con conseguente riduzione dei rischi per le attività stesse.

Graficamente le quattro classi di variabili sono rappresentate come in figura.

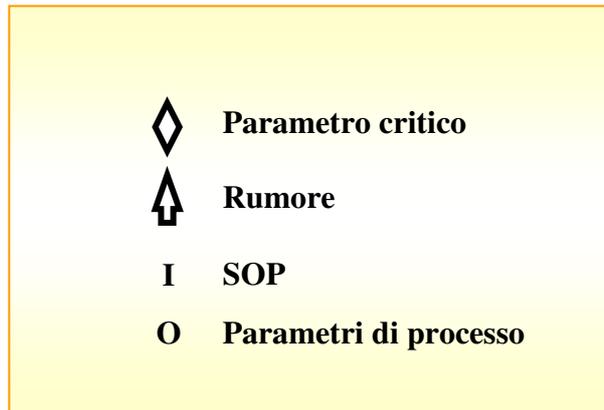


Figura 4.5: Simbologia di identificazione delle variabili del processo in analisi

Poiché come detto il diagramma mette in evidenza non solo le componenti del processo ma anche i loro collegamenti, permette di scoprire i rischi dovuti alle interconnessioni sistematiche tra parti, che singolarmente considerate potrebbero anche non essere pericolose. L'ultima fase nella mappatura del processo è di aggiungere le specifiche di funzionamento e gli obiettivi del processo per gli input controllabili e critici. Al fine della trattazione portiamo alla pagina che segue, una ipotetica mappatura di un processo mediante diagramma di flusso.

Si possono trarre dalla lettura critica del diagramma, alcune informazioni in materia di rischio. La prima considerazione nel caso riportato ad esempio, è che oltre il 30% della produzione è destinata ad un solo cliente industriale. Dall'altro lato un componente speciale risulta approvvigionato presso un solo fornitore. Altro apprezzabile rilievo è il fatto che la quasi totalità delle materie prime, materiali e componenti passa attraverso un unico magazzino centralizzato. Si può osservare ancora come la parte più importante della produzione sia soggetta alla lavorazione 4 e come essa transiti integralmente in un unico Magazzino Prodotti e Componenti Finiti. Possiamo ancora notare come i prodotti destinati al cliente- industria ed ai grossisti (per circa un terzo del valore) siano indipendenti dall'assemblaggio finale. Ulteriori riflessioni sono possibili dopo che il

responsabile dei rischi abbia potuto identificare i punti critici dell'impianto sotto il profilo del rischio sinistri e di interruzione dell'attività.

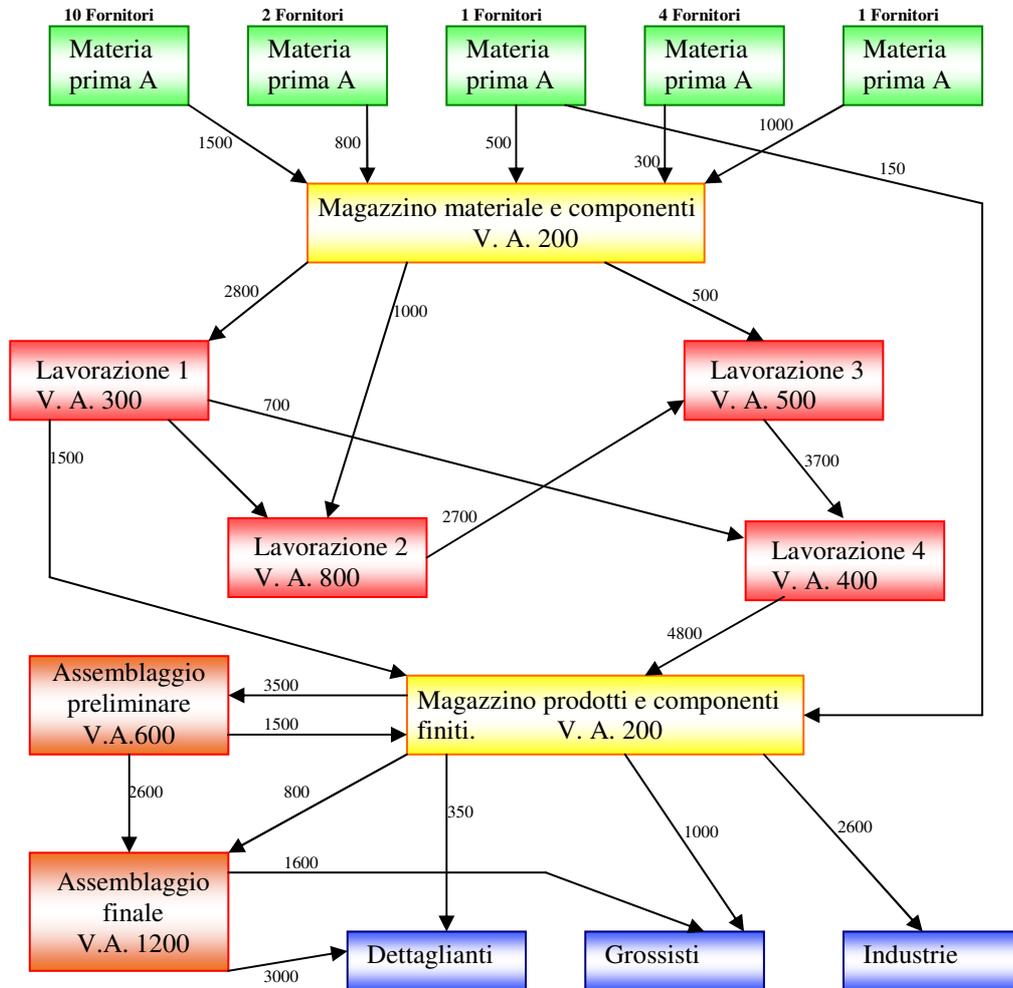


Figura 4.6: Diagramma di flusso di acquisto, produzione e vendita generale ponderato¹⁷

Così ci si può ad esempio interrogare:

a) sulla possibilità di ottenere alcuni componenti da altre fonti;

¹⁷ Antonio Borghesi, *La Gestione dei rischi di Azienda*, Padova, CEDAM Editore, pag. 141.

b) sul fatto se tali componenti entrino o meno nella produzione fornita all'unico cliente-industria;

c) sulla possibilità, in caso di danni ingenti al Magazzino Centrale Materiali e Componenti, di immagazzinare direttamente tali fattori presso i singoli reparti di lavorazione; e così di seguito.

In conclusione starà alla capacità del risk manager di saper trarre la maggior quantità possibile di informazioni dai diagrammi di flusso e farà parte ancora della sua abilità raggiungere un livello ottimale di dettaglio degli stessi.

4.5.7 Stima delle performance del processo

Il risultato che si ottiene dalla mappatura del processo aiuta l'identificazione, nell'individuazione e misurazione di variabili che interagiscono con il sistema, indica inoltre l'opportunità di eliminare attività che non danno valore al prodotto ma possono essere solo fonte di rischio. La mappatura è inoltre necessaria perché definisce gli outputs sui quali effettuare gli studi di capability. Le tecniche statistiche sono utili durante tutto il ciclo di produzione, a partire dalle attività di sviluppo preliminari alla fabbricazione vera e propria, per continuare con l'analisi dei rischi e della variabilità di un processo in relazione ai livelli di specifica nominali, fino alle operazioni dedicate all'eliminazione o almeno alla riduzione della stessa e agli interventi per la safety e la sicurezza. Questa attività, cardine del lavoro di tesi svolto, vede evolvere il risk management da strategia di gestione dei rischi di processo a strategia di gestione e controllo del processo stesso. La possiamo definire dunque come analisi di capacità nel senso più ampio del termine, ossia l'idoneità di un processo a generare reddito in termini di riduzione dei costi, sia dovuti a sinistri non trattati strategicamente che in termini di inefficienza dello stesso. La capacità del

processo verrà in generale, riferita all'uniformità di comportamento del processo, in altre parole alla sua abilità di essere performante rispetto alla sinistrosità e ai limiti di specifica. Nel primo caso riterremo che il processo sia capace se non si evidenziano da analisi storiche sinistri di frequenza e gravità rilevanti, o se a fronte di un rischio, sono implementate in maniera strategica tutta un serie di interventi preventivi e protettivi al fine di ridurre l'impatto. Viene definito capace invece nei confronti dei limiti di specifica se esso produce approssimativamente il 100% all'interno delle specifiche. I limiti di specifica sono stabiliti dagli ingegneri, oppure dal management, essi hanno un limite superiore ed un limite inferiore all'interno dei quali il processo può operare. Dunque, il piano di miglioramento dei processi in un'ottica di risk management come da noi intesa punta alla conoscenza approfondita delle attività con l'obiettivo di ridurre la rischiosità, gestendola in maniera strategica, ma a nostro avviso tale obiettivo non può discernere, nella dinamicità delle attività aziendali, dall'esecuzione di uno studio di capability a breve termine per stabilire il punto di partenza del processo in questione.

4.5.8 Lo studio di Capability

Lo studio di capability permette di reperire numerose informazioni sulla dinamica del processo, attività non senza difficoltà, infatti esistono almeno quattro cause generiche di variazione di capability:

1. Slittamento cronico della media. La media si sposta e rimane nella nuova posizione;
2. Slittamenti acuti della media: la media slitta per brevi periodi;
3. Variazione all'interno dei sottogruppi formanti il campione. L'output si modifica nel tempo;

4. Cambiamenti cronici della variazione: le variazioni all'interno dei sottogruppi che formano il campione diventano più grandi o più piccole nel tempo.

Come intervenire per ridurre queste cause di variabilità?

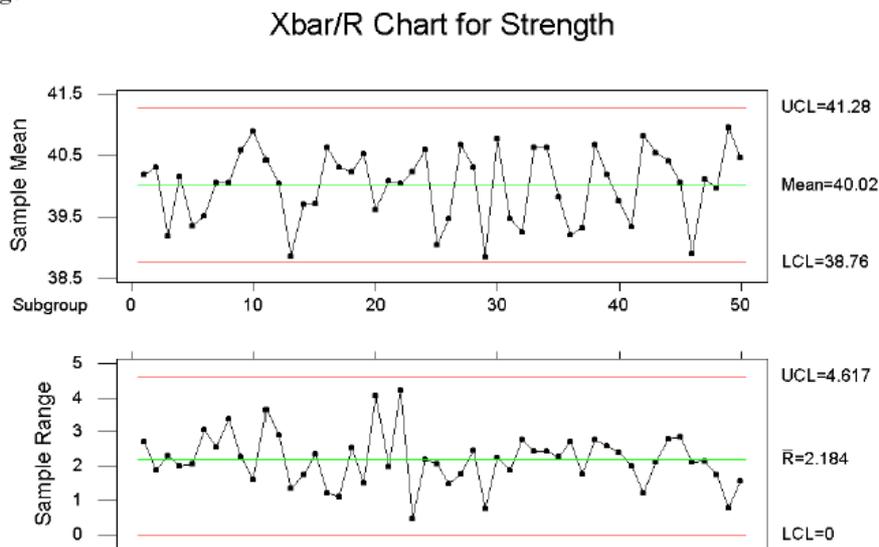
Lo studio di capability permette di ottenere una valutazione complessiva del processo oggetto di analisi attraverso alcune fasi principali di seguito esplicitate:

1. Impostare il processo su quei parametri che siano ritenuti migliori e registrare i valori delle principali variabili di output;
2. Identificare un piano di campionamento efficace;
3. Eseguire un breve ciclo produttivo per eliminare la maggior quantità possibile di variazioni esterne;
4. Misurare e registrare i valori della principale variabile di output del processo;
5. Diagnosticare lo spostamento della media e l'inflazione della varianza.

L'analisi di capacità è basata sull'assunzione che i dati siano normalmente distribuiti. Un'altra assunzione è che il sistema sia stabile nel senso che non esistano cause speciali di variazione. Se queste due assunzioni non sono entrambe verificate, la statistica risultante può non essere affidabile. Quello che poi succede nella pratica è che, normalmente, una o entrambe queste condizioni non siano rispettate. Nel caso in cui il processo sia fuori controllo statistico non si può far affidamento sulla stima dei valori che si stanno misurando. Per determinare se un processo sia sotto controllo o fuori controllo vengono utilizzate le carte di controllo. Le carte di controllo maggiormente utilizzate nelle aziende sono le carte \bar{X} , R, le quali hanno un'ottima sensibilità agli slittamenti forti del processo dell'ordine di 1,5 deviazioni standard. Esistono carte di controllo in grado di individuare

slittamenti più piccoli, chiamate carte CUSTJM. La scelta di utilizzare o l'una o l'altra tipologia dipende dal tipo di processo e dalla precisione del controllo a cui è sottoposto. Bisogna sempre ricordare che c'è un numero infinito di distribuzioni che può assomigliare alla familiare curva a campana, ma non essere normalmente distribuito. Questo è un particolare importante da ricordare, nel momento in cui si va ad analizzare la distribuzione dei dati raccolti. La distribuzione dei dati deve essere riferibile ad una curva normale. Se l'assunzione della distribuzione normale non è appropriata, l'analisi porta ad avere indici e valori che non rispecchiano il vero stato del processo. Il primo passo di uno studio di capability è dunque verificare che entrambe le condizioni descritte precedentemente siano verificate. La condizione per cui il processo debba trovarsi sotto controllo è facilmente determinabile grazie all'utilizzo di carte di controllo, (vedi figura).

Figura

**Figura 4.7: Esempio di carte di controllo X, R**

Nel caso in cui le carte mostrino un andamento normale all'interno dei limiti di specifica, si può procedere con l'analisi della normalità dei dati. In caso contrario, quando l'andamento mostrato dalle carte mostra segnali di forte variabilità, è necessario intervenire eliminando i fattori di variabilità ed in seguito procedere con la seconda analisi. Determinare la normalità dei dati raccolti è fondamentale per capire se quest'ultimi sono affidabili per mostrare l'andamento del processo. Il test sulla normalità può essere eseguito costruendo un normal probability plot con il software Minitab (vedi esempio in figura).

Fi

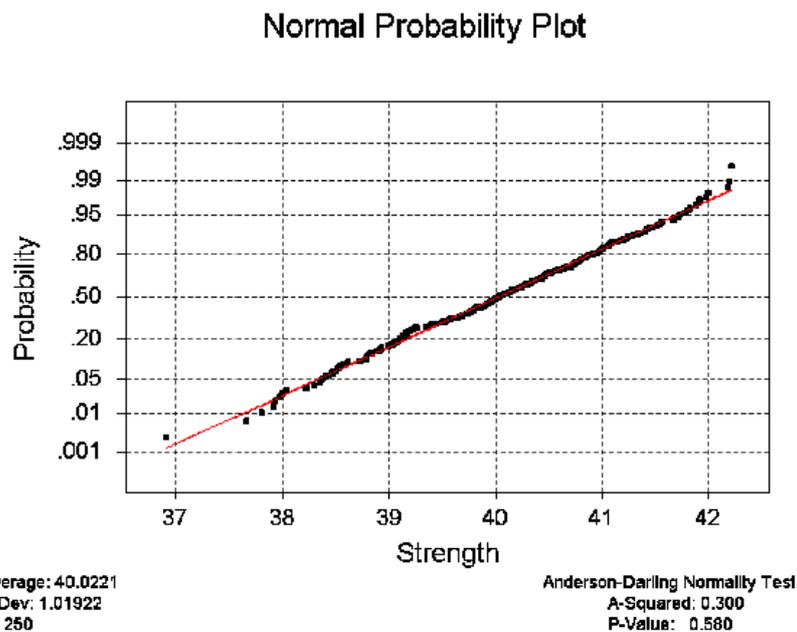


Figura 4.8: Normal Probability Plot

L'ultimo step dello studio di capability è il calcolo degli indici che quantificano lo stato del processo. I due indici utilizzati sono il Cp e il Cpk, le formule per calcolarle sono rappresentate di seguito. Il Cp è utilizzato per misurare la capacità del processo a rimanere all'interno dell'intervallo di specifica. Se il processo non è centrato all'interno dell'intervallo ovvero la distribuzione ha una diversa media rispetto a quella dei limiti di specifica,

l'indice Cpk non è buono. Il Cpk infatti mostra come un processo può essere tutto compreso nelle specifiche ma il suo target non è quello di riferimento. Se il processo è centrato sul target di riferimento allora i valori di Cp e Cpk sono uguali. Indici di capacità sono fondamentali poiché forniscono un valido aiuto ad identificare la strada verso il miglioramento.

$$C_p = \frac{\text{tolleranza}}{\text{dispersione_naturale_del_processo}},$$

Tutto il calcolo degli indici è facilmente effettuabile grazie a Minitab software adottato dalla whirlpool (azienda dove è stato implementato il metodo in via sperimentale), il software ci mostra non solo tutti gli indici calcolati ma anche un istogramma di come il processo si comporta, come si può vedere in figura3, consentendo di mostrare facilmente i risultati dell'analisi effettuata, evidenziando tutti i dati necessari allo studio in un solo grafico.

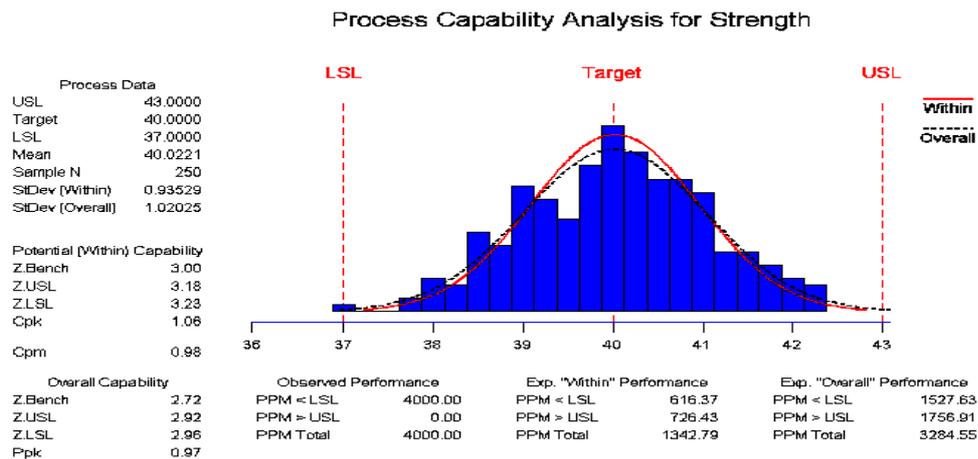


Figura 4.9: Capability Analysis

Riassumendo lo studio di capability può essere descritto in cinque punti:

1. L'analisi di capability è un insieme di calcoli statistici usato per definire la performance di un sistema in relazione con i suoi limiti di specifica.
2. L'analisi di capability ha un valore significativo solamente se il sistema oggetto di studio è statisticamente stabile.
3. I limiti di specifica non sono la stessa cosa dei limiti di controllo. Le specifiche vengono stabilite dagli ingegneri o dal management mentre i limiti di controllo sono stabiliti in base ai dati raccolti nella costruzione di carte di controllo.
4. L'analisi rileva la percentuale di output che potrebbe uscire dai limiti di specifica e quanto il processo è "capace". Lo studio mostra, inoltre, un disegno della distribuzione dell'output rispetto ai limiti di specifica.
5. Lo studio di capacità si basa sulla considerazione che ridurre la variabilità nell'intorno del valore target è il fine ultimo del miglioramento qualitativo.

4.5.9 I diagrammi causa effetto

Efficaci per migliorare ulteriormente l'identificazione, infatti per risolvere problemi complessi è necessario osservare il processo in modo sistematico evidenziando relazioni di causa-effetto tra l'output o le prestazioni del processo e una moltitudine di fattori, il diagramma di causa-effetto è lo strumento per esprimere questa catena in modo semplice e facile. Il diagramma causa-effetto è noto anche col nome di diagramma a "lisca di pesce" perché la sua forma assomiglia allo scheletro di un pesce, a volte è anche detto ad "albero" o a "fiume". Le possibili cause di dispersione nelle caratteristiche qualitative debbono essere indicate nei diagrammi di causa-effetto in modo tale che tutte le reciproche relazioni appaiono chiaramente evidenti. Ci sono vari metodi per compilare diagrammi di causa/effetto a

seconda del modo in cui tali cause vengono organizzate e sistemate essi sono:

1. per analisi della dispersione;
2. per classificazione dei processi produttivi;
3. per enumerazione delle cause.

Costruire un diagramma di causa-effetto utile ai propri scopi non è un compito semplice, i passi fondamentali per una corretta costruzione sono:

- determinare la caratteristica qualitativa;
- scrivere l'effetto sul lato destro di un foglio, tracciare la liscia principale da sinistra a destra e inquadrare la caratteristica in un rettangolo. Successivamente, scriverete le cause principali che influenzano la caratteristica qualitativa, rappresentandole come grandi lische che vanno a confluire in quella principale e inquadrare anch'esse in un rettangolo;
- scrivere le cause secondarie che influenzano le grandi lische (cause principali), rappresentandole come lische medie, e successivamente, descrivere le cause terziarie che influenzano le lische medie rappresentandole come lische piccole;
- dopo aver classificato in ordine di importanza ogni fattore, o causa, segnare le cause particolarmente importanti, cioè quelle che hanno un effetto significativo sulla caratteristica qualitativa.

Spesso si può trovare difficoltà nell'applicare questa procedura, in tal caso il metodo migliore è quello di considerare la "variabilità", cioè considerare le variazioni della caratteristica qualitativa in relazione alle lische grandi, poiché una variazione dell'effetto deve essere causata da variazioni dei fattori che determinano tale effetto. Adottando questo metodo di pensare nell'analisi delle relazioni tra la caratteristica qualitativa e le lische grandi,

le lische medie e le lische piccole, è possibile costruire su una base logica, un diagramma causa-effetto molto efficace. Infine bisogna inserire ogni altra informazione che si ritiene utile nel diagramma: il titolo, il nome della attività, il processo o il reparto, una lista delle persone che hanno partecipato alla costruzione del diagramma. Per l'utilizzo corretto dei diagrammi causa-effetto non ci si deve basare soltanto su percezioni soggettive o impressioni, ma classificare in ordine di importanza i fattori in modo obiettivo, scientifico e logico. È necessario un impegno costante per migliorare il diagramma, solo in questo modo si potrà ottenere un diagramma realmente efficace, utile nella soluzione dei problemi e nello stesso tempo indispensabile per aumentare le proprie capacità e conoscenze tecnologiche.

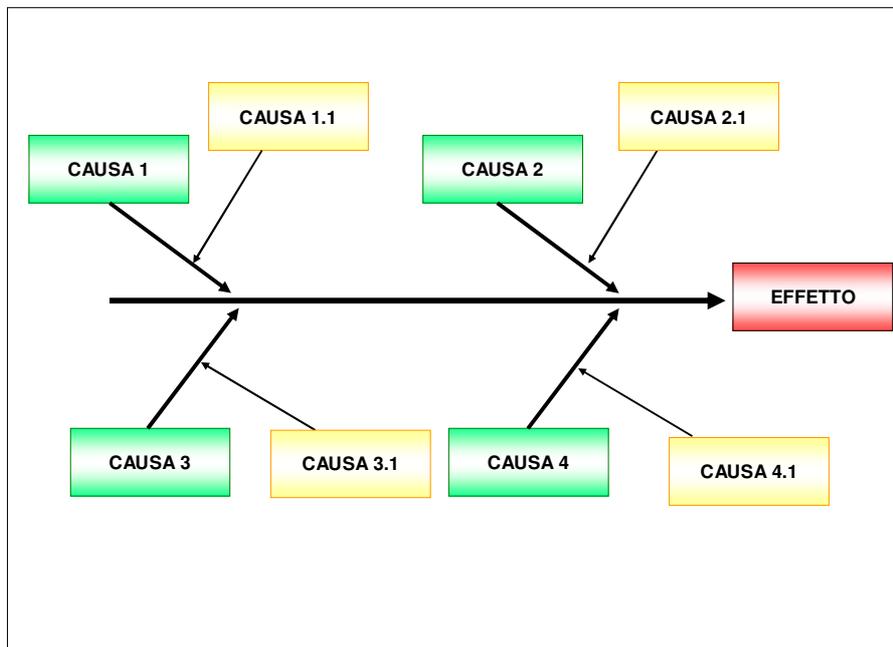


Figura 4.10: Diagramma causa effetto

4.5.10 Diagramma di Pareto

Il cosiddetto diagramma di Pareto, può essere utile per i problemi di qualità che si presentano sotto forma di perdita economica (sinistri, difettosità e loro costi). Se le cause dei sinistri e dei difetti vengono identificate, si può abbattere gran parte dei costi legati alla sinistrosità e alla difettosità, concentrandosi su queste particolari cause e lasciando per il momento da parte quelle di secondaria importanza. Pertanto l'analisi di Pareto è una metodologia grafica per individuare i problemi più importanti nella situazione presa in esame e quindi le priorità d'intervento. L'obiettivo è di sviluppare una mentalità atta a comprendere quali siano le cose più importanti per potersi concentrare solo su di esse. La costruzione del diagramma di Pareto si scinde nelle seguenti fasi:

1. Decidere quali sono i problemi da investigare e come raccogliere i dati;
2. Disegnare una tabella di raccolta dati riportando tutte le voci con lo spazio per registrare i relativi totali;
3. Riempire la tabella e calcolare i totali;
4. Costruire la tabella per il diagramma di Pareto riportando le voci, i loro totali parziali, i totali cumulati, le percentuali delle singole voci e le percentuali cumulate;
5. Mettere le voci in ordine crescente/decescente di quantità e riempire la tabella;
6. Disegnare i due assi verticali uniti alla base da uno orizzontale;
7. Costruire un diagramma a barre;
8. Disegnare la curva cumulativa (curva di Pareto). Riportare i valori cumulativi (totali cumulati o percentuali cumulate) per ogni intervallo in alto a destra e collegare i punti con una linea continua,
9. Completare il diagramma con le informazioni necessarie.

4.5.11 Fault-tree analysis (FTA)

Il *Fault-tree*, detto anche albero degli errori, è un diagramma simbolico che descrive le relazioni di causa ed effetto intercorrenti tra un evento ed i fattori che lo hanno determinato ed i rapporti di concatenazione esistenti tra i fattori causanti stessi. La caratteristica principale di questa tecnica è la capacità di indagare a ritroso: fissato un particolare evento, chiamato “evento principale”, si risale alle evenienze che lo precedono causalmente con un dettaglio sempre maggiore.

L'albero è costruito adoperando gli operatori derivanti dall'algebra di Boole:

- l'operatore *and* stabilisce un rapporto di complementarietà, per cui tutti gli eventi causanti devono manifestarsi contemporaneamente per produrre l'evento indagato;
- l'operatore *or* stabilisce un rapporto di indipendenza, per cui la manifestazione di un solo fattore causante è sufficiente per produrre l'evento principale.

La figura 2 riporta una concreta applicazione di *Fault Tree* relativo al caso di un incidente occorso ad un operaio. L'albero rappresentato riproduce un possibile percorso di analisi, da cui si può facilmente dedurre la logica di base. A partire da quello principale, per ogni evento identificato si ripete le medesima analisi di scomposizione nelle cause dirette che hanno potuto concorrere nel determinarlo, dando vita al classico sviluppo ad “albero. Il processo si interrompe quando si perviene all'individuazione di fatti elementari non suscettibili di altre scomposizioni o di fatti non ulteriormente spiegabili perché non supportati da informazioni sufficienti. Una volta completato, l'albero deve essere risolto isolando i percorsi causali che conducono all'evento principale. Il *Fault tree* è di notevole aiuto per

approfondire l'analisi delle singole unità di rischio individuate, perché fa emergere i punti del sistema ove risiedono problemi. Di contro, gli svantaggi di questo prezioso strumento d'indagine sono legati all'elevato fabbisogno informativo ed al notevole assorbimento di risorse.

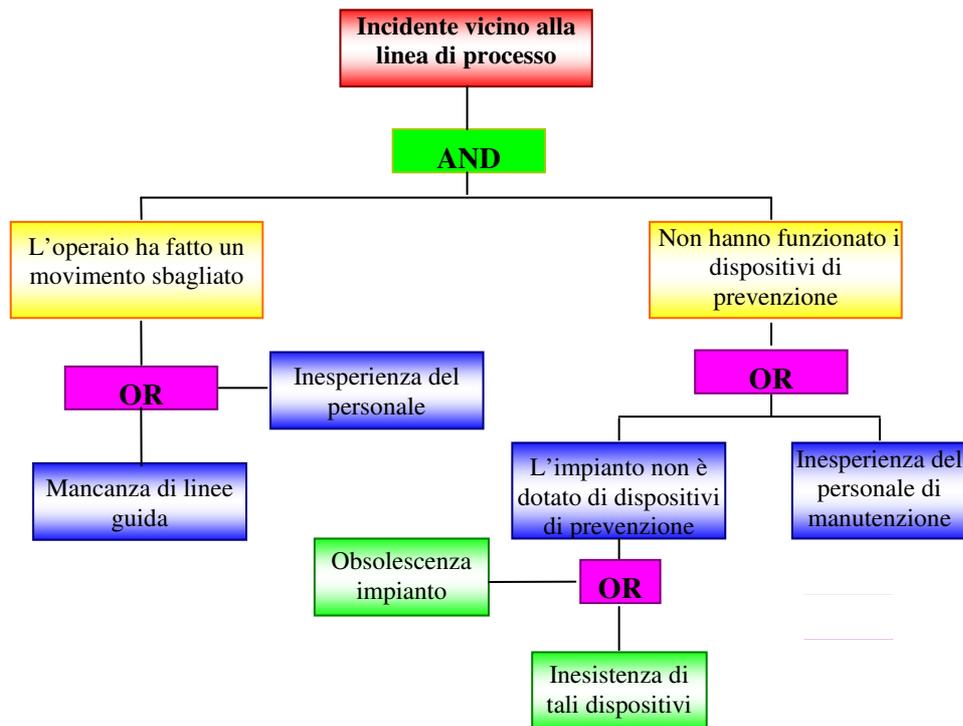


Figura 4.12: Esempio di Fault-Tree Analysis

4.5.12 HAZOP (Hazard and operability study)

L'Hazard and Operability Study è uno strumento d'indagine mutuato dall'ingegneria chimica, che consente, attraverso l'applicazione di una griglia standard di analisi, un'articolata previsione di possibili evoluzioni future di particolari unità di rischio, evidenziandone le cause, le conseguenze e le possibili azioni di controllo.

L'HAZOP si articola in cinque fasi:

1. definizione dell'*intenzione* dell'unità di rischio in esame, nel senso delle specifiche finalità a cui essa è preposta;
2. ricerca delle possibili *deviazioni* dall'intenzione attraverso l'uso di una tabella di 'situazioni guida';
3. ricerca delle possibili *cause* di ogni deviazione;
4. ricerca delle possibili *conseguenze* di ogni deviazione;
5. ricerca delle possibili *azioni di controllo*.

Il significato dei passi elencati è illustrato nella tabella seguente:

SITUAZIONI GUIDA	SIGNIFICATO	ESEMPIO
<i>NO</i>	Completa negazione dell'intenzione	Se l'intenzione è riscaldare un ambiente, l'ambiente non è riscaldato per nulla
<i>Più di</i>	Aumento dell'intenzione	Se l'intenzione è riscaldare un ambiente, l'ambiente è troppo riscaldato
<i>Meno di</i>	Diminuzione dell'intenzione	Se l'intenzione è riscaldare un ambiente, l'ambiente è poco riscaldato
<i>Al contrario</i>	Si verifica l'opposto dell'intenzione	Se l'intenzione è riscaldare un ambiente, l'ambiente è raffreddato
<i>Altro che</i>	Si verifica qualcosa di diverso dall'intenzione	Se l'intenzione è riscaldare un ambiente, si riscalda anche l'ambiente attiguo

Tabella 4.2: Esempio di HAZOP

4.5.13 Matrice Causa ed Effetto

Il metodo d'indagine che stiamo per esporre va ad arricchire l'ampio scenario di metodologie già presentato. Esso si distingue per la possibilità di definire relazioni di tipo quantitativo tra gli input e gli output chiave considerati e scelti grazie ad analisi già effettuate mediante i predetti metodi. Le variabili di output, che identificano le richieste chiave del processo sia in termini di specifica che di sicurezza, sono sistemate lungo le colonne della matrici; a ciascuna di esse è assegnato un fattore di priorità secondo la potenzialità di creare danni ad essa associata o meglio alla sua rischiosità. A partire dalla mappatura di processo si identificano gli input, sia globali che dei singoli step, e si dispongono sulle righe della matrice. I singoli elementi della matrice sono valori numerici che esprimono la relazione esistente tra l'input (riga) e l'output (colonna) a cui essi si riferiscono. Per valutare l'entità della relazione è fissata una scala di valori (per es. 1-10) in cui un valore basso indica che le modifiche nella variabile di input hanno scarsa influenza sulla variabile di output, mentre un valore alto ne indica una forte influenza. Per ogni input (riga) si calcola un valore totale, ottenuto moltiplicando l'entità della relazione con il rispettivo fattore di priorità e facendone la somma su tutti gli output (colonne). In questo modo si ottiene un ordine di importanza per gli input, evidenziabile con un diagramma di Pareto, che agevola l'individuazione di possibili cause nella procedura FMEA. L'utilità di questo strumento è di indicare quali e quante siano le variabili in input che pesano di più sulla qualità dell'output, sia in termini di frequenza e gravità di danni che di efficienza di processo. Inoltre questa tabella fornisce l'input iniziale al FMEA. Quando tutte le variabili di output richieste non sono corrette si hanno potenziali effetti sulla sicurezza ed efficienza del processo, e qualità del prodotto. Quando d'altro canto una variabile di input non è corretta allora essa può rappresentare una causa.

Il processo di costruzione della matrice causa effetto può essere descritto attraverso cinque fasi fondamentali, schematizzate in figura:

1. Elencare tutte le variabili di key process output;
2. Valutare ogni variabile su una scala da 1 a 10 secondo quella che è l'importanza della stessa;
3. Elencare tutte le variabili di key process input;
4. Valutare la relazione di ogni variabile input con ogni variabile di output su una scala da 1 a 10;

Scegliere le variabili più importanti per far partire il processo FMEA determinando la scelta in base al fatto che essa possa “go wrong”;

Importanza cliente														
	1) Elencare KPOV	1	2	3						8	9	10	11	
		Richiesta	TOTALE											
Input del processo														
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
TOTALE														

Figura 4.13: Matrice causa – effetto

4.5.14 Il modello Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

La FMEA è una procedura disciplinata che permette di prevedere guasti e prevenire incidenti. Il concetto alla base di questo modello è: identificare i motivi per cui il processo può guastarsi con conseguenti danni, onde pianificare lo stesso per evitare che si guasti. È una tecnica ingegneristica usata per definire, identificare ed eliminare guasti potenziali e noti, problemi ed errori del sistema, progetto, processo o servizi, prima che possa manifestarsi. L'analisi dei rischi, come degli incidenti e dei difetti, può essere svolta in due modi differenti. Il primo utilizzando dati storici, simili dati per simili processi, dati forniti dagli operatori, managers, clienti e ogni altro tipo di informazioni per definire le difettosità. Il secondo usando strumenti statistici, modelli matematici, simulazioni per identificare e definire i rischi e le inefficienze. Usare lo FMEA significa non utilizzare un metodo piuttosto che un altro o che uno sia più accurato di un altro. Ambedue infatti, possono essere efficienti, accurati, corretti ma solamente se utilizzati propriamente ed appropriatamente. Qualsiasi FMEA condotto propriamente porterà informazioni utili per la riduzione delle difettosità e delle rischiosità con conseguente riduzione degli incidenti. Con questo metodo si esaminano in maniera sistematica tutti i modi in cui un guasto o un incidente si può verificare (failure mode), e per ciascuno di loro è fatta una stima degli effetti attraverso tre indici che ne definiscono la severità, la frequenza di accadimento e la capacità di rilevazione. Lo scopo di quest'analisi è identificare le azioni correttive necessarie per prevenire gli incidenti o meglio più genericamente i danni all'azienda, assicurando una più alta qualità del prodotto ed una maggiore affidabilità del processo. Una procedura ben applicata riesce a raggiungere una serie di risultati, tra i quali i più importanti sono: identificare i modi di guasto potenziali e noti, identificare le cause e gli effetti di ciascun modo di guasto, identificare e definire una priorità dei modi di guasto attraverso un indice di rischio

(RPN), fornire suggerimenti e azioni correttive per il problema. Lo sviluppo della procedura FMEA richiede che sia formato un team multidisciplinare in maniera appropriata per lo specifico progetto, e che non esista un unico team FMEA per l'intera azienda. Il concetto dal quale parte il metodo è che i diversi problemi all'interno di un'azienda abbiano diverse priorità, e in base a questo ordine di priorità bisogna pianificare e realizzare gli interventi. Ci sono tre componenti che aiutano a definire la priorità dei guasti:

- Indice di severità (SEV): esprime l'impatto dell'effetto del guasto relativamente ai danni che può causare;
- indice di avvenimento (OCC): esprime la frequenza con cui una data causa avviene e crea il failure mode;
- indice di rilevazione (DET): esprime la capacità del sistema di controllo attuale (ispezioni, monitoraggio, carte di controllo, manutenzione preventiva) di rilevare la causa o il verificarsi di un failure mode.

I tre indici sono valutati attraverso una scala numerica (ad es. 1-10) in cui il valore più basso identifica la situazione migliore, e sono poi combinati per definire un unico indice: RPN (Risk Priority Number) che dirige la pianificazione del miglioramento. Questo indice è basato, quindi, sulle informazioni riguardanti i potenziali failure modes, gli effetti, e l'abilità corrente del processo di rilevare i failures prima di raggiungere il cliente. È calcolato come il prodotto di tre valutazioni quantitative:

$$\text{RPN} = \text{SEV} \times \text{OCC} \times \text{DET}$$

Naturalmente le azioni di miglioramento possono ridurre il verificarsi degli incidenti, dei guasti, dei difetti, e/o il rilevamento degli stessi, ma non possono mutare in alcun modo la classificazione di severità. Questo ci fa

riflettere sulla necessità di mirare le azioni correttive alle cause che presentano l'RPN più alto e con severità più critica. In figura è presentato il modulo per la realizzazione della procedura FMEA.

Utilizzare lo FMEA come strumento di individuazione delle cause che comportano degli incidenti piuttosto che altri strumenti comporta diversi vantaggi. Questo strumento permette, infatti, di identificare immediatamente i failure modes potenziali del processo, aumenta la probabilità che vengano considerati tutti i failure modes e non parte di essi. Quindi riassumendo quello che otteniamo da uno FMEA può essere sintetizzato in questi sette punti:

- Elenco dei potenziali Failure modes;
- Elenco delle potenziali caratteristiche critiche e delle potenziali caratteristiche significative;
- Elenco degli effetti;
- Elenco delle cause,
- Documenta i controlli attuali;
- Attribuisce priorità alle attività di miglioramento;
- Documenta la storia dei miglioramenti;

Essendo uno strumento che effettua un monitoraggio costante dell'andamento dei problemi all'interno di un processo, esso non si completa mai almeno finché quel determinato processo non viene rimosso dalla linea di produzione.

Capitolo 5

LA MISURAZIONE DEI RISCHI

5.1 Introduzione

Dopo aver identificato i rischi, con l'aiuto delle metodologie discusse nel precedente capitolo, sorge il problema di procedere alla loro misurazione o valutazione. Concordiamo sulla tesi, generalmente accolta, che *la misurazione di un rischio consiste nell'attribuire un valore alle due dimensioni che lo definiscono, cioè la frequenza e la gravità*¹⁸. Definire la *frequenza* di un rischio significa stimare il numero delle volte che l'evento sfavorevole potrà verificarsi in un dato periodo di tempo. Individuarne la *gravità* comporta la quantificazione dell'entità del danno quando l'evento si è verificato. In altri termini, alla fine di questa seconda fase del processo di gestione del rischio, è necessario pervenire alla formulazione di una serie di distribuzioni di probabilità tanto del numero di eventi potenzialmente generatori di perdite quanto delle perdite di differente entità. In entrambi i casi sorge il problema di effettuare una assegnazione probabilistica. Benché sia la conoscenza della frequenza che della gravità del rischio appaiano altrettanto necessarie per una sua misurazione globale va fin d'ora sottolineato come l'importanza di una esposizione alle perdite risulti maggiormente dalla seconda dimensione piuttosto che dalla prima. In effetti un evento potenzialmente catastrofico, ancorché infrequente, deve ritenersi

¹⁸ C.A. Williams – R.M. Heins, *Risk*, cit. pag. 53; M.R. Green – O.N. Serbein, *Risk*, cit., pag. 72; J.E.V. Johnson, << Subjective judgements in risk measurement >>, *Handbook*, cit., pag. 5.6-02; N. Crockford, *An introduction*, cit., pag. 18.

assai più serio di un evento dal quale possiamo attenderci perdite di piccola entità anche se frequenti. Ciò è da porsi in relazione soprattutto con il diverso grado di controllabilità degli eventi frequenti e causanti danni di piccole dimensioni rispetto a quelli rari, ma di effetto catastrofico. Le diverse problematiche connesse alle assegnazioni probabilistiche sotto il profilo teorico sono state in precedenza sufficientemente esposte. Dobbiamo ora affrontare, su un piano eminentemente pratico, le tecniche cui è possibile fare ricorso allo scopo di minimizzare gli errori di siffatte assegnazioni. Riteniamo tuttavia opportuno far precedere a tale discussione un breve richiamo ad alcune elementari nozioni statistiche, che si sono rivelate di uso più frequente nella gestione dei rischi.

5.2 La misurazione del rischio

Il rischio è una realtà del tutto concettuale ed immaginaria che non si presta a misurazioni di tipo tradizionale; la sua valutazione è un'approssimazione di quantità che non possono essere perfettamente conoscibili. Misurare il rischio significa quantificare la possibilità che trovi realizzazione un potenziale evento dannoso conseguente all'esposizione ad un pericolo. La definizione di valori numerici viene concretizzata elaborando grandezze caratteristiche del rischio con le tecniche di calcolo della *probabilità*.

Il rischio è dimensionalmente definito dalla probabilità di accadimento dell'evento indesiderato e dalla gravità delle conseguenze che da tale evento possono derivare.

Con una definizione, si può dire che la fase di misurazione consiste nell'individuare, per una determinata unità di rischio e per un determinato intervallo di tempo,¹⁹ le caratteristiche di *frequenza, gravità e perdite potenziali* dei singoli rischi descritti nella precedente fase di

¹⁹ L'intervallo di tempo di riferimento, viene posto normalmente, pari ad un anno.

identificazione.²⁰ La *frequenza* di accadimento esprime il numero di volte in cui un evento si ripete nel periodo di tempo considerato; essa rappresenta la probabilità di “nascita” degli eventi dannosi, prescindendo dalle conseguenze.²¹

La *gravità* o *severità* delle conseguenze esprime l’entità dei danni che ogni singolo sinistro provocherebbe materializzandosi nell’arco di tempo considerato; il valore espresso da questo indice prescinde la probabilità di avvenimento del danno. Le *perdite potenziali*²² costituiscono l’ammontare totale delle perdite riconducibili al rischio in esame subite nel periodo di riferimento. La valutazione delle perdite potenziali riporta la portata complessiva del rischio indagato.

E’ intuitivo che un rischio sia tanto più grave quanto maggiore è la probabilità che la minaccia possa verificarsi e quanto più elevati sono i relativi danni potenziali.

5.3 Le tecniche di misurazione

Le caratteristiche di un rischio, in termini di *frequenza*, *gravità* e *perdite potenziali*, possono essere quantificate attraverso tecniche riconducibili a due macro-categorie: le tecniche di natura statistica e le tecniche di natura discrezionale. Le prime indicano quelle metodologie che fanno ricorso alle regole della statistica inferenziale e sono applicabili nei casi in cui le informazioni storiche riguardo alle passate manifestazioni del rischio siano sufficientemente numerose ed articolate.

²⁰ Questa definizione della fase di misurazione del rischio è largamente condivisa dalla letteratura. Si veda N.A. Doherty, *Corporate Risk Management: a financial exposition*, New York, McGraw-Hill, 1985; A. Borghesi, *La gestione de rischi in azienda*, Padova, Cedam, 1985; N. Misani, *Introduzione al Risk Management*, Milano, EGEA, 1994.

²¹ Il concetto di frequenza può essere ritenuto intercambiabile con quello di probabilità quando si parla di frequenza relativa, definita come il numero di volte che si verifica un dato evento rapportato al numero totale di prove effettuate.

²² Le perdite potenziali sono una diretta conseguenza della frequenza e della gravità dei sinistri ma, come si vedrà nel seguito, assumono valori che dipendono dalla tecnica di valutazione adottata.

Le seconde si avvalgono di criteri di valutazione di tipo discrezionale basati sull'elaborazione personale e sull'esperienza e sono fondamentali nei casi in cui i dati storici siano carenti. L'esattezza della valutazione può essere giudicata solo dalla conformità della frequenza e della gravità stimate rispetto a quelle che effettivamente si producono in seguito, tuttavia la valutazione è caratterizzata da una sua accuratezza, che dipende dalla quantità e dalla significatività delle informazioni utilizzate, dalla razionalità dei metodi seguiti e dalla qualità del lavoro dell'analista. Quanto più esatti sono i dati sulla frequenza e sulla gravità, tanto migliori saranno i risultati, con tutti i vantaggi economici che ne derivano. La gestione del rischio non può, comunque, considerarsi il frutto della mera applicazione di algoritmi e modelli statistici o di deduzioni e considerazioni qualitative: queste tecniche rappresentano il mezzo attraverso cui il risk manager costruisce un riferimento teorico ed analitico su cui poter fondare il sistema decisionale di Risk Management.

5.4 Alcuni strumenti statistici elementari per la gestione dei rischi

Non riteniamo essere questa la sede più idonea per un approfondimento dei sempre più numerosi e sofisticati strumenti che fruiscono di un approccio di tipo statistico nell'assunzione delle decisioni in condizioni di incertezza²³. Ciò anche nella fondata convinzione che la gestione dei rischi d'impresa non possa ridursi ad una mera applicazione di algoritmi o modelli statistici²⁴. Esprimiamo tuttavia l'avviso che chiunque fosse chiamato ad occuparsi della gestione dei rischi non potrebbe mancare di conoscere taluni concetti statistici più elementari, che illustreremo di seguito, pur consci dell'incompletezza della nostra trattazione. Come già precedentemente

²³ Per approfondimenti rinviamo a T.R. DYCKMAN – S. SMIDT – A.K. McAdams, *Management decision making under uncertainty*, Mc Millan, London 1969.

²⁴ Senza con ciò negare la loro utilità ai fini di un miglioramento della quantità delle informazioni disponibili in sede decisionale.

rilevato definiamo la *probabilità* come la misura della possibilità che ha un evento di verificarsi. Una modalità largamente in uso per esprimerla sarà rappresentata dalla previsione del numero di volte, rapportato a cento, che un evento si verifichi entro un determinato periodo di tempo. Denomineremo come *distribuzione di probabilità* l'elencazione di tutti i possibili eventi, ciascuno dei quali associato alla probabilità che esso ha di manifestarsi. Ipotizzando ad esempio, di voler studiare il numero di guasti che ha colpito una certa macchina e che l'esperienza dei precedenti dieci anni di funzionamento indica che in due anni non si sono verificati guasti, in uno se ne è manifestato uno, in tre si sono avute due rotture, in tre anni la macchina si è guastata per tre volte e in un anno infine vi sono stati quattro guasti. Da tali informazioni si potrà ricavare la distribuzione di probabilità evidenziata di seguito (tab. 5.1). Tra le caratteristiche di sintesi di una distribuzione di probabilità particolare rilevanza ai fini della gestione dei rischi assumono la media e lo scarto. La *media* è pari alla somma dei prodotti di ciascuno dei possibili valori della distribuzione per la rispettiva probabilità media ponderata di tali valori secondo la formula:

$$m = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n$$

con x_1, x_2, \dots, x_n rappresentanti i possibili valori assunti dalla distribuzione e p_1, p_2, \dots, p_n le relative probabilità.

N. di guasti	Probabilità
0	0,20
1	0,10
2	0,30
3	0,30
4	0,10

Tabella 5.1: Distribuzione di probabilità di una macchina X

Quindi la media può assumere anche il significato di previsione del valore che l'evento considerato, potrebbe assumere in un periodo di tempo futuro. Lo *scarto* si basa invece sul confronto di ogni termine della distribuzione con il suo valore medio, per cui ne risulta la seguente distribuzione:

$$(x_1 - m), (x_2 - m), \dots, (x_n - m)$$

nella quale a ciascuno degli scarti può essere associata la relativa probabilità p_1, p_2, \dots, p_n . Attraverso di essa è possibile calcolare due caratteristiche di grande rilievo di una distribuzione di probabilità e cioè la varianza e lo scarto quadratico medio. La *varianza* è infatti la media dei quadri degli scarti secondo la formula:

$$\sigma^2 = (x_1 - m)^2 \cdot p_1 + (x_2 - m)^2 \cdot p_2 + \dots + (x_n - m)^2 \cdot p_n$$

La radice quadrata della varianza assume il nome di *scarto quadratico medio*, che è una misura della dispersione intorno alla media m dei possibili valori della distribuzione. La proprietà importante di tale indice in sede di valutazione dei rischi sta in ciò, che tanto più esso è grande tanto più aumentando il numero delle osservazioni, i valori riscontrati risulteranno nel complesso lontani dal valore medio. Allo scopo di conseguire una valutazione comparata dei rischi, può essere utile il ricorso al *coefficiente di variazione*, calcolato attraverso il rapporto tra lo scarto quadratico medio e la media. Infine può essere opportuno conoscere con quale grado di simmetria i risultati si distribuiscono attorno alla media. Un *indice di simmetria* frequentemente utilizzato al riguardo è quello ottenuto dalla media del cubo degli scarti diviso per il cubo dello scarto quadratico medio secondo la formula:

$$\alpha_3(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m)^3 p_i}{\sigma^3(x)};$$

Benché sia possibile ipotizzare che con il ricorso a taluni strumenti statistici, del tipo testé illustrati²⁵, si possa impostare la risoluzione dei problemi di misurazione dei rischi, non può essere trascurato il fatto che molto spesso la quantità e qualità delle informazioni disponibili alla singola impresa (come ad esempio le osservazioni tratte dalle proprie esperienze passate) sono insufficienti per costruire distribuzioni probabilistiche attendibili. Ciò che può invece essere noto è che l'evento indagato ha dimostrato, attraverso osservazioni molto numerose e ripetute svolte su un collettivo vastissimo (quale ad esempio un'intera nazione o anche tutto il mondo), di seguire una ben precisa legge matematica, espressa da una funzione, e che gli scarti osservati rispetto ad essa possono essere ritenuti accidentali. Nei suddetti casi per stimare la probabilità del verificarsi degli eventi può essere utile il ricorso ad alcune distribuzioni teoriche. Tra di esse devono essere citate la distribuzione binomiale, quella normale e quella di Poisson. La *distribuzione binomiale* fornisce la probabilità che su n prove l'evento A , di probabilità p , si presenti h volte. La frequenza del generico valore h risulta dalla formula:

$$\binom{n}{h} p^h q^{n-h}$$

La cui distribuzione ha per media, $m = np$ e per scarto quadratico medio $a = npq$ con $n =$ numero delle prove; $p =$ probabilità dell'evento A ; $q =$ inverso della probabilità p . La *distribuzione di Poisson* fornisce la probabilità che ha un evento raro di verificarsi h volte quando il numero delle prove tende all'infinito. La frequenza del generico valore di h risulta dalla formula:

²⁵ Per un approfondimento dei quali rinviamo utilmente anche a G. Leti, *Statistica descrittiva*, Il Mulino Bologna, 1983.

$$\frac{\lambda^h e^{-\lambda}}{h!}$$

nella quale λ è la media ed e una costante pari a 2,7 . La distribuzione ha per media $\mu = \lambda$ per scarto quadratico medio $e = \sqrt{\lambda}$. Il suo grande pregio consiste nel fatto che per applicarla è solo necessario procedere ad una stima del numero medio di volte che ci si può attendere che l'evento si verifichi. La *distribuzione normale*, detta anche *curva degli errori accidentali*, è la distribuzione teorica che più frequentemente di ogni altra può essere utilizzata in sede di misurazione dei rischi. Essa deve il suo nome alla convinzione che i fenomeni fisici e biologici si distribuiscano *normalmente*, secondo la legge che la esprime. È altresì denominata curva degli errori poiché si ipotizza che errori commessi in sede di ripetuta misurazione di un fenomeno tendano anch'essi

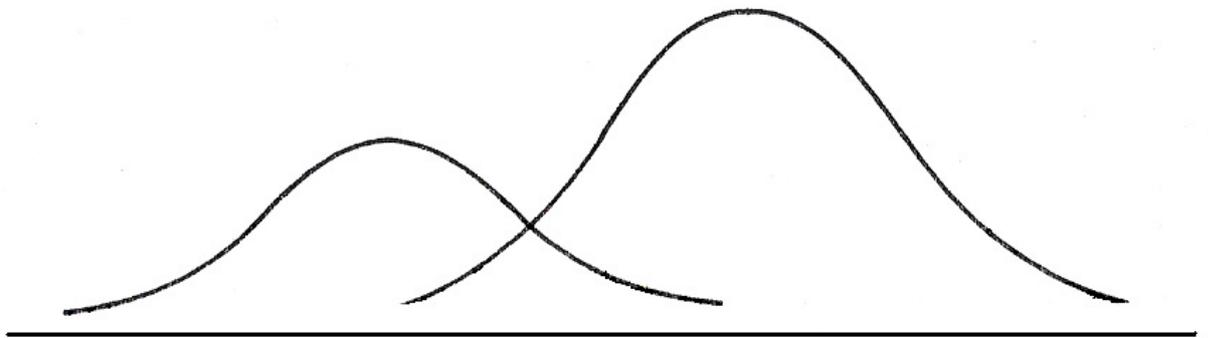


Figura 5.1: Distribuzioni normali di probabilità

a distribuirsi normalmente. La distribuzione normale è una distribuzione continua con un campo di variazione infinito (positivo e negativo), che assume la caratteristica forma campanulare e simmetrica (come nella Fig. 5.1) e che è definita da due parametri, cioè la sua media μ e la sua varianza σ^2 , secondo la formula seguente:

$$f(x) = \frac{n}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Una volta determinata la media μ e la varianza σ^2 se il fenomeno segue la legge normale, ricorrendo a tabulazioni già predisposte (data la complessità della formula di calcolo), si dovrebbe poter determinare la probabilità di ogni generico valore di x . Tuttavia poiché tanto la media quanto la varianza possono in teoria assumere infiniti valori, infinite dovrebbero essere altresì le tavole da predisporre, ciò che equivarrebbe a rendere di fatto inservibile la distribuzione normale. Fortunatamente essa si presta ad essere trasformata in una nuova distribuzione, detta *normale standardizzata*, ottenuta ponendo:

$$x = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

La nuova distribuzione così ottenuta ha il vantaggio di avere media zero e scarto quadratico medio pari a uno: ciò trasforma le infinite possibili curve, dovute al variare di media e varianza, in un'unica curva a parametri definiti che risulta così di facile tabulazione.

Detto ciò è opportuno allargare la trattazione alla risoluzione di altre tipologie di problemi dovuti all'indagine statistica, come abbiamo già avuto modo di osservare in sede di misurazione dei rischi uno dei maggiori problemi risulta connesso al fatto di dover effettuare previsioni sul futuro partendo da informazioni risultanti da campioni di dati relativamente piccoli. Sorge dunque sempre, o quasi sempre, la necessità di effettuare processi di *inferenza*, cui si deve ricorrere per generalizzare le informazioni emergenti da una limitata quantità di dati a disposizione. In siffatti processi di inferenza possono essere di aiuto alcuni concetti statistici, non meno che

alcune regole del calcolo delle probabilità che illustreremo di seguito. Una prima distinzione va operata tra eventi compatibili e incompatibili. Due o più eventi si dicono *incompatibili* quando il verificarsi di uno di essi esclude il verificarsi degli altri; si dicono invece *compatibili* in caso contrario. Eventi tra loro compatibili possono essere indipendenti o dipendenti. Si dicono *indipendenti* se il verificarsi o meno di uno di essi non modifica la probabilità di verificarsi degli altri. Si dicono invece *dipendenti* in caso contrario. In presenza di eventi incompatibili può essere interessante conoscere la probabilità che si verifichi l'uno o l'altro degli eventi. Per il *principio delle probabilità totali*, tale probabilità è uguale alla somma delle probabilità che i singoli eventi hanno di verificarsi. In presenza invece di eventi compatibili può essere senz'altro significativo conoscere la probabilità che uno o più di essi abbia a verificarsi congiuntamente agli altri. Per il *principio delle probabilità composte* tale probabilità è pari al prodotto della probabilità del primo di essi per la probabilità degli altri successivi calcolata nell'ipotesi che ciascuno dei precedenti eventi si sia verificato. Di grande aiuto nell'effettuare processi di inferenza da campioni relativamente limitati di osservazioni sono due leggi statistiche: quella dei grandi numeri ed il teorema del limite centrale. La *legge dei grandi numeri* afferma che, se campioni di n dati sono estratti casualmente da una popolazione molto grande con media μ e varianza δ^2 , la distribuzione delle medie di questi campioni ha ancora media μ e varianza uguale a δ^2/n . Il rapporto tra lo scarto quadratico medio a e il numero dei dati del campione (cioè a σ/n) è anche denominato *errore standard* ed è un indice di dispersione molto significativo di quanto ci si può attendere che vari la media della popolazione rispetto a quella del campione. L'enunciato del *teorema del limite centrale* stabilisce che se una popolazione molto vasta ha per media μ e per varianza δ^2 , la distribuzione delle medie di campioni da essa estratti si approssima ad una distribuzione normale con

media μ e varianza uguale a σ^2/n . Se ciò è vero, allora la media x di un campione di dati osservati può anche essere trasformata come segue nel valore standardizzato :

$$z = \frac{x - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} ;$$

Sarà in tal modo possibile dalle tavole dei valori di z definire con un *intervallo di confidenza* desiderato i limiti entro i quali la media riscontrata nel campione potrà differire da quella della popolazione.

Si potrà infatti ad esempio scrivere:

$$p \left(-1,96 \leq \frac{x - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \leq 1,96 \right) = 0,95$$

cioè:

$$p \left(x - 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq x + 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) = 0,95$$

Resta a questo punto solo il problema di stimare lo scarto quadratico medio sconosciuto della popolazione per dare un valore numerico all'intervallo di confidenza. Se la popolazione è molto vasta esso può essere stimato moltiplicando quello del campione per :

$$\sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

Se la popolazione è invece più ristretta tale stima si potrà conseguire moltiplicando lo scarto quadratico medio del campione per :

$$\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

con N = numerosità della Popolazione.

Non pretendiamo di avere con ciò esaurito la strumentazione statistica disponibile in vista della risoluzione dei problemi connessi alla misurazione dei rischi. Come già segnalato in premessa ci siamo limitati a considerare alcune nozioni fondamentali e tuttavia indispensabili nell'affrontare le situazioni che maggiormente si possono presentare in sede aziendale. I concetti esposti saranno ripresi nel prosieguo anche allo scopo di mostrarne la loro pratica applicazione con l'ausilio di alcune esemplificazioni.

5.5 Le tecniche di misurazione del rischio

Una volta che siano state definite la o le unità di rischio (o loro raggruppamenti) oggetto di misurazione, nonché il pericolo o (gruppi di pericoli) in relazione ai quali si voglia procedere alla quantificazione richiesta ed inoltre si è in possesso delle conoscenze statistiche precedentemente esposte, si considererà (ai fini applicativi) come campione (a cui applicare le tecniche statistiche precedentemente menzionate) i dati riguardanti le passate esperienze dell'azienda o di un'azienda simile, circa il rischio da misurare e come popolazione le possibili manifestazioni future del rischio. La sequenza logica dunque da seguire è la seguente:

- a) raccolta delle informazioni circa le passate manifestazioni del rischio;

- b) costruzione delle distribuzioni di probabilità delle variabili aleatorie *frequenza, gravità e perdite potenziali*²⁶;
- c) utilizzo delle distribuzioni di probabilità delle variabili aleatorie *frequenza, gravità e perdite annue* per la valutazione di scelte alternative del rischio.

5.5.1 La raccolta delle informazioni

La prima e naturale fonte di informazioni circa le passate manifestazioni del rischio da valutare è, senza dubbio, costituita dai passati sinistri che l'azienda in esame ha subito²⁷. Tali informazioni, però, spesso possono rivelarsi carenti, in quanto:

- a) il campione di osservazioni storiche disponibili è limitato e quindi non in grado di consentire una significativa stima delle code delle distribuzioni associate a basse probabilità di accadimento;
- b) il campione di osservazioni storiche disponibili presenta un basso grado di omogeneità, in quanto:

- costituito da unità di osservazione comparabili, ma non identiche (si pensi, ad esempio, a dati riferiti a stabilimenti simili per tipo di processo svolto e per macchinari utilizzati, ma non per dotazioni antincendio);

²⁶ Sui concetti di distribuzione di probabilità e di variabile aleatoria si rimanda, tra l'altro, a A.M. MOOD, F.A. GRAYBILL e D.C. BOES, *Introduzione alla statistica*, Milano, McGraw-Hill Libri Italia, 1988, (ed. originale: *Introduction to the Theory of Statistics*, New York, McGraw-Hill, N.Y., 1974), W. MENDENHALL, J.E. REINMUTH, R.J. BEAVERE, *Statistic for Management and Economics*, Belmont, Duxbury Press, 7th ed., 1993, E. MANSFIELD, *Statistics for Business and Economics: Methodas and Applications*, New York, W.W. Norton & Company, 5 th. Ed., 1994.

²⁷ Si precisa che la ricerca dei sinistri non deve limitarsi ai soli sinistri denunciati dalle compagnie assicurative, ma a tutti i sinistri subiti, anche a quelli non denunciati perché di importo inferiore alla franchigia, o perché ritenuti di ammontare trascurabile. Trascurare tali informazioni falserebbe la significatività del processo, comportando una sottostima della *frequenza*, ed una sovrastima della *gravità*.

- costituito in tempi diversi.

La realtà aziendale è in continua evoluzione: più si estende il periodo di osservazione più è probabile che le stesse unità di osservazione abbiano nel tempo, mutato le loro caratteristiche e quindi le caratteristiche stesse del rischio esaminato (col trascorrere del tempo cresce il grado di usura e di obsolescenza dei macchinari, può cambiare l'efficacia delle dotazioni antincendio adottate, e così via). Il ricorso ai dati storici presenta sempre una relazione inversa tra ampiezza del periodo di osservazione (e quindi del numero di osservazioni disponibili) e omogeneità delle osservazioni stesse. Al fine di rimediare a tali problemi, spesso si rende necessario il ricorso ad informazioni di origine esterna, vale a dire ad informazioni storiche che, benché generate da unità di osservazione diverse da quella in esame, presentino un ragionevole grado di similitudine. Il ricorso ad esse presenta per certi versi, problemi opposti a quelli originati dal ricorso a dati di origine interna, in quanto a fronte di una perdita di significatività dei risultati dovuta all'abbassamento del grado di omogeneità delle osservazioni, si registra una crescita dell'ampiezza del campione, che permette di sopperire alle lacune dei dati di origine interna, soprattutto nella valutazione delle code delle distribuzioni. Il ricorso a dati di origine esterna è quindi consigliabile solo dopo un'attenta valutazione del grado di omogeneità tra i due sottoinsiemi di informazioni, effettuabile laddove sia possibile, attraverso opportune tecniche statistiche come il confronto delle zone modali²⁸, altrimenti limitandosi ad un razionale giudizio qualitativo.

²⁸ Su tale punto si rimanda a E.J. VAUGHAN, *Fundamentals of risk and Insurance*, New York, John & Sons, 1985.

5.5.2 Determinazione delle distribuzioni delle probabilità

Lo sviluppo delle distribuzioni di *frequenza*, *gravità*, e *perdite potenziali*, può definirsi come la parte centrale e più importante dell'intera trattazione, infatti è proprio sulla base di tali andamenti che prenderanno forma tutte le strategie di risk management che seguiranno. Inoltre è un'aspetto del processo di valutazione particolarmente delicato in quanto richiede molta cura nell'eliminazione degli elementi di disomogeneità delle osservazioni storiche. Volendo dare una connotazione di tipo pratico allo sviluppo della procedura, in modo da evidenziarne tutte le peculiarità, cercheremo di descrivere attraverso un esempio come sia possibile giungere ad una corretta determinazione delle diverse distribuzioni. Supponiamo quindi, di voler valutare un particolare rischio di una azienda industriale le cui informazioni storiche sono riportate nella tabella 5.2. La distribuzione di frequenza della variabile aleatoria *frequenza* (Tab. 5.3), sarà direttamente desumibile dall'analisi del numero di sinistri avvenuti in ognuno degli anni per cui sono disponibili le informazioni storiche. Quest'ultima, indica il numero di volte che l'evento considerato potrebbe presentarsi, con associato ad ognuno di essi la relativa probabilità. La distribuzione di gravità indica invece le probabilità che il danno assuma determinati valori (per classi), una volta che l'evento si sia verificato (Tab. 5.4). Per tale motivo le probabilità che essa considera vanno intesi come probabilità condizionali.

NUMERO DI SINISTRI	OSSEVAZIONI	FREQUENZA RELATIVA
1	0	0 %
2	4	40 %
3	0	0 %
4	1	10 %
5	2	20 %
6	2	20 %
7	0	0 %
8	1	10 %

Tabella 5.3: Distribuzione i frequenza del numero di sinistri

ANNO	IMPORTO	PERDANNUEITE
1985	50	
1985	150	
1985	238	
1985	400	
1985	500	
1985	330	1.668
1986	600	
1986	523	1.123
1987	180	
1987	350	
1987	210	
1987	100	
1987	160	
1987	800	1.800
1988	50	
1988	140	
1988	340	
1988	410	
1988	420	1.360
1989	160	
1989	80	240
1990	200	
1990	320	420
1991	700	
1991	517	
1991	75	
1991	385	
1991	220	1.897
1992	520	
1992	90	610
1993	130	
1993	848	
1993	473	
1993	100	
1993	250	
1993	90	
1993	300	
1993	700	2.891
1994	492	
1994	395	
1994	630	
1994	100	1.617

Tabella 5.2: Sinistri subiti nel periodo 1985 - 1994

GRAVITA` SINISTRI	VALORE MEDIO	OSSERVAZIONI	FREQUENZA RELATIVA	FREQUENZA CUMULATA
50 - 175	112,5	13	0,333	0,333
176 - 300	238	6	0,154	0,487
301 - 425	363	8	0,205	0,692
426 - 550	488	6	0,154	0,846
551 - 675	613	1	0,026	0,872
676 - 800	738	5	0,128	1
		39		

Tabella 5.4: Distribuzione di frequenza della gravità dei sinistri

Le probabilità cumulate infine come si evidenzia dall'ultima tabella, rilevano la probabilità che il danno risulti uguale o inferiore alla classe cui risulta associata. Così, ad esempio, vi sarebbe una probabilità del 87 % che il danno risulti uguale o inferiore a 675 euro. In definitiva, una volta formulate le distribuzioni di probabilità della frequenza e della gravità, il problema si riduce a quello, per altro di non facile soluzione, di individuare quel valore che sintetizzi le due distribuzioni ed esprima nel migliore dei modi la misura del rischio, *le perdite potenziali*. Detto valore sarà quello da assumere poi in sede comparativa nella scelta economico-aziendale della tecnica con la quale procedere alla trattazione del rischio medesimo. Al fine di individuare il valore di sintesi summenzionato riteniamo opportuno trattare prima alcune tecniche di attualizzazione delle serie storiche frequenza e gravità, al fine di depurarle dalle disomogeneità rispetto alla situazione attuale.

5.5.2.1 Il trattamento della disomogeneità delle unità di rischio

Un classico esempio di scarsa omogeneità delle unità di rischio in sede di valutazione della frequenza è la variazione del numero di stabilimenti

durante il periodo cui le osservazioni sono riferite²⁹. A titolo di esempio, si supponga che nel caso dell'azienda industriale considerata, il numero degli stabilimenti sia cambiato, passando da 8 iniziali a 9, nel 1987 e ad 11 nel 1995. Tale aspetto può essere corretto moltiplicando il numero di sinistri di ogni anno per un coefficiente che consideri la variazione del numero di stabilimenti tra l'anno cui si riferiscono i sinistri e l'anno per cui si intende stimare la distribuzione di probabilità. Tale coefficiente correttivo N_i è diverso a seconda dell'anno cui si riferisce, e supposto di voler stimare la distribuzione di probabilità per l'anno 1995, nell'anno i -esimo è pari a:

$$N_i = \frac{n_{1995}}{n_i}$$

dove n_{1995} è il numero di stabilimenti utilizzati nel 1995 e n_i è il numero di stabilimenti utilizzati nell'anno i . Tale coefficiente può quindi essere utilizzato per aggiornare i dati storici come illustrato nella tabella seguente:

ANNO	SINISTRI	NUMERO STABILIMENTI	N_i	NUMERO SINISTRI AGGIORNATO E ARROTONDATO
1985	6	8	1,375	8
1986	2	8	1,375	3
1987	6	9	1,222	7
1988	5	9	1,222	6
1989	2	9	1,222	2
1990	2	9	1,222	2
1991	5	9	1,222	6
1992	2	9	1,222	2
1993	8	9	1,222	10
1994	4	9	1,222	5

Tabella 5.5: Numero di sinistri corretto per la variazione del numero di stabilimenti

²⁹ Tale variazione influenza l'omogeneità dei dati in quanto si presuppone che il numero totale dei sinistri verificatosi in ogni anno sia funzione crescente del numero di stabilimenti in attività nello stesso anno.

5.5.2.2 Il trattamento delle disomogeneità delle caratteristiche del rischio

Questo particolare trattamento dei dati è necessario quando, ad esempio, si suppone che l'azienda industriale considerata abbia adottato, a partire da un determinato anno (ad esempio il 1989 per la serie storica considerata) particolari interventi di tipo preventivo che in base a dati ottenuti da indagini sul processo o inclusi proprio nella tipologia di intervento come informazione di tipo esterna, consentono di ridurre la probabilità di incidente (ad esempio del 30 %). Per rendere omogenee le informazioni storiche, si può procedere indagando le cause degli incidenti antecedenti l'introduzione dell'attività preventiva (nel nostro caso considereremo date precedenti il 1989) e riducendo del 30 % il numero degli incidenti causati dal quel particolare rischio (Tab. 5.6). Utilizzeremo poi queste informazioni per la costruzione della distribuzione di frequenza della *frequenza* (Tab. 5.7), che a questo punto può essere usata come distribuzione di probabilità, per implementare la procedure statistica che ci porterà alla determinazione delle perdite potenziali totali.

ANNO	SINISTRI	SINISTRI DOVUTI AL PARTICOLARE RISCHIO	SINISTRI NON DOVUTI AL PARTICOLARE RISCHIO	SINISTRI DOVUTI AL PARTICOLARE RISCHIO AGGIORNATI	SINISTRI AGGIORNATI
1985	8	4	4	3	7
1986	3	1	2	1	3
1987	7	4	3	3	6
1988	6	3	3	2	5
1989	2	1	1	1	2
1990	2	0	2	0	2
1991	6	2	4	1	5
1992	2	1	1	1	2
1993	10	3	7	2	9
1994	5	2	3	1	4

Tabella 5.6: Numero dei sinistri corretto per la variazione del processo produttivo

NUMERO SINISTRI	OSERVAZIONI	FREQUENZA RELATIVA	FREQUENZA	FREQUENZE CUMULATE
ANNUI		AGGUSTATA	ASSOLUTA	ARROTONDATE
1	0	0	0	0
2	3	0,333	0,333	0,33
3	1	0,111	0,444	0,44
4	1	0,111	0,555	0,56
5	2	0,222	0,777	0,78
6	0	0	0,777	0,78
7	1	0,111	0,888	0,89
8	0	0	0,888	0,89
9	1	0,111	0,999	0,99
10	0	0	1	1
	9			

Tabella 5.7: Distribuzione di frequenza del numero di sinistri corretta

5.5.2.3 Il trattamento della disomogeneità del potere d'acquisto della moneta

L'effetto della disomogeneità del potere d'acquisto della moneta, tra i diversi anni considerati e l'anno per cui si intende stimare la distribuzione di probabilità, può essere facilmente corretto individuando un opportuno fattore di correzione, il quale tenga conto della variazione del potere di acquisto della moneta tra l'anno cui si riferiscono i sinistri e l'anno per cui si intende stimare la distribuzione di probabilità. Tale coefficiente correttivo Gp_i è diverso a seconda dell'anno considerato e supposto (per il nostro esempio) di voler stimare la distribuzione di probabilità per l'anno 1995, per l'anno i -esimo sarà pari a:

$$GP_i = \prod_{j=1}^{1995} (1 + gp_j) ;$$

dove gp_j è il tasso di crescita dei prezzi nell'anno j di un qualsiasi paniere di beni che abbia una ragionevole influenza sull'entità dei risarcimenti

relativi al rischio esaminato³⁰. Ipotizzando, per semplicità di trattazione, un tasso di inflazione costante per tutti gli anni considerati e pari al 5% annuo, i dati storici aggiornati saranno, quindi, quelli della tabella 5.8, da cui si può ricavare la distribuzione di frequenza aggiustata della gravità dei sinistri, Tabella 5.9.

GRAVITA' SINISTRO			VALORE MEDIO	OSSERVAZIONI	FREQUENZE RELATIVE	FREQUENZE CUMULATE
70	-	256	163	16	0,390	0,39
257	-	441	349	6	0,146	0,54
442	-	626	534	9	0,219	0,76
627	-	811	719	5	0,121	0,88
812	-	997	904	4	0,097	0,98
998	-	1.18	1.090	1	0,024	1
				41		

Tabella 5.9: Distribuzione di frequenza della gravità di sinistri corretta per l'effetto dell'inflazione.

³⁰ Considerando ad esempio, il rischio incendio, può essere ragionevole considerare come il tasso di crescita dei prezzi del materiale e dei macchinari interessati dagli incendi, del costo della manodopera necessaria per la ricostruzione e così via.

Tabella 5.8: Importo dei sinistri corretto per effetto dell'inflazione

ANNO	IMPORTO	Gpi	IMPORTO AGGIORNATO	PERDITE ANNUE
1985	50	1,628895	81	
1985	150	1,628895	244	
1985	238	1,628895	388	
1985	400	1,628895	652	
1985	500	1,628895	814	
1985	330	1,628895	538	2717
1986	600	1,551328	931	
1986	523	1,551328	811	1742
1987	180	1,477455	266	
1987	350	1,477455	517	
1987	210	1,477455	310	
1987	100	1,477455	148	
1987	160	1,477455	236	
1987	800	1,477455	1182	2659
1988	50	1,4071	70	
1988	140	1,4071	197	
1988	340	1,4071	478	
1988	410	1,4071	577	
1988	420	1,4071	591	1913
1989	160	1,340096	214	
1989	80	1,340096	107	
1990	200	1,276282	255	
1990	320	1,276282	408	984
1991	700	1,215506	851	
1991	517	1,215506	628	
1991	75	1,215506	91	
1991	385	1,215506	468	
1991	230	1,215506	280	2318
1992	520	1,157625	602	
1992	90	1,157625	104	706
1993	130	1,1025	143	
1993	800	1,1025	882	
1993	473	1,1025	521	
1993	100	1,1025	110	
1993	230	1,1025	254	
1993	90	1,1025	99	
1993	300	1,1025	331	
1993	700	1,1025	772	3211
1994	492	1,05	517	
1994	395	1,05	415	
1994	630	1,05	662	
1994	100	1,05	105	1699

5.5.3 La costruzione della distribuzione di probabilità delle perdite potenziali

La costruzione della distribuzione di probabilità delle perdite annue, costituisce la base di partenza per ogni decisione in tema di strategia di risk management e di allocazione ottimali di risorse aziendali. Essa può ricavarsi anche direttamente dai dati di partenza, tuttavia tale approccio, pur essendo di facile applicazione non consente di tenere conto degli effetti di disturbo che si sono evidenziati per la frequenza e per la gravità. L'unica correzione possibile è infatti quella di considerare l'effetto della disomogeneità del potere di acquisto della moneta considerando come informazioni storiche di partenza quelle della tabella 5.8 ed ottenendo la distribuzione riportata nella tabella seguente, il cui poter informativo è decisamente esiguo.

CLASSI DI PERDITA ANNUE	NUMERO DI OSSERVAZIONI	PROBABILITA'
321 - 879	3	0,3
880 - 1437	0	0
1438 - 1995	3	0,3
1996 - 2553	1	0,1
2554 - 3112	3	0,3

Tabella 5.9: Frequenza delle perdite potenziali ricavata in modo diretto

Per questo motivo la *distribuzione di probabilità delle perdite potenziali* deve necessariamente essere calcolata in modo indiretto³¹: introducendo l'ipotesi, sufficientemente verosimile, che il numero di sinistri che si verificano ogni anno sia indipendente dalla gravità di ognuno e che, d'altro

³¹ N.A. DOHERTY, *Corporate Risk Management: a financial exposition*, New York, McGraw-Hill, 1985 pag. 77 e ss.

canto, la gravità di ognuno sia indipendente dal numero complessivo in un anno.

La distribuzione di gravità delle perdite annue dunque, può essere ragionevolmente costruita come conseguenza dell'interazione delle variabili aleatorie *frequenza e gravità*, attraverso un opportuno ricorso al metodo di simulazione Monte Carlo³².

La tecnica richiede due stadi successivi e consente di utilizzare sia distribuzioni teoriche che empiriche della frequenza e della gravità. In primo luogo, viene generato un numero casuale e con la distribuzione di frequenza si determina quante volte l'evento si verificherà nell'anno di simulazione. In un secondo momento vengono generati altri numeri casuali, uno per ciascuna volta che l'evento si verificherà. A questo punto con l'aiuto della distribuzione di gravità si potrà calcolare l'entità della perdita per ogni evento simulato. Infine, la somma delle perdite simulate singolarmente darà l'ammontare delle perdite totali per l'anno di simulazione. Utilizzando l'elaboratore elettronico, la simulazione può essere iterata un numero sufficientemente elevato di volte. Quanto detto può svolgersi secondo lo schema riportato in tabella 5.10³³ e ripetendo più volte tale operazione, nel nostro caso è stata ripetute 10 volte per un totale di 250 iterazioni, originando altrettante distribuzioni di probabilità delle perdite potenziali di cui riportiamo di seguito una rappresentazione, ottenuta per una simulazione della matrice 5.10.

³² E. MANSFIELD, *Statistic for business and Economics: Method and Applications*, New York, W.W. Norton & Company, 5th ed., 1994

³³ Per motivi di spazio viene riportata solo una piccola parte del processo di simulazione, che comprende 250 iterazioni, ossia 10 ripetizioni della matrice di simulazione 5.10.

Tabella 5.10: Il processo di simulazione

		sinistro 1		sinistro 2		sinistro3		sinistro 4		sinistro 5		sinistro 6		sinistro 7		sinistro 8		sinistro 9		sinistro 10		Perdite		
N.ri casuali	N.di sin/anno	n.ro casuale	sinistro casuale	totali annue																				
0,277	2	0,2	162,5	0,499	533	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	696
0,353	3	0,184	162,5	0,469	533	0,574	533	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1229
0,372	3	0,141	162,5	0,697	533	0,128	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	858
0,797	7	0,483	533	0,497	533	0,429	348	0,834	718	0,01	162,5	0,147	162,5	0,432	348	-	0	-	0	-	0	-	0	2805
0,42	3	0,179	162,5	0,895	903	0,503	533	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1599
0,58	5	0,383	348	0,798	718	0,904	903	0,461	533	0,264	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	2665
0,138	2	0,881	903	0,262	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1066
0,243	2	0,403	348	0,538	533	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	881
0,606	5	0,208	162,5	0,071	162,5	0,226	162,5	0,105	162,5	0,569	533	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1183
0,44	3	0,165	162,5	0,187	162,5	0,92	903	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1228
0,172	2	0,121	162,5	0,119	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	325
0,712	5	0,505	533	0,422	348	0,592	533	0,419	348	0,062	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1925
0,731	5	0,593	533	0,638	533	0,701	533	0,812	718	0,723	718	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	3035
0,656	5	0,392	348	0,281	162,5	0,379	348	0,601	533	0,591	533	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1925
0,027	2	0,312	348	0,142	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	511
0,291	2	0,854	718	0,824	718	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1436
0,568	5	1	1089	0,236	162,5	0,073	162,5	0,55	533	0,238	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	2110
0,516	4	0,626	533	0,815	718	0,902	903	0,662	533	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	2687
0,7	5	0,528	533	0,973	1089	0,331	348	0,993	1089	0,808	718	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	3777
0,98	9	0,465	533	0,402	348	0,915	903	0,606	533	0,157	162,5	0,34	348	0,595	533	0,002	162,5	0,591	533	-	0	-	0	4056
0,516	4	0,89	903	0,371	348	0,147	162,5	0,223	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1576
0,785	7	0,652	533	0,962	903	0,45	348	0,558	533	0,791	718	0,061	162,5	0,277	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	3360
0,031	2	0,874	903	0,76	718	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1621
0,297	2	0,425	348	0,412	348	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	696
0,807	7	0,614	533	0,452	348	0,748	718	0,669	533	0,767	718	0,873	903	0,698	533	-	0	-	0	-	0	-	0	4286
																								47536

CLASSE DI PERDITE	VALORE MEDIO	OSSERVAZIONI	FREQUENZE
325	721	523	4
722	1117	919,5	3
1118	1513	1315,5	4
1514	1909	1711,5	3
1910	2305	2107,5	3
2306	2701	2503,5	2
2702	3097	2899,5	2
3098	3493	3295,5	1
3494	3889	3691,5	1
3890	4286	4088	2

Tabella 5.11: Distribuzione delle perdite potenziali per una generica iterazione della matrice di simulazione

La tabella precedente sarà ottenuta applicando la metodologia esposta per il calcolo della tabella 5.9, applicata all'ultima colonna della tabella 5.10, ossia delle perdite potenziali. Quest'ultima come vedremo in seguito sarà fondamentale per il calcolo dell'MPY.

5.5.4 Le misure di sintesi

Le distribuzioni di probabilità rappresentano la descrizione quantitativa più precisa di un rischio, ma talvolta non sono facilmente leggibili ed utilizzabili. Ai fini decisionali si rivela prezioso disporre di pochi indicatori che sintetizzino gli aspetti qualificanti della distribuzione, ponendo in risalto solo le caratteristiche essenziali.

La misura sintetica più intuitiva è il *valore atteso* o *media*.

Il valore atteso di una distribuzione di probabilità³⁴ è pari alla somma dei prodotti di ciascuno dei suoi valori per le rispettive probabilità:

$$E(x) = \sum_{i=1}^n x_i p(x_i)$$

³⁴ Sia per la media sia per la varianza si fa riferimento a distribuzioni di probabilità discrete.

dove $E(x)$ è il valore atteso, x_i sono i possibili valori assunti dalla grandezza considerata, $p(x_i)$ sono le probabilità ad essi associate. Quando la distribuzione riflette in modo fedele il rischio esaminato, il valore atteso del campione coincide con il valore atteso dei sinistri che si presenteranno (probabilmente) in futuro. La trasposizione presenta errore trascurabile solo nel caso in cui sia rispettata la condizione che la numerosità dei dati di partenza, utilizzati per la stima, sia sufficientemente elevato³⁵. Nella pratica aziendale, la limitatezza dei dati storici disponibili rende, in genere, poco significative le informazioni desunte dal valore atteso delle distribuzioni. Per questo motivo, è utile affiancare al valore atteso un indicatore di variabilità. Due distribuzioni possono presentare il medesimo valore atteso, ma essere alquanto differenti per quanto attiene alla dispersione dei valori rispetto alla media: tale aspetto viene misurato dai cosiddetti *indici di variabilità*. Il primo è la *varianza*, che esprime la media al quadrato degli scarti di ogni valore dal valore atteso. La formula è:

$$V(x) = \sum_{i=1}^n [x_i - E(X)]^2 p(x_i)$$

dove $V(x)$ indica la varianza. L'elevazione al quadrato serve ad evitare che gli scarti negativi si elidano con quelli positivi. D'altra parte, ciò rende l'ordine di grandezza della varianza eterogeneo a quello della distribuzione. A questo difetto si ovvia calcolandone la radice quadrata e ottenendo, così, una nuova misura di variabilità, chiamata *scarto quadratico medio* o *deviazione standard* ed indicata con $\sigma(X)$ (come visto nella sezione dedicata allo stesso argomento, ma per fini d'indagine sul processo):

$$\sigma(X) = V(x)^{1/2}$$

³⁵ Legge dei grandi numeri.

Le grandezze introdotte caratterizzano compiutamente il quadro informativo dal punto di vista probabilistico, ma sono limitate dal difetto di non esprimere direttamente la pericolosità delle esposizioni al rischio in una quantità monetaria, che facilita la fase di valutazione di strategie alternative di gestione del rischio, di cui questa fase costituisce il punto di partenza.

5.5.5 L'interpretazione della distribuzione di probabilità delle perdite annue: l'MPY

Dalla distribuzione di probabilità delle perdite totali è possibile ora ricavare la *Perdita Aggregata Massima Probabile Annualmente*³⁶, meglio conosciuta come MPY (*Maximum Probable Yearly Aggregate Loss*)³⁷, definibile praticamente come un indicatore di sintesi in grado di trasformare la distribuzione di probabilità delle perdite annue individuata in un unico valore, rappresentativo della portata di rischio esaminato. È da tenere presente inoltre che secondo il teorema del limite centrale della statistica assumere la media delle osservazioni di un campione come media delle osservazioni future del fenomeno può generare errori di valutazione (intesi come scostamenti del valore effettivo rispetto alla media) tanto maggiori quanto minore è il numero delle osservazioni di partenza utilizzate per la stima, rendendo praticamente privo di significato il valore atteso delle distribuzioni³⁸. È per questo, che al fine di quantificare attraverso un unico valore la portata del rischio da valutare, è stato elaborato tale indicatore di sintesi, in grado di considerare in modo esplicito anche i possibili scostamenti rispetto alla media del campione. In sintesi l'MPY rappresenta l'ammontare massimo di perdite annue raggiungibile dato un certo margine

³⁶ Questo è il nome utilizzato da Borghesi in A. BORGHESI, *La gestione di rischi di azienda*, Padova, Cedam, 1985.

³⁷ Denominazione originale proposta da Cummins e Freifelder nel 1978 in J.D. CUMMINS e L.R. FREIFELDER, *A comparativa Analysis of alternative Maximum Probable Yearly Aggregate Loss Estimators*, in <<The Journal of Risk and Insurance>>. Marzo 1978.

³⁸ A causa della fisiologica limitatezza delle osservazioni storiche disponibili, infatti, il margine di variabilità sarebbe estremamente elevato.

di errore, non è quindi una grandezza assoluta ma dipendente dal margine di errore che si vuole esplicitamente considerare. Per la tabella seguente (ottenuta dalla tabella delle distribuzioni di probabilità delle perdite potenziali), possiamo affermare di avere (per questo step della simulazione), un MPY al 96% pari a 3.825 euro, ciò vuol dire che la probabilità che l'ammontare dei sinistri riferibile all'anno in considerazione superi 3.825 euro è pari al 4%³⁹.

Al fine di stimare l'MPY sono state elaborate diverse tecniche tra cui *la tecnica dell'approssimazione normale, il metodo Chebyshev, la tecnica della proprietà normale, la tecnica di Allen-Duvall, la tecnica della tabulazione analitica*, che di seguito mostreremo.

MPY	PROBABILITA`
1143	0,28
1590	0,52
2037	0,68
2484	0,72
2931	0,76
3378	0,8
3825	0,84
4272	0,92
4719	0,96
5166 e oltre	1

Tabella 5.12: MPY per livelli di probabilità

³⁹ E` concettualmente simile all'intervallo di confidenza, per ulteriori approfondimenti si rimanda a A.M. MOOD, F.A. GRAYBILL, e D.C. BOES, *Introduzione alla statistica*, Milano, Mc-Graw-Hill Libri Italia, 1988.

5.5.5.1 La tecnica dell' approssimazione normale

Tale metodica risulta basata sull'assunto che la distribuzione delle perdite totali possa essere approssimata dalla distribuzione normale. Sulla base di tale assunzione l'MPY al $\alpha\%$ stimato sarebbe pari *al valore atteso della distribuzione delle perdite totali più un multiplo del suo scarto quadratico medio*, secondo la formula:

$$\text{MPY} = E(x) + z \sigma(x)$$

nella quale $E(x)$ e $\sigma(x)$ sono rispettivamente la media e lo scarto quadratico medio della distribuzione delle perdite totali; z è il valore della normale standardizzata; x è il livello di probabilità desiderato dell'MPY stimato. L'accuratezza di tale stima è naturalmente legato al fatto che la media e lo scarto quadratico medio ricavati dalla distribuzione dei dati osservati siano stime molto precise dei due medesimi parametri sconosciuti riferiti alla distribuzione delle perdite totali e di cui quella delle perdite osservate va considerata come un campione. Si può rendere più affidabile tuttavia tale stima ricorrendo alle regole di inferenza statistica. Così la stima dello scarto quadratico medio della distribuzione ignota delle perdite totali (che si suppone si distribuiscano normalmente) può essere ottenuta

moltiplicando quello della distribuzione osservata per $\sqrt{\frac{n}{n-1}}$, con n = numero delle osservazioni disponibili. Ulteriori limiti nell'uso di tale tecnica sono insite nell'assunto che le perdite totali annue si distribuiscano *normalmente*. In molti tipi di pericoli, infatti, è accertata la sussistenza di una pronunciata asimmetria rispetto al valore medio. Di conseguenza quando tale asimmetria sia presente nel campione delle osservazioni disponibili o quando comunque sussista il dubbio che lo sia la distribuzione delle perdite totali è prudente non servirsi di tale tecnica di stima.

5.5.5.2 Il metodo di Chebyshev

Tale tecnica procede alla stima dell'MPY anch'essa utilizzando la media e lo scarto quadratico medio della distribuzione dei dati osservati. Tale stima viene ottenuta *aggiungendo al valore atteso della distribuzione delle perdite totali k scarti quadratici medi, con il valore di k che risulta definito dal livello di probabilità desiderato, secondo la formula:*

$$\text{MPY} = E(x) + k \sigma(x)$$

nella quale $E(x)$ e $\sigma(x)$ sono rispettivamente la media e lo scarto quadratico medio della distribuzione delle perdite totali. Il coefficiente k è la risultante della formula:

$$k = \sqrt{1/(1-\alpha)}$$

con α livello di probabilità desiderato per l'MPY.

5.5.5.3 La tecnica della proprietà normale

Tale metodica di stima tiene conto oltre che del valore atteso e dello scarto quadratico medio anche dell'indice di simmetria. La stima richiesta viene calcolata secondo la formula:

$$\text{MPY} = E(x) + [z_\alpha + 1/6 \alpha_3(x) (z_\alpha^2 - 1)] \sigma(x)$$

Nella quale $E(x)$, $\sigma(x)$, $\alpha_3(x)$ sono rispettivamente la media, lo scarto quadratico medio e l'indice di simmetria della distribuzione delle perdite

totali, z_α è il valore della normale standardizzata e α il livello di probabilità desiderato per l'MPY.

Introducendo la considerazione dell'indice di simmetria tale tecnica ovvia al difetto principale della tecnica dell'approssimazione normale ed è ritenuto il metodo rapido più accurato per la stima dell'MPY. Tale accuratezza è tuttavia collegata al fatto che l'indice di simmetria risulti di valore piuttosto basso. I migliori risultati sembrano potersi conseguire per valori dell'indice minori o uguali a 2. Per valori superiori (quindi quando la mancanza di simmetria è accentuata) la tecnica porta a sovrastimare l'MPY.

5.5.5.4 La tecnica di Allen-Duvall

Tale tecnica si differenzia dalle precedenti poiché prescinde dalla distribuzione delle perdite totali e si basa unicamente sulle distribuzioni di frequenza e di gravità dei dati osservati. Assumendo che la frequenza degli eventi segua la distribuzione di Poisson essa accetta la media delle frequenze osservate come media della distribuzione e con essa ne stima pure lo scarto quadratico medio. Con tali due parametri viene stimata la *frequenza massima dell'evento*, pari alla media più cinque volte lo scarto quadratico medio. Il dato così ottenuto viene infine moltiplicato per una stima della dimensione più probabile della perdita individuale connessa all'evento, che viene suggerita essere quella in corrispondenza della quale si registra una probabilità cumulata dell'80%. Il tutto seguendo la formula:

$$\text{MPY} = [E(m) + 5(m)] S_{80}$$

nella quale $E(m)$ e $\sigma(m)$ sono rispettivamente la media e lo scarto quadratico medio della distribuzione di frequenza, mentre S_{80} è il valore della distribuzione di gravità al quale corrisponde l'80% di probabilità

cumulata. Il metodo presenta il pregio della semplicità ed evita la necessità di conoscere o stimare la distribuzione delle perdite totali, ma, come è stato osservato, è più una procedura di stima basata sul buon senso piuttosto che un metodo e ciò sia per l'assunzione non verificata di operatività della distribuzione di Poisson, sia perché impedisce di assegnare all'MPY un livello di probabilità.

5.5.5.5 La tecnica della tabulazione analitica

Seguendo tale tecnica si procede ad una stima della ignota distribuzione delle perdite totali attraverso una combinazione matematica delle leggi di distribuzione seguite dalla frequenza dell'evento e dalla gravità delle perdite. In altri termini presupposto per l'adozione di tale tecnica è che dai dati osservati di frequenza e gravità si possa dedurre la legge teorica di distribuzione delle due dimensioni. Attraverso una formula matematica è poi possibile in taluni casi procedere ad una loro combinazione ottenendo in tal modo la distribuzione teorica delle perdite totali e da questa l'MPY al livello desiderato di probabilità. Ad esempio una tale formula di combinazione esiste se la frequenza può essere rappresentata dalla distribuzione di Poisson e la gravità dalla distribuzione gamma. Purtroppo sono assai pochi i casi per i quali tali formule di combinazione sono disponibili, anche se attraverso tecniche di analisi numerica è possibile giungere a elevati gradi di approssimazione. La tecnica consente di pervenire a stime molto precise dell'MPY, ma richiede anche elevati gradi di sofisticazione matematica.

5.5.5.6 Conclusioni

Le tecniche appena accennate traggono la loro ragion d'essere dalla eccessiva onerosità e complessità che fino a poco tempo fa ha caratterizzato

il ricorso a processi di simulazione col metodo Monte Carlo. Oggi, infatti, l'evoluzione dei sistemi informatici rende sufficientemente privo di significato il loro utilizzo, sia perché il processo di simulazione può avvenire su qualsiasi personal computer con costi irrisori, sia perché i risultati ottenibili dalla simulazione sono decisamente più attendibili dei risultati ottenibili con le tecniche alternative su citate. Il processo di simulazione, infatti, permettendo di costruire l'intera distribuzione di probabilità delle *perdite potenziali*, consente di individuare in termini immediati qualsiasi livello di MPY, semplicemente analizzando la distribuzione delle probabilità cumulate. Infatti, poiché la probabilità cumulata di ogni classe rappresenta la probabilità che l'effettivo importo totale dei sinistri sia inferiore all'estremo superiore della classe stessa e poiché l'MPY è l'importo massimo di perdite annue da sinistri dato un certo margine di errore, ne discende che l'estremo superiore di ogni classe può essere considerato come MPY la cui probabilità è pari alla cumulata della classe. Rivedendo quindi la distribuzione di probabilità delle *perdite potenziali* si possono ottenere i valori assunti dall'MPY a seconda dei diversi livelli di probabilità. Ovviamente, a causa delle semplificazioni adottate, tale valore non costituisce una quantificazione assoluta del rischio, tuttavia è di indubbia utilità in sede di scelte di differenti strategie di gestione del rischio, come vedremo nel capitolo successivo dedicato all'argomento.

5.6 I modelli auto regressivi

I modelli autoregressivi rappresentano uno strumento molto utile per affrontare il problema della previsione in relazione a una serie storica annuale. Sono particolarmente utilizzati nel caso di stime econometriche. In tal senso sono stati utilizzati anche nella fattispecie della valutazione di un determinato rischio.

Il loro impiego nasce dall'osservazione che spesso si riscontra una forte correlazione fra valori consecutivi di una serie; si parla in questo caso di autocorrelazione, del primo ordine quando si considerano valori adiacenti, del secondo ordine se ci si riferisce alla relazione che intercorre tra i valori della serie a distanza di due periodi e, in generale, del p-esimo ordine se i valori considerati "distano" fra loro p periodi.

I modelli autoregressivi consentono appunto di sfruttare questi legami di dipendenza per ottenere utili previsioni del comportamento futuro della serie.

Nel seguito presenterò i modelli autoregressivi maggiormente impiegati.

Modello autoregressivo del primo ordine

$$Y_i = A_0 + A_1 Y_{i-1} + \delta_i \quad (5.610)$$

Modello autoregressivo del secondo ordine

$$Y_i = A_0 + A_1 Y_{i-1} + A_2 Y_{i-2} + \delta_i \quad (5.611)$$

Modello autoregressivo del p-esimo ordine

$$Y_i = A_0 + A_1 Y_{i-1} + A_2 Y_{i-2} + \dots + A_p Y_{i-p} + \delta_i \quad (5.612)$$

dove:

Y_i = valore osservato della serie al tempo i

Y_{i-1} = valore osservato della serie al tempo $i - 1$

Y_{i-2} = valore osservato della serie al tempo $i - 2$

Y_{i-p} = valore osservato della serie al tempo $i - p$

A_0 = costante da stimare con il metodo dei minimi quadrati

A_1, A_2, \dots, A_p = parametri autoregressivi da stimare con il metodo dei minimi quadrati

δ_i = componente di errore non autocorrelata, di media nulla e con varianza costante

Si osserva che la forma del modello autoregressivo del primo ordine è del tutto simile a quella del modello di regressione lineare semplice, così come il modello autoregressivo del p-esimo ordine può essere visto come un modello di regressione multipla. In questo contesto i parametri sono stati chiamati A_0, A_1, \dots, A_p e le relative stime saranno indicate con le corrispondenti lettere minuscole a_0, a_1, \dots, a_p .

Scegliere fra modelli autoregressivi di diverso ordine significa stabilire l'ampiezza delle relazioni fra osservazioni ritardate con cui si intende lavorare. Il modello autoregressivo del primo ordine coinvolge solo le relazioni fra variabili consecutive della serie storica, nel modello autoregressivo del secondo ordine oltre alle relazioni fra osservazioni consecutive si tiene conto anche dei legami fra osservazioni ritardate di due periodi, e così via fino al modello autoregressivo del p-esimo ordine che coinvolge tutte le relazioni fra variabili che distano 1, 2, ..., p periodi.

La scelta non è quindi facile; esiste inoltre un trade-off fra la semplicità dei modelli di ordine più basso e l'eventuale maggior capacità esplicativa di quelli di ordine superiore. Occorre inoltre tenere conto della lunghezza della serie (n) rispetto alla quale p , l'ordine del modello, non deve essere eccessivamente elevato. Con l'aiuto dei seguenti esempi sarà infatti chiaro che nella stima di A_p , il coefficiente della p-esima variabile autoregressiva, il numero di osservazioni che entrano in gioco è $n - p$.

Una volta scelto il modello e applicato il metodo dei minimi quadrati per stimare i parametri, occorre definire criteri che consentano di valutare la capacità di adattamento del modello scelto. Una possibilità consiste nello

stimare un modello con un numero abbastanza elevato di parametri, per poi stabilire se sia il caso di eliminarne alcuni.

Si tratta in pratica di risolvere un problema di verifica di ipotesi sulla significatività dei parametri che via via si vengono a trovare in corrispondenza dell'ultimo ordine del modello. In un modello autoregressivo di ordine p faremo quindi le seguenti ipotesi sul parametro A_p (parametro autoregressivo di ordine massimo):

$H_0: A_p = 0$ il parametro di massimo ordine è uguale a zero

$H_1: A_p \neq 0$ il parametro di massimo ordine è diverso da zero

Il test statistico per la verifica delle due ipotesi è dato dall'equazione seguente:

5.6.1 Il Test T di significatività

$$t = \frac{a_p - A_p}{S_{a_p}}$$

dove:

S_{a_p} = deviazione standard di a_p

a_p = stima del parametro autoregressivo di ordine massimo A_p

Si può dimostrare che questo test segue una distribuzione t di Student con $n-2p-1$ gradi di libertà. Quindi, fissato il livello di significatività α , l'ipotesi nulla deve essere rifiutata se il valore osservato della statistica test è maggiore in modulo del valore critico della distribuzione t di Student corrispondente. Si arriva quindi alla seguente regola decisionale:

Rifiutare H_0 se $t > t_{n-2p-1}$ oppure $t < -t_{n-2p-1}$;

Accettare H_0 altrimenti

Se il valore osservato della statistica test ci porta a non rifiutare l'ipotesi nulla $A_p = 0$, dobbiamo

concludere che il modello analizzato contiene un numero eccessivamente elevato di parametri. La componente autoregressiva di ordine massimo viene quindi scartata e, una volta determinato il nuovo modello, il procedimento deve essere ripetuto sul parametro A_{p-1} , che rappresenta il nuovo parametro autoregressivo di massimo ordine.

La procedura continua fino a quando l'ipotesi nulla non viene rifiutata. Quando ciò accade, l'analista può essere sicuro della significatività dell'ultimo parametro autoregressivo e può quindi utilizzare il modello selezionato a scopi previsivi.

Una volta individuato il numero ottimo di componenti autoregressive con il metodo sopra descritto, è possibile procedere alla stima dei parametri.

5.6.2 Il modello autoregressivo del p-esimo ordine stimato

$$\hat{Y}_i = a_0 + a_1 Y_{i-1} + a_2 Y_{i-2} + \dots + a_p Y_{i-p} \quad (5.613)$$

dove:

Y_i = valore stimato della serie al tempo i

Y_{i-1} = valore osservato della serie al tempo $i - 1$

Y_{i-2} = valore osservato della serie al tempo $i - 2$

Y_{i-p} = valore osservato della serie al tempo $i - p$

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_p$ = parametri stimati

Supponiamo ora di trovarci nell'istante n : in che modo il modello può essere utilizzato per effettuare delle stime a j istanti futuri?

5.6.3 Utilizzo del modello autoregressivo a scopi previsivi

$$\hat{Y}^{n+j} = a_0 + a_1 \hat{Y}^{n+j-1} + a_2 \hat{Y}^{n+j-2} + \dots + a_p \hat{Y}^{n+j-p} \quad (5.614)$$

dove:

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_p$ = parametri stimati

j = numero di anni nel futuro

\hat{Y}^{n+j-p} = previsione effettuata all'istante n per l'istante Y^{n+j-p} se $j - p > 0$

\hat{Y}^{n+j-p} = valore osservato di Y^{n+j-p} se $j - p < 0$

Osserviamo che, quando applichiamo a scopi previsivi un modello autoregressivo del p -esimo ordine, il numero di osservazioni che entrano in gioco della previsione è sempre pari a p , a prescindere dalla distanza j nel futuro del valore che vogliamo prevedere.

Quindi se $p = 3$, una previsione a j periodi successivi all'istante n si baserà unicamente sui valori osservati negli anni $n, n - 1, n - 2$.

Applicando l'equazione (5.614) otteniamo la seguente previsione a un anno:

$$\hat{Y}^{n+1} = a_0 + a_1 Y_n + a_2 Y_{n-1} + a_3 Y_{n-2}$$

La previsione a un anno entra in gioco nella determinazione della previsione a due anni:

$$\hat{Y}^{n+2} = a_0 + a_1 \hat{Y}^{n+1} + a_2 Y_n + a_3 Y_{n-1}$$

Procedendo iterativamente si ottengono le previsioni agli anni successivi:

$$\hat{Y}^{n+3} = a_0 + a_1 \hat{Y}^{n+2} + a_2 \hat{Y}^{n+1} + a_3 Y_n$$

$$\hat{Y}^{n+4} = a_0 + a_1 \hat{Y}^{n+3} + a_2 \hat{Y}^{n+2} + a_3 \hat{Y}^{n+1}$$

E così via.

Sintetizziamo ora i principali passaggi richiesti per applicare il modello autoregressivo.

5.6.4 Procedura di analisi attraverso i modelli autoregressivi

1. Scelta dell'ordine p del modello iniziale.
 2. Rappresentazione in un foglio di lavoro Microsoft Excel delle variabili $Y_{n-1}, Y_{n-2}, \dots, Y_{n-p}$ (predittori) ritardate rispettivamente di 1, 2, ..., p periodi.
 3. Stima di un modello di regressione multipla con i predittori rappresentati dalle variabili Y ritardate.
 4. Effettuazione di un test per la significatività del parametro autoregressivo di ordine massimo p .
- (a) Se il test porta a rifiutare l'ipotesi nulla, il modello con p predittori deve essere scelto per rappresentare la serie e per effettuare previsioni.

b) Se il test porta ad accettare l'ipotesi nulla, l'ultimo predittore deve essere scartato.

In questo caso si considera il modello con un regressore in meno. Si verifica la significatività del parametro autoregressivo di ordine massimo del nuovo modello.

La procedura continua fino ad individuare un modello il cui parametro autoregressivo di ordine massimo risulta significativo.

5. Il modello così selezionato può essere utilizzato per interpolare le osservazioni e per prevedere valori futuri della serie.

5.6.5 Validità e limiti dei metodi dell'analisi autoregressiva

La validità dei metodi, come quelli descritti in questo paragrafo, che si basano sulla conoscenza del passato e del presente per prevedere l'evolversi futuro di un fenomeno è accettata da sempre.

Se effettivamente non si verificasse nessun cambiamento nei fattori che, nel passato, hanno influenzato l'attività economica, i metodi descritti rappresenterebbero uno strumento validissimo per la previsione degli andamenti futuri dell'economia e quindi per la valutazione delle migliori strategie aziendali. Naturalmente una simile stabilità non è realistica e di fronte al cambiamento le tecniche presentate non possono non sembrarci ingenue e meccaniche.

Proprio per superare alcuni dei limiti dell'analisi classica delle serie storiche sono stati elaborati in anni recenti modelli più complessi (modelli econometrici) in grado di considerare l'incidenza di fattori quali il giudizio

personale dell'analista, l'esperienza manageriale, il progresso tecnologico, l'evoluzione dei gusti e dei bisogni.

Tale modellistica oltre gli scopi di questa trattazione, in cui si è voluto dare un quadro delle tecniche classiche di analisi delle serie storiche e di previsione degli andamenti futuri, le quali rappresentano pur sempre un valido punto di partenza per l'analista e per il risk manager e un utile strumento di supporto decisiona

5.7 Le tecniche discrezionali

Spesso la valutazione dei rischi deve avvenire in situazioni caratterizzate da basso livello di informazione disponibili, o perché le informazioni in tema di sinistri sono numericamente esigue o perché eccessivamente disomogenee e quindi non utilizzabili per razionali analisi statistiche. In tali situazioni, la valutazione del rischio può avvenire esclusivamente attraverso valutazioni discrezionali, basate sull'esperienza e sulla conoscenza dello specifico rischio da parte del valutatore. Visto l'ampio margine di discrezionalità è però necessario cercare di individuare delle linee guida, in grado di « oggettivizzare » l'analisi, ancorando la valutazione a ben definite situazioni di riferimento. Tali linee guida sono state elaborate sia in tema di valutazione della frequenza sia in tema di valutazione della gravità. Per quel che riguarda la valutazione soggettiva della frequenza, l'approccio senza dubbio più utilizzato è quello proposto da Prouty⁴⁰, secondo cui la frequenza di un rischio dovrebbe essere classificata attraverso il ricorso a quattro classi di riferimento:

- *Pressoché nulla;*
- *lieve;*

⁴⁰ R. PROUTY, *Industrial insurance: a formal approach to risk analysis and evaluation*, Washington, Machinery and Allied Products Institute, 1960; A. BORGHESI, *La gestione di rischi di azienda*, Cedam; N. MISANI, *Introduzione al risk management*, Milano, EGEA, 1994.

- *moderata;*
- *definita.*

L'individuazione di tale scala di riferimento, ovviamente, non risolve il problema dell'assenza di oggettività della valutazione, tuttavia, se ben applicata, contribuisce alla riduzione dei margini di discrezionalità. Per quel che riguarda la valutazione soggettiva della gravità, invece, il criterio di analisi più applicato è senza dubbio quello proposto da Friedlander⁴¹, che nato per la valutazione del rischio incendio è stato sempre più esteso fino a comprendere qualsiasi tipo di rischio industriale, tanto che un livello della sua scala, il *Maximum Possible Loss (MPL)*, viene normalmente utilizzato come parametro di valutazione di qualsiasi copertura assicurativa, soprattutto in caso di rischio incendio. Anche tale criterio di valutazione classifica la gravità di ogni rischio, in quattro classi di riferimento, che nella versione originale riguardante il rischio incendio erano le seguenti:

- *Normal Loss Expectancy*: individua la gravità attesa nell'ipotesi in cui entrino in *funzione* tutti i mezzi di protezione disponibili, sia interni all'azienda (squadre interne, sprinkler,), sia « esterni » (tipicamente quelli pubblici e, quindi, i vigili del fuoco);
- *Probable Maximum Loss*: individua la gravità attesa nell'ipotesi in cui entrino in funzione solo alcuni dei mezzi di protezione interni all'azienda e tutti quelli esterni;
- *Maximum Foreseeable Loss*: individua la gravità attesa nell'ipotesi in cui entri in funzione alcun mezzo di protezione interno, ma tutti quelli esterni;

⁴¹ A. W. FRIEDLANDER, *Assessing Fire Loss Potential*, in <<Risk Management>>, Ottobre 1977; C.A. WILLIAMS JR., R.M. HEINS, *Risk Management and insurance*, New York, McGraw-Hill.

- *Maximum Possible Loss*: individua la gravità attesa nell'ipotesi in cui entri in funzione alcun mezzo di protezione, né interno all'azienda né esterno.

L'adozione di tecniche di valutazione soggettive però, anche se articolate secondo i criteri di valutazione sopra descritti, non aiuta nella valutazione di piani alternativi di gestione, in quanto non in grado di calcolare l'MPY di un rischio e quindi di offrire un parametro oggettivo di valutazione. A tal fine, quindi può essere di indubbia utilità fondere assieme, la tecnica della simulazione illustrata in precedenza con le tecniche di classificazione soggettiva, al fine di costruire in modo soggettivo le distribuzioni di probabilità della frequenza e della gravità per giungere alla stima della distribuzione delle perdite potenziali, da utilizzare nei modi descritti nei paragrafi precedenti. Ovviamente, in tale situazione il valore previsivo del modello si riduce sensibilmente, ciò tuttavia non ne pregiudica in modo sostanziale la sua utilità in sede di scelta tra differenti alternative di gestione. A quanto già detto in precedenza aggiungiamo un'ulteriore metodologia, che specificheremo nel settimo capitolo poiché adottata per il caso Whirlpool, utile per la valutazione del rischio di agenti chimici, senza procedure di misurazione degli agenti stessi, attuando un processo facilitato atto a consentire la classificazione di specifiche attività al di sopra o al di sotto della soglia del “**rischio moderato**”. Tale definizione proviene dalla traduzione della direttiva 98/24/CE, mentre i punteggi per la classificazione Sono dati dall' attuazione dei D.lgs. 52/97, 285/98, e dei decreti ministeriali 28/04/1997 e 14/06/2002.

Capitolo 6

STRATEGIE DI GESTIONE

6.1 Introduzione

La misurazione del rischio, discussa nel capitolo precedente, si propone come risultato finale l'individuazione della perdita che prevedibilmente l'impresa può attendersi, nel futuro periodo di tempo considerato, dagli eventi sfavorevoli ai quali sono esposti i beni e le persone costituenti l'azienda. La successiva fase del processo di gestione del rischio è quella del suo trattamento, che può essere definito come la complessa attività volta a ridurre i rischi o ad attenuare l'impatto economico-finanziario dei loro effetti. Ridurre i rischi significa, in realtà, intervenire sulle due dimensioni che lo definiscono, cioè la frequenza e la gravità. Attenuarne gli effetti significa agire in modo da creare le premesse affinché, dopo che l'evento si sia eventualmente verificato, risulti ridotta l'incidenza economico-finanziaria della perdita che esso comporta. Per raggiungere tali scopi sono disponibili una serie di metodi o tecniche di trattamento. Esse possono essere opportunamente distinte in tecniche di controllo fisico del rischio e tecniche di controllo finanziario delle perdite. Le tecniche di controllo fisico del rischio consistono nell'adozione di misure volte ad abbassare la frequenza dell'evento, cioè la probabilità che esso ha di verificarsi, oppure a ridurre la gravità, cioè l'entità della perdita quando esso dovesse manifestarsi. Rientrano tra le tecniche di Controllo fisico del rischio l'eliminazione, il controllo delle perdite, il trasferimento non assicurativo, la separazione e la combinazione. *Le tecniche di controllo finanziario delle*

perdite comportano azioni tese a salvaguardare e proteggere l'impresa dagli effetti economico-finanziari prodotti dal verificarsi dell'evento. Esse pertanto non hanno incidenza alcuna sulla frequenza o sulla gravità del rischio e sono strumenti d'intervento che esplicano la loro azione solo dopo che la perdita si è determinata. Tra tali tecniche rientrano la ritenzione e il trasferimento assicurativo. Nella tabella seguente sono schematicamente riassunte le tecniche di trattamento dei rischi puri.

Metodo di approccio	Tipo di intervento	Tecnica
1. Controllo fisico del rischio	Agisce in riduzione della frequenza e della gravità	1. Eliminazione 2. Controllo delle perdite 3. Trasferimento non assicurativo 4. Separazione 5. Combinazione
2. Controllo finanziario delle perdite	Agisce in riduzione degli effetti economico finanziari	1. Ritenzione 2. Trasferimento assicurativo

Tabella 6.1: Tecniche di trattamento dei rischi puri

6.2 La gestione dei rischi

Come si è evidenziato nel precedente paragrafo gestire un rischio implica sempre più l'attivazione combinata di più strumenti ma anche la definizione di un piano operativo che definisca tempi, azioni e costi che consentano di raggiungere in maniera efficace ed efficiente gli obiettivi precedentemente fissati. La ricerca di economie (ottimizzazione e riduzione costi), rende la gestione dei rischi un operato complesso, che richiede un attento bilanciamento dei diversi strumenti gestionali. Il ricorso a strumenti assicurativi costituisce nella gran parte dei casi la soluzione più economica e più semplice nella gestione dei rischi. Tuttavia tale strumento risulta sempre meno essere esclusivo:

- per la crescente complessità dei rischi;
- per i crescenti vincoli normativi che impongono interventi preventivi a tutela della sicurezza;
- per la diminuita capacità del mercato assicurativo di “assorbire rischi”;
- per il tendenziale e progressivo “aumento del costo assicurativo” che rende di fatto economicamente sempre più interessanti soluzioni complementari e/o sostitutive.

Nella gestione di un rischio possiamo distinguere tre macro-aree di intervento (a partire da quelle viste nel precedente paragrafo), finalizzate a prevenire, contenere e finanziare i rischi, come mostrato chiaramente nello schema sviluppato di seguito; dove scomponiamo la macro-area del *controllo fisico del rischio* in due sezioni e precisamente in *riduzione del rischio* e *contenimento del rischio*.

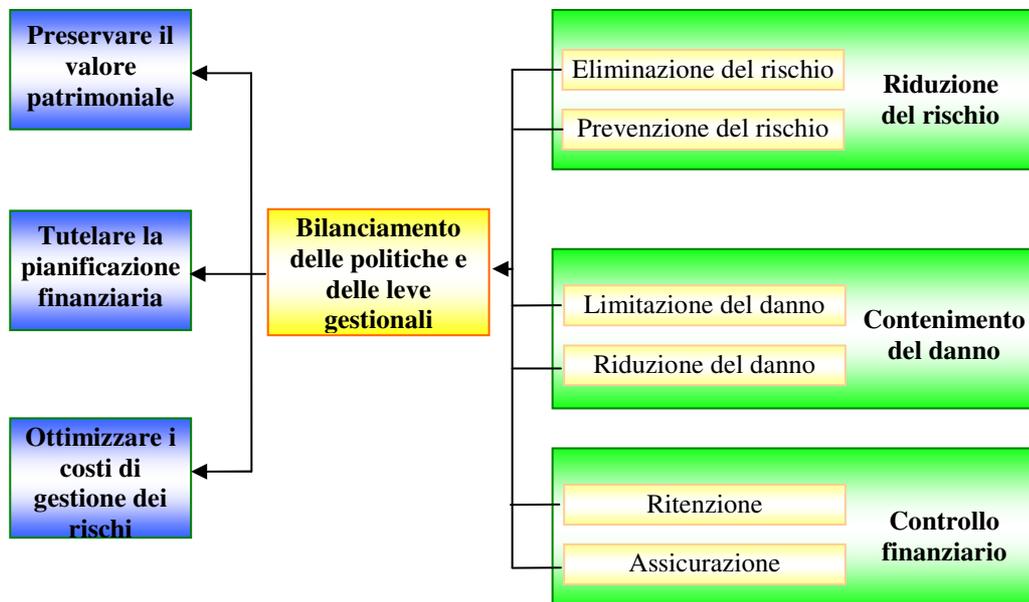


Figura 6.1: Le macro-aree di intervento per la gestione dei rischi

Il programma di gestione dei rischi deve quindi perseguire in modo continuo e ciclico l'ottimizzazione dei livelli di protezione, dell'affidabilità del programma, dei supporti attraverso i quali sarà garantita la sua realizzazione ed infine ricercare la soluzione più economica intesa come il miglior rapporto tra efficacia ed efficienza. In sintesi il risultato di una corretta politica di gestione dei rischi dovrebbe essere rappresentato dalla realizzazione di un programma personalizzato e quindi flessibile, che garantisca un mix ideale tra "Prevenzione", "Auto-assicurazione" e "Trasferimento del rischio" e interventi sul processo. In definitiva stabilito il campo di azione della gestione dei rischi tratteremo nei prossimi paragrafi le tecniche attuative, evidenziandone le caratteristiche strategiche e le modalità di intervento.

6.3 L'eliminazione

Come già accennato la tecnica di eliminazione del rischio consiste nell'intraprendere provvedimenti attraverso i quali viene ridotta a zero la frequenza dell'evento o quanto meno la sua gravità. Benché possa apparire elementare ed in prima approssimazione anche logico che un rischio venga eliminato quando ciò sia possibile, dobbiamo sottolineare che tale tecnica, ancorché praticabile, non è sovente priva di costi o di aspetti negativi. Sotto tale profilo è opportuno distinguere due modalità di eliminazione del rischio: per abbandono e per rifiuto. Si ha *eliminazione per abbandono* tutte le volte che viene volontariamente posto, termine all'attività o alle procedure dalle quali il rischio è generato. Così ad esempio un'impresa farmaceutica che si rendesse conto che un farmaco è potenzialmente dannoso per la salute potrebbe decidere di cessare la sua produzione. Oppure un'impresa, nella quale il pagamento delle retribuzioni avvenisse per contanti potrebbe eliminare il rischio di furto dei valori decidendo di effettuare il pagamento ai dipendenti a mezzo assegni bancari. Se poi

volesse eliminare anche il rischio di furto di tali titoli potrebbe abbandonare tale modalità di pagamento effettuando l'accredito diretto su conti correnti bancari intestati ai dipendenti. Si attua invece una *eliminazione per rifiuto* quando avendo identificato e misurato il rischio prima dell'inizio di una attività o procedura si evita di intraprendere la medesima. Ad esempio per evitare i rischi di proprietà e responsabilità connessi ai fabbricati o alla circolazione di automezzi non si acquistano fabbricati e ci si affida ad imprese di autotrasporto per la distribuzione dei propri prodotti. Benché la tecnica dell'eliminazione sia in taluni casi un buon metodo per il trattamento del rischio, essa presenta talvolta sostanziali controindicazioni o impedimenti. Così essa non è sovente una via praticabile poiché di fatto la sua applicazione potrebbe significare la totale cessazione di ogni attività. In secondo luogo va prestata molta attenzione al fatto che spesso l'eliminazione di un rischio comporta il sorgere di un altro. Ad esempio l'eliminazione del rischio connesso alla proprietà di un fabbricato può far decidere l'acquisizione di un suo uso attraverso un contratto di locazione, da esso però sorge un rischio di responsabilità nei confronti del proprietario.

6.4 Le tecniche di prevenzione del rischio

Definiamo tecniche di prevenzione quelle che abbattano i livelli di rischio intervenendo sulla sua frequenza, cioè sul numero di volte che potenzialmente l'evento può presentarsi. I metodi e le azioni attraverso le quali ottenere tale risultato possono essere molteplici. Così è possibile diminuire la probabilità del rischio incendio, ricorrendo a tecniche di costruzione con materiali il più possibile ignifughi. Oppure si può ridurre la frequenza delle perdite da responsabilità civile prodotti istituendo sistemi di controllo di qualità. Ancora, il numero degli infortuni sul lavoro può essere ridotto in modo considerevole attraverso congegni tecnici che impediscono l'effettuazione di atti pericolosi da parte degli addetti alle macchine oppure

attraverso programmi di istruzione e sensibilizzazione del personale, cercando di creare la cosiddetta “Cultura della Sicurezza”. L’insieme di interventi appena menzionati sono in ogni caso soggetti alla pianificazione della sicurezza nell’impresa, come in breve è evidenziato nella seguente tabella.

Pianificazione strategica	Controllo direzionale	Controllo operativo
Formulare la strategia sociale e la scelta degli obiettivi aziendali di rischio non	Formulazione del budget di sicurezza	Controllo degli obiettivi di sicurezza
Pianificazione dell’organizzazione della funzione di sicurezza.	Definizione degli organi specialistici di sicurezza	Verifica dell’efficienza delle norme e procedure di sicurezza
Formulazione delle politiche del personale e delle relazioni sindacali in materia di sicurezza	Definizione delle responsabilità gerarchiche, dei parametri di valutazione e delle norme di sicurezza personale	Verifica adeguata del personale alla prevenzione. Controllo dei comportamenti pericolosi.
Fissazione delle politiche finanziarie di investimenti per la prevenzione del livello di rischio non accettabile.	Modifiche e miglioramenti del rischio degli impianti e dell’ambiente di lavoro. Decisione degli investimenti correnti in materia di sicurezza.	Programmazione operativa degli interventi di modifica degli impianti
Fissazione delle politiche della sicurezza del prodotto.	Scelta dei miglioramenti della sicurezza del prodotto.	Programmazione operativa dei miglioramenti del prodotto.
	Formulazione delle regole di decisione per il controllo operativo della sicurezza.	Controllo dei sistemi antincendio, elettrico, ecc.

Tabella 6.2: Pianificazione nella sicurezza d’impresa

Va rilevato inoltre che, in materia di prevenzione dei rischi, un apporto fondamentale può essere ricavato dalla conoscenza e rigorosa applicazione dei provvedimenti legislativi, numerosi soprattutto in relazione alla safety⁴². Alla visione tutelativa è necessario abbinare, specialmente in un’ottica di allocazione ottimale di risorse, considerazioni di tipo economico. Infatti, da

⁴² Safety è l’insieme di attività aziendali finalizzate a garantire l’igiene e la sicurezza sul luogo di lavoro, in particolare finalizzata a proteggere i lavoratori da infortuni, malattie professionali, alienazione. L.GOLZIO, *Economia e sicurezza del lavoro in impresa*, Giuffrè Editore, Milano, 1984.

eventuali infortuni e malattie professionali⁴³ conseguono una serie di costi, diretti o indiretti, che possono assumere una rilevanza notevole, tale da giustificare, anche in termini di stretta convenienza economica, investimenti in sicurezza decisamente significativi. Le imputazioni nel conto economico, dei costi sostenuti per interventi di prevenzione sono valorizzati dalla regolarizzazione delle necessità di cassa a causa di danni, i quali nella fattispecie sono caratterizzati da elevate frequenze e modesta entità. In questi casi, ossia per danni di elevata frequenza e modesta entità, una soluzione caratterizzata da investimenti in prevenzione potrebbe essere meno costosa rispetto al ricorso allo strumento assicurativo e particolarmente utile per creare una sensibilità interna che incentivi azioni di controllo del rischio da parte delle singole unità organizzative sul cui budget tali costi (non più coperti di assicurazione) verranno imputati. Poiché con tale soluzione le perdite assumono un peso significativo nel budget delle unità organizzative coinvolte, i responsabili di queste saranno interessati a limitare il più possibile gli eventi dannosi onde liberare risorse per le altre spese. Ne segue in genere un “circolo virtuoso” che, incentivando la sensibilità al controllo dei rischi e ai temi della sicurezza porta a una riduzione delle perdite “routinarie” e, di conseguenza, anche a una diminuzione delle probabilità di accadimento di sinistri di rilievo. Tale effetto positivo sarà rimarcato se oltre ai costi dei rischi non assicurati verranno imputati ai budget delle singole unità e dipartimenti aziendali anche gli importi delle franchigie previste dalle varie polizze assicurative (argomento trattato più avanti). Inoltre, il dover indicare le perdite dovute a rischi, consente di evidenziare nei consuntivi il costo effettivo, e di segnalare le aree in cui si concentrano, collegandole ai relativi responsabili. In tal modo l'imputazione alle spese correnti si trasforma in un mezzo per

⁴³ L'elemento di distinzione è il tempo: l'infortunio è la conseguenza immediata di una disfunzione nel sistema uomo-macchina-ambiente, la malattia professionale è un evento dannoso, derivante da una causa lenta e progressiva. M.Frigenti, G.Giordano, D.Novello, *Sicurezza in impresa*, Ergon Business Communication, 1991.

creare un sistema di controllo delle singole unità organizzative e di responsabilizzazione sulle procedure di Risk Management. Anche l'analisi dei rischi assume un maggior rilievo, perchè al momento della definizione del budget, i responsabili sono chiamati a compiere previsioni credibili sulle perdite future e a giustificare le loro stime.

6.4.1 La valutazione dei piani di prevenzione

Sviluppate varie strategie di prevenzione (piani di prevenzione) l'aspetto più rilevante per l'attività di risk management sarà la valutazione di convenienza dei piani di prevenzione. La valutazione di strategie alternative di gestione del rischio, deve essere orientata alla minimizzazione del costo dello stesso, dove per costo del rischio si intende la somma di tutti i costi, effettivi o potenziali, che il particolare rischio considerato presenta. In assenza di qualunque azione di gestione del rischio, esso è semplicemente pari al valore dell'MPY, in quanto, come sostenuto in precedenza, tale valore è quello che meglio riesce a rappresentare l'ammontare delle potenziali perdite. In presenza di azioni di gestione del rischio, invece, il costo del rischio sarà pari al totale dei costi sostenuti per tale scopo (premi assicurativi, spesa in prevenzione, ...) più l'MPY residuante dopo l'azione intrapresa. In tali casi si parlerà di *MPY Corretto (MPYC)*. Quindi il criterio di scelta è quello della minimizzazione dell'MPYC, costituito, questa volta, dalla somma di tutti i costi di prevenzione e per sinistri riferibili allo stesso periodo. Il problema dunque, si può risolvere attraverso un opportuno ricorso al processo di simulazione visto nel capitolo precedente, anche se lievemente più complesso rispetto ad esso. Il processo di simulazione, infatti, deve essere modificato per tenere conto sia dell'influenza che il piano di prevenzione genera in tema di frequenza e gravità dei sinistri, sia della necessità di cambiare l'orizzonte temporale di riferimento. Al fine di modificare le distribuzioni di frequenza e gravità possono riprendersi in

modo del tutto simile i criteri adottati nei paragrafi: 5.5.2.2, 5.5.2.3. per correggere le serie storiche di dati, con la differenza che in tale contesto erano state utilizzate per correggere informazioni passate, in questo per correggere informazioni future. La necessità di cambiare l'orizzonte temporale di riferimento invece, origina dal fatto che le conseguenze di un piano di prevenzione difficilmente si estinguono nell'arco di un anno, ma spesso sono definitive quantomeno pluriennali. Il processo di simulazione illustrato, invece, consente di valutare le perdite annue solo per un anno. È necessario, quindi, allungare il riferimento temporale del processo di simulazione, al fine di non calcolare più l'MPYC, ma un indicatore equivalente riferito non all'anno ma ad un insieme di più anni. A tal fine, quindi, nel processo di simulazione, invece di prendere come osservazione di riferimento per la costruzione di probabilità delle perdite potenziali un solo anno, occorre prendere in considerazione le perdite per più anni, ripetendo, tante volte quante sono gli anni, la simulazione del numero dei sinistri e della gravità degli stessi. Le distribuzioni da adottare a tale scopo sono le stesse di partenza, con la particolarità che la distribuzione di gravità deve essere modificata per ogni anno di simulazione al fine di tenere conto dell'effetto dell'inflazione. Poiché l'orizzonte temporale di riferimento, in questo caso è rilevante, l'ammontare delle perdite riferibili ad ogni periodo simulato non può più valutarsi come semplice somma delle singole perdite, ma occorre adottare un criterio più sofisticato, in grado di tenere conto del valore finanziario del tempo. Occorre quindi individuare un opportuno fattore di sconto e calcolare il valore rappresentativo delle perdite come il valore attuale di tutti i flussi all'inizio del periodo di valutazione. La distribuzione delle probabilità cumulate di tali osservazioni simulate può essere quindi, utilizzata in modo del tutto analogo alla distribuzione delle probabilità cumulate delle perdite annue. I valori individuati forniranno quindi il *Maximum Net Present Value of Probable Aggregate Loss in N Years (PVLN)* ai diversi livelli di probabilità. Al fine di comparare la

convenienza di un programma di prevenzione, quindi, potrebbe essere utile procedere calcolando il PVLN che si avrebbe senza il programma in analisi con il PVLN che si avrebbe con la realizzazione dello stesso. Tale valore è calcolabile adottando il processo di simulazione sempre riferito a più anni, con le distribuzioni di probabilità corrette per il ricorso alla prevenzione, e con l'inserimento, in ogni anno considerato, dei costi della prevenzione (tipicamente il costo dell'impianto verrà inserito nel primo anno, i costi della manutenzione dei successivi e i costi di smantellamento dell'ultimo). Il confronto tra i due PVLN indicherà l'alternativa più conveniente.

6.5 Le tecniche di riduzione del rischio

Si definiscono come *tecniche di riduzione* quelle che sono mirate a ridurre la potenziale gravità dell'evento, cioè l'entità della perdita che si sviluppa quando l'evento si verifica. Le tecniche di riduzione possono essere classificate in due maggiori categorie in relazione al momento nel quale esse esplicano la loro azione. Così vengono chiamate *tecniche di minimizzazione* quei programmi o attività destinate ad intervenire durante l'accadimento dell'evento. Sono invece denominate *tecniche di salvataggio* quelle cui si può ricorrere dopo che l'evento si è prodotto per limitarne le conseguenze⁴⁴. Costituisce un esempio di tecnica di minimizzazione l'installazione di un sistema di spruzzatori automatici che riversano acqua o altri liquidi idonei direttamente sul fuoco non appena questo si è sviluppato in modo da impedirne la diffusione. Sono invece esempi di programmi di salvataggio il recupero dei beni danneggiati dall'evento, l'istituzione di servizi di pronto intervento in caso di incidenti con lesioni alle persone e così via. Appare appena il caso di precisare che numerose misure di controllo fisico del rischio sono al tempo stesso misure di prevenzione e di riduzione. Così l'istituzione di limiti di velocità nella circolazione degli

⁴⁴ C. A. Williams – R. M. Heins, cit., pag. 173.

automezzi all'interno di uno stabilimento riducono la frequenza di potenziali collisioni, ma anche la portata delle conseguenze se una collisione si verifica. Analogamente dicasi per i programmi volti a salvaguardare la salute e sicurezza del lavoro in fabbrica.

6.5.1 La valutazione dei piani di riduzione

In questo caso la valutazione è analoga alla precedente, anzi nella maggior parte dei casi le due tecniche sono usate contemporaneamente come accennato di sopra, mediante opportuni mix di prevenzione e riduzione, i quali apporteranno in ogni caso, particolari modifiche alle tabelle di frequenza e gravità, le quali sono utilizzate come input della simulazione. I vari mix di tecniche di prevenzione e riduzione (a cui si aggiungeranno tecniche di ritenzione, assicurazione, auto-assicurazione ecc., come vedremo più avanti), comporranno l'insieme di strategie da sottoporre a valutazione mediante la simulazione. Il risultato sarà espressione dell'MPYC minimo, ossia del minimo della massima perdita probabile per il prossimo anno di esercizio.

6.6 Il trasferimento non assicurativo

Il trasferimento non assicurativo è una tecnica di controllo fisico del rischio, mediante la quale un rischio o le sue conseguenze vengono trasferite ad altri soggetti. Come risulta evidenziato dalla sua definizione il trasferimento non assicurativo del rischio può assumere due diverse modalità:

1. Con la prima, che potremmo definire di trasferimento per abbandono, il rischio viene trasferito unitamente al bene, alla persona o all'attività dalla quale promana.

2. Con la seconda, che potremmo denominare di *trasferimento contrattuale*, solo il rischio è oggetto di specifico addossamento ad altri.

Si attua una misura di trasferimento per abbandono, ad esempio cedendo la proprietà di un fabbricato. Evidentemente tutti i rischi connessi a tale proprietà passano, con la cessione, al nuovo proprietario. Analogamente, se non si vogliono sopportare i rischi connessi al processo produttivo si possono cedere a subfornitori, in tutto o in parte, i contratti acquisiti. Si attua una misura di trasferimento contrattuale tutte le volte che determinati rischi, soprattutto di responsabilità, vengono addossati alla controparte nel contratto in questione. Ciò può avvenire mediante un trasferimento *in negativo*, depennando clausole già previste e tendenti a scaricare le conseguenze del rischio sull'impresa oppure *in positivo*, mediante l'inserimento di clausole penalizzanti l'altra parte. Esempi di trasferimento contrattuale nei contratti di compravendita sono le clausole mercantili «franco fabbrica» o, nel caso di navigazione marittima «fob» (franco a bordo) nei rapporti con la clientela e «franco destino» nei rapporti con i fornitori, oppure ancora nei rapporti con i propri clienti inserendo clausole tendenti ad escludere ogni responsabilità civile dell'impresa per danni derivanti dall'utilizzazione del prodotto. Le tecniche di trasferimento (in particolare per abbandono) vanno opportunamente distinte da quelle di eliminazione (in particolare per abbandono), poiché le prime lasciano inalterata la frequenza e gravità dell'evento sfavorevole, che continua a persistere, ma a carico di altri, laddove le seconde tendono ad azzerare tali parametri. Le tecniche di trasferimento (in particolare contrattuali) devono altresì essere tenute separate da quelle omologhe, rientranti tuttavia tra le tecniche di controllo finanziario delle perdite, tendenti non già a trasferite il rischio in quanto tale, che continua ad insistere sul medesimo soggetto, ma solo le sue conseguenze finanziarie. In altri termini queste ultime mirano a creare le premesse per un'azione di rivalsa verso terzi allo scopo di conseguire una reintegrazione patrimoniale delle perdite sopportate dopo

che l'evento sfavorevole si è verificato. Alcune riflessioni finali esigono la considerazione che l'adozione delle tecniche di trasferimento non sempre è neutrale, nel senso che non tutti i rischi vengono trasferiti oppure altri possono sorgere. Così, come per l'eliminazione, il trasferimento della proprietà di un immobile può rendere necessaria, per la continuazione dell'attività, l'acquisizione del suo uso in locazione, ciò che fa sorgere il rischio locativo. La cessione di un contratto ad un sub-fornitore non libera il cedente dalle responsabilità assunte verso il committente (in caso di mancata consegna, di difetti di qualità e così di seguito). Come già detto nel precedente paragrafo, anche questo tipo di tecnica può entrare a far parte di una determinata strategia di gestione del rischio consentendo opportune modifiche alle distribuzioni delle frequenze e delle perdite potenziali al fine di modificare l'input della simulazione in modo da ottenere da essa un MPYC ottimo.

6.7 La ritenzione

La ritenzione è lo strumento attraverso cui un'azienda, mediante una pianificazione finanziaria, procede all'assunzione in proprio del rischio per la sua copertura parziale o totale.

Si usa distinguere tra ritenzione consapevole e inconsapevole.⁴⁵ Nelle situazioni caratterizzate da uno stato di ignoranza riguardo all'esistenza di un rischio causato dalla mancata identificazione o dalla sottostima di un rischio identificato o, ancora, dalla sopravvalutazione dell'efficacia degli interventi intrapresi si attua, di fatto, una *ritenzione inconsapevole* (detta anche *passiva*). Si attuerebbe, invece, una *ritenzione consapevole* (*attiva*) tutte le volte che la decisione di assunzione in proprio del rischio e la conseguente ricerca di un mezzo per il suo finanziamento rappresentano il

⁴⁵ C.A. Williams, R.M. Heins, *Risk Management and Insurance*, New York, McGraw-Hill, p.190, 1989; M.R. Greene, O.S: Serbein, *Risk Management: Text and Cases*, Reston, Reston Publishing, , 1983, p.110; N. Misani, *Introduzione al Risk Management*, Milano, EGEA, 1994, p. 208.

risultato di una ponderata procedura di identificazione, misurazione e confronto tra tecniche alternative di trattamento.

Tale distinzione non è del tutto condivisibile quanto meno se si intende elevare anche la ritenzione passiva al ruolo di tecnica di *Risk Management*.⁴⁶

Il processo di gestione consiste nell'adozione di una strategia coordinata di aggressione nei confronti degli eventi sfavorevoli, in cui non può rientrare un atteggiamento di passività e di inerzia. Dunque, la ritenzione di un rischio, nel senso di sopportare con i propri mezzi, in tutto o in parte, le perdite che da esso derivano, deve essere inquadrata in rapporto al complesso delle altre azioni attuate dall'azienda, ma non può essere la conseguenza dell'assenza di *Risk Management*.

Ritenere significa rinunciare a contrastare il rischio nelle sue componenti determinanti, preferendo contrastarne gli effetti. Accettata la possibilità di un danno monetario, compito del *Risk Manager* diventa quello di minimizzarne l'eventuale impatto sull'equilibrio finanziario, per evitare che possa trasformarsi in un impedimento all'alimentazione delle normali attività aziendali.

Seguendo questo percorso logico deve essere ritenuto inscindibile il legame tra ritenzione e pianificazione finanziaria.⁴⁷ La mancanza di pianificazione delle perdite determinerebbe una forte irregolarità nell'andamento dei risultati economici, vincolati all'eventualità della realizzazione del rischio. Inoltre, l'esclusione dalla programmazione delle uscite comporterebbe la grande difficoltà di dover predisporre un piano d'intervento solo nel momento della concretizzazione del danno, generando un ritardo nel ripristino della situazione di regolare attività con tutti i conseguenti costi aggiuntivi.

⁴⁶ Tale opinione trova conforto in A. Borghesi, *La gestione dei rischi d'azienda*, Padova, CEDAM, p.226,1985.

⁴⁷ R.L. Carter, N.A. Doherty, *Insurance*, in R.L. Carter, G.N. Crockford, N.a. Doherty, a cura di, *Handbook of Risk Management*, Londra, Kluwer Handbooks, 1985, p. 7.1-09.

Gli strumenti utilizzabili per finanziare i programmi di ritenzione sono numerosi.⁴⁸ Un metodo di relativa facilità per finanziare i rischi è quello di tenere conto delle perdite preventivate in sede di programmazione dell'esercizio. In altri termini, all'atto della formulazione dei budgets operativi è in essi incorporata la previsione dei costi per perdite da eventi ritenuti. Le uscite causate dai rischi puri vengono equiparate ad altre spese correnti sostenute da qualsiasi unità organizzativa nell'ambito delle sue attività operative. In effetti, l'imputazione alle spese correnti è pratica universale per alcune minacce di entità lieve, come la rottura dei vetri o la sottrazione di cancelleria.

Nel caso di eventi suscettibili di fluttuazioni ampie, un metodo di ritenzione potrebbe essere l'autoassicurazione,⁴⁹ che consiste nella costituzione di un fondo di liquidità alimentato con accantonamenti annui con cui l'impresa si garantisce la possibilità di far fronte alle perdite dovute ad eventi dannosi: l'impresa si trasforma, in scala ridotta, in un'assicurazione.

I vantaggi e gli svantaggi delle formule di attuazione della ritenzione devono, necessariamente, essere commisurati alle condizioni economico-finanziarie particolari dell'azienda.

Il livello di ritenzione dipende dalla solidità dell'azienda e dall'entità dei fabbisogni finanziari definiti in rapporto alle esigenze strategiche ed operative del momento.

La copertura totale è, in genere, relativa ai rischi caratterizzati da valori bassi di frequenza o di gravità che, come tali, possono comportare perdite economiche sopportabili dall'azienda.

La ritenzione, è comunemente attuata in combinazione con altre tecniche dato che non esiste quasi alcun rischio che non venga, in qualche misura,

⁴⁸ Oltre agli esempi che saranno citati, si ricordano soluzioni quali *accantonamenti contabili, accensione di linee di credito bancarie e credito contingente*. R.L. Carter, N.A. Doherty, *Insurance*, in R.L. Carter, G.N. Crockford, N.A. Doherty, a cura di, *Handbook of Risk Management*, Londra, Kluwer Handbooks, 1985, p. 7.1-12-ss.

⁴⁹ M.R. Greene, O.S. Serbein, *Risk Management: Text and Cases*, Reston, Reston Publishing, , 1983,p.112; A. Gordon, *Risk Financing*, Londra, Witherby, 1992.

ritenuto, data l'intrasferibilità e l'incomprimibilità totali di certe conseguenze indirette. Si fa, in particolare, riferimento a quei rischi che permangono dopo l'impostazione di piani di prevenzione o che, volontariamente o meno, non sono assicurabili.

L'assunzione in proprio di una parte del rischio comporta agevolazioni in campo prettamente monetario e nell'acquisizione della 'cultura del rischio'.

Gli strumenti di *Risk Management* diversi dalla ritenzione comportano una sostituzione della perdita potenziale futura con un'uscita iniziale per pagamento di premi o acquisto di impianti di prevenzione: ciò, a prescindere dalla dimensione della perdita evitata rispetto ai costi sostenuti, significa attuare un'anticipazione del momento temporale delle uscite.

Al contrario, la ritenzione offre un profilo temporale dei flussi migliore, a cui si aggiunge il miglioramento delle attività di liquidazione dei sinistri quando le perdite si verificano, la notevole riduzione dei tempi per il ripristino, rispetto ai tempi necessari ad un assicuratore, e la perfetta aderenza delle uscite rispetto alle perdite.

Non meno rilevante è l'effetto positivo di responsabilizzazione sul *Risk Management* delle singole unità organizzative.⁵⁰

I responsabili di area sono maggiormente interessati a limitare gli eventi dannosi, onde liberare risorse per altre spese ed inoltre assume maggiore rilievo anche l'analisi del rischio, perché al momento della definizione del budget, i responsabili sono chiamati a compiere previsioni attendibili sulle perdite future ed a giustificare le loro stime.

6.7.1 Condizioni favorevoli per l'implementazione

La decisione di attuare una ritenzione attiva del rischio richiede in genere che sia verificata almeno una delle seguenti condizioni:

⁵⁰ J.E. Bannister, P.A. Bawcutt, *Practical Risk Management*, Londra, Whiterby, 1981, p.117.

1. *Impossibilità di trasferimento o di eliminazione del rischio.* Ciò potrebbe avvenire, ad esempio, quando nessun assicuratore accetti di assicurare il rischio, mentre la sua eliminazione comporterebbe la cessazione di ogni attività.
2. *Costi di trasferimento eccessivi.* Il giudizio, relativo, di inaccettabile elevatezza di tali costi può manifestarsi per svariati motivi. Così può accadere che la frequenza e/o la gravità dell'evento calcolata dall'assicuratore, e quindi il relativo premio puro, sia sensibilmente superiore a quella che l'esperienza passata dell'impresa faccia ragionevolmente presagire. Oppure perché l'assicuratore è disposto ad assumersi il rischio solo a condizione che vengano attuate determinate misure di prevenzione e/o riduzione, i cui costi vengono giudicati troppo elevati.
3. *Probabilità dell'evento molto bassa,* tanto da poter essere ignorata. Non è una situazione purtroppo frequente, ma ad esempio vi sono certe aree geografiche, nelle quali il pericolo di terremoto può essere ignorato.
4. *Probabilità dell'evento molto alta.* In tal caso appare ovvio che, in presenza di un evento praticamente certo, un assicuratore, ancorché disponibile ad accollarsi il rischio, pretenderebbe un premio almeno pari, ma spesso superiore, alla Perdita Massima Probabile.
5. *Misurazione del rischio altamente affidabile.* Questa condizione si può realizzare solo quando l'impresa detiene il controllo di un numero molto grande di unità di rischio omogenee ed indipendenti, per cui la sua capacità previsiva assuma livelle di efficacia molto elevati.

La sussistenza di una delle condizioni testé indicate è una condizione necessaria, ma non sufficiente, affinché sia scelta la ritenzione come tecnica di trattamento del rischio. Si ritiene infatti, importante considerare ulteriori fattori per valorizzare la sufficienza della tecnica esposta, tali da apportare

un vantaggio economico-finanziario rispetto ad altre strategie. Se a tale proposito consideriamo infatti, i flussi finanziari positivi e negativi derivanti dalla ritenzione, si evidenzia che l'assicurazione non è mai conveniente nel lungo periodo. Infatti, il premio pagato dal cliente è maggiore, salvo errate valutazioni dell'assicuratore, della perdita media attesa legata al rischio trasferito. Ogni qual volta, pertanto, il rischio possa essere sopportato senza grave turbamento dell'equilibrio finanziario aziendale, la ritenzione può rivelarsi una soluzione interessante e vantaggiosa. Il pieno sfruttamento delle potenzialità della ritenzione richiede:

- una stima sufficientemente attendibile di frequenza e gravità potenziali dei rischi, la quale a sua volta dipende dalla prevedibilità delle minacce e dallo sforzo devoluto all'analisi del rischio;
- una previsione attenta dei flussi finanziari aziendali, tale da poter stabilire con precisione l'effettiva capacità aziendale di ritenzione;
- un'attiva partecipazione della Direzione Finanza ai problemi di *Risk Management*, in modo da realizzare soluzioni tecniche atte ad ottimizzare lo sfruttamento delle opportunità di ritenzione.

Senza voler indulgere ad una «finanziarizzazione» del *Risk Management*, è indubbio che la ritenzione rappresenti, rispetto alla prevenzione e all'assicurazione, un «terzo polo» di interesse cui la gestione dei rischi puri deve dedicare molta attenzione. Un *Risk Management* evoluto e moderno implica dunque che il *Risk Manager* dedichi parte della sua attività alla pianificazione finanziaria degli interventi, da realizzare in stretta collaborazione con la Direzione Finanza.

6.7.2 La valutazione del livello di ritenzione

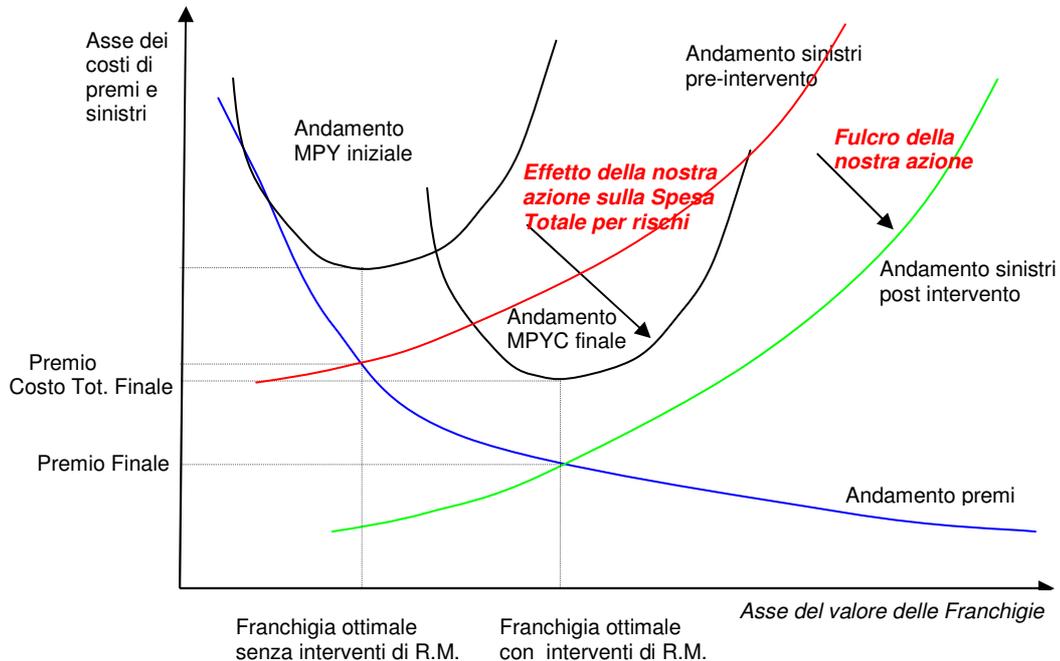
Il metodo che abbiamo implementato (identificazione e misurazione) consente di comprendere quali siano le inefficienze o meglio le unità critiche del sistema in analisi e il massimo danno che possono arrecare all'azienda. Con questi primi due step della procedura di risk management, riusciamo a determinare la curva di costo che l'azienda sostiene attualmente e mediante la simulazione Monte Carlo (vista nei capitoli precedenti) riusciremo a determinare la massima perdita probabile per l'anno prossimo ossia l'MPY. Dopodichè l'obiettivo degli analisti è quello di identificare e sviluppare le serie storiche al fine di determinare l'andamento del mercato assicurativo per il futuro. Quest'ultimo rappresenta un passaggio fondamentale ed indispensabile per implementare in maniera reale il sistema, ossia individuando il limite fin dove il mercato consente di spostarsi con il modello matematico e con le strategie di risk management. Detto ciò ricercheremo sul mercato un insieme di serie storiche riportanti i valori dei tassi e delle franchigie per un determinato orizzonte temporale, dopodichè mediante l'utilizzo di metodi statistici e precisamente l'analisi di regressione, individueremo un insieme di punti indicativi degli andamenti futuri, i quali ci consentiranno di interpolare l'andamento a fronte di qualsiasi franchigia, come si può evidenziare dal grafico. Ottenuta tale curava, il cui andamento non è modificabile dalle dinamiche aziendali in tema di risk management, svilupperemo una strategia di ritenzione, determinando la quota di costo (dovuto ai sinistri) da ritenere a carico dell'azienda. Al costo delle franchigie per sinistro inoltre, deve essere aggiunto il premio assicurativo annuo, ed altri costi dovuti a varie tipologie di interventi di risk management. A questo punto modificando in modo opportuno il processo di simulazione adottato per l'identificazione della distribuzione di probabilità delle perdite potenziali (MPY), è possibile individuare il livello di franchigia per cui l'MPY raggiunge il suo punto di

minimo, il quale verrà identificato come MPYC. Dato un certo livello di franchigia infatti, la distribuzione di probabilità delle *perdite potenziali* – da cui ricavare l'MPYC – è facilmente estraibile sostituendo, durante il processo di simulazione, ad ogni sinistro superiore al livello di franchigia, il livello della franchigia stessa, mentre per i sinistri inferiori o uguali il valore stesso del sinistro, ed in ogni caso aggiungendo per i vari anni simulati l'importo della copertura assicurativa. Ripetendo il processo di simulazione tante volte quante sono i possibili livelli di ritenzione disponibili (a cui corrispondono come già detto altrettanti premi e interventi di prevenzione o altro), è possibile individuare facilmente la combinazione ottimale, vale a dire quella con l'MPYC più basso. Con la procedura appena espressa posizioneremo la curva dei sinistri o meglio dei costi aziendali, (manovrabile dalle strategie di risk management), in una posizione ottimale,

mediante una traslazione sul piano $\frac{(premio, costi)}{(franchigia)}$, in modo da minimizzare la perdita massima probabile per l'esercizio successivo, come è evidente dal grafico seguente. Il grafico che abbiamo rappresentato di seguito, è stato costruito nelle ipotesi che all'aumentare della franchigia il premio diminuisce (grafo azzurro), mentre i costi per sinistri a parità di altri interventi di risk management (grafo rosso), subiscono (come ovvio) un sensibile aumento.

Tanto premesso le riflessioni da evidenziare sono essenzialmente tre: innanzitutto l'MPY (e l'MPYC) rappresenta un parametro che dà conto della spesa totale per la gestione dei rischi e che presenta il proprio valore minimo in corrispondenza dell'intersezione tra costi per premi e costi per sinistri. In secondo luogo anche nell'ipotesi (non verosimile) di una rigidità del mercato assicurativo alle politiche di risk management (cioè anche considerando fissa la posizione della linea azzurra dopo l'introduzione di misure di prevenzione e protezione) si evidenzia comunque un consistente

risparmio in termini di premi assicurativi e di spesa complessiva per la gestione dei rischi, agendo con opportune politiche di Risk Management.



In ogni caso attraverso questo tipo di analisi si riesce a stabilire un livello di ritenzione ottimale (rappresentato dalla franchigia) fondato su criteri di statistica inferenziale oggettivi, che sottraggono la materia all'empirismo e all'arbitrarietà.

A titolo di esempio porteremo nelle due pagine seguenti un'istantanea della simulazione, per una franchigia di 250 euro ed un premio di 450 euro, riportando nella prima tabella la simulazione determinante l'MPY, e nella seconda la simulazione modificata determinante l'MPYC, infatti per danni superiori o uguali alla franchigia considera il valore della franchigia stessa, mentre per danni inferiori contabilizza il valore del sinistro, per entrambe le tabelle inoltre, è riportato nell'ultima colonna il costo totale massimo probabile per ogni anno di simulazione.

Tabella 6.3: Simulazione Monte Carlo dell' MPY per 25 iterazioni

		sinistro 1		sinistro 2		sinistro3		sinistro 4		sinistro 5		sinistro 6		sinistro 7		sinistro 8		sinistro 9		Perdit
N.ri	N.di	Casu	Sinist	casua	sinis	casua	sinis	casua	sinis	casua	sinis	casua	sinis	casua	sinis	casua	sinis	casua	sinis	anno
Cas.	sinis.																			
0,191	2	0,049	162,5	0,5334	533	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	696
0,767	5	0,393	348	0,749	718	0,5621	533	0,1071	162,5	0,4595	348	-	0	-	0	-	0	-	0	2110
0,670	5	0,680	533	0,4067	348	0,6207	533	0,8347	718	0,3593	348	-	0	-	0	-	0	-	0	2480
0,197	2	0,916	903	0,0867	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1066
0,560	5	0,942	903	0,009	162,5	0,2959	348	0,0101	162,5	0,6044	533	-	0	-	0	-	0	-	0	2109
0,953	9	0,360	348	0,266	162,5	0,8641	903	0,6647	533	0,3115	348	0,3598	348	0,1163	162,5	0,156	162,5	0,6238	533	3501
0,569	5	0,168	162,5	0,8875	903	0,2148	162,5	0,7251	718	0,8591	718	-	0	-	0	-	0	-	0	2664
0,918	9	0,870	903	0,5391	533	0,7477	718	0,4054	348	0,2061	162,5	0,8808	903	0,882	903	0,5373	533	0,8443	718	5722
0,906	9	0,515	533	0,1443	162,5	0,0694	162,5	0,9458	903	0,2468	162,5	0,1605	162,5	0,9958	1089	0,6174	533	0,6	533	4241
0,309	2	0,106	162,5	0,369	348	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	511
0,229	2	0,030	162,5	0,0216	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	325
0,541	4	0,830	718	0,3157	348	0,1311	162,5	0,1005	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1391
0,546	4	0,404	348	0,813	718	0,0545	162,5	0,7211	718	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1947
0,028	2	0,691	533	0,0383	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	696
0,680	5	0,915	903	0,7452	718	0,3263	348	0,8872	903	0,7196	533	-	0	-	0	-	0	-	0	3405
0,870	7	0,089	162,5	0,2596	162,5	0,9903	1089	0,2331	162,5	0,0499	162,5	0,7596	718	0,5017	533	-	0	-	0	2990
0,071	2	0,514	533	0,9427	903	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1436
0,772	5	0,181	162,5	0,9289	903	0,6825	533	0,0734	162,5	0,8764	903	-	0	-	0	-	0	-	0	2664
0,655	5	0,614	533	0,6064	533	0,3659	348	0,7575	718	0,754	718	-	0	-	0	-	0	-	0	2850
0,353	3	0,562	533	0,3007	348	0,1487	162,5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1044
0,140	2	0,941	903	0,6004	533	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1436
0,357	3	0,328	348	0,0503	162,5	0,7639	718	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1229
0,6239	5	0,064	162,5	0,5521	533	0,7094	533	0,1543	162,5	0,5824	533	-	0	-	0	-	0	-	0	1924
0,2951	2	0,349	348	0,3285	348	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	696
0,1671	2	0,817	0	0,9916	1089	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	1089
50222																				

Tabella 6.4: Simulazione Monte Carlo per l'MPYC, con un premio di 450 euro ed una franchigia di 250 euro

N.di sin/a	sinistro 1		sinistro 2		sinistro3		sinistro 4		sinistro 5		sinistro 6		sinistro 7		sinistro 8		sinistro 9		Premio	COSTI
	Cas.	Sinis.	Cas.	Sinis.	Cas.	Sinis.	Cas.	Sinis.	Cas.	Sinis.	Cas.	Sinis.	Cas.	Sinis.	Cas.	Sinis.	Cas.	Sinis.		
2	162,5	162,5	533	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	863
5	348	250	718	250	533	250	162,5	162,5	348	250	0	0	0	0	0	0	0	0	450	1613
5	533	250	348	250	533	250	718	250	348	250	0	0	0	0	0	0	0	0	450	1700
2	903	250	162,5	162,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	863
5	903	250	162,5	162,5	348	250	162,5	162,5	533	250	0	0	0	0	0	0	0	0	450	1525
9	348	250	162,5	162,5	903	250	533	250	348	250	348	250	162,5	162,5	162,5	162,5	533	250	450	2438
5	162,5	162,5	903	250	162,5	162,5	718	250	718	250	0	0	0	0	0	0	0	0	450	1525
9	903	250	533	250	718	250	348	250	162,5	162,5	903	250	903	250	533	250	718	250	450	2613
9	533	250	162,5	162,5	162,5	162,5	903	250	162,5	162,5	162,5	162,5	1089	250	533	250	533	250	450	2350
2	162,5	162,5	348	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	863
2	162,5	162,5	162,5	162,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	775
4	718	250	348	250	162,5	162,5	162,5	162,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	1275
4	348	250	718	250	162,5	162,5	718	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	1363
2	533	250	162,5	162,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	863
5	903	250	718	250	348	250	903	250	533	250	0	0	0	0	0	0	0	0	450	1700
7	162,5	162,5	162,5	162,5	1089	250	162,5	162,5	162,5	162,5	718	250	533	250	0	0	0	0	450	1850
2	533	250	903	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	950
5	162,5	162,5	903	250	533	250	162,5	162,5	903	250	0	0	0	0	0	0	0	0	450	1525
5	533	250	533	250	348	250	718	250	718	250	0	0	0	0	0	0	0	0	450	1700
3	533	250	348	250	162,5	162,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	1113
2	903	250	533	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	950
3	348	250	162,5	162,5	718	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	1113
5	162,5	162,5	533	250	533	250	162,5	162,5	533	250	0	0	0	0	0	0	0	0	450	1525
2	348	250	348	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	950
2	0	0	1089	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	700
																				34705

6.8 Il trasferimento assicurativo

Il trasferimento ai mercati assicurativi di alcune tipologie di rischi, è un'altro sistema di finanziamento dei rischi i quali comportano esposizioni di una certa rilevanza che non possono essere autofinanziati o trattati diversamente. Le tecniche di trasferimento comportano azioni tese a salvaguardare ed a proteggere l'impresa dagli effetti economico-finanziari generati dalla realizzazione di eventi dannosi. Esse, pertanto, non hanno alcuna incidenza sulla frequenza o sulla gravità del rischio e sono strumenti d'intervento che esplicano i loro effetti, reintegrando le perdite solo dopo che queste si sono effettivamente determinate. Quindi la necessità di trasferire i propri rischi al mercato assicurativo, deve essere valutata considerando pragmaticamente sia il "bisogno" che la "convenienza" di procedere in tal senso, non assicurando, ad esempio, eventi che si verificano certamente o che possono facilmente essere prevenuti dall'assicurato stesso.

L'assicurazione deve intendersi come il contratto con il quale l'assicuratore, verso pagamento di un premio, si obbliga a rivalere l'assicurato, entro i limiti convenuti, del danno a esso prodotto da un sinistro, ovvero a pagare un capitale o una rendita al verificarsi di un evento attinente la vita umana"⁵¹. Questa definizione, tratta dal Codice Civile, mette in rilievo che l'assicurazione è un contratto e l'impresa di assicurazione è un ente preposto all'accettazione ed esecuzione di contratti, previsti e regolati dalla legge. Senza dubbio le disposizioni di legge rivestono rilevante importanza nel fatto assicurativo, sia adempiendo ad una funzione tecnica di specificare e descrivere senza ambiguità il rapporto giuridico - assicurativo sia ai fini dell'esercizio del controllo statale sulle imprese di assicurazione in funzione

⁵¹La definizione è tratta dal Codice Civile, Libro quarto: Delle obbligazioni, Capo XX, art.1882.

della protezione degli assicurati.⁵² Tuttavia, l'approccio legale si rivela poco idoneo a dare spiegazione delle implicazioni, anche di carattere manageriale, che la gestione dei contratti assicurativi comporta.

Dal punto di vista dell'assicurato, l'impresa assicuratrice produce e vende un'informazione che serve a ridurre il deficit conoscitivo relativo al futuro⁵³. In altri termini, l'assicurazione consente di prevedere, con certezza, taluni risultati conseguenti alla decisione di gestire una forma di rischio avvalendosi della tecnica di trasferimento assicurativo.

Una delle principali motivazioni per cui l'assicurazione occupa una posizione centrale nel Risk Management è la possibilità di ridurre il livello di incertezza, in quanto l'eventualità di subire danno, e la conseguente perdita, viene finanziariamente eliminata.

Il trasferimento del rischio ad una compagnia assicuratrice è un metodo per tutelare l'azienda che presenta, rispetto agli altri, il vantaggio di poter essere applicato ad un maggior numero di situazioni, di essere combinabile con altre tecniche, di garantire maggiori certezze circa l'effettiva riduzione dell'impatto subito.

Le considerazioni fatte, però, non devono portare alla convinzione, sbagliata, che sia possibile assicurare qualsiasi tipo di rischio.

Le caratteristiche in base alle quali un rischio è assicurabile sono riassumibili in⁵⁴:

- Esistenza di un numero sufficientemente grande di unità abbastanza omogenee ed indipendenti;
- l'evento deve essere casuale e fortuito;

⁵² Sul tema si veda G. Volpe Putzolu, *le assicurazioni. Produzione e distribuzione*, Bologna, Il Mulino, 1992.

⁵³ W. Mueller, *Theoretical concepts of insurance production*, Geneva Papers, n.21,1981.

⁷ R.L. Carter, N.A. Doherty, *Insurance*, in R.L. Carter, G.N. Crockford, N.a. Doherty, a cura di, *Handbook of Risk Management*, Londra, Kluwer Handbooks, p. 7.1-03, 1985.

- ogni perdita deve essere determinabile nel tempo, luogo, causa ed ammontare;
- la perdita attesa deve essere valutabile con un sufficiente grado di credibilità.

L'assicuratore infatti, trae la capacità di far fronte agli impegni dall'aggregazione di un elevato numero di rischi: la costruzione di un vasto portafoglio di esposizioni permette di effettuare buone previsioni della perdita attesa e soprattutto, garantisce che la perdita effettiva di un qualsiasi periodo sia molto vicina a quella attesa.

È d'obbligo una riflessione: se da un rischio derivasse ogni anno una perdita sempre pari a quella attesa, non ci sarebbe motivo di assicurarsi, poiché il premio di polizza è sempre superiore al valore atteso dei danni. In realtà, la perdita oscilla, talvolta, in modo molto accentuato. Tale variabilità viene però, quasi annullata dall'assicuratore che aggrega molte esposizioni simili delle quali, solo alcune in un certo periodo genereranno perdite⁵⁵.

L'assicurazione è uno strumento solo in apparenza semplice, la consapevolezza del profilo di rischio che caratterizza la propria azienda offre maggiore stimolo ad una selezione accurata dell'assicurazione ritenuta più rispondente alle proprie esigenze. La modalità con le quali operare una scelta ponderata dell'assicurazione passa attraverso la valutazione di almeno tre parametri⁵⁶:

1. l'affidabilità economica-finanziaria e patrimoniale;
2. il livello di servizio;
3. il costo.

⁵⁵ Il problema può essere impostato analiticamente. Vedi per una trattazione più ampia N.A. Doherty, *Colorate Risk Management*, New York, McGraw-Hill, 1985, pp.102-128; M. Chiarlo, *Economia dell'impresa di assicurazione danni*, Genova, ECIG, 1993, p.174-179.

⁵⁶ C.A. Williams, R.M. Heins, *Risk Management and Insurance*, New York, McGraw-Hill, p.439, 1989; M.R. Greene, O.S: Serbein, *Risk Management: Text and Cases*, Reston, Reston Publishing, p.351, 1983.

In particolare per il primo dei tre, la gestione finanziaria delle compagnie assicurative, possono essere usati opportuni indici quali:

- Il rapporto di redditività delle riserve tecniche (*Proventi della gestione finanziario patrimoniale/Riserve tecniche*);
- il rapporto di immobilizzo delle riserve tecniche (*Investimenti immobiliari e in partecipazione /Riserve tecniche*)
- il rapporto di liquidità delle riserve tecniche (*Liquidità riserve tecniche*)

Inoltre ai fini della valutazione dell'affidabilità si può fare riferimento ad alcuni indici di bilancio ed a parametri quantitativi capaci di esprimere vari aspetti della solidità⁵⁷.

Il livello di servizio si misura valutando attributi delle prestazioni assicurative, quali la disponibilità e la qualità delle prestazioni accessorie alla copertura, la snellezza delle procedure di stipulazione della polizza e il pagamento degli indennizzi, il grado di collaborazione nella valutazione dei rischi e della liquidazione dei sinistri.

Il costo dei premi è strettamente correlato al tipo di attività imprenditoriale e alle sue dimensioni e dipende dalla quantità e qualità dei rischi trasferiti.

Un'azienda dotata di procedure efficienti di identificazione e valutazione dei rischi gode del vantaggio di essere dotata di una conoscenza circostanziata del rischio a cui è esposta: lo ha compreso, fatto proprio, modificato a proprio vantaggio con misure di prevenzione, per cui ha maggiore competenza nell'individuare il tipo di polizza necessaria per coprire al meglio quella porzione di rischio residua. Il governo delle coperture assicurative diventa il coerente risultato del processo di *Risk Management*: il rapporto con l'assicuratore risulta modificato, nel senso che

⁵⁷ Per approfondimenti sul tema si veda M.Chiarlo, *Economia dell'impresa di assicurazione danni*, Genova, ECIg, p. 142-ss., 1993.

l'azienda passa da ruolo di semplice cliente ad interlocutore con idee molto più chiare per chiedere una polizza "su misura" per il proprio rischio e far giustamente valere nella quantificazione del costo della polizza l'analisi effettuata e le misure di prevenzione adottate e, soprattutto, ha competenza per giudicare che i rischi individuati siano stati correttamente coperti, sia come tipologia sia come valorizzazione.

In genere, i principali problemi si riscontrano nella definizione del livello di franchigia e di un adeguato contratto per assicurare i danni indiretti conseguenti all'evenienza dannosa.

La franchigia è una clausola con cui una parte del rischio rimane assunto dall'azienda come già visto la si può determinare mediante piani strategici di ritenzione . Si distinguono due casi:

- *franchigia assoluta*: una somma viene dedotta dall'indennizzo dovuto all'assicuratore; tale deduzione viene operata qualsiasi sia l'entità del danno risarcibile: se questo non supera la franchigia, rimane totalmente a carico dell'assicurato;
- *franchigia relativa*: è l'entità del danno risarcibile al di là della quale scatta per l'assicuratore l'obbligo di indennizzo; al di sotto della franchigia relativa, l'assicuratore non è responsabile, al di sopra è responsabile e, a differenza della franchigia assoluta, è responsabile per intero.

La difficoltà nel determinare un ottimale livello di franchigia risiede nel fatto che, al diminuire della franchigia, i costi assicurativi aumentano e l'importo dei sinistri di competenza diminuisce, mentre al crescere della franchigia si ha il risultato inverso (come visto nel precedente paragrafo), quindi si considerano più piani assicurativi (determinabili, come detto nel paragrafo precedente, con opportune tecniche di analisi del mercato) e da

essi implementare la simulazione Monte Carlo per la scelta del piano migliore il quale determina l'MPYC minimo.

L'esigenza di integrare le tradizionali polizze per danni diretti con specifici accordi che estendono la responsabilità dell'assicuratore anche sulle voci di costo relative agli effetti indiretti del danno nasce dalla constatazione che, nella maggior parte degli accadimenti dannosi, gli effetti diretti rappresentano solo una piccola quota della perdita complessiva subita dall'azienda.

I costi indiretti ritenuti assicurabili sono⁵⁸:

- perdita dei profitti dovuta all'interruzione di attività e alla conseguente perdita di affari;
- costi non eliminabili sostenuti durante l'interruzione;
- spese addizionali erogate per ridurre la caduta degli affari (affitto di macchinari o di locali sostitutivi, lavorazione presso terzi).

In questo ambito, le caratteristiche tecniche dell'azienda, la qualità delle informazioni disponibili ed i tempi di liquidazione che le diverse tipologie di polizza offrono sono fattori determinanti, in quanto è necessario una forte personalizzazione del testo assicurativo.

Inoltre, la fase di gestione della polizza, successivamente all'assunzione, non va posta in secondo piano rispetto alla prima. La periodica analisi qualitativa e quantitativa dell'impresa pone in luce le variazioni economico-gestionali che si sono verificate nel tempo e consente di dimostrare cambiamenti del profilo di rischio e dei possibili danni a cui è soggetta.

⁵⁸ Per approfondimenti si veda C. Cacciamani, *Il rischio da interruzione dell'attività di esercizio*, Milano, EGEA, 2001.

6.9 Linee guida per il programma assicurativo⁵⁹

Tutto quanto detto fin qui è gestito e implementato nel Programma Assicurativo il quale è lo strumento fondamentale per orientare, organizzare e governare l'insieme di soluzioni assicurative necessarie alla realizzazione delle strategie di Risk Management. Un Programma Assicurativo per essere definito deve trovare gli strumenti idonei alla sua costruzione (contratti assicurativi); esso quindi è il frutto/risultato di una intensa attività di esplorazione, ricerca e negoziazione con il mercato assicurativo. Per orientare queste attività di esplorazione e negoziazione è indispensabile che la direzione dell'azienda definisca specifiche "Linee guida". Come appare evidente, la definizione delle "Linee Guida per il Programma Assicurativo" costituisce il momento fondamentale per la costruzione dei principali strumenti operativi per la gestione dei rischi; costituisce infatti il collegamento tra il momento strategico (Linee guida e politiche di Risk Management) e quello operativo (Costruzione e Gestione del programma assicurativo). Il processo di identificazione/definizione delle "Linee Guida" avviene attraverso:

- Un documento di proposta elaborato dal team di progetto;
- la sua successiva analisi e discussione con la Direzione;
- la sua eventuale revisione alla luce di interventi migliorativi/correttivi;
- la definitiva approvazione del documento "Linee Guida per il Programma Assicurativo".

È questo un documento che definisce:

⁵⁹ Un forte contributo divulgativo a questo paragrafo ed al successivo è stato dato dalla SAN PAOLO IMI insurance broker s.p.a. .

- I criteri fondamentali che devono orientare le politiche di trasferimento dei rischi;
- gli obiettivi generali da perseguire;
- le soluzioni tecniche e le modalità negoziali di realizzazione;
- le priorità e i tempi;
- i vincoli di spesa entro i quali devono essere ricercate le soluzioni proposte.

Tutto il processo di definizione delle “Linee Guida” viene direttamente seguito dal Risk Manager.

6.10 Attività di gestione del programma assicurativo

La gestione delle soluzioni assicurative messe in atto, viene sviluppata dall’unità di risk management secondo due linee di attività:

- La manutenzione del programma;
- La gestione amministrativa.

La completa messa a regime di questi servizi avviene gradualmente, tenendo conto sia del pre-esistere di soluzioni e processi amministrativi definiti dalla direzione, sia dei necessari tempi di costruzione e realizzazione del Programma Assicurativo. Lo schema riportato alla pagina seguente, (figura 6.3) mostra questo percorso evolutivo dal momento dell’introduzione dell’attività di risk management sino alla definitiva gestione del programma.

6.11 La manutenzione del programma

Garantire un costante adeguamento del Programma Assicurativo alle puntuali e specifiche esigenze dell'azienda è uno dei maggiori punti di attenzione e di costruzione della qualità dell'unità di risk management.



Figura 6.3: Piano di gestione del programma assicurativo

La manutenzione del Programma avviene di norma attraverso due modalità:

- verifiche periodiche con i responsabili delle società assicuratrici o di broker;
- verifiche “straordinarie” che possono nascere da non prevedibili manifestarsi di necessità e/o opportunità.

La necessità di sviluppare una attenta manutenzione del Programma, in generale, dipende da tre principali cause:

- *Modifiche nel profilo dei rischi dell'azienda.* Ciò si manifesta quando vengono avviate o chiuse attività, sviluppati interventi di modifica negli

impianti e negli immobili, alienati o acquistati cespiti. Nella prassi consueta l'impatto di queste modifiche sui contratti assicurativi in essere non viene adeguatamente considerato; ritardi nella segnalazione, descrizione dei rischi non più pertinenti, sovraccosti o sottoassicurazioni sono il risultato di tale non sistematico approccio.

- *Modifiche nel quadro normativo/legislativo.* In particolare ciò può impattare in maniera rilevante sulle responsabilità degli amministratori; un mancato o ritardato adeguamento dei contratti in essere può esporli a rischi di non poco conto.
- *Modifiche nel mercato assicurativo.* Opportunità possono nascere da servizi innovativi proposti dalle compagnie, così come minacce conseguenti al delinarsi di condizioni progressivamente sfavorevoli (innalzamento dei tassi, politiche selettive delle compagnie nella assunzione dei rischi).

Le variazioni da introdurre nel Programma vengono dal risk manager presentate ai Responsabili della direzione, si procede poi insieme ad un loro esame. Se le modifiche sono di lieve o modesta entità è di norma possibile negoziare un adeguamento della polizza con la compagnia assicuratrice.

6.12 La valutazione delle coperture assicurative

Un'altra importante scelta che il risk manager si trova a dover valutare è la scelta tra diversi piani di assicurazione relativamente articolati. Ancora una volta, tale problema può essere risolto con un opportuno ricorso al processo di simulazione illustrato, che grazie alla sua elevata flessibilità consente di simulare qualsiasi situazione reale.

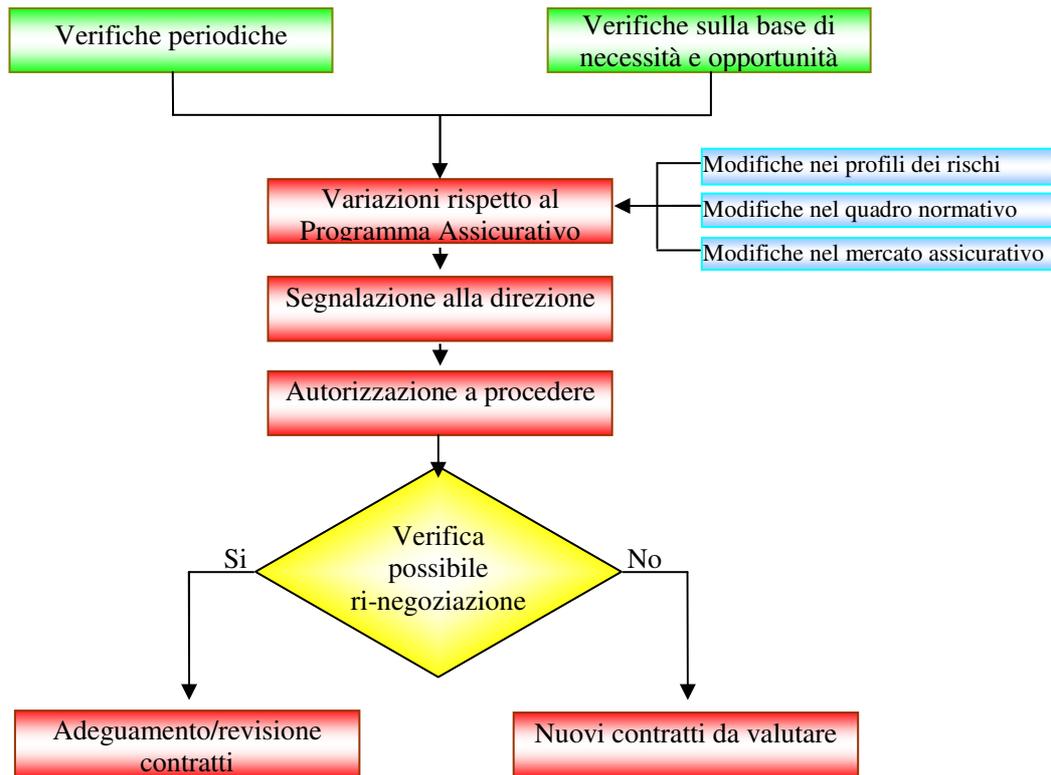


Figura 6.4: Processo di manutenzione del programma assicurativo

Vista la grande varietà di alternative disponibili, di seguito ci faremo un esempio di applicazione. Si supponga di dover valutare la convenienza tra due piani assicurativi, caratterizzati, ovviamente, per un diverso costo e per una diversa articolazione degli scoperti, che sono sempre pari ad una predeterminata percentuale del sinistro, solo che nel primo caso tale percentuale è sempre pari al 15%, nel secondo è pari al 15% per il primo sinistro, al 20% per il secondo e al 30% per tutti gli altri. Ovviamente, il costo della prima copertura è inferiore a quello della seconda. L'MPYC delle due alternative può essere valutato modificando il processo di simulazione, in modo da tenere conto, in entrambi i casi, del diverso costo della copertura assicurativa, e della variazione dei sinistri di competenza: nel primo caso l'importo da considerare sarà sempre pari al 15% dell'importo simulato del sinistro, nel secondo, a seconda del numero del sinistro, sarà pari alla relativa percentuale. Ancora una volta, le diverse

distribuzioni di probabilità consentiranno di valutare l'andamento dei diversi MPYC e quindi l'alternativa più conveniente.

6.13 La ripartizione

Nei precedenti paragrafi si è evidenziata una forte relazione gestionale, tra le strategie di ritenzione e di trasferimento assicurativo la quale lascia recepire la possibilità di implementare tecniche che attuano una combinazione delle stesse, eventualità che avviene nel maggior numero dei casi e identificata come ripartizione. Si suddivide il rischio in due quote delle quali una viene assunta da un assicuratore e l'altra viene conservata dall'impresa e finanziata con uno dei metodi già in precedenza indicati. Si tratta di uno strumento che unisce il pregio di una notevole flessibilità al vantaggio di consentire spesso importanti riduzioni nei costi della gestione del rischio. Molte volte, infatti, la decisione di trasferimento assicurativo viene attuata non tanto perché economicamente più conveniente, quanto perché la capacità di ritenzione aziendale viene considerata insufficiente *rispetto* alla gravità del rischio considerato. Attraverso la ripartizione è possibile così contemperare le due esigenze contrapposte. Corre l'obbligo di precisare per altro, che non sempre la tecnica di ripartizione è un'iniziativa esclusivamente aziendale, ma anzi più spesso è imposta dall'assicuratore ordinario, il quale trova in essa il vantaggio di rendere compartecipe l'assicurato nell'assunzione del rischio, limitando così gli effetti della casualità morale e psicologica. Possono in linea di massima essere individuate tre forme di tecnica di ripartizione: l'assicurazione con franchigia, l'assicurazione a primo danno, l'assicurazione a quotazione retrospettiva.

L'assicurazione con franchigia consiste in un normale contratto assicurativo nel quale viene stabilita una somma (la franchigia appunto) che

esprime la quota di danno che resterà a carico dell'assicurato. Essa può essere stabilita con riferimento ad ogni sinistro, oppure con riferimento all'ammontare cumulato dei sinistri avvenuti entro il periodo di copertura assicurativa. La prima forma ha, tra l'altro, lo scopo di eliminare la liquidazione dei sinistri giudicati di piccola entità e le relative spese che potrebbero essere non proporzionate all'entità medesima. La seconda è invece di più frequente uso nella riassicurazione. L'utilizzo delle franchigie ha l'effetto di ridurre la dispersione della distribuzione di probabilità delle perdite. Un aspetto tuttavia da non trascurare riguarda il fatto che la riduzione di premio conseguibile con l'introduzione delle franchigie non è sempre corrispondente all'effettiva riduzione di rischio in capo all'assicuratore. Infatti, lasciando ad esso la copertura delle perdite di maggiore entità (quindi meno frequenti) i dati osservati in suo possesso sono meno stabili e ciò si riflette nello sconto che egli sarà disposto ad accordare. Un'ultima considerazione riguarda il fatto che le franchigie devono periodicamente essere revisionate per tener conto dell'inflazione e della capacità di ritenzione aziendale.

L'assicurazione a primo danno è un contratto che prevede una clausola specularmente opposta a quella della franchigia. Mentre con la franchigia viene definita la quota di danno a carico dell'assicurato, con il primo danno viene al contrario individuato l'ammontare di danno che sarà sopportato dall'assicuratore. Ovviamente resterà a carico dell'impresa l'eccedenza⁶⁰. Con tale forma l'assicuratore potrà concedere una riduzione dei premi più accentuata, poiché in effetti resteranno a suo carico le perdite meno gravi ma più frequenti e pertanto maggiormente predicibili. Per l'impresa ciò può essere un vantaggio, ma a condizione che essa sappia calcolare con molta affidabilità la Perdita Massima Probabile, in relazione alla quale potrebbe essere fissata la quota di rischio da trasferire.

⁶⁰ R.L. Carter – N.A. Doherty, *Insurance, Handbook*.

Con *l'assicurazione a quotazione retrospettiva*, assicuratore e assicurato stabiliscono consensualmente che il tasso di premio possa variare tra un minimo ed un massimo collocandosi entro tali due limiti in relazione all'effettiva sinistrosità verificatasi in un periodo di assicurazione annuale o anche pluriennale⁶¹. Il vantaggio di questa formula consiste nel fatto che con essa l'impresa viene a sostenere un costo che è molto prossimo all'effettiva distribuzione di frequenza delle perdite e che può ottenere tangibili riduzioni dei costi assicurativi attraverso l'adozione di un efficace programma di controllo fisico del rischio.

⁶¹ T. R. Goulder, *Retroactive premium rating, Handbook*.

Capitolo 7

MODELLI DI SIMULAZIONE STATICA E DINAMICA

7.1 Simulatori statici e simulatori dinamici

I metodi di simulazione sono oggi applicati in campo ingegneristico nelle ricerche delle più disparate soluzioni tecniche ottenendo, nella maggioranza dei casi, risultati di estremo interesse.

In modo particolare in tutti i casi in cui debba essere previsto un andamento atteso di una certa variabile (ovvero di un complesso di queste) l'uso di simulatori appropriati risulta di particolare efficacia.

In tal senso si è dato seguito ad un'approfondita ricerca sui metodi di simulazione più appropriati da utilizzarsi in materia di valutazione e successiva gestione dei rischi.

Con il termine simulazione si intende la riproduzione del comportamento di un sistema. In generale, si parla di simulazione sia nel caso in cui viene utilizzato un modello concreto, sia nel caso in cui viene utilizzato un modello astratto che riproduce la realtà mediante l'uso del computer. Un esempio di modello concreto è il modello in scala di una nave che viene poi posto in un'apposita vasca per effettuare prove simulate allo scopo di stimare opportune misure di prestazione.

E' chiaro che esistono, leggi teoriche della fisica dalle quali ottenere informazioni sulle prestazioni della nave, ma le analisi di queste leggi è spesso troppo complicata, per essere effettuata; naturalmente, è anche impraticabile (o quanto meno non conveniente) la costruzione reale della nave e la prova diretta in mare.

All'interno della Ricerca Operativa, la simulazione utilizza modelli astratti che vengono costruiti al fine di "replicare" le caratteristiche di un sistema. Essa gioca un ruolo molto importante soprattutto nel progettare un sistema stocastico e nel definirne le procedure operative: il funzionamento di un sistema è "simulato" utilizzando distribuzioni di probabilità per generare casualmente eventi del sistema e dal sistema simulato si ottengono osservazioni statistiche sulle prestazioni dello stesso.

Naturalmente affinché ciò possa essere realizzato è necessario costruire un modello di simulazione, che permetta di descrivere le operazioni di un sistema e come esse devono essere simulate.

Gli aspetti rilevanti che fanno della simulazione uno strumento largamente utilizzato sono legati al fatto che essa permette di

- rappresentare sistemi reali anche complessi tenendo conto anche delle sorgenti di incertezza;
- riprodurre il comportamento di un sistema in riferimento a situazioni che non sono sperimentabili direttamente.

D'altra parte deve essere sempre tenuto sempre ben presente il fatto che

- la simulazione fornisce indicazioni sul comportamento del sistema, ma non "risposte" esatte;
- l'analisi dell'output di una simulazione potrebbe essere complessa e potrebbe essere difficile individuare quale può essere la configurazione migliore;
- l'implementazione di un modello di simulazione potrebbe essere laboriosa ed inoltre potrebbero essere necessari elevati tempi di calcolo per effettuare una simulazione significativa.

7.1.1 Generalità sui modelli di simulazione

Come abbiamo già osservato, per simulare il comportamento di un sistema è necessario costruire un modello di simulazione. Innanzitutto ricordiamo che un sistema è descritto in ogni istante di tempo da un insieme di variabili che prendono nome di variabili di stato. Quindi, ad esempio, in riferimento ad un sistema di code, è una variabile di stato il numero degli utenti presenti nel sistema i Sistemi n un discreti certo istante di tempo.

Ricordiamo, inoltre, che esistono sistemi discreti in cui le variabili cambiano istantaneamente in corrispondenza di precisi istanti di tempo e sistemi continui in cui le variabili variano con continuità rispetto al tempo.

I modelli di simulazione si possono classificare in base a diversi criteri; una prima distinzione è tra

- modelli statici, che rappresentano un sistema in un particolare istante di tempo;
- modelli dinamici, che rappresentano un sistema in evoluzione nel tempo.

Un'altra distinzione è tra:

- modelli deterministici, che non contengono componenti probabilistici;
- modelli stocastici, che presentano elementi soggetti ad aleatorietà

Infine, in base al tipo di variabili utilizzate si possono distinguere, come approfondiremo più avanti, in

- modelli continui, in cui le variabili variano con continuità;
- modelli discreti, in cui il valore delle variabili cambia in ben definiti istanti di tempo.

Si osservi fin d'ora, però, che la scelta di un modello continuo o discreto da utilizzare non è necessariamente obbligata dalla tipologia del

sistema; si può infatti decidere, ad esempio, di costruire un modello discreto per un sistema continuo, a seconda dello studio che si vuole effettuare.

7.1.2 Utilizzo combinato di simulatori statici e dinamici

La combinazione dei vari metodi di simulazione consente, quindi, di migliorare l'efficacia revisionale dei singoli simulatori

In tal senso è stata studiata l'opportunità di approfondire quest'ultima proprietà, applicandola alla risoluzione di un particolare problema presente nella valutazione delle soluzioni alternative di gestione dei rischi.

E' necessario soffermarsi un attimo su quanto detto nel precedente capitolo 5 riguardo il trattamento delle disomogeneità; tutto il discorso relativo all'attualizzazione, viene a cadere nel momento in cui non è possibile, per l'analista, identificare con precisione l'effettivo miglioramento (o peggioramento) che una data innovazione, sia essa tecnologica o procedurale, ha portato sul sistema sotto esame.

E' immediato infatti notare il miglioramento della situazione, ciò che risulta invece molto complicato è la quantificazione del miglioramento, dato fondamentale per poter effettuare un'analisi oggettiva, realmente utile, con dati effettivi delle precedenti manifestazioni del rischio.

In questa sede si è pensato ad ovviare a questo serissimo problema mediante l'utilizzo di una Simulazione Dinamica. La simulazione dinamica consente di realizzare uno scenario virtuale dove le leggi che governano il processo sotto esame sono indagate senza obbligare l'utente a scrivere complesse equazioni matematiche, il più delle volte ignote. Questa permette, quindi, di studiare scenari diversi riguardanti lo stesso problema, in cui si concatenano cause e situazioni che cambiano ad ogni simulazione, permettendo così di progettare di volta in volta soluzioni differenti. In pratica, una simulazione dinamica ha due importanti vantaggi:

- permette di studiare il comportamento di un sistema basandosi sulla riproduzione dell'ambiente attraverso modelli matematici dinamici, che ricostruiscono la realtà tramite processi di semplificazione;
- riduce la complessità della realtà consentendo la comprensione e la gestione di meccanismi, processi e situazioni altrimenti difficili da analizzare.

Dunque, lo scopo principale del simulatore è quello di creare un modello, che rappresenti un'astrazione selettiva di un sistema reale, progettato per analizzare e comprendere, da un punto di vista astratto, il funzionamento di un sistema concreto, del quale contiene solo gli elementi ritenuti rilevanti ai fini dell'indagine svolta. Possiamo ricordare ciò che Einstein osservava a proposito dell'elaborazione dei modelli: "bisognerebbe rendere tutto il più semplice possibile, ma non troppo semplice". Le discipline scientifiche tradizionali, come la fisica, hanno sempre fatto ricorso a modelli matematici per la rappresentazione astratta di sistemi reali, e senza l'utilizzo di questi ultimi, lo sviluppo delle conoscenze nel corso dei secoli sarebbe proceduto a rilento, trovando enormi difficoltà.

Nel presente capitolo saranno presentati quattro simulatori:

- un metodo di simulazione statico elaborato presso il dipartimento che riproduce il sistema Montecarlo
- e tre metodi dinamici: ARENA (per lo studio di fenomeni discreti in generale), l'F.D.S. (per le applicazioni da incendio) e l'H.E.C-F.D.A. (per l'analisi del rischio allagamento)

7.2 Le proprietà del Metodo di simulazione Montecarlo

Molti modelli studiati ed applicati in ambito finanziario non permettono di ricavare soluzioni in forma chiusa e quindi richiedono l'utilizzo di tecniche di tipo numerico per ottenere una soluzione approssimata accettabile. In particolare negli ultimi anni, data anche la crescente complessità computazionale richiesta, si è registrato un aumento dello studio dei metodi numerici. Tra questi un ruolo di grande importanza è ricoperto dai metodi di simulazione Monte Carlo.

Il Metodo Monte Carlo fa parte della famiglia dei metodi statistici [non parametrici](#). È utile per superare i problemi computazionali legati ai [test esatti](#) (ad esempio i metodi basati sulla [distribuzione binomiale](#) e [calcolo combinatorio](#), che per grandi campioni generano un numero di [permutazioni](#) eccessivo).

Il metodo è usato per trarre stime attraverso simulazioni. Si basa su un [algoritmo](#) che genera una serie di numeri tra loro incorrelati, che seguono la [distribuzione di probabilità](#) che si suppone abbia il fenomeno da indagare.

L'incorrelazione tra i numeri è assicurata da uno specifico test

La simulazione Monte Carlo calcola una serie di realizzazioni possibili del fenomeno in esame, con il peso proprio della probabilità di tale evenienza, cercando di esplorare in modo denso tutto lo spazio dei parametri del fenomeno. Una volta calcolato questo campione rappresentativo, la simulazione esegue delle "misure" delle grandezze di interesse su tale campione. La simulazione Monte Carlo è ben eseguita se il valore medio di queste misure sulle realizzazioni del sistema converge al valore vero.

Da un altro punto di vista le simulazioni Monte Carlo non sono altro che una tecnica numerica per calcolare integrali.

Le sue origini risalgono alla metà degli anni 40 all'interno del [progetto Metropolis](#). I formalizzatori del metodo sono [John von Neumann](#) e

[Stanisław Marcin Ulam](#), il nome Monte Carlo fu assegnato in seguito da N.Metropolis in riferimento al celebre casino.

L'algoritmo Monte Carlo è un metodo numerico che viene utilizzato per trovare le soluzioni di problemi matematici, che possono avere molte variabili e che non possono essere risolti facilmente, per esempio il [calcolo integrale](#). L'efficienza di questo metodo aumenta rispetto agli altri metodi quando la [dimensione](#) del problema cresce.

In tal modo era possibile ottenere le soluzioni delle equazioni senza dover inferire i parametri da dati sperimentali. Infatti, il numero di esperimenti necessari per dedurre i parametri dall'osservazione del fenomeno sarebbe stato troppo elevato. Il termine "Monte Carlo Method" viene spesso utilizzato anche come sinonimo di "Simulazione Stocastica". Dalla descrizione del processo di simulazione Monte Carlo si può dedurre la sua natura sperimentale. Molto spesso in letteratura si definisce il processo di simulazione Monte Carlo come Esperimento Monte Carlo, infatti devono essere indicati tutti gli elementi che ne consentono la replicazione e l'analisi dei risultati.

In quanto tecnica di sperimentazione, lo studio in simulazione Monte Carlo dovrà essere disegnato in modo accurato considerando schemi sperimentali adatti al problema che si sta analizzando. Inoltre, spesso è necessario modificare la simulazione Monte Carlo (standard) introducendo una tecnica di riduzione della varianza che consenta di ottenere risultati più precisi. Va segnalato sin d'ora che le tecniche di riduzione della varianza introducono dipendenza tra le osservazioni simulate: si tratta di un problema generale che interessa la generazione dei numeri casuali, la simulazione di processi stocastici e la riduzione della varianza in particolare. [13].

Al di là delle problematiche ora esposte, il Montecarlo è una tecnica di simulazione estremamente potente ai fini dello studio sui rischi in quanto, oltre a rendere possibile valutazioni *tout court* dello stesso, che alla prova delle verifiche si sono dimostrate estremamente efficaci, consente nella fase

della loro gestione, applicazioni in grado di comparare le varie soluzioni alternative.

Pertanto si è proceduto durante il secondo anno della ricerca ad implementare una procedura informatica mediante l'utilizzo di un RDBMS (Relational Data Base Management System), che consenta l'elaborazione degli indici MPY ed MPYC a partire dagli andamenti storici degli eventi indesiderati, attraverso la generazione automatica delle variabili aleatorie relative alla distribuzione di frequenza e alla distribuzione di gravità.

Lo strumento, invero ancora in fase di test, è stato pensato per essere utilizzato in modalità Stand Alone ovvero LAN; infine la tipologia di sistema del data base è compatibile con lo standard di interoperabilità tra data base ODBC.

La bontà tecnologica di uno strumento di calcolo come quello in fase di gestazione presso il nostro Dipartimento, nell'ambito della presente ricerca, risiede ovviamente nelle capacità di:

- ✓ rilasciare valori di previsione che vengano rispettate, entro un prefissato margine di errore.
- ✓ presentare una notevole potenza di calcolo
- ✓ risultare flessibile e quindi applicabile a diverse esigenze di interpretazione della realtà

Mentre le prime due caratteristiche dipendono dalle scelte informatiche operate e dalla rigorosa applicazione del metodo teorico che sottende alla realizzazione delle procedure elettroniche, la terza riguarda un connotato più squisitamente gestionale, che si concretizza nella capacità presentata dal software di pre-trattare i dati e/o omogeneizzarli

L'applicazione più flessibile dello strumento che è stato elaborato, ha riguardato uno studio (peraltro ancora in corso) presso i tre reparti di ortopedia dell'A.O.R.N. Cardarelli di Napoli nel quale, attraverso un'opportuna ridefinizione dell'indice di *performance* del Metodo (non più

l'MPY ma il l'MPCD, che dà conto dell'allungamento temporale delle degenze), si è riusciti a dare per la prima volta un valore numerico non arbitrario alla valutazione del rischio sanitario associato ad un determinato reparto.

7.3 La simulazione dinamica

Dopo aver identificato le azioni correttive da effettuare, è possibile sviluppare un'ulteriore fase di valutazione del rischio, onde verificare che le azioni da intraprendere portino effettivamente ad una riduzione del profilo di rischio dell'azienda. Questo processo, mancando di dati reali relativi alla situazione aziendale successivamente all'applicazione dei suddetti interventi correttivi, sarà basato quindi su delle previsioni, sviluppate dal Risk Manager mediante l'ausilio della **simulazione dinamica**.

Applicando questa tecnica dopo il processo di Gestione del rischio si verifica se il cambiamento prodotto da questi interventi sui valori della serie è positivo.

7.3.1 Cosa è una simulazione dinamica

Come già si rileva dalla lettura del precedente paragrafo 7.1, una simulazione si riferisce ad un vasto insieme di metodi e applicazioni che consentono di imitare il comportamento di un sistema reale⁶². Tratteremo il concetto di simulazione solo in generale mentre approfondiremo la simulazione mediante Arena. La simulazione al computer tratta modelli di sistemi. Un sistema è un ente, attuale o progettato, come:

- Un impianto manifatturiero, con persone, macchinari, mezzi di trasporto e magazzini.
- Un network costituito da impianti, magazzini e collegamenti per il trasporto.

⁶² W.D. KELTON, R.P. SADOWSKI, D.A. SADOWSKI, *Simulation with Arena*, New York, McGraw-Hill, p.3

- Un reparto di emergenza in un ospedale, inclusi il personale, stanze, attrezzature, forniture e trasporto dei pazienti.
- Un computer network con servers, clients, operatori, ecc..
- La gestione del personale di emergenza nel caso di evento catastrofico.

Di solito un sistema è studiato per misurare le sue performance, migliorare le sue operazioni o progettarlo nel caso non esista. Capita spesso, però, che i managers abbiano molta cura di come la simulazione sia costruita, ma non prestano la stessa attenzione ai risultati che mediante la simulazione si raggiungono. Il loro obiettivo primario è comprendere come il sistema lavora attualmente. Spesso gli analisti della simulazione trovano che il processo di definizione del sistema, il quale deve essere fatto prima di iniziare lo sviluppo del modello di simulazione, fornisce un'ottima visuale sui cambiamenti che si rendono necessari. Parte di ciò è dovuto al fatto che raramente vi è un unico responsabile per la comprensione di come lavora un intero sistema. Ci sono esperti di progettazione di macchinari, material handling, processi, ecc., ma non specializzati nelle operazioni giornaliere di un sistema.

Si deve essere consapevoli che la simulazione è molto più di una semplice costruzione di un modello e della conduzione di una prova statistica. C'è molto da studiare in ogni passo di un progetto di simulazione, e le decisioni prese lungo il percorso del modello possono largamente inficiare i risultati finali che noi attendiamo.

Una simulazione necessita di modelli di un sistema per avvenire. Lo studio di un sistema avviene per misurare efficienze, tempi di risposta, costi, ecc... Non sempre è possibile implementare nuove idee o svolgere prove direttamente sul sistema fisico sottoposto allo studio od osservazione (motivi di costo, tempi o semplicemente impossibilità fisica); infatti, in questi casi si costruisce un modello che ha appunto il compito di

rispecchiare il comportamento del sistema fisico stesso in modo da poter studiare le diverse idee sotto ogni prospettiva.

Esistono diverse tipologie di modelli:

- **Modelli fisici** dove avviene una rappresentazione in scala del sistema interessato (un plastico, simulatore di volo, ecc.); questi non saranno considerati.
- **Modelli logici**, detti anche matematici, nei quali si fa una serie d'ipotesi, con tutte le approssimazioni che ne dipendono, sia della struttura che delle quantità, in modo da rispecchiare il più possibile il funzionamento del sistema reale. Un modello logico è normalmente rappresentato attraverso un programma che ci consente di inoltrare domande sul suo comportamento e di conseguenza sul nostro sistema fisico. Dal momento che si utilizza un semplice programma piuttosto che il sistema reale, esso è di solito facile, economico e veloce ad inoltrare quesiti riguardanti il funzionamento del sistema, manipolando semplicemente gli input e la forma del modello.

Una volta sviluppato il modello bisogna interagire con esso, in modo da poter analizzare il suo comportamento e quindi (con le dovute approssimazioni) il sistema fisico. Se il modello è abbastanza semplice lo studio, si può eseguire con strumenti matematici quali: equazioni integrali, programmazione lineare, e così via. Gran parte dei sistemi che sono modellati sono, però, piuttosto complessi e strutturati: in questi casi non sempre si ottiene una risposta chiusa (formula o equazione deterministica) e quindi entra in gioco la simulazione. Notiamo che in ogni modo la simulazione viene affetta da variabili d'ingresso incontrollabili (aleatorie) che si propagano nel modello fino a raggiungere l'uscita. La causalità della risposta del modello può essere eliminata con la formulazione di una serie d'ipotesi d'ulteriore semplificazione, questo però può comportare

l'invalidità del modello che si scosta eccessivamente dai fenomeni che si vogliono riprodurre.

7.3.2 La simulazione al computer

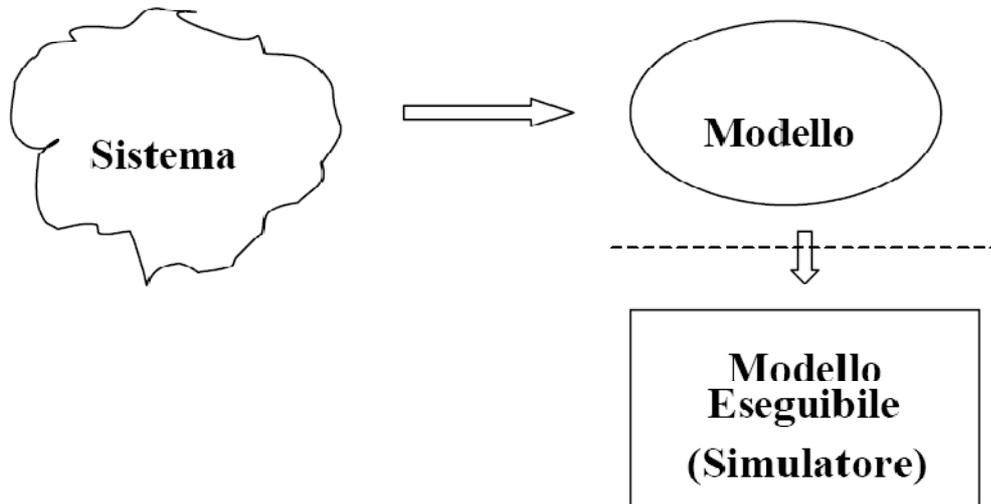
Una simulazione al computer si riferisce ai metodi per lo studio di una grande quantità di modelli di sistemi reali, per i quali è necessaria una valutazione numerica mediante l'utilizzo di software che imitano le operazioni e le caratteristiche del sistema. *“La Simulazione su computer è lo sviluppo di un programma che rappresenta un surrogato del sistema. I valori che le variabili di questo programma assumono nel tempo sono determinate dalle stesse leggi dinamiche che governano le variabili del sistema reale o ipotetico.”* [McLeod, 1988].

Da un punto di vista pratico, la simulazione è il processo di progettazione e creazione di un modello computerizzato di un sistema reale, effettuata in termini di *relazioni logico-matematiche* tra le variabili, allo scopo di eseguire esperimenti numerici che ci diano una migliore comprensione del funzionamento di quel sistema, a partire da un dato insieme di condizioni⁶³. Benchè possa essere utilizzata anche per lo studio di sistemi semplici, la vera forza di questa tecnica è raggiunta pienamente per l'analisi di sistemi complessi.

Sebbene la simulazione non debba essere l'unico strumento da utilizzare per lo studio di un modello, esso è frequentemente il metodo preferito. La ragione di ciò deriva dal fatto che il modello di simulazione può diventare abbastanza complesso se necessita di rappresentare fedelmente il sistema, ma nonostante ciò si può ancora velocemente analizzare la simulazione. Il vantaggio principale della simulazione è che gli esperimenti possono essere completamente controllati e le prestazioni di un sistema tutte osservate. Altri metodi possono invece richiedere forti semplificazioni

⁶³ ROBERTS, NANCY, *Introduction to Computer Simulation*. Productivity Press: Portland, Oregon., 1983, 562 pp.

del sistema per permettere un'analisi approfondita, allontanandosi, però, in tal modo, dai limiti di validità del modello in questione.



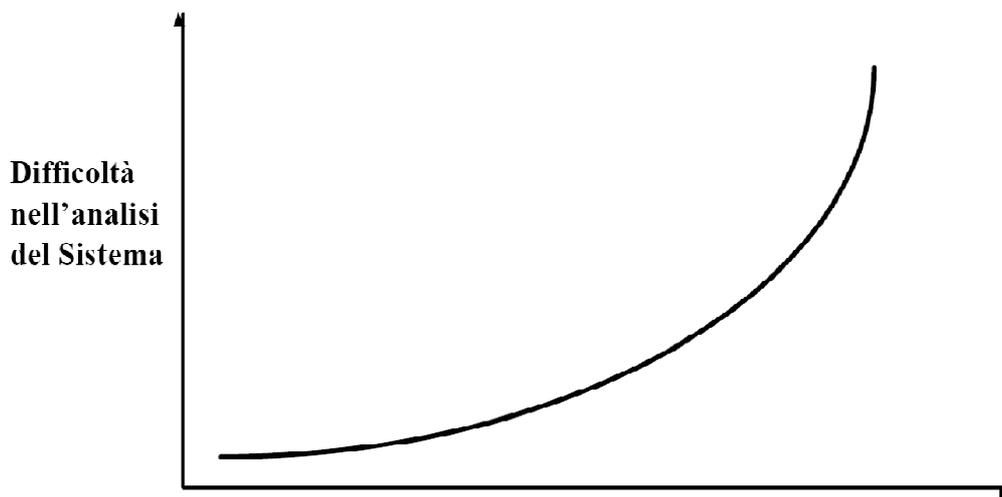
7.3.3 Popolarità e vantaggi

Negli ultimi 30 anni, la simulazione è divenuta la metodologia di analisi più apprezzata per lo studio di sistemi semplici e complessi. La principale ragione della popolarità della simulazione è da ricercarsi nella capacità di trattare complicati modelli di sistemi reali altrettanto complicati. Questo lo rende uno strumento molto potente e versatile. La simulazione è inoltre uno strumento che aiuta a risolvere problemi, aiutando a prendere la “decisione giusta” evitando inutili e/o costosi tentativi di realizzazione.

Un'altra ragione dell'aumento di popolarità della simulazione è certamente l'incremento del rapporto qualità/prezzo dei computer, il che ha permesso di ridurre drasticamente i costi effettivi di ciò che solo pochi anni prima era senza dubbio molto oneroso. Alla fine, i passi avanti fatti nella potenza, nella flessibilità e nella facilità di utilizzo dei software di simulazione hanno mosso l'approccio dal regno del basso livello di programmazione, incline all'errore, al campo del rapido e valido *decision making*. La previsione è che la popolarità e l'efficacia della simulazione cresca sempre più, proporzionalmente allo sviluppo dei sistemi hardware e software.

7.3.4 Gli aspetti negativi

La simulazione non è però il paradiso, anzi. Poiché molti sistemi reali sono affetti da variabili d'ingresso incontrollabili, queste si propagano nel modello di simulazione fino a raggiungere l'uscita (*modello stocastico*⁶⁴). Ad esempio, il modello di un centro di distribuzione avrebbe arrivi, partenze e quantità di lotti aleatorie, in accordo alle particolari distribuzioni di probabilità, che si propagheranno lungo il modello logico fino all'output, causando misurazioni di performance (come il tempo di ciclo) anch'esse aleatorie. Così, avviando la simulazione stocastica, una volta eseguendo un esperimento fisico aleatorio, una volta guardando il centro di distribuzione per un singolo giorno, è come se vedessimo qualcosa di diverso ogni volta, pur senza cambiare nulla all'interno del modello.



Quantità di Variabili Stocastiche e di Interdipendenze/Interrelazioni

In molte simulazioni, quando il tempo di simulazione diventa più lungo (ad esempio mesi piuttosto che giorni), molti risultati tendono a stabilizzarsi verso un valore medio, divenendo in tal modo meno variabili. Il problema è che risulta molto difficile determinare quanto lungo possa essere tale periodo, inoltre il modello dovrebbe imporre un termine alla simulazione

⁶⁴ **Sistemi** con un alto numero di interdipendenze e di inter-relazioni tra componenti. Diventa più difficile comprendere le relazioni causa-effetto (es. sistema di produzione industriale)

(ad es. una banca apre alle 9 e chiude alle 17), per cui imporre un periodo di simulazione più lungo può risultare inappropriato.

Quindi si deve prestare molta attenzione alle fasi di progettazione ed analisi degli esperimenti di simulazione per tener conto delle incertezze dei risultati, soprattutto se il tempo adatto per il modello è relativamente breve.

Anche se i risultati della simulazione sono spesso incerti, possiamo comunque trattare, quantificare e ridurre questa incertezza. L'incertezza potrebbe essere completamente eliminata assumendo forti semplificazioni per il sistema, in modo da ottenere un modello di semplice fattura che ci dia risultati non aleatori. Sfortunatamente, però, un simile modello semplificato non può essere assunto come una valida rappresentazione del sistema reale e l'errore dovuto a tale modello non può essere facilmente calcolato e ridotto.

È dunque sempre preferibile avere una risposta sbagliata al problema giusto piuttosto di una risposta giusta al problema sbagliato.

7.3.5 Quando è opportuno utilizzare la simulazione

Come detto non sempre è opportuno utilizzare la simulazione per l'analisi del sistema in studio. Vi sono delle condizioni da soddisfare:

- E' possibile ottenere una **convalida** soddisfacente dei modelli e dei risultati della simulazione.
- L' **accuratezza** prevista (**i risultati non possono essere migliori dei dati forniti in input**) dei risultati della simulazione è consistente con i requisiti di un particolare problema. Ad esempio, l'accuratezza del dosaggio di radiazioni per il trattamento medico è molto più critica dell'accuratezza necessaria nella previsione della popolazione delle tigri nel mondo.

I motivi che spingono alla scelta della simulazione piuttosto che all'utilizzo di modelli fisici o matematici, sono:

- Adattabilità
- Sicurezza
- Flessibilità
- Minor costo rispetto ai modelli fisici (l'uso di prototipi, quando realizzabili, è in genere più costoso, più rischioso e richiede più tempo)
- Il sistema reale non esiste oppure è costoso (in tempo e/o denaro), pericoloso, o impossibile effettuare esperimenti mediante prototipi. (Ad es., progetto di computer, sistema solare, reattori nucleari)
- Il training con sistemi reali è costoso, pericoloso o può causare seri danni (Ad es., sistemi di trasporto, sistemi di produzione, macchinari complessi, aeromobili, impianti nucleari, etc...)
- Maneggevolezza (è lo stesso utente che introducendo i parametri può verificare immediatamente gli effetti sui vari scenari)
- Necessità di studiare il comportamento passato, presente e futuro del sistema in tempo reale, tempo espanso o tempo compresso (sistemi di controllo real-time, crescita della popolazione, effetti collaterali di nuovi medicinali, ecc.)
- Il modello matematico del sistema non esiste (esplorazioni petrolifere, meteorologia, economia mondiale, conflitti internazionali, reti di calcolatori, ecc.)
- I modelli matematici non hanno una soluzione analitica o numerica semplice e praticabile (equazioni differenziali non lineari, problemi stocastici, ecc.)

7.3.6 Differenti tipi di simulazione

Le simulazioni si possono classificare nei seguenti modi:

Statici vs. Dinamici; Nei primi abbiamo che il tempo non ha nessun ruolo, mentre nei secondi il tempo è di primaria importanza in quanto il sistema

stesso dipende dalla configurazione degli istanti di tempo prima. Molti simulatori si concentrano su questi ultimi.

Continui vs. Discreti. Nei modelli continui lo stato del sistema può cambiare con continuità (portata di liquido in un tubo). Nei modelli discreti invece può cambiare solo in determinati istanti di tempo (sistema manifatturiero con ingressi ed uscite di merci in determinati istanti di tempo). Si possono avere anche modelli continui-discreti ossia aventi sia elementi continui che discreti.

Deterministici vs. Stocastici: I primi non hanno ingressi casuali, i secondi invece lo hanno (esempio i clienti che arrivano ad uno sportello di servizio). Un modello può avere sia ingressi casuali sia ingressi deterministici nelle differenti componenti: quali siano gli elementi trattati come deterministici e quali siano trattati come casuali dipende dal realismo del modello. Visto che l'aleatorietà delle variabili in un qualsiasi sistema reale è sempre presente, i modelli stocastici sono più idonei a modellare sistemi complessi dove il fenomeno aleatorietà è consistente.

Se si decide sulla necessità di una simulazione, il passo seguente da fare è decidere come svolgere la simulazione stessa. Una simulazione nel passato si svolgeva a mano, ciò comportava un notevole dispendio d'energia con risultati spesso scarsi o in ogni caso inappropriati ai problemi sottoposti allo studio. Con l'avvento del computer si iniziarono a sviluppare linguaggi di programmazione general purpose (tipo il FORTRAN) che consentirono la simulazione di sistemi sempre più complessi. Questo metodo di simulazione era molto flessibile ed adattabile ma anche piuttosto tedioso, in quanto i modelli erano formulati con codici molto semplici (vicino al linguaggio macchina).

Linguaggi di Simulazione special purpose come GPSS, SIMSCRIPT, SLAM e SIMAN apparvero un po' di tempo dopo offrendo un ambiente completamente dedicato alla simulazione. Data la specificità di questi

linguaggi bisogna investire un certo tempo iniziale per imparare le varie funzioni ed i vari codici, compito che però può essere frustrante anche per i più volenterosi.

I Simulatori High Level si espansero molto facilmente sul mercato delle simulazioni in quanto molto semplici da usare. Il programmatore è chiamato ad interagire con un interfaccia grafica, menu e dialoghi rendendo il tutto più intuitivo. Il modello si costruisce per blocchi legandoli tra loro e plasmando ciascun blocco per cercare di rispecchiare il più possibile il nostro sistema reale. In ogni caso i campi d'applicazione sono eccessivamente restrittivi limitandosi al campo manifatturiero, servizi oppure comunicazioni; è di comune accordo che questa tipologia di programmi abbiamo semplificato eccessivamente perdendo troppa flessibilità.

Linguaggio ARENA: Arena combina la semplicità degli high level con la flessibilità dei linguaggi di simulazione fino a raggiungere un'integrazione con linguaggi general purpose quali il VisualBasic o C. Il tutto avviene grazie a numerosi modelli di base, messi a disposizione, che si possono combinare tra loro in modo da creare un vasto numero di simulazioni nei più svariati settori.

I nuovi sistemi operativi permettono una sempre maggior integrazione dei simulatori con altri pacchetti software (spreadsheets, databases, word processors) e con l'avanzata tecnologica degli ultimi anni a livello hardware – software, già si è proiettati nella simulazione 3D e nella realtà virtuale.

7.3.7 Un interessante esempio applicativo: il rischio sanitario

L'attuale processo di rinnovamento delle strutture sanitarie porta con sé un'esigenza prioritaria: la razionalizzazione delle proprie attività. La non comprensione profonda del comportamento del sistema implica perdere

l'opportunità di utilizzare al meglio le risorse e di fornire livelli di servizio adeguati agli utenti.

Perché in ambito sanitario è necessaria l'ottimizzazione e strumenti operativi di supporto alle decisioni⁶⁵?

- Ospedali, ambulatori, laboratori sono sistemi costosi complessi, soggetti ad emergenze.
- La gestione richiede scelte che tengano conto di molti fattori non facilmente valutabili

Attraverso i modelli di simulazione è possibile:

- valutare i potenziali risparmi nell'adozione di nuove tecniche gestionali;
- stimare il fabbisogno di posti letto;
- valutare la congestione della struttura ospedaliera all'aumentare dei ricoveri;
- ottimizzare gli spazi a disposizione;
- schedare gli interventi a seconda delle disponibilità delle sale operatorie;
- dimensionare in modo adeguato le sale d'attesa;
- testare le procedure di emergenza;
- l'assenza di rischi per i pazienti;
- la possibilità di mettere in pratica la gestione di procedure ed eventi routinari, così come il management di eventi meno comuni ma pericolosi per la vita dei pazienti
- Garantire livelli di servizio
- Utilizzare al meglio macchinari e sale operatori

⁶⁵ KNEEBONE R.L., SCOTT W., DARZI A., HORROCKS M., *Simulation and clinical practice: strengthening the relationship*, Medical Education, 2004, 38: pp.1095-1102.

- Schedulare attività e personale
- Gestire laboratori e macchinari
- Fornire risposte tempestive e giustificare azioni e visioni strategiche
- Gestire liste d'attesa
- Anticipare problemi e valutare rischi legati a cambiamenti e situazioni di emergenza
- Introdurre nuove procedure o modificare procedure esistenti
- Disporre delle informazioni in modo aggregato, sintetico e velocemente

Diversi sono i simulatori che trovano applicazione nell'ambito sanitario. Lo sviluppo di importanti innovazioni tecnologiche nei settori della robotica, elettronica ed information technology sta cambiando profondamente la professione del medico. Nel campo della robotica ad esempio sono stati sviluppati sistemi che stanno rivoluzionando la chirurgia laparoscopica, sistemi robotici in grado di sostituire quasi completamente le funzionalità di un arto in caso di amputazione, sistemi di realtà virtuale in grado di simulare interventi chirurgici per il training e così via. Si tratta di simulatori per l'addestramento basati su modelli volumetrici direttamente derivati da dati 3D. A causa della sua natura profondamente interdisciplinare, la ricerca in questa area è molto complessa e richiede una stretta collaborazione fra esperti appartenenti ad aree molto diverse, quali la medicina, la robotica, l'elettronica.

Ci sono poi i simulatori dinamici che consentono di realizzare uno scenario virtuale dove le leggi che governano il processo sotto esame sono indagate senza obbligare l'utente a scrivere complesse equazioni matematiche, il più delle volte ignote. Questi permettono, quindi, di studiare scenari diversi riguardanti lo stesso problema, in cui si concatenano cause e situazioni che cambiano ad ogni simulazione, permettendo così di progettare di volta in volta soluzioni differenti.

Risulta difficile poter elencare i diversi simulatori applicabili al campo medico, a causa della elevata numerosità di questi. Vi sono simulatori dinamici che riproducono il funzionamento di un ospedale, un laboratorio, un reparto, un ufficio prenotazione, consentendo di prevedere ed analizzare indicatori economici, livelli di servizio, code. Altri permettono di valutare scenari legati a situazioni di emergenza, dislocazione di unità di pronto intervento, attività del 118, altri ancora costituiscono strumenti di scheduling (sale operatorie, personale) o sistemi di work flow, gestione dei documenti e delle procedure.

In medicina esistono diversi modi per classificare i simulatori. Il primo sistema valuta come caratteristica determinante il fine pedagogico di questi dispositivi, e individua⁶⁶:

1. Part Task Trainers, che riproducono solo una parte dell'ambiente, in genere sono utili per l'addestramento di skills psicomotorie.
2. Computer Based Systems, che forniscono modelli di funzionamento fisiologici del corpo umano, per questo sono usati per imparare ad operare delle scelte di trattamento e ad osservarne gli esiti.
3. Virtual Reality and Haptic Systems, che sono dei dispositivi che rendono possibile la realtà virtuale e sono quindi usati per migliorare le skills soprattutto in laparoscopia ed endoscopia.

Il secondo sistema considera l'interfaccia uomo-dispositivo e la classificazione è la seguente:

1. Screen-based Text Simulators, simulatori testuali su computer.
2. Screen-based Graphical Simulators, simulatori grafici su computer che permettono di riprodurre processi reali come quelli farmacocinetici e farmacodinamici.
3. Mannequin-based Simulators, simulatori-manichini.

⁶⁶ MARAN N.F., GALVIN R.F., Low- to high-fidelity simulation – a continuum of medical education? Medical Education, 2003, 37(1): 22-28.

4. Virtual Reality-based Simulators, simulatori basati sulla realtà virtuale.

La simulazione medica, infine, non è fatta solo di dispositivi elettronici, ma fa anche uso di pazienti-attori, di “simulated environment”, che riproducono gli ambienti di lavoro e i team, importanti per l’acquisizione dei ruoli, e infine di “simulatori integrati” che consistono in interventi su dei manichini che simulano un andamento ipotetico di un’operazione e permettono di monitorarla, questo avviene grazie all’elaborazione del computer⁶⁷.

Nel nostro studio prenderemo in considerazione i simulatori appartenenti alla prima categoria, ovvero Screen-based Text Simulators, i quali hanno doti di flessibilità e versatilità maggiori rispetto agli altri. Fra i più importanti possiamo citare:

7.4 Arena Simulation

Arena Simulation è il più diffuso e potente strumento per la simulazione di sistemi di natura discreta. Arena combina la semplicità degli high level con la flessibilità dei linguaggi di simulazione fino a raggiungere un’integrazione con linguaggi general purpose quali il VisualBasic o C/C++. Il tutto avviene grazie a numerosi modelli di base, messi a disposizione, che si possono combinare tra loro in modo da creare un vasto numero di simulazioni nei più svariati settori. Arena mantiene un elevato grado di flessibilità grazie alla sua struttura gerarchica in modo da poter decidere il grado di validità del modello per svolgere la simulazione.

La simulazione consente di analizzare dinamicamente il comportamento del sistema modellizzato, testare criteri di gestione, valutare situazioni ritenute particolarmente critiche, validare scelte progettuali, confrontare, anche dal punto di vista economico, soluzioni alternative.

Con Arena Simulation è possibile:

⁶⁷ LANE L. J., SLAVIN S., ZIV A., Simulation in medical education: A review, Simulation and gaming, 2001, 32(3): pp.297-313.

- 1) la riproduzione dei flussi informativi e dei materiali (flow chart implementation / Drag-and-Drop Flowcharting) caratterizzanti l'attività (sistema).
- 2) la simulazione animata dei flussi e l'osservazione dell'interazione delle parti del sistema con la possibilità di intervenire cambiando i parametri di configurazione.
- 3) la visualizzazione semplice ed immediata di report per il confronto delle statistiche e delle prestazioni.

7.4.1 Concetti fondamentali per la simulazione con Arena

Esistono vari “pezzi” che compongono un modello concepito per la simulazione. Esamineremo ciascun elemento singolarmente⁶⁸.

Le Entità

In gran parte delle simulazioni sono presenti le entità. Questi oggetti si spostano all'interno del sistema durante la simulazione variando i valori e lo stato del sistema stesso. Essi rappresentano gli oggetti dinamici della simulazione. Dopo un periodo di tempo queste entità devono lasciare il sistema. Tutte le entità devono essere definite, o dall'utente o dal software automaticamente, e la loro presenza è fondamentale. Notiamo che di pezzi ne possono esistere diversi, tutti appartenenti alla medesima entità; quindi entità e pezzi (o componenti) da lavorare non sono identici concettualmente. L'insieme dei pezzi di uno stesso tipo costituisce un'entità.

Esistono situazioni dove sono presenti dell'entità fittizie in quanto non esiste concretamente nel sistema l'oggetto rappresentato dalle entità; tipico esempio può essere un guasto, anche se nella realtà non è sempre presente va tenuto conto nel modello da simulare. Nel simulare un modello il primo passo è capire e distinguere quali sono le entità in gioco.

⁶⁸ W.D. KELTON, R.P. SADOWSKI, D.A. SADOWSKI, Op. cit., pp.24-29.

Attributi

Per distinguere le varie entità presenti all'interno di un sistema dobbiamo associare a ciascuna tipologia di essi un attributo: all'interno della stessa classe di attributi ciascuna entità avrà un valore specifico. Per esempio ipotizziamo che le entità del nostro modello sono 3: la data, il colore, la priorità; all'interno di ciascuna entità avremo attributi univoci tipo: 10 novembre, rosso, basso, ecc...

Variabili Globali

Una variabile globale è un'informazione che rispecchia una caratteristica dell'intero sistema. Le variabili possono essere sia costanti che funzioni di entità, ad esempio pezzi presenti in una sub-area del modello. Le variabili possono essere anche vettori o matrici.

Risorse

Le entità del nostro sistema sono spesso in conflitto tra loro per l'ottenimento dei servizi offerti dalle risorse del sistema, tipo personale, attrezzatura, spazio in un magazzino limitato, ecc... Un'entità occupa una risorsa per poi liberarla quando ha terminato di sfruttare i suoi servizi. È la risorsa ad essere ceduta all'entità e non viceversa perché un'entità può usufruire di più risorse (attrezzatura e personale assieme). Una risorsa rappresenta una tipologia di server, ognuno dei quali costituisce un'unità di quella determinata risorsa.

Code

Quando un'entità non può occupare un'unità di risorse perché quest'ultima è occupata da un'altra entità, l'entità necessita di un posto dove attendere e questo posto è detto coda. Durante il processo di sviluppo di un modello bisogna definire il comportamento del sistema nel momento che un'entità arrivando ad una coda la trovi piena.

Accumulatori Statistici

Per il calcolo della prestazione del sistema è necessario tenere traccia di diverse variabili di tipo accumulatori statistici mentre la simulazione procede. Queste variabili possono essere:

- Il numero di pezzi prodotti fino ad un dato momento
- Il tempo di attesa totale nelle code
- Il tempo massimo di attesa
- Il tempo totale all'interno del sistema di tutti i pezzi che sono usciti dal sistema.
- L'area sotto la curva $Q(t)$
- Il valore massimo della funzione $Q(t)$

Tutti gli accumulatori statistici devono essere iniziati al valore 0. Quando accade un evento straordinario (guasto, manutenzione, fine processo, inizio processo, ecc.) gli accumulatori ne devono tener conto secondo la logica prefissata.

Eventi

Un evento è qualcosa che può succedere in un istante (di simulazione) e che può cambiare attributi, variabili o accumulatori statistici; ecco degli esempi:

Arrivo - quando un nuovo pezzo entra nel sistema

Allontanamento - quando un pezzo lascia il sistema

Fine - fine della simulazione.

Tempo di simulazione

Il valore di tempo di una simulazione è mantenuto in una variabile dal nome simulation clock. Il tempo in una simulazione non è continuo, ma considera solo istanti di tempo dove accade un evento, siccome nel tempo intermedio il sistema rimane inerte.

Simulazione orientata agli eventi e processi

Modelli di piccola dimensione possono essere facilmente codificati in un linguaggio di programmazione general purpose o addirittura in macro su foglio elettronico. Il tutto si complica drasticamente all'aumentare degli attributi, entità e risorse del modello da simulare.

Un modo più naturale della simulazione orientata agli eventi può essere una simulazione orientata al processo; ossia si cambia prospettiva non considerando gli eventi, ma le entità che attraversano tutto il processo (o processi). Una simulazione di questo tipo avviene visualizzando tutto come se si fosse in un'entità, i passi da seguire sono i seguenti:

- Crearsi (un'entità nuova arriva nel sistema, bisogna impersonare un'entità)
- Scrivere il tempo di arrivo su un attributo (necessario per il calcolo dei tempi)
- Entrare alla fine della coda
- Attendere in coda fin quando non è libera la risorsa
- Occupare la risorsa
- Calcolare e registrare il tempo che si è dovuti attendere in coda
- Rimanere inerte per un tempo sufficientemente lungo in modo che la risorsa possa espletare i suoi servizi
- Abbandonare la risorsa
- Incrementare l'accumulatore di produzione e registrare il tempo totale nel sistema
- Uscire dal sistema

Come si vede una simulazione orientata al processo è più naturale. Quest'ottica è tenuta per facilitare notevolmente lo sviluppo di grandi modelli, anche se c'è un bisogno maggiore di esplicitare le variabili "ausiliarie".

La casualità nelle simulazioni: Casualità degli ingressi, casualità delle uscite

La simulazione è normalmente eseguita per scoprire il comportamento di un sistema in un contesto tipico e non specifico. Ci interessa sapere cosa succede un giorno qualsiasi, quindi una simulazione che nasca dai valori e dai tempi misurati in una singola giornata, senza considerare la specificità di quei dati, sicuramente comporterà un'errata valutazione dei risultati conseguiti dalla simulazione. Pertanto risulta un obbligo considerare l'aspetto casuale dei nostri dati, trattando gli ingressi come delle *distribuzioni di probabilità* da cui selezionare i valori d'ingresso per eseguire la simulazione o le simulazioni dette repliche.

Visione d'Insieme

Nel decidere come modellare un sistema, gli aspetti relativi all'analisi, struttura e rappresentazione del modello secondo una logica del software sono essenziali per una corretta interpretazione dei fatti e quindi per la simulazione del modello stesso. Non esiste una scaletta definita a priori quando si vuole modellare e simulare un sistema, ma in ogni modo possiamo definire degli aspetti che si presentano gran parte delle volte:

- Capire il sistema, anche se ancora non esiste perché concepito solo a livello progettuale. Questo significa che bisogna avere una conoscenza pratica di tutto quello che avviene all'interno del sistema.
- Chiarezza sugli obiettivi, capire ciò che si può dalla simulazione e non pretendere altro; specificare in modo chiaro i parametri d'interesse e non perderli di vista.
- Rappresentare il modello con un grado di dettaglio sufficiente a rispondere ai quesiti posti; questa fase si svolge in collaborazione con managers e impiegati vari che conoscono bene il sistema, e che

molto influiscono nelle scelte delle specifiche che caratterizzano il sistema.

- Inserire il modello all'interno del software; una volta fissate le ipotesi di base del sistema bisogna modellare il tutto con la logica seguita dal simulatore. In questa fase possono nascere problemi, destinati a scostare i valori della simulazione ed effettuare valutazioni errate.
- Verificare la validità del modello in ambiente digitale con il modello concettuale. Un modo semplice è quello di inserire dei valori d'ingresso "banali" e vedere se si propagano nel modello secondo la logica appropriata.
- Verificare la validità del modello con il sistema reale. Assicurarsi che gli ingressi reali siano veramente distribuiti secondo la distribuzione di probabilità ipotizzata.
- Eseguire tanti esperimenti. La ragione del successo della simulazione sta propria nel fare eseguire al computer tediosi calcoli che a mano sarebbero impossibili.
- Analizzare i risultati conseguiti in modo obiettivo secondo le logiche della statistica inferenziale.
- Porsi domande sulle risposte ottenute, cosa significa, cosa implicano, ecc...

Documentare il lavoro svolto in modo che nel futuro sarà più facile implementarli e migliorarne le caratteristiche.

7.4.2 Arena Simulation: aspetti rilevanti

- Integrazione nativa con Visio, Excel e Access
- Internet publishing
- Activity-based costing

- Sistema di reporting completo
- Interfaccia semplice ed intuitiva Microsoft Office compatibile
- Modellizzazione gerarchica dei processi
- Report sintetici e dettagliati su processi, entità, risorse, code, etc.
- Simulazione e animazione 3D esportabile
- Integrazione dei modelli Arena con i sistemi aziendali pre-esistenti
- Personalizzazione via Microsoft Visual Basic for Applications (VBA) e Crystal Reports Designer

Arena è progettato per analizzare l'impatto di significativi cambiamenti e complesse riprogettazioni riguardo processi, logistica, produzione, distribuzione e servizi. Il software permette la massima flessibilità ed ampiezza di applicazione in modo da modellare qualsiasi livello desiderato di dettaglio e complessità. Gli scenari tipici includono:

- Conoscere e analizzare i processi aziendali - "as-is".
- Effettuare analisi "what-if" e valutare le possibili alternative -"to-be"
- Identificare i colli di bottiglia (bottlenecks), quantificare i costi dei processi, ridurre il tempo ciclo.
- Schedulare e allocare le risorse in modo ottimale.
- Analizzare tutti gli aspetti del business, dal processamento degli ordini d'acquisto alle spedizioni.
- Includere tutte le attività, risorse, business rules, logiche decisionali, costi, e supposizioni in un modello dinamico per analizzare i processi attuali e futuri.
- Realizzare sostanziali miglioramenti delle performance (costi, qualità, servizi, e velocità).

Integrazione Visio - Arena

Molti sistemi di simulazione sono stand-alone, girando solo su un desktop e avendo capacità limitate di integrazione con altre tecnologie quali ad esempio i databases aziendali, motori workflow ed altro. Allo stesso tempo,

le grandi aziende hanno scoperto il valore della simulazione, che è diventata una vera e propria procedura standard a supporto di un qualsiasi processo di miglioramento. Investimenti ancor maggiori sarebbero possibili se le descrizioni dei processi e i risultati delle simulazioni fossero completamente accessibili alle imprese. Visio[®], fornisce una piattaforma grafica comune per rappresentare modelli di processi economici, industriali e sociali. L'architettura di Visio, tramite ActiveX[®] e Visual Basic[®], fa sì che lo strumento di modellazione sia utilizzato per adattarsi alle necessità di cambiamento. I modelli possono essere completamente condivisi dalle aziende attraverso la pubblicazione su rete intranet direttamente da Visio.

Arena include un'interfaccia per Visio che permette di disegnare le sagome che saranno poi convertite nei modelli utilizzati da Arena per la simulazione. Questo rende possibile una più facile operazione di dettaglio del processo, in modo da effettuare un'analisi approfondita e con probabilità di errore pari a zero del sistema reale.

7.4.3 Calcolo dell'indicatore di performance atteso

Il coefficiente di miglioramento trovato mediante l'applicazione di uno dei simulatori dinamici sopra esposti verrà, poi, applicato alle serie storiche di partenza, in modo da ottenere le serie storiche modificate sulle quali riapplicare un processo di valutazione mediante l'utilizzo della simulazione Montecarlo. Il valore che fornisce questa seconda fase di valutazione sarà l'*MPY corretto* (in funzione del correttivo introdotto). Nell'applicare questa tecnica dopo il processo di Gestione del rischio, si suppone l'implementazione delle azioni correttive programmate, con i relativi effetti sui fattori che influenzano la serie; in tal modo si verifica se il cambiamento prodotto da questi interventi sui valori della serie è positivo, ricalcolando il livello di rischio aziendale e confrontandolo con quello pre-esistente. Quindi il criterio di scelta sarà quello della minimizzazione dell'indice MPY.

7.5 La simulazione nel Fire Safety Engineering

La complessa materia della prevenzione incendi può essere approcciata secondo due strategie sostanzialmente differenti.

Da una parte, un approccio di tipo deterministico, imperante in Italia, si concretizza nella emanazione di norme estremamente prescrittive (si pensi, su tutte, alle norme verticali di prevenzione incendi, ove esistenti) e / o nel ricorso a strumenti di calcolo molto semplici [ad es., Circolare n.91 del 1961, curva standard d'incendio ISO 834, norme UNI per la valutazione della resistenza al fuoco degli elementi strutturali]. Il pregio maggiore di tale approccio risiede senza dubbio alcuno nella sua estrema semplicità, nella garanzia di una certa omogeneità di applicazione, nella possibilità di erogare in tempi ragionevoli una formazione uniforme ed accettabile ai controllori. Il suo limite più evidente consiste, invece, nella rigidità, talora eccessiva, delle prescrizioni normative e delle procedure di calcolo.

Dall'altra, un approccio di tipo ingegneristico – prestazionale (*Fire Engineering*), seguito per lo più nei Paesi anglosassoni, si basa sulla predizione della dinamica evolutiva dell'incendio tramite l'applicazione di idonei modelli di calcolo fisicamente basati (*physically sound*). Punto di forza di questa seconda strategia è la sua estrema flessibilità, che consente la simulazione di incendi di complessità anche molto elevata (in teoria i modelli di campo più evoluti non conoscono limitazioni in tal senso), previa valutazione di un certo numero di dati di input (su tutti geometria del dominio di calcolo, condizioni di ventilazione, tipo e quantità del combustibile, curva *HRR* vs. tempo), da assegnare con dettaglio variabile con la raffinatezza del modello. Per converso i limiti più evidenti di tale approccio risiedono nella problematica validazione sperimentale dei modelli in argomento, data la natura distruttiva delle prove che

andrebbero condotte, nella spinta preparazione richiesta ai professionisti ed, ancor più, ai controllori, dato il proliferare negli anni di modelli anche moltodiversi tra loro, ed, infine, nel caso di raffinati modelli di campo, in un onere calcolativo non sempre sostenibile con i PC di comune diffusione[7.5.1].

Allo stato attuale in Italia il ricorso alla Fire Engineering è di fatto circoscritto alle applicazioni per le quali non esiste una specifica norma prescrittiva, su tutte la valutazione del rischio in attività a rischio di incidente rilevante e la fire investigation; talora essa è impiegata anche per la valutazione della sicurezza equivalente in occasione di richiesta di deroga a norme prescrittive.

Nel presente lavoro si propone di illustrare l'applicazione alla simulazione di un incendio in ambiente confinato del software FDS, sviluppato e distribuito freeware dal National Institute of Science and Technology (NIST).

Allo scopo, dopo una breve presentazione degli strumenti adottati e la definizione della geometria del dominio di calcolo, sono state eseguite due run di simulazioni numeriche.

Nelle due run il modello di campo FDS, grazie alla sua grande raffinatezza, ha consentito di indagare l'importanza di una accurata modellazione della sorgente combustibile e l'efficacia di impianti di protezione attiva nel controllo dell'incendio.

7.5.1 Risk Management e Fire Engineering

La dinamica evolutiva di un incendio può essere predetta adoperando una ampia varietà di modelli. Dato il loro numero estremamente elevato, una disamina esaustiva che li passi in rassegna tutti è in tal sede improponibile. Ci limitiamo qui ad osservare che essi possono

essere classificati in modelli *a parametri concentrati* (o *parametrici* od *a zone*), se risolvono in modo esatto una equazione od un set di equazioni approssimate, in cui compaiono tipicamente parametri operativi, empirici o semi - empirici, ed *a parametri distribuiti* (o *numerici* o *di campo*), se risolvono in modo approssimato un set di equazioni esatte. In seno a ciascuna di queste categorie una ulteriore distinzione può essere effettuata in base ai principi matematici e / o fisici che li sottendono ed / od in base al loro grado di complessità (modelli parametrici empirici e semi - empirici, modelli numerici euleriani e lagrangiani). La distinzione tra tali categorie, comunque, obbedisce più che altro ad esigenze di classificazione, essendo in realtà spesso assai labile [7.5.2].

Nei seguenti paragrafi evidenzieremo solo il comportamento dei modelli a parametri distribuiti o numerici o di campo.

7.5.2 I modelli a parametri distribuiti (o numerici o di campo)

I modelli numerici euleriani implementati in software commerciali di fluidodinamica

computazionale (CFD) costituiscono di gran lunga la più raffinata possibilità di simulazione di incendio attualmente disponibile.

La CFD consente, tramite integrazione numerica delle equazioni differenziali rappresentative dei bilanci accoppiati di quantità di moto, energia e materia, di pervenire al calcolo dei campi vettoriali di velocità e scalari di temperatura e concentrazione. Originariamente concepito per applicazioni prettamente industriali, questo potente strumento di calcolo è stato più recentemente applicato con risultati lusinghieri nei più disparati campi, dall'ambientale al biomedico.

I principali pregi della CFD risiedono nella sua estrema flessibilità, ben maggiore rispetto agli altri modelli euleriani (infatti in linea di

principio essa può essere adoperata per la modellazione di qualsivoglia fenomeno di trasporto), testimoniata dalla sua citata applicazione ad ambiti anche molto diversi tra loro, e nella capacità di trattare geometrie anche estremamente complesse, con la possibilità di descriverle in minuzioso dettaglio, tramite la costruzione di griglie flessibili molto particolareggiate, e di imporvi una tipologia di condizioni al contorno molto diversificata, grazie all'uso di pre-processor via via sempre più *user-friendly*. Qualora poi il flusso da modellare sia turbolento, come nel caso della simulazione di incendio seguito da propagazione e dispersione dei prodotti di combustione, in atmosfera (incendio non confinato), in compartimento delimitato da pareti (incendio confinato), in situazioni intermedie (incendio semi – confinato), la capacità di modellazione, anche abbastanza raffinata, della turbolenza garantita dalla CFD, sconosciuta ai modelli parametrici, costituisce un ulteriore vantaggio che ne rende particolarmente invitante l'uso.

Per converso, il più evidente limite di questo strumento di calcolo risiede nel suo onere computazionale, sicuramente ben maggiore rispetto a quello richiesto dagli altri modelli di incendio disponibili. Ciò giustifica come solo in tempi relativamente recenti, con l'avvento di calcolatori sensibilmente più performanti, la CFD abbia conosciuto una più massiccia diffusione.

La struttura dei codici commerciali CFD si articola generalmente in tre parti fondamentali (pre – processore, solutore, post – processore), deputate ad eseguire ciascuna delle tre fasi della simulazione.

Di esse, il pre – processore consente la descrizione geometrica del dominio di integrazione, la sua discretizzazione spaziale tramite la generazione di una opportuna griglia, la specificazione della tipologia delle sue frontiere.

Il dominio così generato può essere poi importato dal solutore, che, come il suo stesso nome suggerisce, permette di assegnare le condizioni iniziali ed al contorno, eseguire tutte le residue scelte, modellistiche e numeriche, richieste per la corretta definizione del problema. Esso poi integra numericamente le equazioni accoppiate di trasporto, approssimando numericamente le variabili di flusso incognite, discretizzando nel tempo e nello spazio le equazioni in argomento e risolvendo, infine, il risultante sistema di equazioni algebriche. I risultati così ottenuti possono poi essere visualizzati ed / od elaborati grazie al post - processore, il quale, segnatamente, consente, ad es., di visualizzare la geometria del dominio di integrazione e la sua griglia, di rappresentare graficamente i campi vettoriali e scalari e, nel caso di simulazioni in transitorio, può addirittura permettere di eseguire animazioni filmate che illustrino la evoluzione dinamica delle grandezze di interesse.

Nel caso di applicazione della CFD alla simulazione di incendio, i principali dati specifici richiesti in input sono la geometria del dominio di integrazione, la tipologia di materiali costituenti la frontiera ed i parametri caratteristici della curva HRR (Heat Release Rate: velocità del rilascio termico) vs. tempo.

Riguardo la descrizione della geometria va rimarcato che i comuni software commerciali di CFD consentono di trattare sostanzialmente qualunque tipo di incendio in ambiente non confinato, confinato con eventuali aperture, sem-confinato. La forma del dominio di integrazione, inoltre, fornisce spesso chiare indicazioni sul tipo di griglia più indicato per la discretizzazione del dominio stesso.

Le proprietà di trasporto dei materiali di cui è costituita la frontiera del compartimento sono determinanti per la valutazione della quantità di dispersione termica.

Infine la curva *HRR* vs. tempo consente di portare in conto, oltre che il potenziale termico totale dei materiali combustibili presente (per la qual cosa sarebbe bastato conoscere i valori del potere calorifico), la velocità con la quale esso viene liberato durante la combustione. Al riguardo va ricordato che i modelli di calcolo attualmente disponibili non modificano il valore di *HRR* al diminuire del livello di ossigeno. Per tale ragione si deve sempre verificare che *HRR* sia compatibile con l'ossigeno presente nell'ambiente. Nel lavoro di ricerca è stato adoperato il software Fire Dynamic Simulator (FDS), versione 4.0, sviluppato dalla *Fire Research Division* presso il *Building and Fire Research Laboratori* (BFRL) del *National Institute of Standards and Technology* (NIST) e distribuito freeware.

La preferenza accordata a tale codice di calcolo è giustificata anzitutto dagli alti livelli di affidabilità dei risultati, garantiti tanto dal suo sviluppo ormai venticinquennale, quanto dalla sua libera distribuzione, che ne ha consentito la grande diffusione e la continua revisione critica.

Esso è particolarmente indicato per la simulazione della dinamica di incendi caratterizzati da evoluzione lenta / media, con particolare attenzione alla propagazione di fumo. La criticità di questo aspetto è dovuta al fatto che, qualunque sia il tipo di combustione, già nelle prime fasi di incendio in ambiente confinato si ha produzione di quantità di fumo tali da invadere in breve tempo l'intero compartimento, fino a rendere impossibile la permanenza dell'uomo, molto prima che vengano raggiunte le temperature limite di 70 – 80°C. FDS è dotato di un post – processore dedicato, eloquentemente denominato Smokeview [7.5.3].

Purtroppo la validazione sperimentale dei risultati numerici forniti dal software richiede la disponibilità di dati sperimentali su scala reale od, almeno, da laboratorio, non sempre semplici da ottenere, dato il

carattere distruttivo delle prove da condurre. Tuttavia la diffusione di FDS a livello mondiale, sicuramente propiziata dalla libera distribuzione dello stesso, più che concorrenziale rispetto a software commerciali con proibitive licenze di uso, ha attenuato la gravità di questa lacuna, consentendo la validazione di questo codice numerico sulla base dei più disparati scenari di incendio.

7.6 La simulazione nel rischio allagamento: il modello HEC-FDA

L'Hydrologic Damage Evaluation è una procedura che consente la formulazione e la valutazione di piani per la riduzione dei danni da allagamento. Lo scopo è quello di compiere un'analisi idrologica integrata ad un'analisi economica, in modo da calcolare i danni annuali ed implementare quindi un'analisi del rischio.

7.6.1 Condizioni di scenario

Per effettuare uno studio di riduzione dei danni da allagamento si parte dal definire un piano relativo alle condizioni base, ovvero condizioni rappresentative dello scenario attuale; si calcolano poi i danni relativi a questo piano e quelli relativi a piani alternativi. La procedura si concluderà con la valutazione dei piani alternativi, verranno cioè calcolati i danni annuali attesi ed equivalenti per ogni progetto per poi determinare la riduzione del danno confrontando i vari progetti alternativi con il piano base. Verrà individuato il piano associato alla maggiore riduzione del danno.

Informazioni generali per l'analisi

Prima di tutto sarà necessario raccogliere informazioni generali circa lo studio che si intende affrontare. Verrà utilizzato un indice di prezzo che consente di aggiornare i prezzi stimati nell'anno di analisi ad un anno futuro (il suo valore deve essere compreso tra 0 e 100); verrà scelta l'unità monetaria da adottare in tutte le fasi dello studio (per una lettura più agevole degli input ed output, i valori dei prezzi verranno espressi in migliaia oppure in milioni di dollari/euro). [7.6.17].

Configurazione dello studio

Configurare lo studio significa definire i limiti spaziali e temporali, raccogliendo informazioni relative a fiumi, zone soggette al danno e progetti per la mitigazione del rischio. Le informazioni relative ai fiumi ed altri eventuali corpi d'acqua (ruscelli, torrenti, fossati, canali, laghi, stagni) verranno analizzate nel dettaglio per definire le caratteristiche dell'area di studio. Uno singolo studio può contenere uno o più fiumi ed i fiumi sono comuni per tutti i progetti. Inoltre sarà necessario specificare la posizione dei fiumi sulla base della quale verranno definiti i confini della zona soggetta al danno, gli indici di posizione in tale zona, i profili della superficie dell'acqua e le posizioni delle strutture.

Le zone soggette al danno sono zone posizionate all'interno dell'area di studio dove si teme si possa verificare l'evento di straripamento. La loro posizione è definita in relazione ad un specifico punto dell'area di studio, generalmente la valle del fiume. La zona del danno può trovarsi sulla riva destra, su quella sinistra o su entrambe le rive del fiume e verrà delimitata da stazioni di inizio e di fine definite come distanze lungo il corso d'acqua. All'interno della zona soggetta al danno verrà specificato un opportuno

indice di posizione che verrà usato per specificare le relazioni probabilità-portata, livello-portata e livello-danno con le relative incertezze per progettare la valutazione per quella specifica zona.

Il progetto che verrà analizzato in un primo momento è quello relativo allo scenario attuale, lo scenario sul quale non è stata implementata alcuna soluzione per la mitigazione del rischio. I progetti alternativi definiti in seguito verranno confrontati con esso al fine di individuare la soluzione economicamente più vantaggiosa. Per definire il danno e le informazioni sulle caratteristiche del progetto per uno specifico periodo di tempo durante la vita del progetto, verrà implementata una fase di analisi degli anni nella quale verrà definito l'anno base ed un anno futuro. L'anno base è il primo anno durante il quale si intraprende l'analisi, mentre quello futuro è rappresentativo di una proiezione di sviluppo. I risultati dell'analisi degli anni sono usati per effettuare i calcoli relativi al danno annuale per quello specifico progetto. Il danno annuale atteso viene assunto costante per i futuri anni di analisi oltre la condizione futura più probabile. Esso viene prima calcolato per ogni anno nel periodo di analisi, poi ricondotto al valore presente ed infine annualizzato per ottenere il valore equivalente oltre il periodo di analisi.

7.6.2 Analisi Idrologica

In questa fase vengono analizzati i dati idrologici ed idraulici necessari per effettuare l'analisi. I dati includono: profili della superficie dell'acqua, funzioni di probabilità di straripamento-portata (e livello) sotto incertezza, relazioni livello-portata sotto incertezza, e le caratteristiche degli argini.

Il profilo della superficie dell'acqua è il livello della superficie dell'acqua per tutta la lunghezza del fiume associato ai valori di portata di un evento ipotetico oppure osservato. Normalmente in questo tipo di procedura un set di dati per il profilo della superficie dell'acqua deve consistere di diversi eventi di allagamento (quelli relativi agli allagamenti derivanti da diverse

probabilità di superamento), di stazioni lungo il fiume (normalmente denotate come chilometri al di sopra della bocca del fiume), dei valori del livello associato al valore di portata nulla e di valori di portata e di livello per ogni stazione. Il profilo della superficie dell' acqua può essere definito utilizzando due tipologie di dati: la portata del fiume ed il livello delle acque. I valori di portata devono essere definiti per ogni stazione e per ogni evento di allagamento con probabilità di straripamento così come i valori del livello delle acque.

L'analisi economica e delle performance richiede che venga assegnata una funzione di probabilità di straripamento per ogni progetto, anno di analisi, fiume e zona soggetta al danno. Una funzione di probabilità (o frequenza) di straripamento può essere analitica oppure grafica. Verrà usata la procedura analitica nel momento in cui la funzione di probabilità di superamento può essere sviluppata con una distribuzione del tipo Log Pearson III (un metodo che usa opportune procedure per il calcolo della funzione e dell'incertezza utilizzando la media, la deviazione standard, il record di lunghezza equivalente). Il metodo analitico viene usato spesso per le funzioni di probabilità irregolari. L' approccio grafico viene invece usato se la funzione non può essere sviluppata con una distribuzione del tipo Log Pearson III e se essa è rappresentativa di un flusso pressoché regolare.

Per un dato progetto, relativamente ad un dato fiume, ed ad una zona del danno inoltre viene specificata la relazione tra portata e livello. Per questo tipo di funzione si deve scegliere il tipo di incertezza (funzione densità di probabilità) che si intende adottare; quelle più comuni sono:

-“normale”-una distribuzione di probabilità a due parametri: la media e la deviazione standard; è caratterizzata da una curva a campana simmetrica ed è applicabile a molti tipi di set di dati dove i valori più grandi o più bassi della media hanno la stessa probabilità. La distribuzione viene troncata a tre deviazioni standard. È anche chiamata Gaussiana.

-“triangolare”-una distribuzione di probabilità limitata a tre parametri: il massimo, il minimo, il più probabile.

-“normale logaritmica”-una distribuzione di probabilità a due parametri: media e deviazione standard. È una distribuzione non simmetrica applicabile a molti set di dati dove la maggior parte (più della metà) dei valori sono più bassi del valore medio.

Durante la fase di analisi idrologica verranno inoltre analizzati gli argini del fiume, la cui altezza è un parametro fondamentale che influenza l'intensità dello straripamento e quindi l'ammontare dei danni provocati. [7.6.17].

7.6.3 *Analisi Economica*

Per la valutazione dei danni, dopo l'analisi idrologica, sarà necessario implementare un'analisi economica. Prima di tutto dovrà essere definita la categoria del danno, poi il tipo di strutture che viene preso in esame.

La definizione della “categoria del danno” risulta utile per unificare diverse strutture che presentano caratteristiche simili. Tipiche categorie di danno possono essere: residenziale, commerciale, industriale, spazio aperto, strutture pubbliche. Per aggiornare il valore monetario di una struttura assegnata per una specifica categoria di danno verrà usato un indice di prezzo.

Per ogni “tipo di struttura” identificato viene definita la relazione percentuale tra profondità dell'acqua e danno, il valore della struttura, il rapporto tra il valore del contenuto della struttura ed il valore della struttura stessa, nonché altri rapporti come ad esempio quello tra il valore del danno ed il valore della struttura. La funzione profondità-danno definisce la percentuale della struttura danneggiata per un determinato livello di allagamento. Il danno percentuale viene moltiplicato per il valore della

struttura per ottenere un'unica funzione di profondità-danno relativa a quella specifica struttura; la profondità zero viene assunta coincidente con l'altezza del primo piano. Anche per la funzione profondità-danno deve essere definita l'incertezza; il tipo di incertezza da utilizzare deve essere scelto fra: normale, triangolare o normale logaritmica.

Utilizzando un "inventario" le strutture verranno assegnate ad una specifica categoria di danno, tipo di occupazione, fiume, e modulo strutturale. Il modulo viene usato per specificare quale progetto o anno di analisi deve essere usato per l'analisi dei danni; esso raggruppa gli inventari delle strutture per facilitare l'analisi. La definizione dei moduli strutturali deve essere effettuata prima di sviluppare gli inventari delle strutture. In un primo momento verrà utilizzato un modulo "base" che normalmente contiene strutture esistenti o strutture associate con la condizione di "senza-progetto" dell'anno base. I progetti associati con le varie condizioni future avranno differenti moduli per le strutture degli anni futuri. Ciò permette l'analisi delle alternative future. L'inventario delle strutture è quindi usato per definire una lista di attributi di unicità o gruppi di strutture rilevanti per l'analisi dei danni da allagamento. I dati contenuti nell' inventario vengono usati per calcolare la funzione di livello-danno relativamente ad una categoria di danno e ad un indice di posizione della zona soggetta al danno. Per ogni struttura verrà specificata la posizione lungo il fiume, la designazione della riva (la zona del danno può essere posizionata sulla riva destra, quella sinistra oppure su entrambe le rive del fiume), il suo valore economico (senza includere il contenuto), il valore del contenuto (senza includere il valore dell'edificio). [7.6.13].

7.6.4 Il doppio processo di valutazione

In questa fase verranno effettuare due tipi di analisi e valutati i risultati. Le due opzioni di analisi sono l'analisi individuale degli anni ed il calcolo del danno annuale equivalente. La valutazione del progetto per l'analisi dell'anno base e quella dell'anno futuro più probabile deve essere effettuata prima di compiere in calcolo del danno annuale equivalente per quello specifico progetto. Vengono quindi effettuate le analisi e calcolati i risultati usando le funzioni di valor medio ed associando l'incertezza per generare i valori attesi.

Grazie all'analisi individuale degli anni sarà possibile ottenere un serie di risultati come output.

Verrà calcolata la relazione tra probabilità di straripamento e la portata del fiume; la relazione tra probabilità di straripamento ed il livello dell'acqua; la relazione tra probabilità di straripamento ed il danno specificato per le diverse categorie di danno; la relazione tra probabilità di straripamento ed il danno totale medio e quindi l'associata riduzione del danno medio.

Infine verrà calcolato il danno annuale atteso (Expected Annual Damage) relativamente ad ogni progetto, il quale verrà utilizzato come mezzo di paragone tra i vari piani implementati.

Dopo aver effettuato l'analisi degli anni (quella dell'anno base e quella dell'anno futuro più probabile) si passa al calcolo del danno annuale equivalente. I danni da allagamento associati con uno specifico progetto sono calcolati in termini di media annuale equivalente. La procedura mira alla riduzione del danno annuale equivalente dall'inizio del periodo di analisi o dall'anno base. I valori del danno futuro vengono interpretati tra le condizioni dell'anno base e quelle dell'anno futuro più probabile ed assunti costanti dall'anno futuro più probabile sino alla fine del periodo di analisi. Il periodo di analisi (vita del progetto) è quel periodo di tempo al di là del

quale il progetto presenta benefici significativi oppure effetti negativi. [7.6.20].

7.6.5 HEC-FDA (Hydrologic Engineering Center- Flood Damage Analysis)



Il software più adatto per il tipo di analisi che si intende implementare è FDA-Flood Damage Analysis sviluppato dall' Hydrologic Engineering Center of America. Tale strumento è stato creato per assistere i membri del Centro nell'effettuare l' analisi del rischio da inondazione ed implementare quindi studi di riduzione del danno così come richiesto dalla normativa EM 1110-2-1419.

Il programma è in grado di memorizzare i dati idrologici ed economici necessari ad effettuare l' analisi, fornire uno strumento utile a visualizzare i dati di input e di output, calcolare con opportune procedure computazionali i danni annuali ed implementare quindi un' analisi del rischio.

Dopo l' inserimento dei dati il programma procederà al calcolo dei danni relativi alla situazione attuale e quelli relativi a situazioni caratterizzate dall' impiego di misure protettive (levee, floodwall,...) per poi determinare

la riduzione del danno confrontando i vari progetti alternativi con il progetto base (rappresentativo dello scenario attuale).

Per un corretto funzionamento, il software richiederà l' inserimento di dati idrologici (relativi al corso d' acqua preso in esame ed alle eventuali misure protettive prese in esame) e di dati economici (relativi alle strutture di cui si vuole calcolare il danno causato dal fenomeno dell' allagamento).

Per consentire un facile inserimento dei dati viene messa a disposizione un' interfaccia grafica (GUI-Graphical User Interface). (v. Fig.7.6.1):

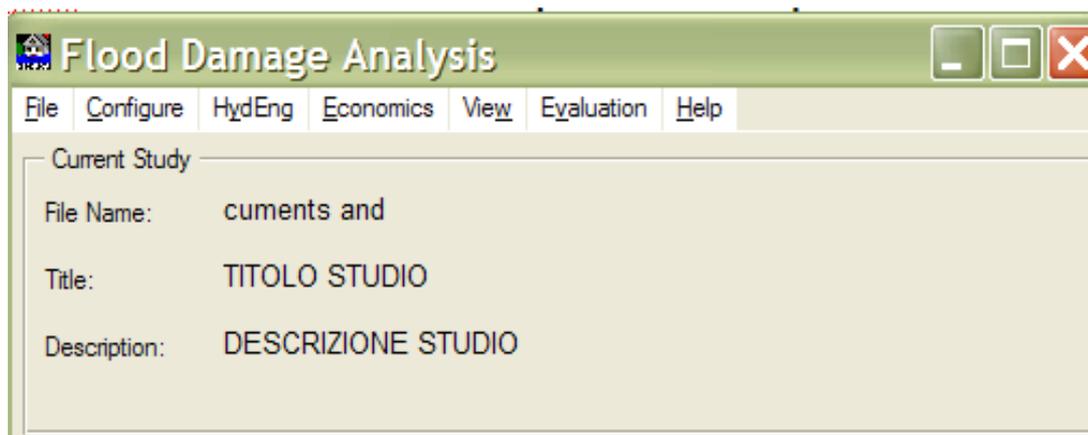


Fig.7.6.1- GUI: graphical user interface

Una volta definito lo studio che si intende implementare utilizzando l' elemento del menu principale "File" (verrà chiesto di inserire un titolo, una descrizione, eventuali note, un' indice di prezzo ed un' unità monetaria), si passa alla fase di configurazione ("Configure") che prevede l' inserimento di dati relativi al fiume preso in esame (Streams), alla zona dell' area di studio all' interno della quale si teme si possa verificare l' evento di straripamento (Damage Reaches), ai progetti che si intendono analizzare (il progetto di default è il "Without Project Condition, il progetto relativo allo scenario attuale che non prevede alcuna soluzione per la mitigazione del rischio). (v. Fig. 7.6.2).

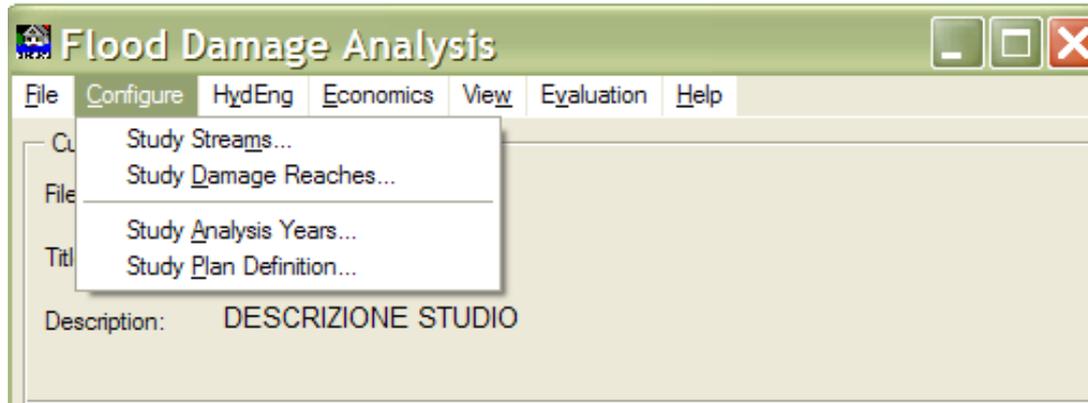


Fig.7.6.2- Configure

L' elemento del menu principale successivo è "HydEng", ovvero l' elemento in cui vengono inseriti i dati idrologici necessari per effettuare l' analisi. Verrà chiesto di definire il profilo della superficie dell' acqua (Water Surface Profile), cioè il livello della superficie dell' acqua per tutta la lunghezza del fiume associato ai valori di portata di un evento ipotetico oppure osservato, la funzione di probabilità di superamento (Exceedance Probability Function), che esprime la relazione tra probabilità di superamento ed i valori di portata o di livello, la relazione tra il livello delle acque ed il danno provocato (Stage-Damage Function), ed infine le caratteristiche degli argini (Levee Features). (v. Fig. 7.6.3).

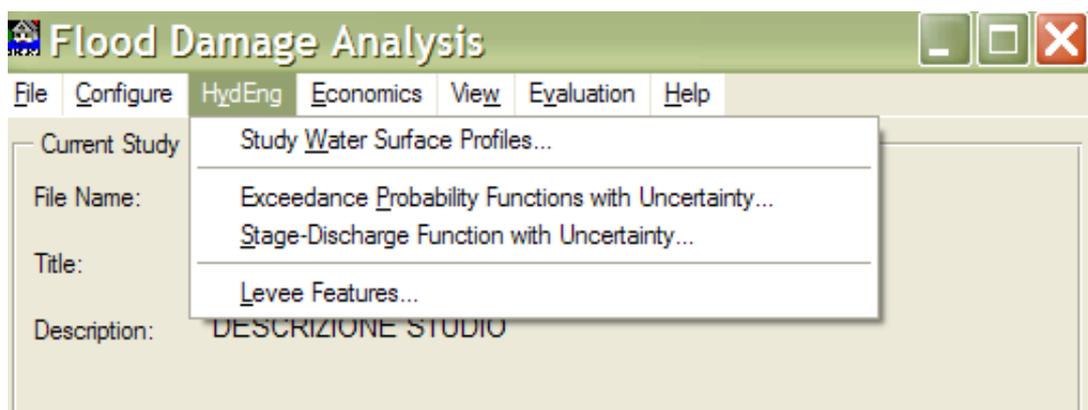


Fig.7.6.3- Hydrologic Engineering

Sotto l' elemento del menu "Economics" verranno inseriti i dati per effettuare l' analisi economica; è qui che viene generata la relazione tra il livello dell' acqua e l' ammontare del danno. Il software calcola questa relazione in funzione dei dati economici opportunamente inseriti. Verrà chiesto infatti di specificare la categoria del danno (Study Damage Category) per unificare diverse strutture aventi caratteristiche simili. Per ogni struttura presa in esame, inoltre, si dovrà inserire il valore del contenuto e della struttura stessa sotto l' elemento del menu "Study Structure Occupancy Types". (v. Fig.7.6.4):

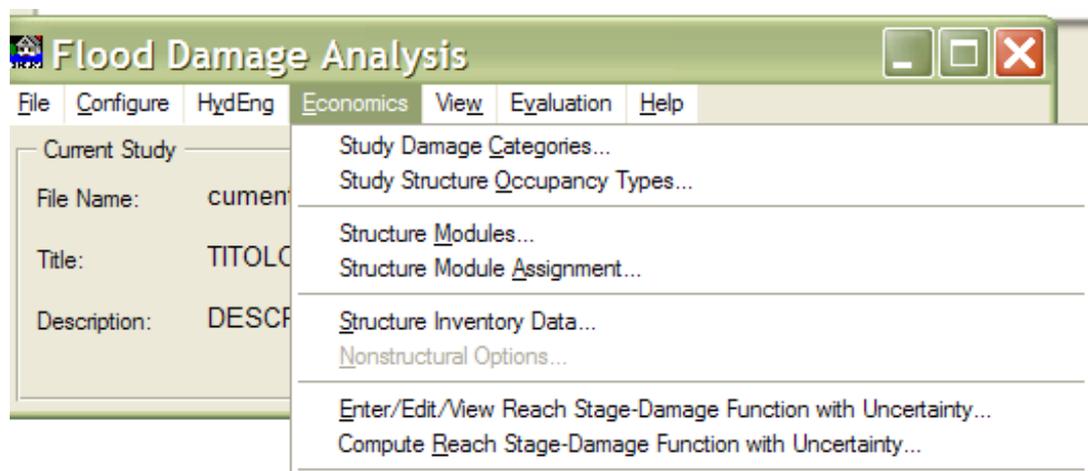


Fig.7.6.4- Economics

Infine, l' elemento del menu "Evaluation" consente di effettuare l' analisi individuale degli anni (Evaluation of Plans by Analysis Year), il calcolo del danno annuale equivalente (Equivalent Annual Damage Analysis), e vengono mostrati i risultati usando le funzioni di valor medio ed associando l' incertezza per generare i valori attesi. La procedura computazionale usata è la simulazione detta di "Monte Carlo". (v. Fig.4.5)

:

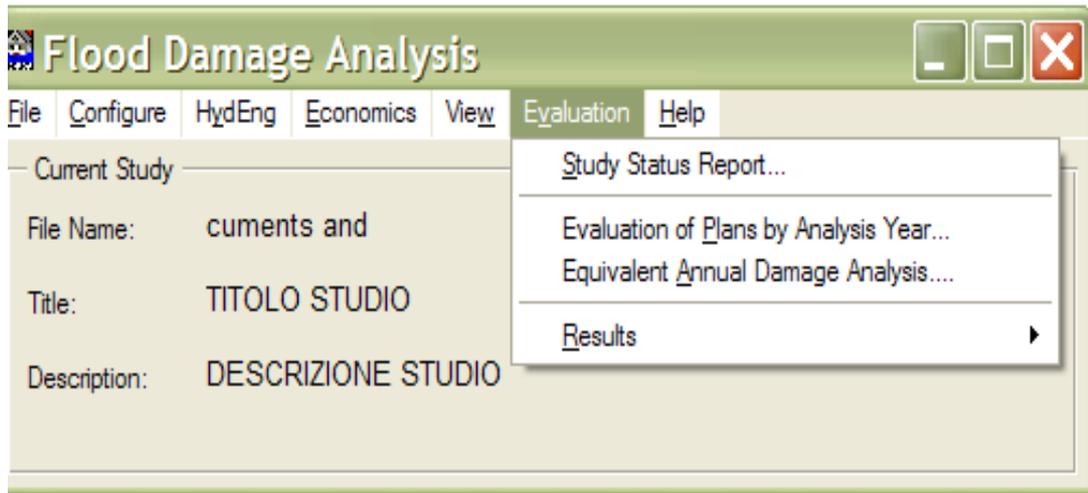


Fig.7.6.5- Evaluation

7.7 Bibliografia

[7.5.1] **A. Borghesi:** *La gestione de rischi in azienda.*

[7.5.2] **R. Prouty:** *Industrial insurance: a formal approach to risk analysis and evaluation*

[7.5.3] **W. Friedlander:** *Assessing Fire Loss Potential,*

[7.6.1] **Pistocchi, Ferrucci:** *Le analisi idrologiche - idrauliche per la pianificazione di bacino.*

[7.6.2] **Mosern D. A.:** *Risk Analysis Framework for evaluation of Hydrology/Hydraulics and Economics in Flood Damage Reduction Studies – Stage-Damage Uncertainty*

[7.6.3]. **Ennio Paris:** *Rischio idraulico : interventi per la protezione del territorio, 2004*

PARTE III

I CASI DI STUDIO

Capitolo 8

I RISCHI OPERATIVI: LA VERNICIATURA IN WHIRLPOOL

8.1 L'azienda e la sua dinamica evolutiva

Il percorso per migliorare un processo manifatturiero, può essere rappresentato come un cammino che attraversando varie fasi si conclude con il raggiungimento degli obiettivi preposti. Migliorare un processo può significare intervenire su di esso a vari livelli e con diverse finalità. La proposta di procedura sviluppata in questa tesi ha un obiettivo che in realtà è concreto e specifico: *la riduzione dei rischi dovuti al processo produttivo*, intendendo per rischi tutto ciò che può arrecare un danno economico all'azienda, sia in termini di inefficienza che di sinistrosità . Il processo su cui è stata implementata la procedura, riguarda la verniciatura, di mobili e frontali destinati alla produzione di lavatrici nello stabilimento Whirlpool Europe di Napoli. Prima di addentrarci nel vivo della trattazione, vogliamo dedicare alcune righe alla storia e alle dinamiche evolutive della Whirlpool Corporation. Fondata nel 1911 a Benton Harbor da Lou Upton, ha potuto affermarsi come la più grande produttrice e distributrice mondiale di grandi elettrodomestici. Il suo centro direzionale ha sede in Michigan (USA) e conta circa 62.000 dipendenti suddivisi nelle seguenti regioni:

- NAR Nord America
- Whirlpool America Latina
- Whirlpool Europe
- Whirlpool Asia.

I prodotti affidabili e il servizio che l'azienda offre da decenni hanno fatto dei principali marchi di Whirlpool, come Whirlpool, Bauknecht, KitchenAid e Brastemp, sinonimi di "eccellenza", consentendo di avere ottimi risultati operativi:

- Entrate: 10 Mld USD
- Utile: 367 Mln USD
- Pezzi venduti: 38 Mln di Unità
- Commercializzazione: 170 paesi.
- Produzione: 13 paesi in 4 continenti.

Ma Whirlpool Corporation con spirito rinnovato, si prepara a rafforzare ancora la propria posizione nel mercato globale mantenendo gli elevati standard qualitativi di sempre.

Il processo di crescita che le ha permesso di trasformarsi da azienda prettamente nord-americana in leader globale è il risultato di un'impostazione strategica decisa alla metà degli anni ottanta. A quell'epoca quattro aziende si contendevano il mercato nord-americano dei grandi elettrodomestici, le cui vendite si aggiravano intorno ai 40 milioni di unità l'anno. Tutte e quattro erano forti, agguerrite e intenzionate a conquistarsi una fetta più larga di un mercato che, secondo le previsioni, sarebbe cresciuto ben poco nei dieci anni successivi. Whirlpool era fra queste. Incapace di trovare un ulteriore potenziale di crescita sul mercato USA e decisa a non accettare lo status quo, l'azienda avviava una valutazione sistematica delle opportunità esistenti in altre parti del mondo, sia nell'industria degli elettrodomestici che altrove.

Contemporaneamente Whirlpool stabiliva i parametri su cui si sarebbero dovute basare le future decisioni dell'azienda. Le nuove attività avrebbero dovuto fornire opportunità di crescita, consolidare i punti di forza esistenti

ed essere guidate dal mercato. In debita considerazione sarebbe stata tenuta anche qualsiasi opportunità di leadership.

Una volta stabiliti i parametri di crescita e raccolti i dati di studio, l'azienda decise di continuare a concentrarsi sui grandi elettrodomestici ma di espandersi in mercati dove non era ancora presente. Obiettivo: conquistare la leadership mondiale in un settore in rapida globalizzazione, che registrava ogni anno la vendita di oltre 235 milioni di unità per un valore di circa 70 miliardi di dollari. Rapidamente vennero concluse importanti acquisizioni in Europa, la costituzione di joint venture con società messicane e indiane e un aumento della partecipazione azionaria ad aziende canadesi e brasiliane.

Durante i primi Anni Novanta Whirlpool prosegue la sua espansione in Europa e America Latina, stabilendo una presenza di mercato a livello di produzione e commercializzazione anche nell'Europa Centro-orientale. Infatti nel 1989 è creata una Joint Venture tra Philips e Whirlpool; nasce Whirlpool International B. V.

Nel 1991 poi si perfeziona la JV con l'acquisizione totale delle azioni Philips. Per consentire inoltre, una migliore gestione del settore dei piccoli elettrodomestici a livello globale viene costituita la Small Appliance Business Unit. All'inizio degli anni Novanta, Whirlpool comincia a perseguire una strategia di espansione in Asia e nel 1995 è già presente in India, Cina e Sud Est Asiatico. Solo Whirlpool Corporation ha la capacità globale di soddisfare le richieste dei consumatori di elettrodomestici appartenenti a comunità così diverse tra loro come quelle di Bombay, Buenos Aires, Berlino e Baltimora. Il mercato globale dell'azienda è quattro volte il mercato nordamericano per dimensioni e il suo tasso di crescita è il doppio di quello del mercato nordamericano.

Lavorando su una piattaforma globale, Whirlpool può ottenere il massimo impatto delle proprie iniziative operative. In tutte le regioni e i Paesi dove è presente, Whirlpool cerca di impostare gli standard in base ai quali vengono

misurate le prestazioni del settore globale dei grandi elettrodomestici. A tale scopo l'azienda persegue vigorosamente gli obiettivi del proprio sistema di Eccellenza Operativa, che le garantisce costanti progressi qualitativi e quantitativi nelle proprie attività. In tutti i paesi in cui Whirlpool opera, l'obiettivo è quello di essere sempre più vicini alle esigenze dei consumatori offrendo marchi e servizi altamente affidabili.

8.2 Organigramma e inquadramento generale del sito di Napoli

Whirlpool Europe Srl produce lavabiancheria per uso domestico (ca 3.800 unità/gg.lla), impiegando circa 700 addetti suddivisi in due turni lavoro (occasionalmente viene eseguito anche un terzo turno di lavoro). In via cautelativa è definito in 1 Km, distanza dal mare e dagli edifici residenziali, il raggio della superficie d'influenza del sito industriale, in relazione all'ambiente. Lo stabilimento si dispone, dal punto di vista planimetrico, su due aree adiacenti, attraversate da via Tavernola (sopraelevata). I reparti produttivi sono raggruppati in due capannoni, corpi principali dell'attività, posti in una delle due aree (quella di superficie maggiore); nella seconda area (di minore superficie) sono allocati gli uffici amministrativi, la Direzione (Plant Manager), la mensa del personale, i parcheggi e le aree per il tempo libero (campo da tennis). La struttura organizzativa dello stabilimento invece è evidenziabile dall'organigramma alla pagina seguente.

8.3 Descrizione del ciclo produttivo

I processi produttivi principali sono identificati nel modo seguente (vedi figura 8.2).

Reparto stampaggio, sono eseguiti i processi primari di lavorazione della lamiera, per lo stampaggio (mediante presse) di alcuni componenti metallici;

Reparto cestelli, sono eseguite le lavorazioni meccaniche sulle lamiere d'acciaio per la realizzazione dei componenti primari: bocca fondo, mantello;

Reparto mobili/frontali, sono eseguite operazioni di stampaggio ed assiemaggio/saldatura;

Reparto verniciatura, viene eseguita la verniciatura dei mobili e dei frontali delle lavabiancheria;

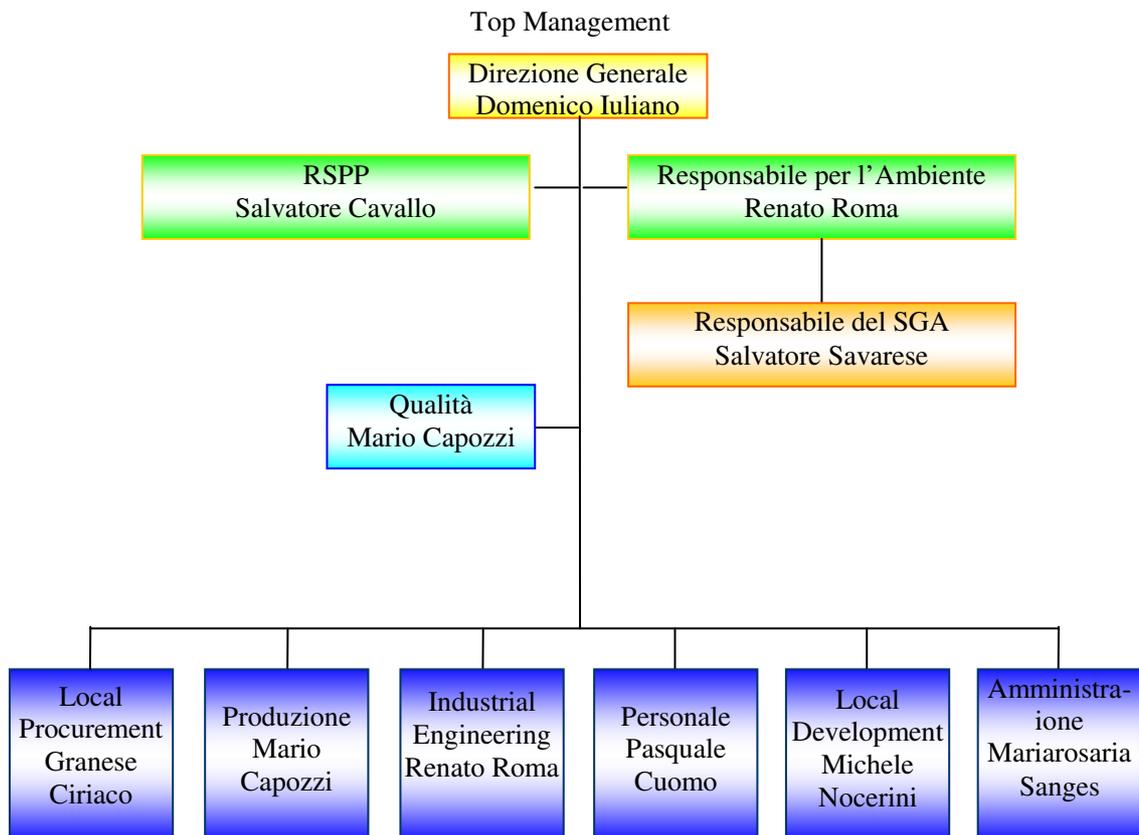


Figura 8.1: Organigramma aziendale

Il processo di verniciatura si articola a sua volta nelle seguenti fasi:

- **Pretrattamento** durante la quale si eseguono le seguenti lavorazioni:
 - 1° e 2° grassaggio;
 - 1° lavaggio caldo con 2° e 3° lavaggio (attivazione), successiva fosfatazione con primo lavaggio normale ed ulteriore lavaggio con acqua demineralizzata;

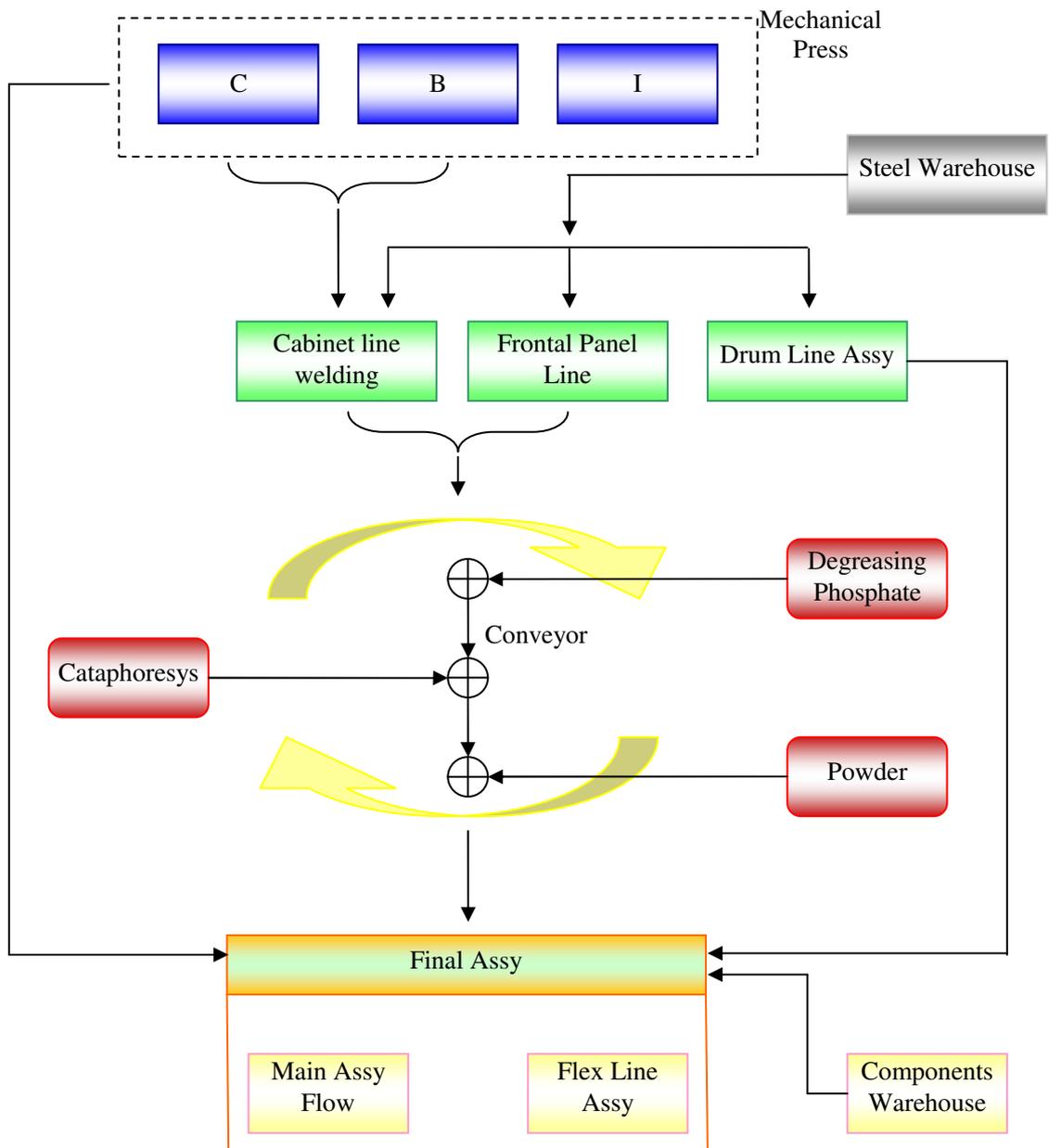


Figura 8.2: Il ciclo produttivo

- **Cataforesi:** Applicazione cataforetica delle vernici in soluzione acquosa. La soluzione è al 10% di residuo secco di resine epossidiche ed il consumo max di vernice è di 42 Kg/h;
- **Asciugatura:** alla temperatura di 160 °C, con aria calda;
- 2° trattamento di verniciatura, mediante **applicazione elettrostatica di vernice in polvere;**
- **Cottura delle vernici,** alla temperatura di 200 °C in un forno alimentato a metano.

Reparto di Montaggio, dove si effettuano le seguenti lavorazioni:

- Ingresso, accettazione e stoccaggio componenti di produzione esterna;
- Preassiemaggio dei componenti interni;
- Assemblaggio finale e collaudo delle lavabiancheria;
- Controllo statistico di qualità
- Physical Distribution.

8.4 Analisi del processo di verniciatura di mobili e frontali per lavatrici

L'obiettivo che abbiamo stabilito, di identificare e gestire in modo strategico i rischi di processo, implica la conoscenza precisa dell'unità di verniciatura. La domanda a cui si doveva trovare una risposta era: da quale attività all'interno del processo di verniciatura provengono i rischi da cui possono scaturire dei danni?

La complessità dell'intero processo di verniciatura richiedeva uno strumento che garantisse un'analisi approfondita di tutte le attività e delle variabili agenti sul processo. L'utilizzo della mappatura del processo ha consentito di individuare, valutare e classificare tutte le attività del processo di verniciatura, fondamentale per l'implementazione di un piano di identificazione. Il primo passo nella definizione della mappatura del processo di verniciatura è quello di elencare tutti

gli input generali e le maggiori variabili di output. Questa operazione si è rilevata delicata e complessa. L'individuazione di tutte le variabili di ingresso ed uscita in un processo molto complesso come quello di verniciatura è stata una fase molto delicata per due motivi:

- ✓ Elevato numero di variabili;
- ✓ Assenza di una documentazione precedente che descrivesse il processo.

La natura stessa di tutte le attività del processo di verniciatura fa sì che, le variabili in gioco, siano molte e non facilmente individuabili e misurabili. L'approccio utilizzato è stato quello di sentire il maggior numero di persone, nell'ambito di diversi turni, al fine di non avere una visione limitata, bensì una visione più completa e precisa. Il risultato di questa indagine sulle variabili generali che interessavano il processo (schematizzato nella figura alla pagina seguente) è stato l'impulso per identificare le attività non critiche ossia a valore aggiunto (non possono causare danni al processo anzi lo alimentano) e quelle critiche a non a valore aggiunto (le quali nella maggior parte dei casi sono attività da eliminare, da ridimensionare o da gestire in maniera strategica).

Una volta realizzata quest'analisi, la fase successiva è stata quella di individuare e classificare le variabili intervenenti sul processo, per ognuna di esse infatti sono state individuate e classificate tutte le variabili in ingresso ed uscita. Lo studio approfondito del processo, dei manuali della strumentazione facente parte di esso e le interviste fatte agli operai, hanno permesso di costruire una documentazione attendibile e utile come input per le fasi successive.

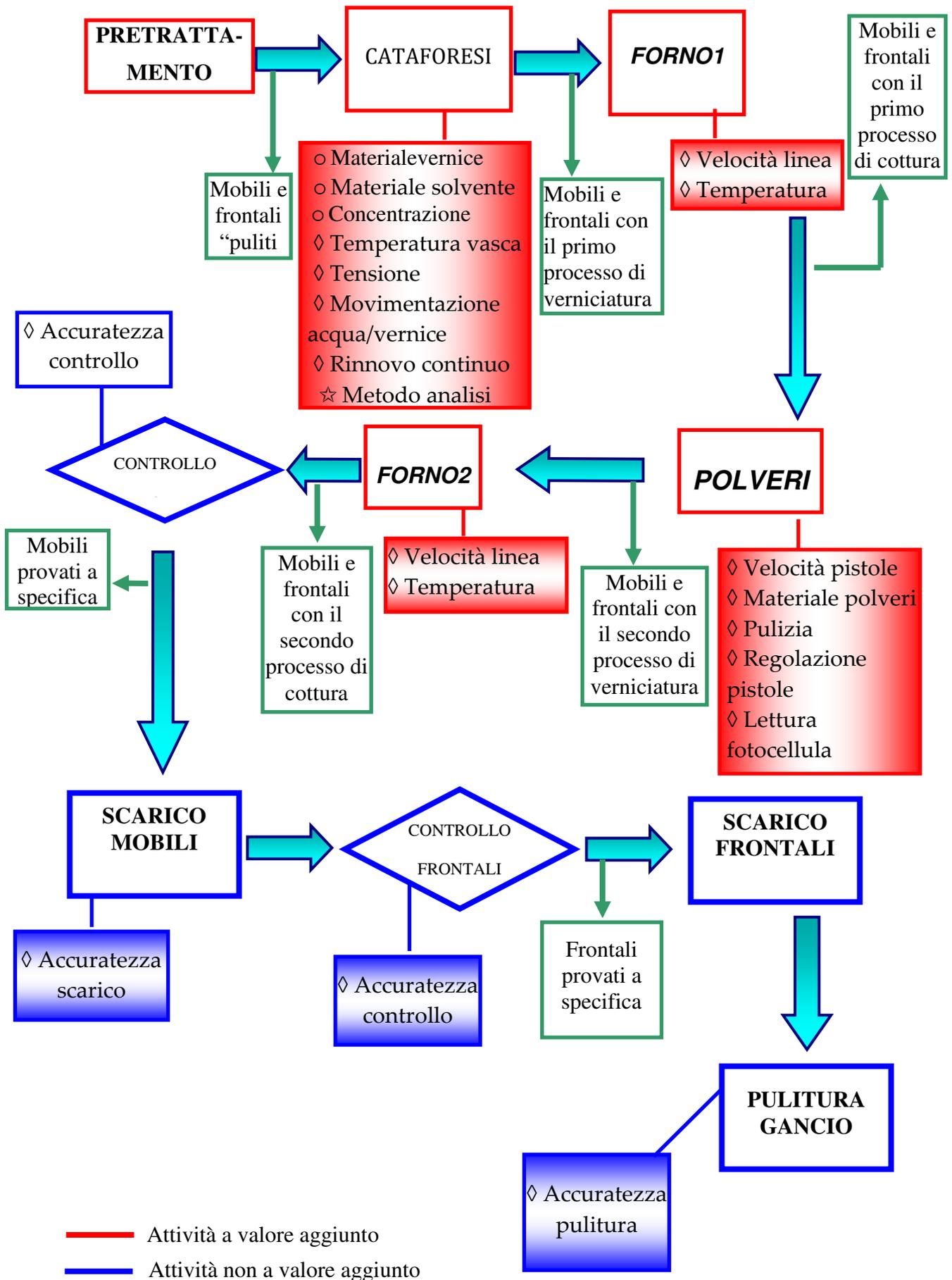


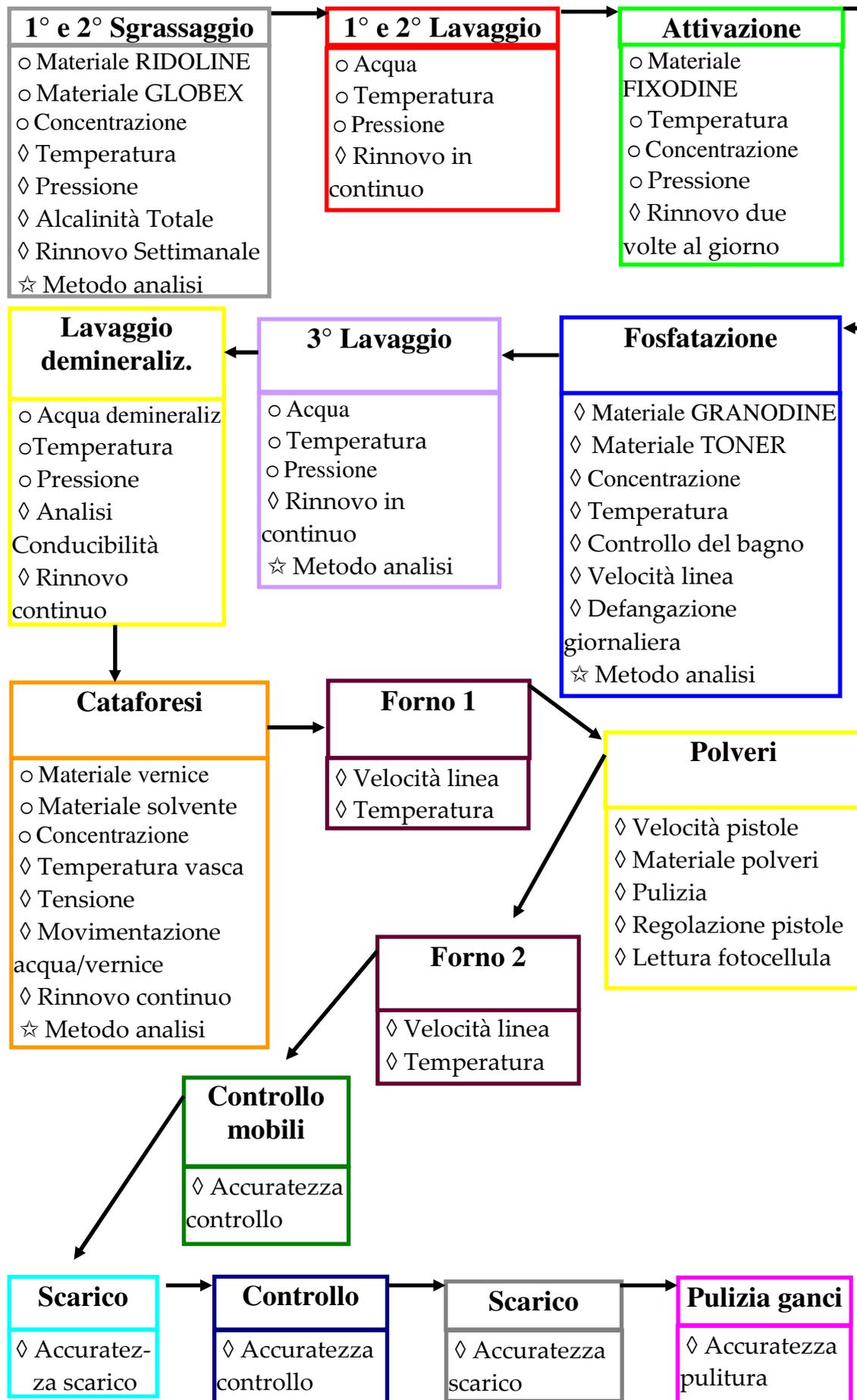
Figura 8.3: Le variabili di input e di output del processo

Il risultato dell'analisi che mostreremo, porta alla definizione della mappatura del processo, che ha permesso nel corso del lavoro svolto di avere sempre conoscenza di tutte le variabili e procedure della fase che si stava analizzando. Di seguito portiamo la simbologia usata per la classificazione delle variabili:

◇ PARAMETRO CRITICO	↑ RUMORE
☆ SOP	○ PARAMETRI DI PROCESSO

I vantaggi ottenuti con il risultato di questo studio approfondito sul processo sono state molteplici. Non è pensabile infatti, agire su un processo tentando di migliorarlo senza conoscerlo o in assenza di informazioni precise. Avere una buona mappatura ha consentito di eliminare dalle analisi successive tutte le attività e variabili che non erano fonte di rischio. D'altra parte lo studio ha permesso di identificare e classificare variabili intervenenti sul processo di cui non si aveva alcuna informazione. Inoltre la mappatura del processo per le sue caratteristiche è uno studio che permetterà nuovi interventi sullo stesso e sulle sue attività.





8.4.1 Analisi del pretrattamento

Nella precedente analisi si sono evidenziate le unità a valore aggiunto e gli elementi critici (fonte di rischi per l'unità stessa) connessi. Anche se in un'ottica di *Total Quality* tutte le unità di un processo produttivo, devono essere analizzate ed ottimizzate, si è maggiormente approfondita l'analisi per le unità a valore aggiunto poiché in quanto tali, ribalterebbero direttamente la proprie inefficienze sul prodotto finale. Quindi necessitano di un'attenzione maggiore, prima perché possono essere fonte di sinistrosità aziendale e secondo possono causare anche problemi o danni a terzi, in questo caso il cliente che acquista il prodotto. Per quanto detto, abbiamo approfondito il processo di identificazione per tali unità nell'intento di poter apportare dei miglioramenti preventivi, dei controlli o altre strategie di risk management e per poter effettuare in seguito opportune misurazioni dell'entità dei danni che ha potuto causare una specifica unità (intercettata con il processo di identificazione). Cominciando dal pretrattamento abbiamo sviluppato di nuovo una flow-chart (vedi la figura alla pagina seguente), dalla quale si rilevano tutte le attività svolte nell'unità di pretrattamento, nella sequenza che necessita al processo produttivo. Fatto ciò siamo passati alla stima del rischio per poi dati permettendo, implementare una procedura di misurazione dalla quale determinare il valore economico dei danni dovuti ai rischi identificati. Al fine di stimare il rischio per l'unità di pretrattamento occorre fare delle osservazioni preventive, ossia che il rischio, da analisi dei dati aziendali in merito all'unità è legato molto agli agenti usati, sia chimici che naturali. Infatti i parametri critici come la temperatura, la pressione il rinnovo (settimanale e non) sono da considerarsi fonti di rischio proprio per gli effetti che gli agenti possono determinare se tali valori non rispettano specifiche di processo. Per ottenere una determinazione numerica del rischio di tale unità, abbiamo implementato una metodologia qualitativa (che utilizzeremo anche per altre unità) a cui dedichiamo il seguente paragrafo per spiegarne lo sviluppo, dopodiché proseguiremo con l'indagine.

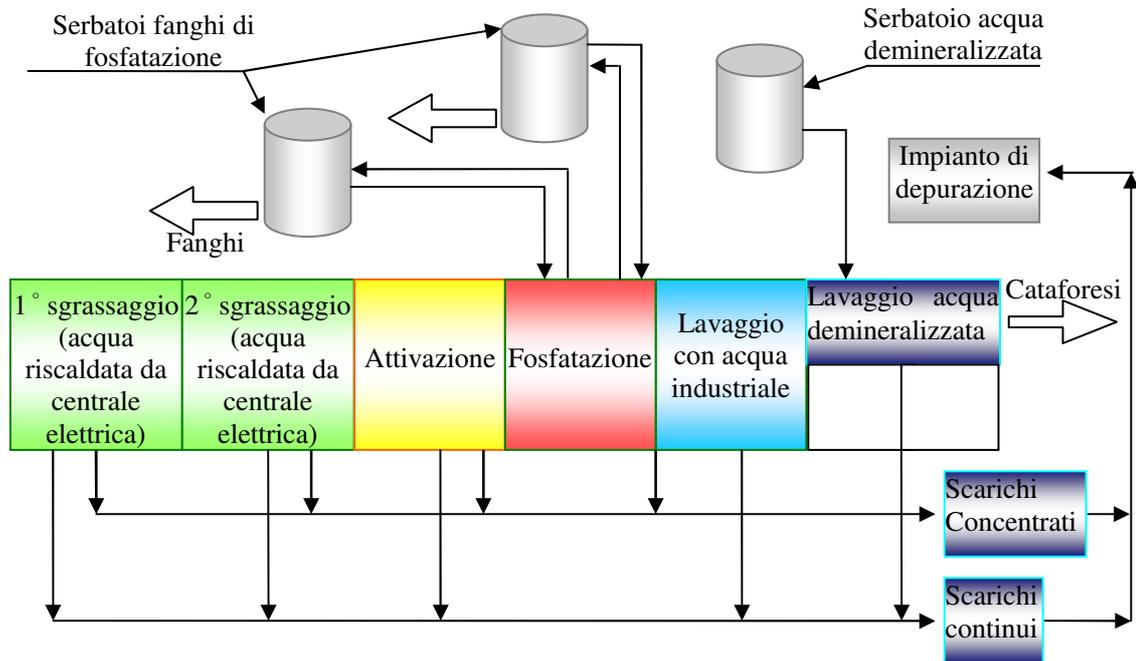


Figura 8.4: Processo di verniciatura: Pretrattamento

8.5 La procedura adoperata per il calcolo del rischio degli agenti chimici del processo¹⁷⁷

Il modello proposto è una modalità di analisi che consente di eseguire una valutazione del rischio da agenti chimici senza procedere a misurazione degli agenti stessi, attuando un percorso facilitato atto a consentire la classificazione di specifiche attività al di sopra o al di sotto della soglia del **“rischio moderato”**: tale definizione proviene dalla traduzione della Direttiva 98/24/CE che, negli altri Paesi UE è stato univocamente definito come rischio *basso* o *irrilevante* [leve (SP), slight (GB), fieble (E), baixo (P), micro (GR)]. Analogamente ad altri modelli teorici, il rischio R è il prodotto del pericolo P per l’esposizione E (Hazard x Exposure) $R = P \times E$. Il pericolo P rappresenta l’indice di Pericolosità Intrinseca di una sostanza o di un preparato, indipendente dai livelli a cui le persone sono

¹⁷⁷ Modello implementato dagli assessorati alla Sanità delle regioni Emilia Romagna, Lombardia, Toscana, per la formulazione qualitativa-quantitativa riferita al rischio tossicologico dell’esposizione per via inalatoria e per via cutanea.

esposte, e viene identificato con le frasi di rischio R a cui è stato assegnato un punteggio (score (D.Lgs. 52/97, 285/98 e nei Decreti Ministeriali 28/04/1 997 e 14/06/2002). L'esposizione E rappresenta il livello di esposizione dei soggetti nella specifica attività lavorativa, e per la definizione di E sono presi in considerazione:

- Tipo;
- Durata dell'esposizione;
- Modalità di esposizione;
- Quantità in uso;
- Eventuali misure preventive/protettive adottate.

In base a tali parametri, il Rischio R può essere calcolato separatamente per le esposizioni di tipo inalatorio e/o di tipo cutaneo, secondo le seguenti formule tipo:

$$R_{inal} = PXE_{inal}$$

$$R_{cute} = PXE_{cute}$$

Qualora un agente chimico pericoloso contempra la possibilità di assorbimento contemporaneo per entrambe le vie di esposizione, il rischio cumulativo di tali esposizioni si ottiene tramite il seguente calcolo:

$$R_{cum} = \sqrt{R_{inal}^2 + R_{cute}^2}$$

Gli intervalli di variazione di R risultano compresi tra 0,1 e 100 per il rischio di esposizione inalatoria, tra 1 e 100 per il rischio di esposizione cutanea ed infine tra 1 e 141 per il rischio di esposizione cumulativa. Gli indici di esposizione E invece, si determinano mediante il prodotto del sub-indice I relativo all'intensità dell'esposizione x il sub-indice d , riferito alla distanza del lavoratore dalla

sorgente di intensità. Il calcolo del sub-indice d, peraltro, comporta l'applicazione di modelli in matrice ai seguenti gruppi di variabili:

- proprietà chimico-fisiche del prodotto/preparato;
- quantità in uso;
- tipologia d'uso;
- tipologia di controllo;
- tempo di esposizione;

8.5.1 Sub-indice I

8.5.1.1 Proprietà chimico fisiche

Le proprietà chimico-fisiche di un preparato e/o di un prodotto, consuetamente reperibili nelle schede tecniche di sicurezza di commercializzazione dello stesso, sono indispensabili per definire i livelli di disponibilità del preparato stesso in aria, essendo in funzione della volatilità dei liquidi e della ipotizzabile o conosciuta granulometria delle polveri. In base a tali proprietà, si conviene che il livello di disponibilità correlato alle proprietà chimico-fisiche risulti **basso** per i preparati/prodotti allo stato solido, aventi largo spettro granulometrico, **medio** per i solidi granulari o cristallini con polveri rapidamente depositate (tipo zucchero granulare, detersivi in polvere, etc.) e **alto** nel caso di polveri fini e leggere, contraddistinte dalla caratteristica di bassa velocità di sedimentazione (cementi, toner di fotocopiatrici etc.). Nel caso di preparati liquidi, i soprascritti gradi di disponibilità risultano perfettamente correlati ai valori di bassa, media e alta volatilità della sostanza liquida: in particolare, si intendono a media volatilità i liquidi la cui temperatura di ebollizione è compresa tra il quintuplo della temperatura operativa + 50 °C ed il doppio della temperatura operativa + 10 °C; sono a bassa volatilità quelli con temperatura di ebollizione inferiore al quintuplo della temperatura operativa + 50 °C, e ad alta volatilità quelli la cui temperatura di

ebollizione è inferiore al doppio della temperatura operativa + 10 °C. Appare ovvio, quindi, che nel caso di impiego di sostanze organiche liquide la temperatura di esercizio alla quale viene impiegato il preparato risulta fondamentale per valutare la dispersione in aria dei vapori del prodotto stesso.

8.5.1.2 Quantità in uso

Per quantità in uso si intende la quantità di agente chimico/preparato effettivamente presente nell'ambiente di lavoro e destinato — con qualunque modalità — all'uso su base giornaliera. Si ricorda infatti che per molti agenti chimici è stato definito un valore di TLV-STEL (*Threshold limited value — short term exposure level*), che rappresenta il livello di concentrazione massima per un periodo non superiore a 15' nell'arco della giornata lavorativa cui un lavoratore può essere esposto senza incorrere in danni immediati per la salute (intossicazione). Nel modello algoritmico proposto dalla Regione Emilia Romagna, vengono identificate 5 classi, così suddivise:

- inferiore a 0,1 Kg;
- compreso tra 0,1 e 1 Kg;
- compreso tra 1 e 10Kg;
- compreso tra 10 e 100 Kg;
- superiore a 100 Kg.

8.5.1.3 Tipologia d'uso

Come noto, la possibilità di dispersione in aria di un agente è in diretta corrispondenza alle modalità di utilizzo, che nell'ambito del presente modello corrispondono a possibilità crescenti di dispersione, a seconda delle seguenti tipologie del punto di sorgente:

- Uso in sistema chiuso;
- uso in inclusione di matrice;
- uso controllato e non dispersivo;
- uso con dispersione significativa.

8.5.1.4 Tipologia di controllo

Le misure di prevenzione e protezione di carattere generale, adottate dal datore di lavoro in ottemperanza alla normativa nazionale in materia di tutela della salute, in questo modello algoritmico vengono individuate per cinque grandi categorie, la cui efficacia di controllo è decrescente secondo il seguente ordine:

- Contenimento completo;
- ventilazione-aspirazione locale;
- segregazione-separazione;
- diluizione-ventilazione;
- manipolazione diretta.

8.5.1.5 Tempo di esposizione

In accordo al disposto del cit. D.Lgs. 25/02, anche la durata dell'esposizione è fattore di estrema influenza sulla relativa intensità; al fine di schematizzare le diverse tempistiche, nel modello algoritmico adottato vengono individuati 5 intervalli di tempo, che comunque devono essere identificati su base giornaliera, indipendentemente dalla frequenza d'uso su basi temporali più ampie (settimana/mese/anno), e ciò sempre in relazione ai TLV-STEL cui si è precedentemente fatto cenno:

- Inferiore a 15' in una giornata lavorativa;

- Tra 15' e 2 ore in una giornata lavorativa;
- Tra 2 e 4 ore in una giornata lavorativa;
- Superiore a 6 ore in una giornata lavorativa.

8.5.2 Sub-indice d

Le modalità di esposizione, e quindi le relative intensità, sono anche in stretta relazione alla distanza dell'operatore dalla sorgente dell'agente di rischio; il modello algoritmico adottato prevede un fattore demoltiplicativo del sub-indice di intensità I determinato in funzione delle variabili di matrice di cui ai sottoparagrafi precedenti, secondo la seguente tabella:

Distanza in metri	Valori di d
< 1 m	1
da 1 m a < 3	0,75
da 3 m a < 5	0,5
da 5 m a <10	0,25
≥ 10 m	0,1

Come si può notare, tale stima algoritmica ritiene comunque *moderata* un'esposizione la cui sorgente risulti ubicata a più di 10 m. di distanza dall'operatore.

8.6 Valutazione del rischio dovuto ad agenti chimici presenti nelle procedure di pretrattamento.

L'analisi dei rischi che stiamo per implementare, è riferita al personale operante nell'unità di pretrattamento e precisamente al conduttore dell'impianto di fosfatazione. Il quale, mediante una postazione mobile, lungo la linea, effettua il controllo delle caratteristiche dei bagni di fosfatazione e di campionatura delle soluzioni. Detto ciò e volendo valorizzare sia l'efficacia delle informazione che

sinteticità della trattazione, svilupperemo una tabella suddivisa in quattro colonne in cui considereremo:

1. Il preparato in uso;
 2. la frase di rischio (specificata nel paragrafo 8.5) ad esso associata;
 3. il rischio;
 4. il pericolo intrinseco associato alla specifica frase di rischio;
- come si evidenzia di seguito.

PREPARATI IN USO	FRASI DI RISCHIO	R	P
Globex Plus 09	Sostanze e preparati non classificati pericolosi il cui impiego e tecnologia comporta una bassa emissione di almeno un agente chimico pericoloso per via cutanea e/o per ingestione appartenente ad una qualsiasi categoria di pericoli.	NC17	1,25
Ridoline G1	Sostanze e preparati non classificati pericolosi il cui impiego e tecnologia comporta una bassa emissione di almeno un agente chimico pericoloso per via cutanea e/o per ingestione appartenente ad una qualsiasi categoria di pericoli.	NC17	1,25

(Continua alla pagina seguente)

PREPARATI IN USO	FRASI DI RISCHIO	R	P
Fixodine	Sostanze e preparati non classificati pericolosi il cui impiego e tecnologia comporta una bassa emissione di almeno un agente chimico pericoloso per via inalatoria con score $< a 3,00$ e $\geq a 2,10$.	NC17	1,25
Granodine	Provoca gravi ustioni.	R35	5,85
Toner 3031	Tossico per ingestione.	R25	2,5

Proprietà chimico fisiche:	Solido alta granulometria/nebbie		Disponibilità
	Liquido a bassa volatilità	X	
	Liquido a medio-alta volatilità		
	Gas/vapori		
Quantità in uso:	< 0,1 Kg		4
	0,1 – 1 Kg		
	1 – 10 Kg		
	10 – 100 Kg		
	≥ 100 Kg	X	
Tipologia d'uso:	Sistema chiuso		uso
	Inclusione in matrice	X	
	Uso controllato non dispersivo		
	Uso dispersivo		
Tipologia di controllo:	Contenimento completo		Compensazione
	Aspirazione localizzata		
	Segregazione/separazione		
	Ventilazione generale	X	
	Manipolazione diretta		
Tempo di esposizione:	< 15 min		Intensità
	Tra 15 min e 2 ore	X	
	Tra 2 ore e 4 ore		
	Tra 4 ore e 6 ore		
	> 6 ore		
Distanza:	< 1 m	X	Fattore distanza
	Da 1 a 3 m		
	Da 3 a 5 m		
	Da 5 a 10 m		
	> 10		
Esposizione cutanea in funzione della tipologia d'uso	Nessun contatto		E cute
	Contatto accidentale	X	
	Contatto discontinuo		
	Contatto esteso		

Dallo sviluppo della procedura si ottengono gli indici di esposizione inalatoria e cutanea di seguito riportati, i quali ci consentiranno di determinare i corrispondenti rischi e il correlativo rischio cumulato.

Indice di esposizione inalatoria E_{INAL}	7,00	Indice
di esposizione cutanea E_{CUTE}	3,00	

Indice di pericolo	3,01
Rischio inalatorio R_{INAL}	21,04
Rischio cutaneo R_{CUTE}	9,02
Rischio chimico cumulato R_{CUM}	22,89

0,1 < R < 15	Rischio moderato
15 < R < 21	Rischio probabilmente moderato
21 < R < 40	Rischio non moderato
40 < R < 80	Rischio elevato
R > 80	Rischio grave

Dall'analisi dei risultati si percepisce che il rischio da agenti chimici associato alla sola unità di pretrattamento, non è un rischio irrilevante ma neanche catastrofico e di urgenza imminente, ma di entità media. Esso ci orienta verso strategie (che poi svilupperemo) di trasferimento, per la probabilità di possibili richieste di risarcimento dovute ad ipotetici danni scaturiti dalla permanenza prolungata nelle unità oggetto di analisi, ma anche strategie di tipo preventivo, come ipotetici turn-over del personale a intervalli di tempo prefissati, che appunto mirano a ridurre la permanenza degli stessi individui nell'unità oltre ad una serie di interventi di protezione e di linee guida già intraprese dall'azienda.

nel bagno. Il pezzo funziona da catodo (polo negativo) e l'anodo viene inserito nella vasca, in forma di lamine d'acciaio inox. Il rivestimento si forma nello strato contiguo alla superficie del pezzo per la presenza della resina epossidica, resina di natura basica insolubile in acqua, che coagula come rivestimento continuo. La vasca è collegata a terra (evitando così un cortocircuito) e quindi protetta internamente a mezzo di epossidiche senza solventi, applicate su acciaio sabbiato per ottenere una maggiore adesione e durata. La circolazione del bagno (circa 5 volte all'ora il volume totale della vasca) viene eseguita mediante pompe, in fusione di ghisa o in acciaio con guarnizione ad anello. Come liquidi di diluizione sono impiegati l'ultrafiltrato (come si vede in figura) o l'acqua demineralizzata. I filtri facenti parte del sistema di circolazione del bagno sono montati su strutture in polipropilene. Gli scambiatori di calore, in acciaio di alta qualità, servono a mantenere costante la temperatura del bagno a 30/35°C (abbastanza basse per innescare incendi o esplosioni). Nelle dialisi (vedi figura), sono montati gli anodi, per i quali si ha un rapporto di superficie rispetto ai pezzi immersi nel bagno circa 1:4 a 1:6. Inoltre le tubazioni del circuito dell'anolita sono realizzate in materiale trasparente (per esempio PVC) in modo d'avere un controllo ottico del circuito pre ogni cella. Invece le tubazioni di adduzione e di trasporto dalle celle sono in acciaio inox, poiché esse devono essere messe a terra. Il raddrizzatore di corrente deve dare una corrente continua con oscillazioni inferiori al 5%. Le tensioni utilizzate vanno da 300 a 500 V, mentre la corrente può variare da 8 a 15 A/m². Per far fronte a quest'ultima fonte di rischio si per la struttura che per il personale sono sviluppate rigide linee guida di tipo procedurale per gli addetti del reparto e per la manutenzione dello stesso, a conferma di inesistente denunce di sinistro a tale rischio collegate. La durata del ciclo di rivestimento, partendo dal momento in cui il pezzo è completamente immerso, è di circa 120 sec. Il pezzo entra nel bagno ancora senza tensione. Per poter smorzare il picco di corrente che si genera all'inizio del processo di deposizione, il raddrizzatore deve essere munito di un limitatore di corrente, in modo che la tensione di deposizione abbia un andamento costante. Nel caso debba esserci rischio di sottotensione, è cosa saggia applicare nella zona di immersione un voltaggio di 250 V

sopra gli anodi. Come particolare importante dell'impianto accenniamo al circuito dell'ultrafiltrato (vedi figura) e della zona UF-risciacquo. Il contenitore per il filtrato puro è rivestito e le pompe hanno una guarnizione ad anello scorrevole a doppio effetto, nella quale come liquido di chiusura è utilizzato lo stesso filtrato puro o acqua demineralizzata. Per un buon risciacquo inoltre sono necessari da 0,6 a 0,8 l/ m² di filtrato puro per metro quadro di superficie rivestita. Esso ha un'azione passivante con la quale viene fortemente ridotta la possibilità di formazione di ruggine nascente sugli spigoli e nelle zone di lamiera più sensibile all'ossidazione. Dopo la suddetta passivazione l'impianto deve prevedere un'ultima zona di risciacquo con acqua demineralizzata, per impedire l'inquinamento del bagno con tracce di soluzione passivante. Anche l'impianto di passivazione è in materiale inossidabile. Questo vale anche per la parte di impianto che comprende il risciacquo con acqua demineralizzata. E' presente infine a valle dell'impianto un forno di essiccazione ad aria calda, la cui temperatura è regolabile dai 160 °C ai 180 °C. Il rischio a carico dell'azienda per tale componente è molto basso, sia per l'efficienza di funzionamento dei bruciatori di moderna concezione e sia perché da contratto, la maggior parte dei rischi sono a carico del fornitore e della ditta di manutenzione dello stesso. Specificate le dinamiche del processo, abbiamo trattato i vari parametri critici fonte di rischio dello stesso, ma altre forme di rischio, che a nostro parere hanno una notevole importanza per il funzionamento processo in esame, sono legate ai parametri di processo, i quali sono la fonte dei rischi da agenti chimici i quali possono essere considerati l'unica vera fonte di rischio valutabile, vista l'efficienza del processo.

8.8.1 Valutazione dei rischi d'agenti chimici nell'unità di cataforesi

L'analisi dei rischi che stiamo per implementare, è riferita al personale operante nell'unità di cataforesi e precisamente al conduttore dell'impianto di cataforesi. Il quale, mediante una postazione mobile, lungo la linea, prepara e controlla le caratteristiche del bagno cataforetico. Detto ciò, come fatto per il pretrattamento, svilupperemo la tabella vista in quella sede in quattro colonne.

PREPARATI IN USO	FRASI DI RISCHIO	P	R
Montidrol fondo cat. bianco	Irritante per gli occhi e per la pelle	R36/38	2,75
Correttore per Montidrol	Nocivo per inalazione	R36/38	4,00
Proprietà chimico fisiche:	Solido alta granulometria/nebbie	X	Disponibilità
	Liquido a bassa volatilità		
	Liquido a medio-alta volatilità/polveri fini		
	Gas/vapori		
Quantità in uso:	< 0,1 Kg		3
	0,1 – 1 Kg		
	1 – 10 Kg		
	10 – 100 Kg		
	≥ 100 Kg	X	
Tipologia d'uso:	Sistema chiuso		uso
	Inclusione in matrice	X	
	Uso controllato non dispersivo		
	Uso dispersivo		
Tipologia di controllo:	Contenimento completo		Compensazione
	Aspirazione localizzata		
	Segregazione/separazione		
	Ventilazione generale	X	
	Manipolazione diretta		
Tempo di esposizione:	< 15 min		Intensità
	Tra 15 min e 2 ore		
	Tra 2 ore e 4 ore		
	Tra 4 ore e 6 ore	X	
	> 6 ore		
Distanza:	< 1 m		Fattore distanza
	Da 1 a 3 m	X	
	Da 3 a 5 m		
	Da 5 a 10 m		
	> 10		
Esposizione cutanea in funzione della tipologia d'uso	Nessun contatto		E cute
	Contatto accidentale	X	
	Contatto discontinuo		
	Contatto esteso		

Indice di esposizione inalatoria E_{INAL}	7,50
Indice di esposizione cutanea E_{CUTE}	3,00

Indice di pericolo	3,43
Rischio inalatorio R_{INAL}	25,74
Rischio cutaneo R_{CUTE}	10,30
Rischio chimico cumulato R_{CUM}	27,73

0,1 < R < 15	Rischio moderato
15 < R < 21	Rischio probabilmente moderato
21 < R < 40	Rischio non moderato
40 < R < 80	Rischio elevato
R > 80	Rischio grave

Dall'analisi dei risultati si evince una forte similarità di valutazione dei rischi da agenti chimici nel pretrattamento e nella cataforesi, anche per quest'ultima infatti, il rischio da agenti chimici ad essa associato è entità media. Un'utile strategia per far fronte a tale rischio è il trasferimento del rischio, al mercato assicurativo evitando i costi di possibili richieste di risarcimento dovute ad ipotetici danni scaturiti dalla permanenza prolungata nelle unità oggetto di analisi, ma anche strategie di tipo preventivo, come ipotetici turn-over del personale a intervalli di tempo prefissati, che appunto mirano a ridurre la permanenza degli stessi individui nell'unità, oltre ad una serie di interventi di protezione e di linee guida già intraprese dall'azienda.

8.8 Valutazione dei rischi nell'unità di verniciatura a polveri

La verniciatura a polveri è una attività all'interno del processo più ampio di trattamento dei mobili e frontali, ma ne rappresenta il punto critico in quanto conferisce al mobile la verniciatura visibile al cliente. La verniciatura avviene tramite l'utilizzo di 12 pistole erogatrici che all'interno di una cabina conferiscono l'aspetto finale ai mobili e ai frontali. Al termine di questa attività vi è un controllo di qualità visivo che determina la bontà della verniciatura.



Figura 8.5: Diagramma di flusso del reparto di verniciatura a polveri

L'analisi ha evidenziato che le variabili critiche per il funzionamento, non sono fonti di rischio per sinistri nel breve periodo, sia per la modernità dell'impianto sia per i parametri di funzionamento a regime, ma nel lungo periodo la presenza di agenti chimici possono causare danni agli operatori che in essa operano. Inoltre e questo è un aspetto interessante per la conferma della vastità del campo di azione del risk management, a valle del controllo è stato rilevato un numero significativo di scarti e di rilavorazioni, alle quali dedicheremo nei seguenti paragrafi un'analisi approfondita e una strategia di risoluzione. Cominciando però per gradi, ci occuperemo prima del calcolo del rischio da agenti chimici, i quali rientrano nell'insieme dei rischi trattabili mediante strategie di risk management e in un secondo momento svilupperemo uno studio accurato al fine di ridurre sia gli scarti che la rilavorazioni.

8.8.1 Valutazione dei rischi da agenti chimici, reparto di verniciatura a polveri

Dopo che i mobili e i frontali sono stati trattati mediante il processo cataforetico, sono sottoposti alla verniciatura a polvere, ultimo passaggio prima del controllo. Come le unità precedenti non si sono rilevati negli anni passati sinistri che hanno minato la struttura come incendi, esplosioni, crolli ecc., ma ciò non toglie che comunque è presente un livello di rischio da valutare e gestire strategicamente a vantaggio dell'azienda, come appunto il rischio da agenti chimici. Quest'ultimi sono riferiti al conduttore dell'impianto a polvere, il quale ha la mansione di caricamento del serbatoio di vernici in polvere.

PREPARATI IN USO	FRASI DI RISCHIO	P	R
Interpon E-A561I	Sostanze e preparati non classificati pericoloso il cui impiego e tecnologia comporta un'elevata emissione di almeno un agente chimico pericoloso per via cutanea e/o per ingestione con score \geq a 6.5	N59	3,0
Proprietà chimico fisiche:	Solido alta granulometria/nebbie		Disponibilità
	Liquido a bassa volatilità		
	Liquido a medio-alta volatilità/polveri fini	X	
	Gas/vapori		
Quantità in uso:	< 0,1 Kg		
	0,1 – 1 Kg		
	1 – 10 Kg		
	10 – 100 Kg	X	
	\geq 100 Kg		3

PREPARATI IN USO	FRASI DI RISCHIO	P	R
Tipologia d'uso:	Sistema chiuso		uso
	Inclusione in matrice		
	Uso controllato non dispersivo		
	Uso dispersivo	X	
Tipologia di controllo:	Contenimento completo	X	Compensazione
	Aspirazione localizzata		
	Segregazione/separazione		
	Ventilazione generale		
	Manipolazione diretta		
Tempo di esposizione:	< 15 min	X	Intensità
	Tra 15 min e 2 ore		
	Tra 2 ore e 4 ore		
	Tra 4 ore e 6 ore		
	> 6 ore		
Distanza:	< 1 m	X	Fattore distanza
	Da 1 a 3 m		
	Da 3 a 5 m		
	Da 5 a 10 m		
	> 10		
Esposizione cutanea in funzione della tipologia d'uso	Nessun contatto		E cute
	Contatto accidentale	X	
	Contatto discontinuo		
	Contatto esteso		

Indice di esposizione inalatoria E_{INAL}	1,00
Indice di esposizione cutanea E_{CUTE}	0,00

Indice di pericolo	3,00
Rischio inalatorio R_{INAL}	3,00
Rischio cutaneo R_{CUTE}	0,00
Rischio chimico cumulato R_{CUM}	

0,1 < R < 15	Rischio moderato
15 < R < 21	Rischio probabilmente moderato
21 < R < 40	Rischio non moderato
40 < R < 80	Rischio elevato
R > 80	Rischio grave

Infine a valle dell'indagine sul rischio da agente chimico nel reparto di verniciatura si è potuto constatare la sufficienza delle strategie messe in essere dall'azienda, rendendo inutile strategie aggiuntive, oltre ai contratti assicurativi e con l'INAIL.

8.8.2 La valutazione degli scarti del processo di verniciatura a polvere

La valutazione degli scarti si inserisce in una valutazione più ampia del processo che vuole mettere in evidenza lo stato nel momento in cui il lavoro di miglioramento ha inizio. Per valutare in maniera approfondita l'incidenza degli scarti sulla produzione, è fondamentale che i dati analizzati siano rappresentativi della realtà del processo. Affinché avvenga questa condizione può essere utile creare nuovi fogli di raccolta dati, da consegnare a chi controlla la qualità del prodotto, che presentano caratteristiche di precisione e completezza. Il rischio che si corre nell'utilizzare fogli di raccolta dati poco precisi, è quello di perdere informazioni sulla numerosità o frequenza di apparizione di alcune difettosità. L'operaio addetto al controllo di qualità non vedendo la tipologia di scarto presente nel suo foglio di raccolta, non documenterà lo scarto. La prima attività da svolgere è proprio quella di creare un nuovo foglio di raccolta dati nel quale siano inserite tutte le tipologie di scarto, per avere un'informazione completa. Nel caso in questione mancavano sul foglio di raccolta dati due tipologie di difettosità: controspazzature ed eccesso di vernice. Questa lacuna aveva un effetto importante sulla gestione della produzione, risultavano infatti, prodotti un certo numero di frontali e mobili che però non esistevano. La creazione del nuovo foglio di raccolta dati ha comportato, dunque, un doppio beneficio: la visibilità di questo tipo di difettosità e la soluzione del problema di asimmetrie tra produzione e stock. Grazie al nuovo foglio di raccolta dati mostrato in figura, è stato più facile per gli addetti al controllo di qualità documentare il reale numero di scarti giornalieri e si è potuta svolgere una analisi più precisa e veritiera di come il processo si comportasse in termini di scarti e rilavorazioni. Dal momento in cui il

foglio dati è stato adeguato si è potuto procedere ad un monitoraggio degli scarti che ha permesso di valutare quanto bene lavorasse il processo. Il monitoraggio effettuato ha preso in considerazione, ma in maniera distinta, il numero di scarti definitivi settimanali e il numero di rilavorazioni settimanali. I dati raccolti, (mostrati in figura 8.7, 8.8) grazie alla costruzione di alcuni grafici, hanno permesso di determinare quali tipologie di scarti definitivi si presentassero con maggiore frequenza.

	X = Rilavorabili o = da Rottamare						TURNO :
	Scheda Di Controllo " MOBILI VERNICIATI "						
DIFETTO	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	
Impurità Sporco							
Bollature da Stampaggio							
Bollature da Gancio							
Vernice Scarsa							
Nero di Cataforesi							
Mobile Giallo							
Mobili di Ripasso (da rottamare)							
Scarico Mobili Verniciati							
Controspruzzature							
Eccesso di vernice							

W41Q-006C/VA3 rel 01

Figura 8.6: Il nuovo foglio di raccolta dati

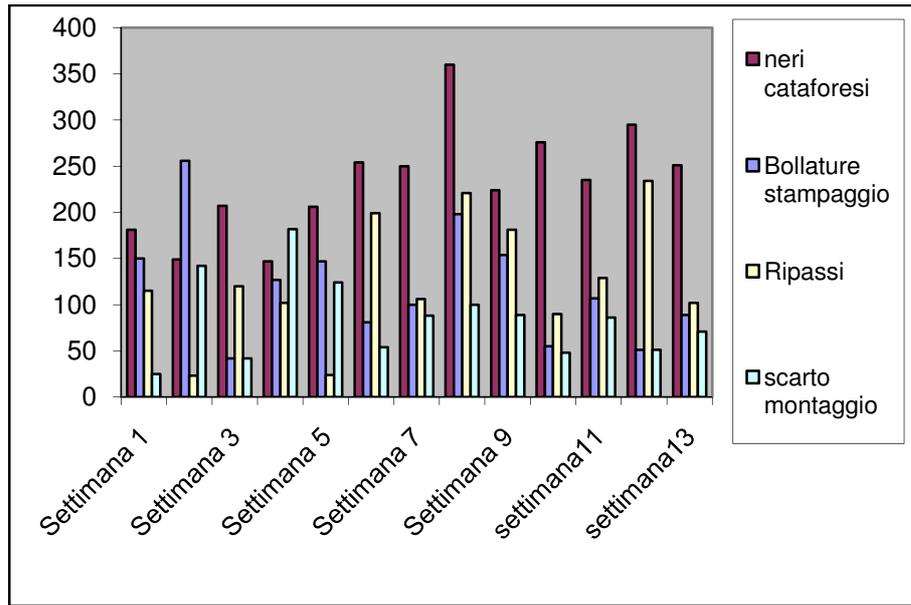


Figura 8.7: Andamento e tipologia di scarti in 13 settimane di osservazioni

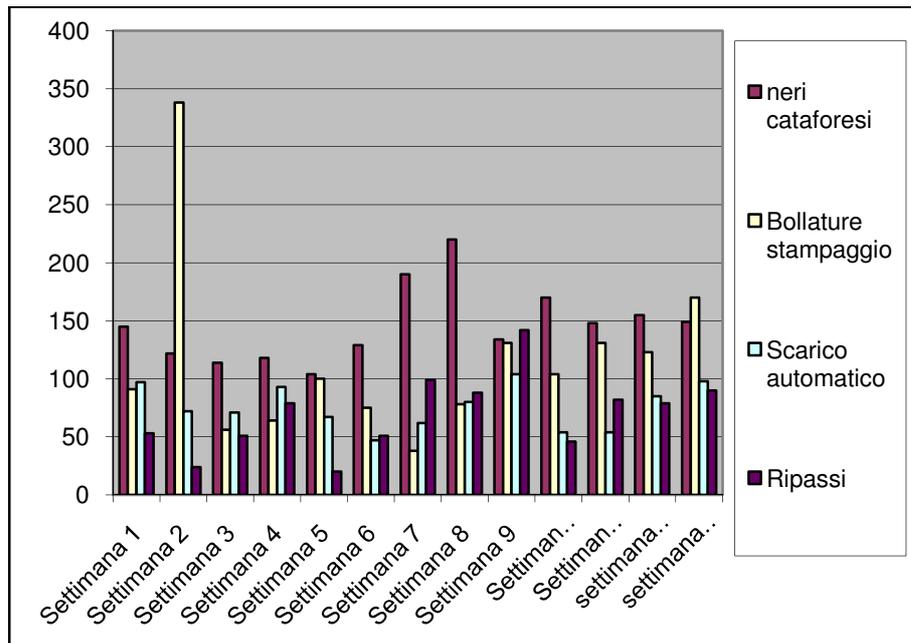


Figura 8.8: Andamento per tipologia di scarti in 13 settimane di osservazioni

L'analisi dei dati ha evidenziato come la tipologia di difettosità "Neri di cataforesi" fosse quella che si presentasse con maggiore frequenza. D'altra parte il monitoraggio delle rilavorazioni, mostrato in figura, ha fornito due informazioni molto importanti:

1. la valutazione dei miglioramenti effettuati "in progress";
2. la valutazione di eventuali relazioni tra scarto e rilavorazione;

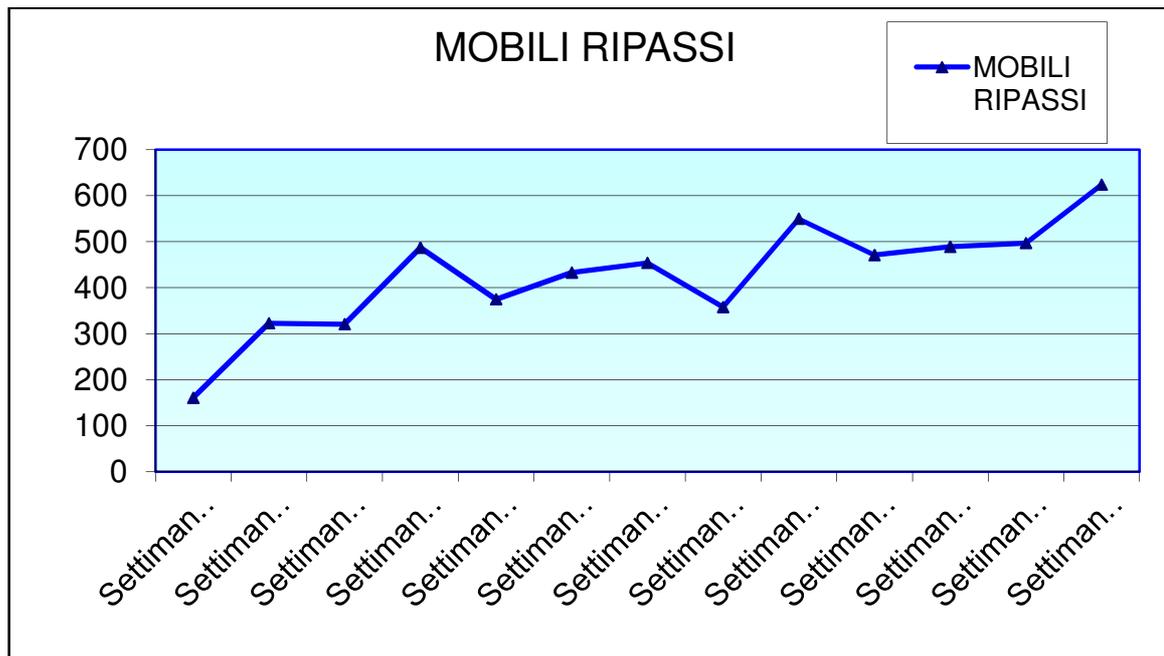


Figura 8.9: Andamento dei ripassi-mobili in 13 settimane di osservazioni

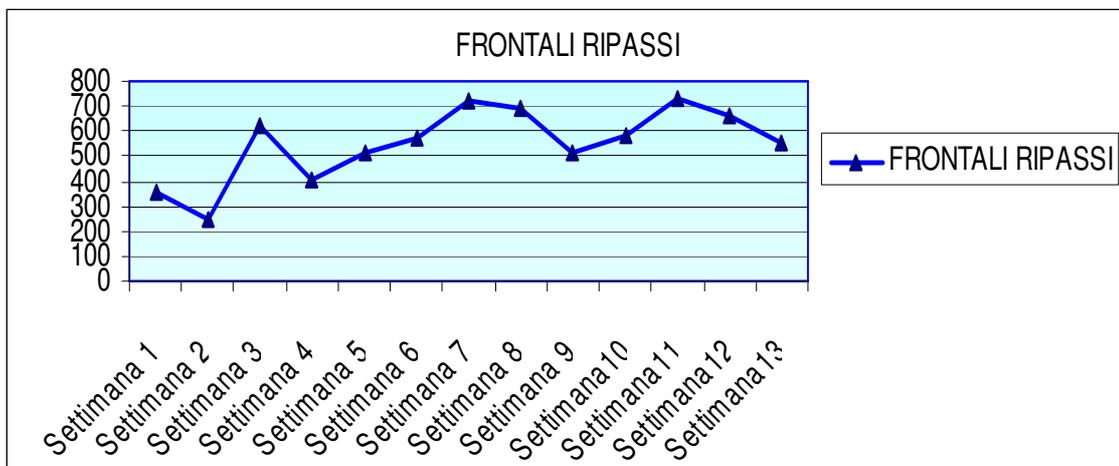


Figura 8.10: Andamento dei ripassi frontali in 13 settimane di osservazione

Conoscendo il costo di ciascuno scarto e di ogni tipo di rilavorazione si è potuto determinare la priorità di intervento grazie alla costruzione di diagrammi di Pareto. Questi diagrammi fanno notare il valore dei costi di ciascuno scarto evidenziando quelli che oltre a presentare una maggior frequenza di comparsa comportano una perdita per l'azienda.

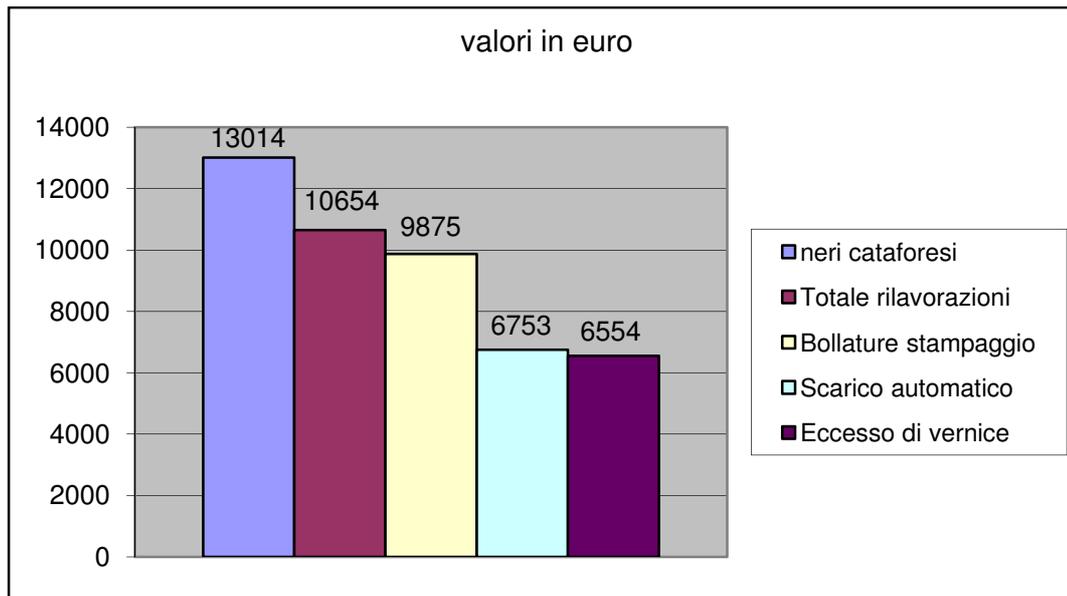


Figura 8.11: Perdite per scarti e rilavorazioni

Il risultato dell'analisi mostrato in figura ha permesso di individuare la tipologia di scarto che comportava maggiori perdite per l'azienda. La tipologia di scarto a maggior incidenza è risultata il Neri di Cataforesi con un costo settimanale per l'azienda pari a 13014 euro. Raramente vengono confrontati i costi di rilavorazione con quelli di scarto perché esiste la convinzione che i primi siano molto più leggeri dai secondi. In realtà l'analisi effettuata mostra come i costi dovuti a rilavorazione siano al secondo posto nella classifica degli impatti. Inoltre un tale confronto può evidenziare relazioni tra scarto e rilavorazione che potrebbero rimanere nascoste ad una analisi meno approfondita.

8.8.3 Analisi approfondita dell'interazione tra scarto e rilavorazione

Una volta ottenuta l'informazione su la tipologia di scarto che comporta i costi, maggiori per l'azienda, potrebbe venire la tentazione di iniziare la fase di miglioramento del processo che produce quella difettosità. In realtà una analisi dei costi dovuti a scarti e rilavorazioni non può prescindere da una fase di approfondimento che tenti di individuare delle relazioni tra gli uni e le altre. Molto spesso accade che queste tipologie a prima vista siano assolutamente nascoste ma che, grazie ad un'analisi più approfondita, vengano alla luce. Il monitoraggio settimanale degli scarti e delle rilavorazioni ha fornito un input importante: una forte interazione tra l'andamento dei pezzi rilavorati e l'andamento degli scarti dovuti ad eccesso di vernice. Analizzando con attenzione i grafici (alla pagina seguente) che mostravano settimanalmente l'andamento degli scarti e delle rilavorazioni è risultato che l'andamento delle rilavorazioni era molto simile all'andamento della tipologia di scarto eccesso di vernice. Il motivo di questa interazione è dovuto alla tipologia di verniciatura a polveri a cui sono sottoposti i mobili e frontali. Accade molto spesso, infatti, che un mobile/frontale venga rilavorato perché una piccola zona, però importante per l'estetica del prodotto, risulta essere scarsa ovvero non verniciata a specifica. Per ovviare a questa scarsità di vernice, l'intero mobile/frontale viene riverniciato. Questo comporta che la parte verniciata venga definitivamente coperta ma che quella già a specifica si vernici troppo, rovinando l'estetica del mobile/frontale. Il prodotto che ha subito danni estetici dovuti ad eccesso di vernice non può essere rilavorato ma solamente rottamato. Questa interazione comporta un costo doppio per l'azienda: un costo di rilavorazione più un costo legato al fatto che un numero cospicuo di rilavorazioni provochi un eccesso di vernice che provoca un costo di scarto ma anche una perdita di efficienza.

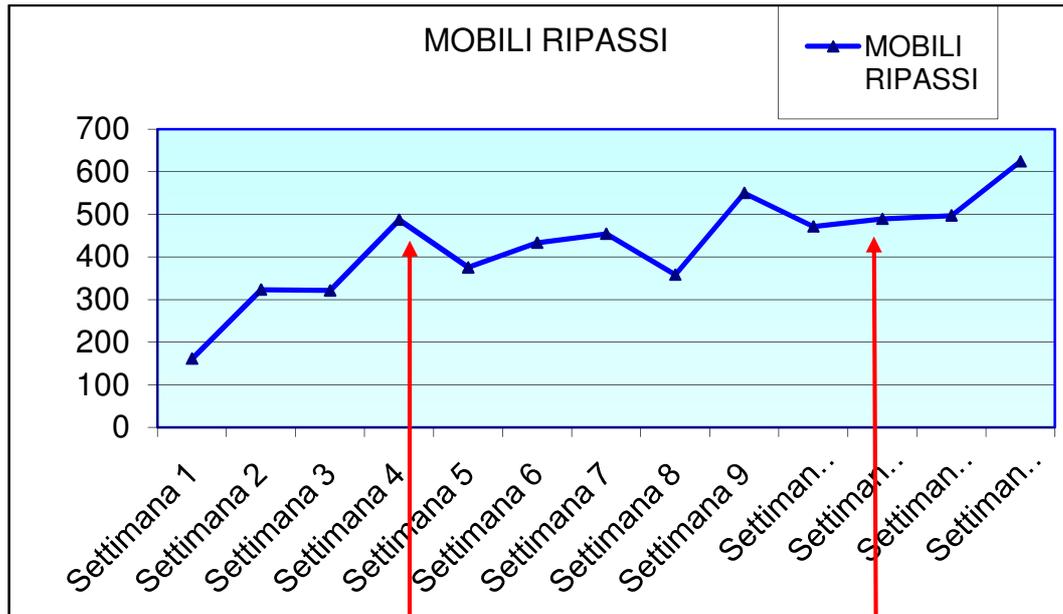
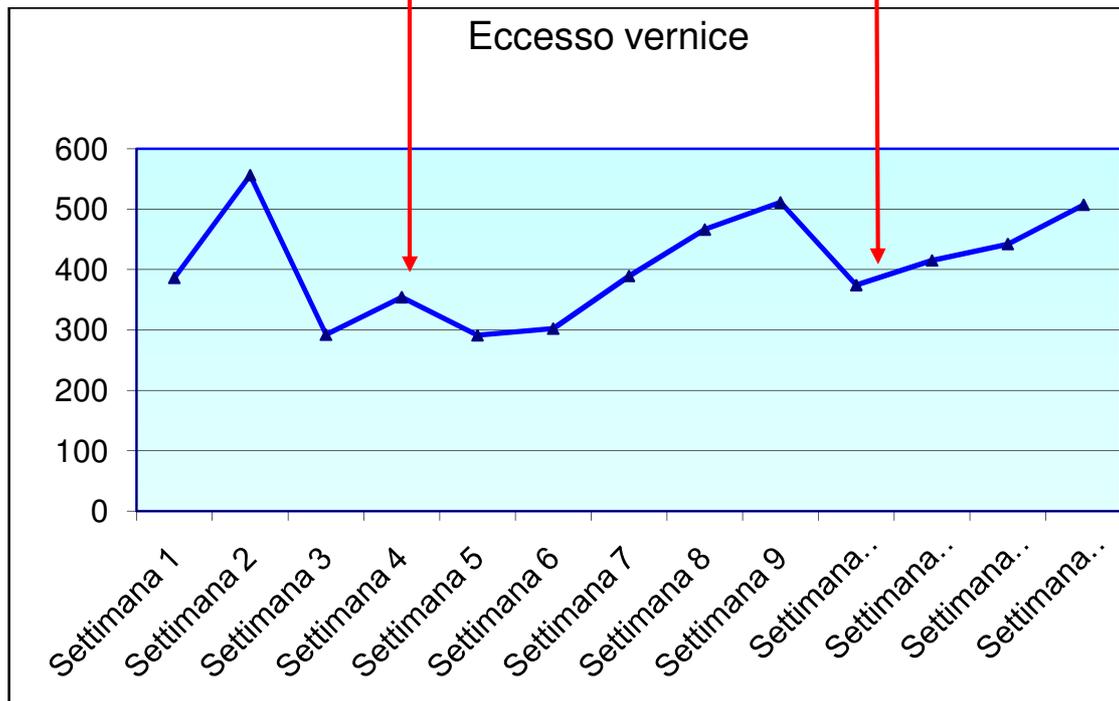


Figura 8.12: Interazione tra i ripassi dei mobili e l'eccesso di vernice



La scelta di diminuire le rilavorazioni dovute a vernice scarsa, fatta in modo tale da ottenere un doppio risultato, la diminuzione dei costi di rilavorazione e

l'eliminazione della difettosità eccesso di vernice, è stata concepita in base al confronto, mostrato in figura con i costi legati ai neri di cataforesi.

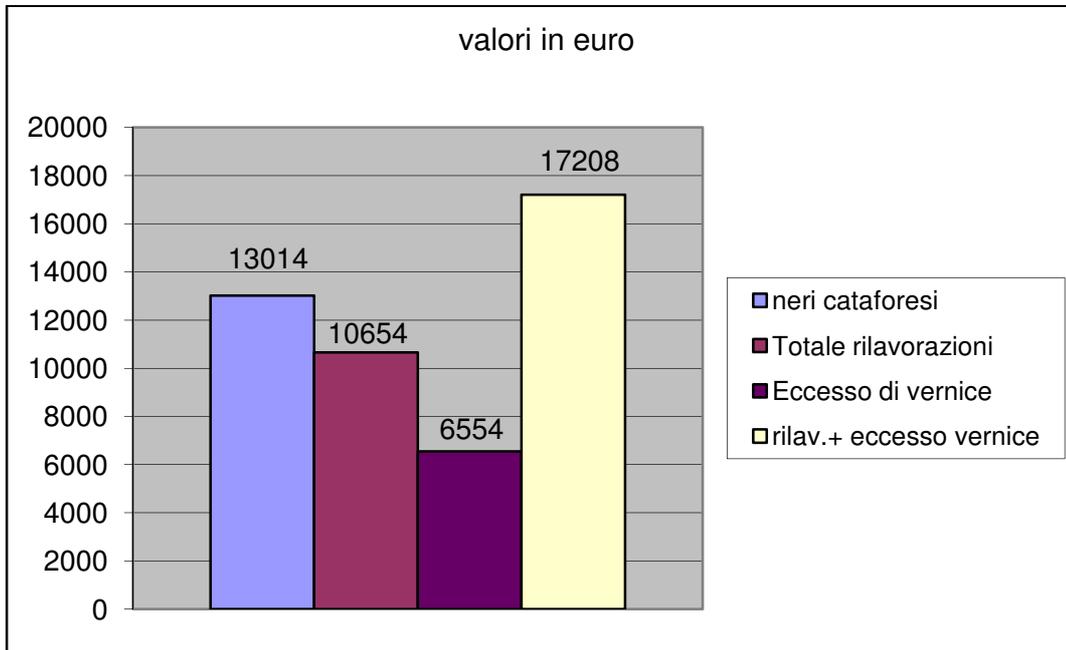


Figura 8.13: Confronto tra costi di rilavorazione e costi di nero cataforesi



8.8.4 Studio dell'efficienza del sistema di misurazione

Prima di iniziare il processo di analisi delle rilavorazioni e degli scarti di verniciatura si è deciso di implementare uno studio del sistema di misurazione al fine di non influenzare i risultati delle rilevazioni effettuate a valle dell'impianto. Il motivo di questa necessità parte dal presupposto che ogni attività comprende una fase di misurazione del prodotto. La fase di valutazione del sistema di misurazione già adottato in azienda diveniva dunque fondamentale per procedere con le fasi verso il miglioramento. I mobili e frontali sono suddivisi in 9 parti per fianco i primi e 5 parti i secondi. Questo sistema è utile per valutare l'omogeneità del mobile e frontale. La media delle nove misurazioni può risultare a specifica ma la verniciatura può non esserlo perché disomogenea. E' facile, infatti, che accadano situazioni nelle quali parti del mobile/frontale siano scarse e parti in cui ci sia troppa vernice. Per valutare il sistema di misurazione è stato eseguito uno studio Gage R&R. La scelta di questo strumento è stata fatta per due motivi principali. La facilità di utilizzo grazie al software Minitab e la sua caratteristica di determinare se il sistema ha una buona ripetibilità. Lavorando su tre turni ognuno affidato ad un diverso operatore era importante avere un sistema che non risentisse di questi cambiamenti. La scelta del campione è stata determinata in base alle richieste normali dello strumento ovvero 30-40 pezzi. Sono stati dunque misurati dai tre operatori 40 pezzi nell'arco dei tre turni, ciascun operatore ha misurato gli stessi pezzi in ordine casuale. Ciascun mobile è stato misurato su entrambi i lati e sono stati raccolti i dati delle quaranta misurazioni su tutte e nove le parti definite in precedenza. I dati elaborati con Minitab hanno messo in evidenza come la ripetibilità fosse accettabile.

Gage R&R		
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	1,7338	27,33
Repeatability	0,2450	3,86
Reproducibility	1,4888	23,47
Operatore	0,2133	3,36
Operatore*Pezzo	1,2755	20,10
Part-To-Part	4,6110	72,67
Total Variation	6,3448	100,00

Figura 8.14: Analisi Gage R & R

Come si può riscontrare dai valori forniti da Minitab, il valore Total Gage R&R è pari a 27,33%. L'interpretazione da dare a questo valore può essere schematizzata nel seguente modo:

%R&R	INTERPRETAZIONE
< 5%	Nessun problema
<= 10%	Il sistema di misurazione è affidabile
10%-30%	Il sistema di misurazione è affidabile ma ha un livello di precisione inf.
> 30%	Il sistema di misurazione necessita di azioni correttive

Lo strumento era dunque affidabile ma con un livello di precisione basso. In questi casi la decisione di intraprendere, anche a queste percentuali, azioni correttive dipende dall'importanza dell'applicazione. Per l'applicazione in studio, lo strumento è stato considerato sufficientemente affidabile.

Lo studio ha portato a due considerazioni molto importanti, le misurazioni potevano essere fatte senza che i dati ne risentissero, da tutti gli operatori presenti sull'impianto e il sistema attualmente in uso forniva una distribuzione dei dati soddisfacente per il lavoro che doveva essere svolto. Il fatto che il sistema di misurazione fosse in grado di sopportare i cambiamenti di operatore, ha permesso un guadagno in termini di tempo non indifferente, poiché si è potuto lavorare e procedere a misurazioni sull'intero arco dei tre turni invece che su un turno solo. Altro tempo è stato guadagnato non dovendo riprogettare un nuovo sistema di misurazione affidabile.

8.8.5 Analisi dell'efficienza del processo

Il piano di miglioramento dei processi richiede l'esecuzione di uno studio di capability a breve termine, per stabilire il punto di partenza del processo in questione.

Per compiere questa valutazione è stato scelto di raccogliere giornalmente, nell'arco di due settimane, misure su cinque campioni ogni ora. Un campione così ampio ha permesso non solo di evitare vari disturbi ambientali ma di avere un dato prossimo alla realtà di come il processo stava lavorando. L'analisi fatta su 200 mobili e 200 frontali ha dato risultati che sono stati fondamentali nel proseguire del lavoro. Prima di calcolare gli indici Cp e Cpk l'azienda ha fornito un'analisi per valutare se i dati raccolti fossero o no riconducibili ad una distribuzione normale. Inseriti i dati in Minitab la Normal probability plot ha evidenziato come i dati raccolti fossero distribuiti lungo una normale, come mostrato in figura.

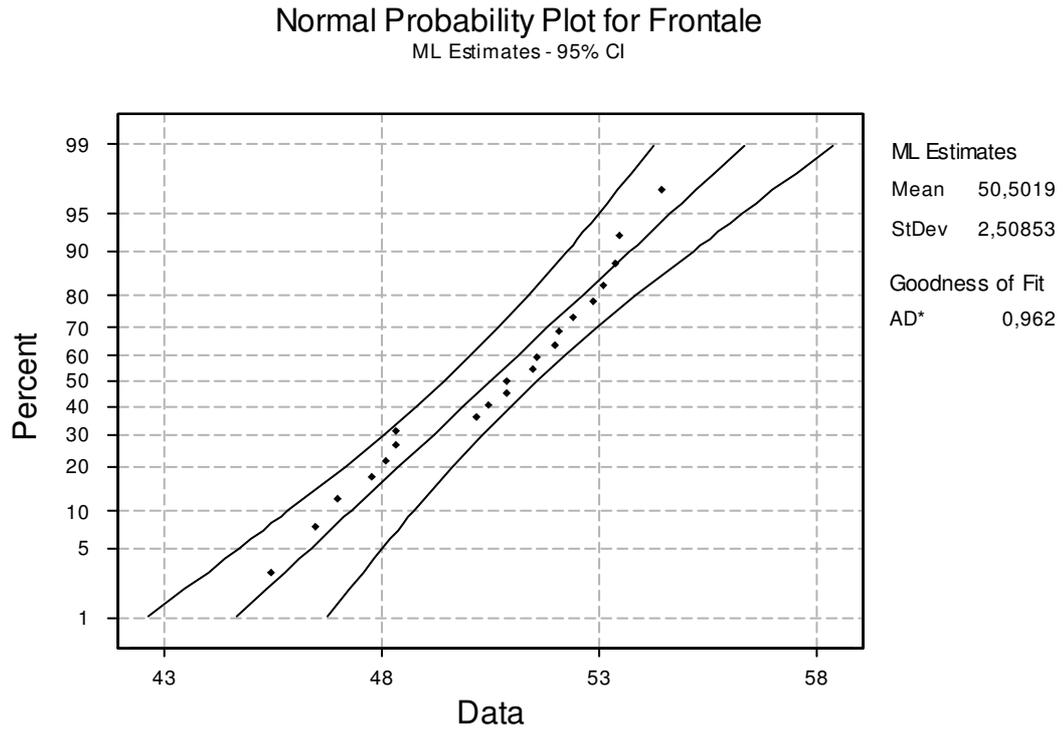


Figura 8.14: Normal Probability Plot for Frontale

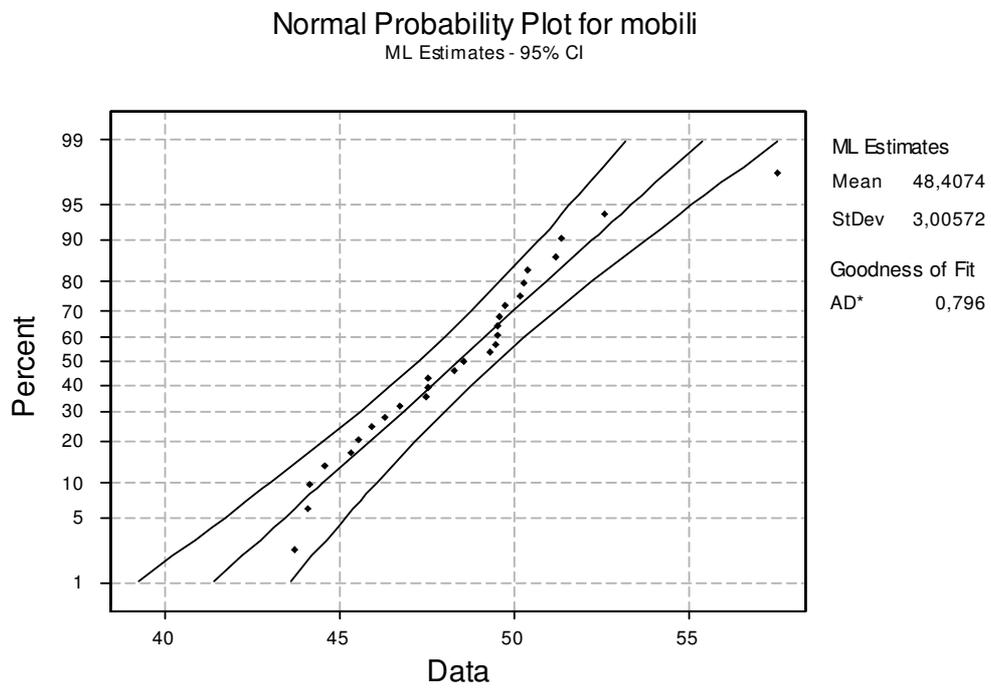


Figura 8.15: Normal Probability Plot for Mobili

Una volta determinato che i dati raccolti fossero normalmente distribuiti si è passati all'analisi vera e propria di capability. In Minitab l'analisi è stata semplice e veloce, come mostrato in figura il risultato dell'analisi ha dato indicazioni molto importanti.

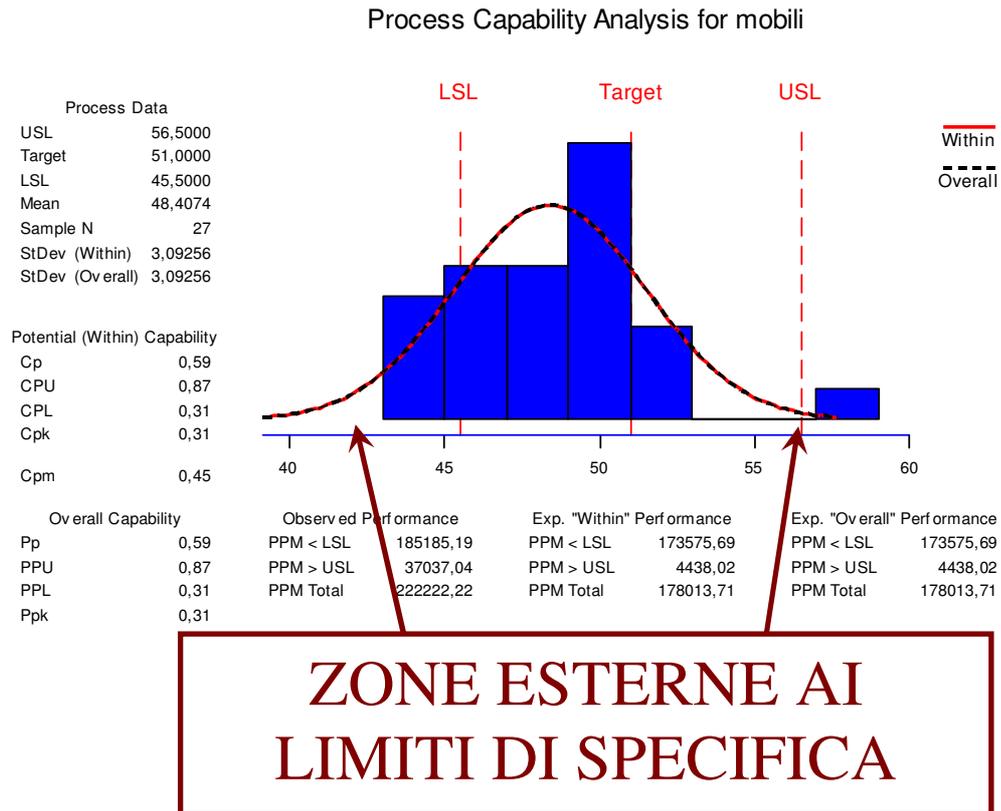


Figura 8.15: Process Capability Analysis for mobili

Il processo di verniciatura dei frontali appariva infatti, centrato e completamente inserito nei limiti di specifica con valori molto buoni sia in termini di Cp e Cpk, i valori risultavano pari circa ad 1. D'altra parte il processo di verniciatura dei mobili non era così buono come quello concernente i frontali. Il processo di verniciatura dei mobili era in effetti spostato a sinistra della media e parte dei valori risultava fuori specifica. Il risultato veniva inoltre confermato, oltre che graficamente, anche dai valori di Cp e Cpk.

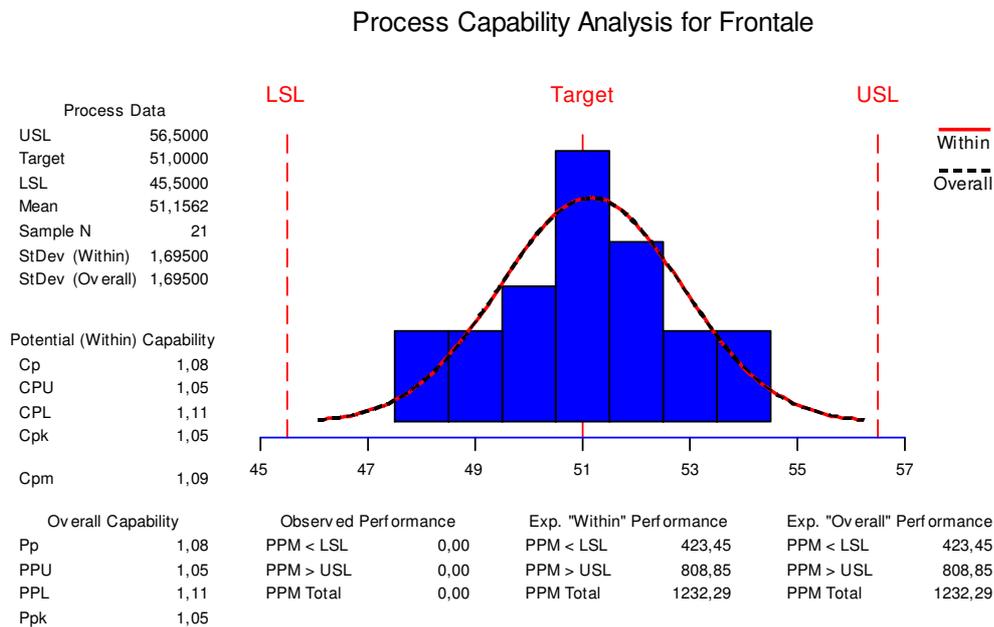


Figura 8.16: Process Capability for Frontale

I due valori, infatti, rispettivamente pari a 0,59 e 0,31, erano molto lontani da 1 (valore di riferimento) e quindi mostravano come il processo richiedesse di un intervento affinché i valori tornassero alla normalità. L'analisi ha dunque consentito un restringimento del campo di intervento, se prima, infatti, si pensava che l'attività di miglioramento dovesse essere rivolta ad entrambi i processi, l'attenzione si è obbligatoriamente spostata sul processo di verniciatura dei mobili, il quale appariva l'unico a necessitare l'intervento.

8.8.6 La matrice causa – effetto

La valutazione del processo di verniciatura vista in precedenza, fornisce un'istantanea del processo dando come risultato informazioni che sono utili ma che rimangono sempre su un livello di superficialità. La necessità di approfondire le informazioni, ottenute grazie alla fase di valutazione, fa sì che altri strumenti vengano messi in campo in modo tale da determinare le variabili più importanti e

le priorità di intervento. Il primo strumento che abbiamo deciso di utilizzare in questa fase è stata la matrice Causa-Effetto. Questa matrice mette in relazione le key process output variables e le key process input variables utilizzando come fonte primaria di informazioni la mappatura del processo. Preso in considerazione solamente il processo di verniciatura dei mobili, si è proceduto con l'assegnazione di un fattore di priorità ad ogni tipologia di difettosità. La valutazione indicata con un numero da 1 a 10 è stata assegnata giudicando l'importanza dell'effetto in base alla perdita che esso provocava all'azienda. Per esempio l'eccesso di vernice è stato valutato 10 in quanto questo tipo di difettosità, come già detto comporta la rottamazione del mobile, mentre la tipologia controspazzature è stata valutata solamente 5 in quanto comporta la sola rilavorazione del mobile.

Importanza effetto	10	10	5	5	10	10	5	5	4
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	eccesso vernice mobili	eccesso vernice frontali	Impurità sporco mobili	Impurità sporco frontali	Controspazzature mobili	Controspazzature frontali	Vernice scarsa mobili	Vernice scarsa frontali	distensione non a specifica

Tabella 8.2: Quantificazione dell'importanza degli effetti

Importanza effetto	10	10	5	5	10	10	5	5	4		
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Input del processo	eccesso vernice mobili	eccesso vernice frontali	Impurità sporco mobili	Impurità sporco frontali	Controspruzzature mobili	Controspruzzature frontali	Vernice scarsa mobili	Vernice scarsa frontali	distenzione non a specifica		
POLVERI											
4											
2										sincron. pistole	
4										3	Materiale polveri
4										4	Pulizia settimanale
4										5	Regolazione pistole
4										6	Pressione aria
4										7	Riconoscimento

Tabella 8.3: Struttura della matrice causa – effetto

Si è passati dunque alla fase di valutazione delle interazioni tra causa ed effetto. Per ottenere un risultato più veritiero sulle relazioni causa effetto sono stati intervistati tutti e tre gli operatori, che essendo i maggiori esperti dell'impianto, hanno dato le loro valutazioni. Per equilibrare i giudizi è stata fatta una media delle tre opinioni che ha dato i risultati mostrati in figura. Come mostra la matrice in figura (pagina seguente) le cause che più influivano su tutte le difettosità sono risultate: sincronizzazione delle pistole e regolazione delle pistole. Va precisato che le variabili descritte dalla matrice causa- effetto sono da considerare ad un livello qualitativo, l'analisi successiva evidenzierà come esse siano composte da

varie tipologie di regolazioni. Lo scopo della matrice causa-effetto non è quello di fornire un input preciso ma è quello di determinare una prima riduzione del problema che si sta affrontando. La matrice causa effetto ha dunque determinato le cause potenziali delle difettosità che sono l'input per la costruzione del modello FMEA.

Input del processo		eccesso vernice mobili	eccesso vernice frontali	Impurità sporco mobili	Impurità sporco frontali	Controspruzzature mobili	Controspruzzature frontali	Vernice scarsa mobili	Vernice scarsa frontali	distensione non a specifica	TOTALE
POLVERI											
1	sincron. pistole	50	60	15	15	70	70	35	37,5	20	372,5
2	Materiale polveri	25	20	27,5	30	0	0	22,5	17,5	34	176,5
3	Pulizia settimanale	40	25	37,5	47,5	45	45	25	25	18	308
4	Regolazione pistole	50	50	0	0	50	60	47,5	45	22	324,5
5	Pressione aria	35	35	0	0	55	55	30	30	10	250
6	Riconoscimento	30	45	20	22,5	15	50	17,5	17,5	8	225,5
TOTALE											

Tabella 8.4: Matrice causa - effetto

8.8.7 Il modello Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Con lo scopo di seguire le azioni intraprese per il miglioramento e l'analisi del processo si è deciso di utilizzare questo strumento sul processo di verniciatura a polveri. Gli input necessari a questa fase vengono dalla mappatura del processo in termini di Key Process output per ogni cliente intermedio e in termini di possibili

cause delle difettosità. Per ogni input del processo sono state elencate i modi con cui esse potevano variare ed identificate i failure mode e gli effects associati.

Per ogni causa è stato assegnato un livello di severità, di avvenimento e rilevazione, calcolati come descritto in precedenza, una volta effettuato il calcolo è stato possibile determinare il numero di priorità di rischio per ogni scenario di un potenziale failure mode.

Lo FMEA risultante è mostrato in figura alla pagina seguente.

Failure mode potenziale	Effetti potenziali del failure	SEV	Cause potenziali	OCC	Controlli Correnti	DET	RPN
Regolazione errata passo pistole. Regolazione errata pressioni pistole.	Eccesso di vernice mobili	10,0	Sincronizzazione pistole.	7,0	CONTROLLO FINALE SULL'ESTETICA DI MOBILI E FRONTALI	8	560
	Impurità sporco mobili	5,0	Pulizia settimanale.	6,0		8	240
	Controspruzzature mobili	10,0	Regolazione pistole.	4,0		8	320
	Vernice scarsa mobili	5,0		7,0		8	280
	Eccesso di vernice frontali	10,0		7,0		8	560
	Impurità sporco frontali	5,0		6,0		8	240
	Controspruzzature frontali	10,0		4,0		8	320
	Vernice scarsa frontali	5,0		7,0		8	280
	Distensione non a specifica mobili/frontali	4,0		4,0		8	128

Tabella 8.5: Modello FMEA per il reparto di verniciature a polvere

L'indice di priorità di rischio indica quali sono i guasti su cui intervenire per primi, in quanto hanno un indice maggiore di rischio di comparsa. In questo caso è risultato l'eccesso di vernice su mobili e frontali. Tale eccesso di vernice ha confermato, anche se il suo valore di accadimento non è il maggiore, che gli effetti

che comporta sono di entità maggiore rispetto alle altre tipologie di scarto. La prima fase di analisi del processo di verniciatura a polveri ha consentito di ridurre il problema iniziale, di riduzione generale degli scarti, al raggiungimento di un obiettivo ben più preciso: diminuire le rilavorazioni agendo su due variabili input quali regolazione delle pistole e regolazione del passo delle pistole. Il livello di dettaglio, per iniziare la campagna di sperimentazione, dell'analisi non era sufficiente, bisognava infatti determinare i fattori, i blocchi di sperimentazione e i livelli dei fattori stessi.

8.8.8 Definizione del piano di campionamento

Poiché l'analisi di capability era stata fatta considerando la media delle nove zone in cui il mobile veniva misurato, a questo punto è stato necessario approfondire l'analisi su tutte e nove le zone. Ogni zona, affinché il mobile sia a specifica, deve essere contenuta all'interno degli intervalli di tolleranza in modo tale che la verniciatura sia il più omogenea possibile. La scelta del piano di campionamento risulta determinante affinché i dati che si vanno a raccogliere siano il più affidabili possibili. Un campione troppo piccolo avrebbe in questo caso comportato risultati poco affidabili. La scelta è stata quella di dedicare un'intera settimana per la raccolta dati durante la quale ogni giorno venivano effettuate 5 misurazioni, una ogni due ore, ognuna su cinque mobili (vedi tabella 8.6). Il campione di 150 mobili, misurati in differenti giorni ed in differenti ore ha permesso di avere una visuale sul comportamento del processo ampia e allo stesso tempo precisa. Il rischio nello scegliere un campione mal distribuito o troppo piccolo era di perdere informazioni molto utili per l'attività di sperimentazione. Grazie alla scelta di operare nell'arco della settimana intera ha consentito di poter individuare le cause di inefficienze che si presentavano sistematicamente. Le più interessanti rilevate sono state il cambio di operatore e l'usura di alcuni componenti del processo che comportavano un peggioramento dell'output. Un piano di campionamento diverso, non avrebbe probabilmente fornito le stesse informazioni e avrebbe

portato ad un approfondimento dell'analisi non corretto vanificando l'attività di miglioramento del processo. Il foglio di raccolta dati per l'analisi del processo di verniciatura a polveri è stato progettato seguendo diverse linee guida:

1. Gli obiettivi dell'analisi: valutare l'omogeneità del mobile comportava avere informazioni non sulla media delle nove misurazioni di spessore ma su ognuna delle nove zone misurate, per questo il foglio di raccolta dati prevedeva nove misurazioni (il foglio utilizzato prevedeva la trascrizione della sola media)
2. La situazione delle variabili, che la precedente attività aveva mostrato essere critiche
3. Garantire la massima riconducibilità, in termini di giorno ed ora, della misurazione
4. Garantire una semplice organizzazione dei dati

Adattare ogni metodologia di raccolta dati allo scenario (obiettivi, processo, tipo di variabili, ecc.) significa non lasciarsi alle spalle informazioni necessarie alle fase successive, inoltre significa risparmiare tempo e risorse individuando già con un discreto numero di dati le informazioni utili.

8.8.9 Analisi critica dei risultati

I risultati raggiunti grazie all'utilizzo di questo strumento sono stati fondamentali per la riuscita dell'attività di sperimentazione. L'analisi ha mostrato alcune caratteristiche importanti del processo:

1. L'omogeneità dei mobili non era accettabile. Misurata come differenza tra il valore massimo di spessore e valore minimo sulle nove zone del mobile, l'omogeneità presentava in media un valore di 20 micron, ovvero una zona poteva trovarsi a 35 micron (fuori specifica) mentre l'altra trovarsi a 55 micron (livello superiore di specifica), questa grande differenza portava il controllo

visivo di qualità a scartare il mobile in quanto differenze di questo tipo possono essere individuate ad occhio nudo.

2. Gli operatori non avevano una procedura standard di verniciatura. Questo significava che ogni operatore nell'arco del proprio turno regolava l'erogazione della vernice secondo quella che era la sua esperienza. Questo significava grande differenza dei valori di output controllati, tra un operatore e l'altro, avendo nel corso del tempo sperimentato diverse situazioni. Gli operatori non producevano mobili a specifica ma operavano le regolazioni affinché il prodotto passasse il controllo visivo di qualità. Il processo risultava dunque fuori dalle specifiche e la verniciata tra un turno all'altro risultava essere differente in media di circa 10 micron. Trovare la giusta combinazione di regolazioni, significava determinare una procedura per gli operatori, i quali non variando più le regolazioni a caso ma seguendo le indicazioni avrebbero prodotto mobili verniciati a specifica.
3. La fase di analisi ha determinato i livelli su cui i fattori sarebbero stati fatti variare nell'attività di sperimentazione. Analizzando l'output di serie di combinazioni di fattori è stato possibile individuare i due livelli migliori, per ogni fattore.
4. La pressione di erogazione inoltre, veniva aumentata giornalmente dagli operatori di impianto per contrastare l'usura di alcune componenti. L'usura comportava una maggior difficoltà di erogazione delle pistole, che veniva contrastata con una pressione maggiore. Progettare esperimenti a blocchi ha consentito di ovviare a questa problematica variando di giorno in giorno i fattori a livelli diversi in modo tale che l'usura delle componenti fosse compensata.

Come si può riscontrare dai dati raccolti e mostrati in figura molti parametri non venivano mai fatti variare, questo perché gli operatori, non conoscendo l'effetto sull'output, avevano timore di rovinare l'estetica del mobile. Bisognava dunque

intervenire per valutare quali fossero le variabili input a maggior effetto sull'output in modo tale da conoscere meglio il processo.

Ora	Spessore DX									Spessore SX									Passo	Pistole		Pressione aria	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		sx	dx		DX
1	64,5	61,7	57,3	61,1	68,8	55,2	75,1	62,2	59,9	51,1	51,7	49	59,2	49,7	53	48	48,4	50,8	A	A	1,6	1,6	1,3
2	59,2	65,5	59,8	53	60,9	56,1	55,4	45	58,5	49,2	48,3	50,2	44,9	48,3	39,8	56,8	53,5	54,7	3	3	1,6	1,6	1,3
3	59	64,1	58,1	59,9	53,1	54,9	52,8	45,8	52,1	39,5	50,2	46,4	48,7	44,7	51,9	46,9	53,6	54		1,6	1,6	1,3	
4	52,7	61	66,4	59,5	69,6	57,5	51,3	46,2	61	49,9	43,3	50,3	57	45,9	44,5	46,9	55,4	50,7	B	B	1,6	1,6	1,3
5	62,7	53,1	41,9	56,6	62,3	60,2	46,8	51,4	51,5	46,3	50,9	48,3	49,8	50	52,7	57,6	57,9	56,2	14	12	1,6	1,6	1,3
1	68,8	62,7	74,4	48,4	45	60,1	46,7	46,3	49,1	48,5	48	49,2	46,7	50,9	46,1	48,5	44,4	49,3	A	A	1,5	1,5	1,3
2	62,9	59,9	56,6	57,9	56,9	66,2	48	50,4	40,8	56,1	51	55,1	48,6	47,7	46,7	56,2	50,8	55,6	3	3	1,5	1,5	1,3
3	68,3	53,5	72,1	52,7	47,8	58,2	44,8	43,6	44,2	52	40	41,8	46,6	43,2	39,9	50,7	37,5	41,3			1,5	1,5	1,3
4	52	50,4	43	40,2	49	44,7	61,8	48,1	49,5	78,9	51,9	66,4	64,4	56,3	69,4	58,5	63,3	51,3	B	B	1,5	1,5	1,3
5	46,1	41,2	48,6	47,3	45,7	50,1	61,6	42,2	51,6	83,6	63,2	78,7	51,5	46,9	56,7	41,3	54,4	42,7	14	12	1,5	1,5	1,3
1	62,9	52,8	63,8	42,2	53,2	54,7	42,2	40,9	59,2	42,4	43,7	44,6	48,3	40,9	38,1	39,3	36,6	52,2	A	A	1,4	1,5	1,3
2	56,9	53,9	55,9	49	46,1	47,6	42,4	42,2	47,6	51,4	48,5	46,7	48,4	45,6	44,2	53,5	42,5	49,1	3	3	1,4	1,5	1,3
3	54,5	51,7	54,4	52	50	54,2	61,2	48,1	46,9	43,8	46,4	38	45,1	44,4	44,5	41,9	43,9	55,8			1,4	1,5	1,3
4	49,2	56,1	49	50,6	52,1	49	49,3	44,2	55,4	45,3	39,2	37,9	42,5	39,2	43,8	40,6	40,3	44	B	B	1,4	1,5	1,3
5	49,5	40,6	64,8	47,2	38,4	44,5	35,4	41,7	51,8	65,4	48,3	54,3	37,3	43,3	48,8	41,9	44,7	51,6	14	12	1,4	1,5	1,3
1	48,8	51,3	48,7	46,9	52,1	52,6	57,1	44,2	48,6	50,8	45,6	48	49,5	51,3	46	52,2	41,3	56,5	A	A	1,4	1,5	1,3
2	50,9	45,9	45,8	40,5	59,9	43,6	44,2	48,2	45,6	48,1	47	46,8	42,8	52	43,8	45	44,7	50	3	3	1,4	1,5	1,3
3	62,6	46	57,3	40,7	46,8	51,3	39,6	44,9	39,3	49,9	45,1	47,3	43,8	44,9	41,2	57,7	42,6	52,1			1,4	1,5	1,3
4	56,8	43,1	51,4	48,5	44,2	55,9	47,1	45,7	38,7	52,5	45,7	45,1	43,1	46,3	42,5	52,3	44,9	55,9	B	B	1,4	1,5	1,3
5	55,4	51,3	60,5	40,5	49,8	55,1	45,2	46,5	48,5	52,8	48,7	47,6	50	45,5	40,8	49,8	44,8	48,4	14	12	1,4	1,5	1,3
1	57,7	46,3	48,5	44,2	59,8	58,8	43,2	43,7	59,3	48,9	46,7	51,6	46,8	53,7	53,4	42,5	44,4	42,8	A	A	1,4	1,5	1,3
2	56,5	45,2	53,8	46,5	48,4	54,2	52,7	44,2	50	45,8	52	51,3	41,8	46,3	48,2	53,7	44,7	52,2	3	3	1,4	1,5	1,3
3	54,8	66,8	65	49,4	60,6	70,5	48,6	40,7	42,9	47,1	52,1	48,7	42	47,7	48,2	50,9	43,5	50			1,4	1,5	1,3
4	70,5	54,8	56	61,6	55,3	49,4	55,1	46,8	43,5	42,9	50,5	50,2	59,3	59,9	57,6	47,9	52,4	63,1	B	B	1,4	1,5	1,3
5	50	50	44,5	44,5	51,7	45,6	42,7	42,1	39,6	53,5	49,9	52	39,2	44,5	55,2	46,6	41,1	51,6	14	12	1,4	1,5	1,3
1	39,2	55,4	41,6	41,7	51,4	51,4	37	40,8	42,2	45,1	51,8	38,4	39,4	39,5	45,6	46,7	44,5	56	A	A	1,4	1,5	1,3
2	52,2	43,1	45,5	42,3	44,1	43,4	48	44	41,2	41,3	48,9	48,9	45,6	43,7	44	49,2	41,9	55,9	3	3	1,4	1,5	1,3
3	55,2	47,7	44,4	43,8	43,6	44,2	39	47	43,5	45,2	43,5	40,1	48,3	43	45,1	45,6	44,3	48,6			1,4	1,5	1,3
4	49,5	55,7	45,3	42,3	48,8	41,8	45,3	42,2	41,4	41,6	50,3	36,3	41,5	41,3	46,3	50,3	51,1	49,9	B	B	1,4	1,5	1,3
5	47,4	42,8	41,9	43,3	40,8	42,7	27,4	38,6	48,9	41,2	40,6	35,2	40,5	38,9	37,9	45,2	45,2	46,1	14	12	1,4	1,5	1,3

Tabella 8.6: Dati rilevati a valle del processo di verniciatura a polvere

8.8.10 Regolazione delle pistole valendosi dei dati rilevati

L'analisi effettuata con l'utilizzo della matrice causa effetto e del modello FMEA, ha prodotto come risultato l'individuazione dei fattori che maggiormente interagivano sul processo, ma l'indicazione fornita dall'analisi era ancora su un livello qualitativo. Approfondendo meglio il significato di regolazione delle

pistole erogatrici e del loro passo con l'aiuto dei manuali di impianto e degli operatori, è stato possibile determinare come queste due variabili si suddividessero in due regolazioni ciascuna. Regolare l'erogazione significava agire su due tipologie di pressione: la pressione erogatrice della polvere e la pressione dell'aria che, mescolandosi con la polvere, ne indirizzava il getto. Regolare il passo di una pistola significava modificare il percorso che questa seguiva al momento della fase di verniciatura. La regolazione del passo poteva essere eseguita agendo sia sul livello basso, cioè allungando il percorso verso il basso, sia sul livello alto, allungando il percorso verso l'alto. I fattori scelti per essere fatti variare nella fase di sperimentazione sono stati queste quattro regolazioni che andavano a modificare quantitativamente quelle variabili che nella fase di analisi erano state individuate. La decisione sui livelli di variazione delle regolazioni è stata guidata analizzando i dati raccolti, i quali sono stati ottenuti misurando per ogni variazione 6 mobili, che a prima vista possono apparire pochi, ma considerando che per ogni mobile sono state misurate nove zone e che il numero di prove svolte sono state 96, le misurazioni totali effettuate sono state più di 5000, dopodiché valutando quali livelli giorno per giorno, ora per ora garantivano la miglior resa. Il risultato di questa fase è stato la costruzione di un foglio di raccolta dati in cui erano presenti tutte le combinazioni di variabili e i loro livelli di variazione a seconda dei vari esperimenti in esame.

Raccolti tutti i dati relativi agli esperimenti progettati, è stata necessaria un'attenta analisi degli stessi al fine di calcolare le combinazioni di input che garantivano il maggior effetto sulla resa.

Il calcolo delle variabili che determinavano i principali effetti è stato effettuato determinando gli effetti principali di ciascuno dei seguenti quattro fattori: *Passo alto*, *Passo basso*, *Pressione di erogazione della polvere*, *Pressione di erogazione dell'aria* e creando la tabella indicante i contrasti di ciascun fattore. Quello che però maggiormente interessava di questa fase era valutare l'effetto congiunto di questi fattori, per determinare se esisteva una combinazione particolare di parametri di input in grado di migliorare la resa al di là dei singoli fattori. Nel caso

in esame esistevano ben 12 combinazioni. Procedendo iterativamente come fatto in precedenza è stato possibile valutare gli effetti di ciascuna interazione. Una volta effettuata quest'operazione è stato possibile valutare quali combinazioni di fattori avessero maggior effetto.

8.8.11 Descrizione dei risultati

L'analisi dei risultati consente la determinazione delle interazioni a maggior effetto, il quale è un risultato fondamentale nell'ottica dello screening di processo, ma in realtà non è determinante per l'individuazione della combinazione dei fattori che garantisce la migliore resa. L'individuazione della combinazione migliore dei livelli di funzionamento del processo è una fase a sé stante di sperimentazione e di prova, che utilizza le informazioni ricavate in precedenza. A tal fine avendo come obiettivo l'aumento dell'omogeneità della verniciatura, abbiamo escluso a priori il fattore erogazione polveri in quanto, non incide su questa caratteristica ma piuttosto sulla dimensione dello spessore. È stato dunque semplice scegliere i fattori passo alto, passo basso e pressione dell'aria, per i quali dalla prove effettuate sull'impianto e con l'aiuto dei dati ottenuti dalle misurazioni del controllo a valle del processo, si ha la miglior omogeneità del mobile ponendo i livelli dei fattori in corrispondenza della combinazione:

- ✓ Altezza passo alto pari a 14
- ✓ Altezza passo basso pari a 2
- ✓ Pressione aria pari a 1,3

La sperimentazione sviluppata ha consentito di determinare una combinazione di variabili che ha garantito una riduzione della differenza tra il valore massimo e il valore minimo delle misurazione degli spessori sulle nove zone del mobile da 20 a 9,0 ovvero un miglioramento del 50% dell'omogeneità. Determinata la combinazione che garantiva la miglior omogeneità bisognava procedere

stabilendo quale livello per il fattore erogazione polvere garantisca la migliore dimensione dello spessore. Per fare ciò è stato sufficiente fissare i parametri di omogeneità appena individuati e valutare le diverse combinazioni ottenute dai vari livelli di erogazioni scelti tra quelli che in precedenza hanno dati i livelli di erogazione polvere migliore. La metodologia di raccolta dati, ancora una volta fondamentale, ha permesso di calcolare le medie degli spessori dei singoli mobili, non più le nove zone dunque, per ogni combinazione ottima ricavata precedentemente. Il confronto tra le medie ha mostrato come in corrispondenza delle combinazioni ottime in termini di omogeneità i livelli più bassi di erogazione della vernice, fossero quelli che garantivano uno spessore in linea con i target della specifica. Il risultato, impostando il processo sui quattro parametri definiti, è stato quello di garantire ad ogni mobile un'omogeneità accettabile e spessori a specifica. L'analisi di capability, mostrata in figura, svolta per verificare come le nuove impostazioni agissero sul processo ha evidenziato come il processo fosse tornato in una situazione di controllo statistico e perfettamente centrato nei limiti di specifica.

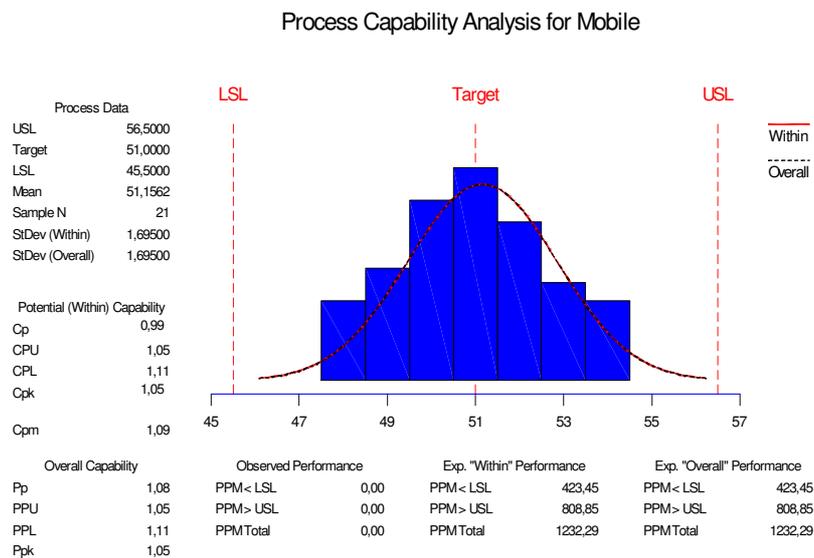


Figura 8.17: Process Capability for Mobile, al termine della procedura

8.8.12 Descrizione degli interventi a seguito dello studio migliorativo

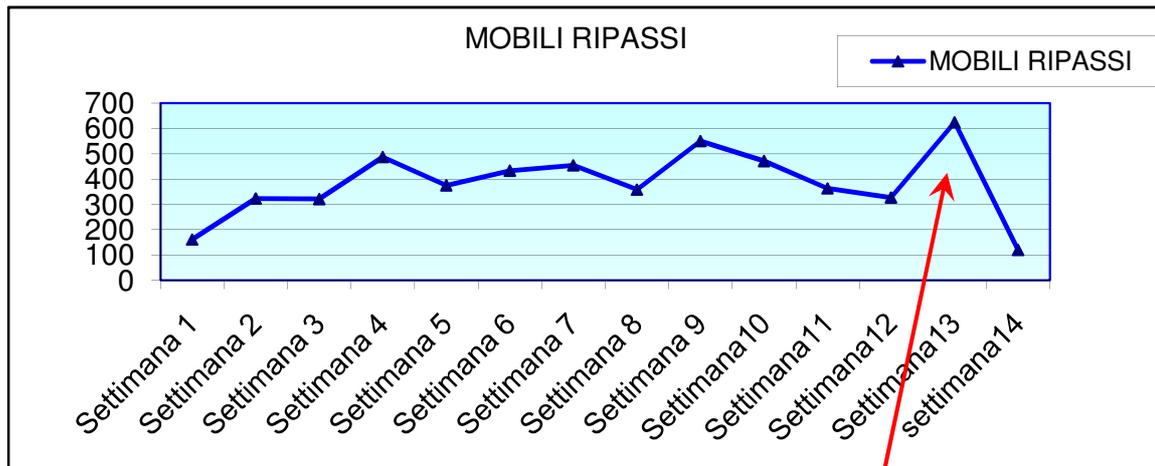
Gli operatori dei processi manifatturieri basano spesso le proprie scelte di regolazione delle variabili input in base all'esperienza che hanno accumulato nel corso del tempo o in base alle indicazioni di coloro che si occupavano precedentemente del processo. Molto spesso l'esperienza non è sufficiente a produrre un prodotto di qualità. La strategia proposta nel corso di questa tesi ha come obiettivo quello di cancellare gli interventi fatti per esperienza e di proporre una procedura standard di lavoro che produca la miglior resa dell'output. Gli interventi a seguito dell'analisi dei risultati sono stati proprio mirati alla scrittura di una procedura nella quale sono indicate le regolazioni delle variabili che consentono di produrre un prodotto a specifica. La procedura va a sostituire un "modus operandi" dettato dall'esperienza che portava il processo fuori controllo. La strategia di miglioramento proposta ha cercato di invertire questa tendenza, passando da una conoscenza del processo basata sull'esperienza ad una conoscenza più approfondita basata su innovativi strumenti statistici. Scrivere una procedura sembrerebbe ricondurre tutto il lavoro solamente ad assicurare qualità e non ad un progetto più ampio di miglioramento continuo. In realtà, tutte le informazioni raccolte, tutte le analisi svolte, dalle quali è stata ricavata la procedura, sono il punto d'arrivo di una prima fase di miglioramento ma anche il punto di partenza per l'implementazione della strategia con parametri già raffinati con informazioni già presenti. Un altro intervento importante affinché il processo di miglioramento continui è infatti la presenza di controlli specifici sul processo. Questo problema è stato superato riprogettando i controlli di qualità che fino a quel momento erano presenti in azienda. Non soltanto intensificandoli ma modificandoli sensibilmente per poter avere un feedback utile e necessario per i successivi interventi sul processo.

8.8.13 Calcolo dei risparmi di costo attesi

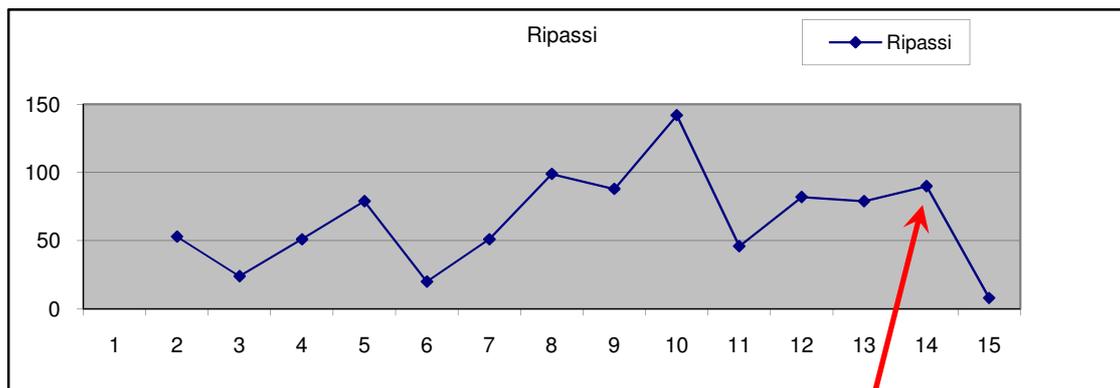
La fase di controllo del processo dopo gli interventi migliorativi guidati dall'attività di sperimentazione ha avuto due principali obiettivi:

- ✓ Garantire che il processo fosse sotto controllo
- ✓ Verificare l'incidenza sui costi dovuti a scarto e rilavorazione dell'attività di miglioramento svolta

Come accennato in precedenza è stata progettata una fase di verifica dei risultati, tramite una capability analysis che ha messo in evidenza come il processo fosse tornato in una situazione di controllo statistico. Un discorso a parte va fatto per l'attività di verifica sui costi dovuti a scarto e rilavorazione. La verifica è stata fatta ponendo l'attenzione sull'andamento settimanale dei costi, la situazione pre-intervento come mostrato in precedenza mostrava come il processo producesse circa 400 rilavorazioni a settimana con un costo di 10654 euro ed circa 100 eccessi di vernice per un costo di 6554 euro nell'arco di tredici settimane. La verifica seguita all'implementazione della procedura ha messo in evidenza, come mostrato in figura una riduzione di circa il 50% in termini di rilavorazione e la contemporanea scomparsa o quasi della tipologia di scarto eccesso di vernice.



INIZIO UTILIZZAZIONE PARAMETRI OTTENUTI CON L'ATTIVITA' DI SPERIMENTAZIONE



INIZIO UTILIZZAZIONE PARAMETRI OTTENUTI CON L'ATTIVITA' DI SPERIMENTAZIONE

Figura 8.18: Analisi grafica dei risultati

La riduzione del 50% delle rilavorazioni ha comportato un risparmio per l'azienda di circa 22.000 euro all'anno, mentre la riduzione di circa il 90% degli eccessi di vernici ha comportato una riduzione dei costi di circa 24.000 euro annui, per un totale di risparmi previsto per l'azienda di 44.000 euro.

Inoltre va considerato come il mobile sia un componente indispensabile per la realizzazione del prodotto finito lavatrice, questo significa che l'intervento di miglioramento del processo ha consentito un aumento dell'efficienza in termini di tempo guadagnato nel produrre i pezzi.

Questo risultato ha inoltre portato l'indice che misura il rapporto tra rilavorazioni e totale della produzione da un valore pari al 2% ad un valore pari all'1%.

Capitolo 9

IL RISCHIO IN SANITÀ: LA CHIRURGIA PROTESICA D'ANCA

Il processo di valutazione dell'efficacia di una terapia, in questo caso dell'intervento di protesi d'anca, avviene di fatto in occasione di ogni visita medica di controllo attraverso l'analisi da parte dello specialista ortopedico di una serie di parametri clinici e radiografici che, nel caso della chirurgia sostitutiva dell'anca, sono piuttosto comuni. Tuttavia, se la stessa valutazione viene effettuata con l'intento di acquisire informazioni destinate ad uno studio clinico, qualunque sia la finalità dello stesso, il grado di soggettività e approssimazione implicito in una siffatta valutazione non è accettabile e sono necessari sistemi di misura standardizzati e validati.^{178, 179}

Purtroppo, nonostante i tentativi di uniformazione delle misure, si è ancora distanti da un modello standardizzato di valutazione dei risultati in chirurgia protesica dell'anca e ciò rappresenta tuttora un limite alla produzione di prove scientifiche di elevata qualità metodologica in questo campo della medicina. Ciò appare in parte dovuto a oggettive difficoltà di ordine scientifico, quali la necessità di rappresentare il risultato dai diversi punti di vista (chirurgo, radiologo, paziente) e di tradurre quantitativamente e in maniera valida tali informazioni, in parte alla difficoltà di liberarsi di alcuni retaggi della tradizione che condizionano fortemente il valore attribuito ad ognuno dei suddetti punti di vista.^{180,181} Numerosi studi, ivi compresa una buona parte di quelli inclusi nella revisione

¹⁷⁸ PADUA R, ROMANINI E, ZANOLI G. *L'analisi dei risultati nella patologia dell'apparato locomotore*. Milano: Guerini e Associati; 1998.

¹⁷⁹ ETHGEN O, BRUYERE O, RICHY F, DARDENNES C, REGINSTER JY. *Health-related quality of life in total hip and total knee arthroplasty. A qualitative and systematic review of the literature*. J Bone Joint Surg Am 2004; 86-A(5): 963-74.

¹⁸⁰ GARTLAND JJ. ORTHOPAEDIC CLINICAL RESEARCH. *Deficiencies in experimental design and determinations of outcome*. J Bone Joint Surg Am 1988; 70(9): 1357-64.

¹⁸¹ BOURNE RB, MALONEY WJ, WRIGHT JG. *An AOA critical issue. The outcome of the outcomes movement*. J Bone Joint Surg Am 2004; 86-A(3): 633-40.

effettuata da molti ortopedici per conto della PNLG¹⁸², analizzano la prestazione non già del paziente protesizzato, quanto della protesi in sé, utilizzando come *endpoint* il fallimento dell'impianto. La sopravvivenza dell'impianto è facilmente rilevabile e, soprattutto, è una misura dicotomica, che meglio si adatta a contesti nei quali la raccolta di misure più complesse sarebbe destinata a fallire, come nel caso dei registri nazionali. Ciò nonostante, anche l'indicazione alla rimozione dell'impianto risulta potenzialmente soggetta a fattori di confondimento (bias).

Allora, scopo del seguente studio è fornire un *indice di performance* valido dal punto di vista scientifico e che esprima quantomeno l'accordo del paziente e del medico sul risultato negativo dell'intervento e ne rappresenti pertanto una stima attendibile. Per poter svolgere tale azione è indispensabile disporre di informazioni adeguate sull'efficacia delle varie prestazioni e sulla qualità del servizio offerto dalle diverse unità sanitarie. Uno strumento formidabile per acquisire una parte importante di tali informazioni è la valutazione di esito (*outcome assessment*), vale a dire del risultato finale ottenuto dalla singola prestazione sanitaria.

La definizione di variabili che permettano di descrivere la qualità dell'intervento di artroprotesi di anca a breve termine non è in generale compito semplice, sia per la insufficienza della letteratura scientifica specifica, sia per la non disponibilità di dati nazionali. Si è trovata pertanto notevole difficoltà ad individuare quali variabili di esito (*outcome*) fossero efficaci, e come potesse essere ridotto il loro numero. Tenendo conto di questi obiettivi, la ricerca è stata indirizzata, seguendo le indicazioni di Daley *et al.*¹⁸³, su quelle variabili che potessero dar conto del malessere dell'individuo, di sue condizioni di insoddisfazione, del recupero di capacità motorie ed, in generale, della qualità di vita possibile.

La variabile di esito così identificata è stata il **tempo di degenza**. Il tempo di degenza rappresenta il parametro meno soggetto a fraintendimenti e allo stesso tempo più

¹⁸² BERJANO P., JEFFERSON T., PADUA R., et. al., *Revisione sistematica sulle protesi d'anca: affidabilità dell'impianto*, PNLG8, 2006: 9.

¹⁸³ DALEY J, SHWARTZ M. *Developing Risk-Adjustment Methods*. In: Iezzoni L. (Ed.). *Risk adjustment for measurement health care outcomes*. Ann Arbor (Mich): Health Administration Press; 1994.

indicativo riguardo l'insorgenza di possibili complicanze pre/post operatorie.

Nella letteratura medica è ormai accertato che la lunghezza dell'ospedalizzazione di un paziente sottoposto ad intervento di protesi d'anca è dipendente, almeno per la maggior parte, dalle complicazioni postoperatorie. Bozic e Ries¹⁸⁴, in uno studio finalizzato alla valutazione dell'impatto economico delle infezioni postoperatorie dopo intervento di artroprotesi d'anca, hanno trovato che i maggiori costi supportati dall'ospedale sono dovuti proprio all'insorgenza di complicanze intra e/o postoperatorie, le quali implicano una più lunga degenza, maggior numero di interventi, visite più frequenti. Anche McGowan, già nel lontano 1981, trovò che la presenza di un'infezione della ferita chirurgica è causa di aumento dei tempi di degenza¹⁸⁵. La profilassi sembra avere la potenzialità di ridurre i tempi di degenza in ospedale, anche se le prove dirette su tale punto sono scarse in quanto pochi trials randomizzati hanno incluso la durata della degenza in ospedale come indicatore di esito. Esistono prove limitate che la prevenzione delle infezioni della ferita si associ a un più rapido ritorno alle normali attività dopo la dimissione dall'ospedale¹⁸⁶.

La vera sfida da vincere risulta essere, quindi, la diminuzione delle complicazioni (in particolare le infezioni) successive all'intervento e di conseguenza la diminuzione del tempo di degenza per singolo paziente. Peraltro, già nel 1992, Barber e Healy¹⁸⁷, analizzando un campione di 44 pazienti sottoposti ad intervento di protesi d'anca nel 1981 presso la Lahey Clinic (USA) ed uno di 104 pazienti sottoposti a medesimo intervento nel 1990, nello stessa struttura ospedaliera, trovarono che la diminuzione della degenza media, da 17 giorni nel 1981 a 9,3 giorni nel 1990, non era associata in alcun modo ad un incremento del tasso di complicazioni o riammissioni.

¹⁸⁴ BOZIC, K.J. MD, MBA; RIES, M.D. MD. *The impact of infection after total hip arthroplasty on hospital and surgeon resource utilization.* J Bone Joint Surg Am. Vol. 87-A(8), August 2005, p 1746-1751.

¹⁸⁵ MCGOWAN JE. *Cost and benefit in control of nosocomial infection: methods for analysis.* Rev Infect Dis 1981; 3: 790-99.

¹⁸⁶ COELLO R, GLENISTER H, FERERES J, BARTLETT C, LEIGH D, SEDGWICK J et al. *The cost of infection in surgical patients: a case control study.* J Hosp Infect 1993; 25: 239-50.

¹⁸⁷ BARBER, TC; HEALY, W.L. *The hospital cost of total hip arthroplasty. A comparison between 1981 and 1990.* J Bone Joint Surg Am. Vol. 75 (3): 321-5, 1993 Mar.

9.1 Tempi di degenza

Dai dati nazionali provenienti dal Ministero della Salute, nel 2000 i circa 69.700 casi di sostituzione totale o parziale di anca hanno avuto una degenza media (intesa come somma dei tempi di degenza pre- e post- operatoria) di circa 15 giorni. Così come negli altri paesi europei, il trend è sostanzialmente la diminuzione, anno dopo anno, del tempo totale medio, tanto che nel 2003 la media era di circa 13 giorni.

Analizzando i dati regione per regione, forniti dall'Istituto Superiore di Sanità, tramite il progetto RIPOP (Registro dell'Implantologia Protesica Ortopedica Poliregionale), si sono potuti valutare i dati riguardanti la Regione Campania e più dettagliatamente i dati riguardanti le Unità Operative partecipanti al progetto. Le informazioni relative alla prevalenza di ricovero, ad alcuni indicatori di *performance* delle Unità Operative (UO) che hanno eseguito gli interventi e alla frequenza delle diagnosi, sono state desunte dalle schede di dimissione del 2003. La durata media della degenza e della degenza pre-operatoria presenta una certa variabilità fra le strutture che hanno eseguito interventi di impianto di protesi d'anca nel 2003, attestandosi mediamente intorno ai 14 giorni per la durata media della degenza e 4 giorni per la degenza pre-operatoria, ricalcando in pieno il dato nazionale.

Per quanto riguarda l'A.O.R.N. Cardarelli, i dati forniscono una diminuzione dei tempi medi di degenza da 14,80 giorni nel 2000 a 13,24 giorni nel 2005 (circa il 2% annuo), a fronte di un incremento del numero degli interventi del 5~6 % annuo (Tab. 8.6).

Anno	Numero Interventi	Giornate degenza	Degenza Media	N. Infezioni riscontrate	% Incidenza
2000	119	1761	14.80	8	6.70 %
2001	122	1787	14.65	9	9.14 %
2002	133	1898	14.27	9	6.77 %
2003	141	1946	13.80	11	9.80 %
2004	150	2025	13,50	11	9.30 %
2005	159	2106	13,24	11	6.92 %

Tab. 8.6 – Flusso informativo A.O.R..N. Cardarelli riguardo artroprotesi d'anca

9.2 Analisi mediante simulazione dinamica

Il primo passo da compiere per effettuare un'analisi per il problema sotto esame è senza dubbio quello della valutazione della situazione attuale. Il parametro da definire sarà quindi il **tempo danno** T_D , che otterremo come differenza tra il **tempo reale** T_R (ottenuto dalle serie storiche delle degenze) ed il **tempo nominale** T_N (ottenuto impostando “credibilmente” e scientificamente il software di simulazione dinamica).

$$T_D = T_R - T_N$$

Se $T_D > 0$ \longrightarrow c'è danno

Se $T_D < 0$ \longrightarrow non c'è danno

Per il calcolo del tempo nominale effettuiamo due distinte simulazioni con il software Arena. La prima simulazione prenderà in considerazione il funzionamento del processo attuale, fornendo come dato in uscita il tempo medio di degenza, mentre la seconda valuterà lo stesso parametro a seguito dell'introduzione di un intervento di prevenzione/protezione.

9.3 Le ipotesi di miglioramento

Detto ciò appare evidente la necessità di trovare delle soluzioni gestionali al problema sopra esposto, che in un'ottica di rapporto costi/benefici comportino un miglioramento sostanziale della situazione, andando ad agire sulle leve fondamentali del processo sotto esame.

Una di queste è certamente l'istituzione di un **sistema di sorveglianza delle infezioni ospedaliere**. Un tale sistema è ormai comunemente considerato requisito essenziale di un programma di controllo finalizzato alla prevenzione delle complicanze infettive in ospedale. Nel 2000, però, solo 353 ospedali (il 76,2% delle 529 strutture italiane con più di 3500 ricoveri annui) disponevano di tale Comitato. E i dati raccolti dal Gruppo italiano di studio di igiene ospedaliera

(Gisio) svelano che solo il 58,4% di questi risulta attivo. Questi ultimi, poi, ricorrono a misure diverse e disomogenee che spaziano dalla semplice sorveglianza ambientale ai protocolli di sterilizzazione. Esiste infatti una grande variabilità tra i sistemi di sorveglianza fino ad ora proposti, sia in termini di obiettivi che di metodologia adottata, soprattutto in considerazione della crescente attenzione all'aspetto dei costi/benefici di ciascun intervento.

Negli ultimi anni ai sistemi di sorveglianza estesi a tutto l'ospedale sono stati preferiti sistemi di sorveglianza "mirata", come ad esempio:

- *sorveglianza per sito specifico*: gli sforzi vengono focalizzati su un tipo particolare di infezione, come ad esempio le infezioni delle ferite chirurgiche o quelle urinarie;
- *sorveglianza per reparto*: l'attenzione della sorveglianza è rivolta ad un determinato reparto o specialità dell'Ospedale, ad esempio l'unità di cure intensive, l'ortopedia, la cardiocirurgia;
- *sorveglianza a rotazione*: viene pianificata la sorveglianza delle infezioni o di tecniche assistenziali ogni mese su un differente reparto o servizio;
- *sorveglianza di epidemie*: è una sorveglianza di limitato impegno per individuare e controllare le epidemie; generalmente è attivata nel laboratorio analisi.

Non esiste un sistema di sorveglianza ideale, adattabile a tutti i contesti: ciascun ospedale dovrebbe definire autonomamente i problemi più importanti da affrontare e risolvere, ma soprattutto individuare quale sistema di sorveglianza adottare per la soluzione di tali problemi. Primo passo da compiere è la creazione di un gruppo di lavoro (il comitato per il controllo delle infezioni - CIO¹⁸⁸), al fine di analizzare i problemi specifici della divisione e programmare tutte le attività previste sulla base della definizione delle priorità (ad esempio sulla base della frequenza/severità delle infezioni attese in rapporto al tipo di pazienti trattati, prevenibilità delle infezioni con il maggiore impatto in ospedale) e l'utilizzo ottimale delle risorse disponibili.

¹⁸⁸ Circolare Ministeriale n. 52 12/85: "Lotta contro le Infezioni Ospedaliere"

Tutto questo porta alla individuazione di un tipo di sorveglianza assai preciso guidato dalle priorità, definita come *sorveglianza per obiettivi*.

Il gruppo di lavoro, composto dalle caposala addette al controllo delle infezioni, dal personale infermieristico della sezione uomini e donne (*Infection Control Nurse*), dal referente medico della divisione e un referente medico della Direzione Sanitaria, da un medico igienista della Direzione Sanitaria, un esperto in microbiologia e un esperto in malattie infettive, ha il compito di riprogettare l'attività divisionale, con l'obiettivo di ridurre le infezioni della ferita chirurgica e migliorare la qualità dell'assistenza ai degenti soprattutto riguardo a:

1. Gestione routinaria del paziente in ortopedia, dell'ambiente e del trattamento delle patologie più frequenti (fornitura materiale di consumo, acquisto di supporti per mobilizzazione, organizzazione del lavoro assistenziale).
2. Revisione e codifica della preparazione del paziente all'intervento secondo tempi e modalità in grado di ridurre il rischio di infezione.
3. Revisione e codifica della profilassi antibiotica peri-operatoria.
4. Verifica dei carichi di lavoro dell'équipe infermieristica presente nella divisione.
5. Revisione dei comportamenti del personale all'interno della sala operatoria.
6. L'adozione di protocolli su varie procedure.

Per promuovere una maggiore cultura della sicurezza e il miglioramento continuo delle pratiche assistenziali correlate al rischio di infezione, sembra opportuno realizzare:

- un *sistema di sorveglianza delle infezioni della ferita chirurgica*, che permetta anche di soddisfare i criteri per l'accreditamento e che consenta l'audit continuo delle UO chirurgiche relativamente al controllo delle infezioni;
- un *programma formativo* sui principali aspetti della prevenzione e controllo delle infezioni della ferita chirurgica, per offrire alle Aziende strumenti standardizzati per promuovere una maggiore conoscenza dei temi relativi alla prevenzione delle infezioni del sito chirurgico.

Le infezioni post-operatorie non possono essere completamente eliminate, ma l'adozione di misure preventive appropriate porta a una riduzione significativa della frequenza di complicanze infettive. A questo proposito sono state redatte numerose linee guida e raccomandazioni relative a misure comportamentali. Le più autorevoli e conosciute sono rappresentate da quelle dell'HICPAC (Hospital Infection Control Practice Advisory Group) e dei CDC, il cui ultimo aggiornamento è stato pubblicato nel 1999 (CDC, 1999).

La tabella 8.5, riportata nella pagina seguente, indica le misure di prevenzione che dovrebbero essere adottate in chirurgia per ridurre al minimo le infezioni della ferita chirurgica. Le misure sono quelle raccomandate dalle linee guida dei Centers for Disease Control and Prevention (CDC) statunitensi e adottate in molti paesi del mondo e rappresentano la base irrinunciabile per il contenimento delle complicanze infettive postoperatorie.

MISURE PREOPERATORIE

1. Preparazione del paziente

- identificare e **trattare tutte le infezioni** prima degli interventi elettivi e posticipare l'intervento fino alla risoluzione dell'infezione
- **evitare la tricotomia** a meno che i peli nell'area di incisione non interferiscano con l'intervento
- se la tricotomia è necessaria eseguirla immediatamente prima dell'intervento e preferibilmente utilizzando rasoi elettrici
- **controllare la glicemia** in tutti i pazienti diabetici ed evitare iperglicemia nel periodo perioperatorio
- far eseguire al paziente una **doccia o un bagno con antisettico** almeno la notte prima dell'intervento
- **lavare e pulire accuratamente l'area dell'incisione** per rimuovere le macrocontaminazioni prima della disinfezione del campo operatorio, utilizzando un'appropriata preparazione antisettica per la cute

2. Preparazione dell'équipe chirurgica

- tenere le **unghie corte** ed evitare l'uso di unghie artificiali
- effettuare il **lavaggio chirurgico con antisettico per 2-5 minuti** e lavare mani e avambracci fino ai gomiti
- dopo essersi lavati **tenere braccia e mani in alto** e lontane dal corpo in modo da far scolare l'acqua dalle dita verso i gomiti, **asciugare con un telo sterile** e indossare guanti e camice sterili

3. Gestione del personale sanitario colonizzato o infetto

- istruire e incoraggiare il personale della sala operatoria che presenti **segni/sintomi di malattie trasmissibili** a segnalarlo prontamente
- mettere a punto protocolli specifici per l'allontanamento o la riammissione dal lavoro in caso di infezioni trasmissibili del personale di sala operatoria
- **a scopo precauzionale, allontanare dal lavoro il personale con lesioni cutanee essudative e ottenere colture appropriate della lesione**

MISURE INTRAOPERATORIE

1. Sistemi di ventilazione

- nella sala operatoria mantenere **aria a pressione positiva** rispetto ai locali adiacenti
- garantire almeno **15 ricambi** l'ora di cui 3 di aria fresca
- **filtrare tutta l'aria**, ricircolante e fresca, con filtri appropriati
- far entrare l'aria dal soffitto e farla uscire dal pavimento
- **non usare raggi ultravioletti** in sala operatoria per prevenire ISC
- tenere le **porte della sala operatoria chiuse**

2. Pulizia e disinfezione dell'ambiente

- in caso di contaminazione visibile del pavimento, di superfici o attrezzature con sangue o altri liquidi biologici **pulire prima del successivo intervento utilizzando un disinfettante approvato dall'apposita commissione locale**
- non effettuare interventi speciali di pulizia o chiusura della sala dopo interventi contaminati o sporchi
- **non usare tappetini adesivi** all'ingresso dell'area operatoria

3. Campionamento microbiologico ambientale

- **non effettuare campionamento di routine**, ma ottenere campioni ambientali dell'aria e delle superfici della sala operatoria solo nel contesto di specifiche indagini epidemiologiche

4. Sterilizzazione degli strumenti chirurgici

- sterilizzare tutti gli strumenti chirurgici secondo protocolli approvati
- ricorrere alla sterilizzazione «flash» solo per gli strumenti da riutilizzare immediatamente

5. Indumenti e teli chirurgici

- all'ingresso della sala operatoria indossare una **mascherina** che copra adeguatamente bocca e naso, una **cuffia o copricapo** per coprire capelli e barba
- indossare i **guanti sterili** e farlo dopo aver indossato un camice sterile
- usare camici e teli che mantengano efficacia di barriera anche quando bagnati
- cambiare l'abbigliamento chirurgico se visibilmente sporco o contaminato con sangue o altro materiale

6. Asepsi e tecniche chirurgiche

- rispettare le **norme di asepsi quando si posizionano** un catetere vascolare, cateteri da anestesia spinale o epidurale o quando si somministrano farmaci per via endovenosa
- **manipolare i tessuti con cura**, eseguire una buona emostasi, rimuovere i tessuti devitalizzati e i corpi estranei dal sito chirurgico
- **posticipare la chiusura della ferita o lasciare l'incisione aperta, per portarla a guarigione «per seconda intenzione» quando il sito chirurgico è pesantemente contaminato**
- laddove sia necessario un drenaggio, utilizzare un **drenaggio chiuso**, posizionarlo attraverso una incisione separata e distante dalla incisione chirurgica e rimuovere il drenaggio appena possibile

9. Medicazione della ferita

- proteggere le ferite chirurgiche per **24-48 ore con medicazioni sterili**
- **lavarsi le mani** prima e dopo aver effettuato la medicazione o aver toccato il sito chirurgico

Tabella 8.5 -. Misure di prevenzione delle infezioni della ferita chirurgica secondo la linea guida dei Centers for Disease Control and Prevention

I protocolli relativi a specifiche attività assistenziali a rischio di trasmettere infezioni non sono ancora diffusi nella maggioranza delle UO di chirurgia, come

sarebbe invece necessario e atteso. Ancora poco diffusi, ad esempio, sono i protocolli relativi:

- la preparazione del paziente all'intervento (tricotomia, doccia con antisettico)
- il drenaggio chirurgico
- la medicazione della ferita chirurgica
- l'idoneità dell'ambiente operatorio
- l'adeguatezza dei comportamenti
- la sterilizzazione degli strumenti chirurgici

◆ **Evitare la tricotomia** o eseguirla, se necessario, immediatamente prima dell'intervento non viene considerata una misura efficace a ridurre le infezioni: solo il 38% dei chirurghi, il 45% degli infermieri di sala e il 51% degli infermieri di reparto considera l'evitare la tricotomia - se i peli non interferiscono con l'area di incisione - come una misura efficace di prevenzione delle infezioni. In particolare, singoli studi, hanno suggerito che la pratica di eseguire la tricotomia attraverso l'uso di rasoi porta ad un aumento dell'incidenza delle infezioni chirurgiche postoperatorie. Studiando l'effetto della rimozione dei peli tramite rasoio infatti si è visto che tale rasatura produce piccoli tagli nella cute che vengono colonizzati da organismi che possono poi portare all'infezione. Comunque la decisione circa la rimozione dei peli sul sito chirurgico deve tener presente anche il problema del potenziale accesso alla zona e il problema della visibilità. Per questo la tricotomia può rendersi necessaria per diverse ragioni ma non deve essere considerata come misura preventiva delle infezioni delle ferite chirurgiche.

◆ Anche le **modalità di medicazione della ferita** necessitano di essere rivalutate criticamente e rappresentano un ambito per il quale sono necessari interventi immediati. L'Unità Operativa dovrebbe essere organizzata in modo da eseguire le medicazioni in un locale separato e non al letto del paziente. Inoltre, mentre in

teoria il lavaggio delle mani viene percepito dai professionisti come una misura rilevante a ridurre il rischio di infezioni, nella pratica (osservazione diretta) solo il 35% dei chirurghi e il 41% degli infermieri la esegue prima e dopo la medicazione.

◆ La **sterilizzazione** rappresenta un momento di prevenzione fondamentale e insostituibile nel controllo delle infezioni che possono manifestarsi in ambito ospedaliero; i processi da adottare devono essere valutati criticamente in rapporto al miglioramento delle conoscenze e all'evoluzione tecnologica delle sostanze, dei preparati e delle apparecchiature. Le procedure di disinfezione e la sterilizzazione devono essere precedute dalla fase di decontaminazione, basata sull'utilizzo di metodi chimici e chimico-fisici, per inattivare, distruggere o rimuovere microrganismi patogeni dalla superficie di uno strumento. Il processo di sterilizzazione deve essere compatibile con le caratteristiche del dispositivo stesso, pertanto occorre prevedere cicli e metodiche finalizzate al materiale e all'uso del materiale stesso. Temperatura, concentrazione dell'agente sterilizzante, pressione e tempo sono tutti fattori che possono condizionare ogni tecnica di sterilizzazione, ma elemento comune a tutte le modalità è la necessità di sottoporre al processo materiali decontaminati e puliti in quanto, al di là delle già menzionate garanzie di sicurezza per l'operatore sanitario, il tempo di uccisione di una popolazione microbica è direttamente correlato alla sua concentrazione all'inizio del processo.

Il processo di sterilizzazione include una serie di attività consecutive costituite da un numero più o meno elevato di azioni. E' indubbio che l'avvicendamento delle mansioni e delle attività che si verifica nelle strutture sanitarie è una delle cause più frequenti di errori e il miglior modo per ridurli consiste nel codificare l'esecuzione di tali attività.

Tutto il processo di sterilizzazione deve essere un insieme di operazioni regolamentate e gestite da personale appositamente formato allo scopo. Dovrebbero quindi esistere procedure per il processo di sterilizzazione e protocolli operativi per le singole attività di trasporto, decontaminazione, pulizia, confezionamento, sterilizzazione, conservazione e riconsegna del materiale.

Di fatto una corretta gestione del processo di sterilizzazione richiede che le aziende sanitarie attuino azioni ben precise avvalendosi, ove possibile, di norme tecniche armonizzate messe a disposizione dal CEN (Comitato Europeo di Normalizzazione), le quali indicano lo stato dell'arte delle conoscenze su tale ambito disciplinare, le caratteristiche tecniche del processo, nonché le prove da effettuare per verificare la rispondenza del medesimo.

Modello organizzativo per la convalida del processo di sterilizzazione



Figura 8.5 - Modello organizzativo per la convalida del processo di sterilizzazione

Per elevare la qualità e l'affidabilità del processo di sterilizzazione, si rende necessaria la fase di tracciabilità del prodotto. La tracciabilità è una procedura che consente di ricostruire con facilità e precisione tutte le fasi dell'avvenuto processo di sterilizzazione, mediante registrazione su supporto cartaceo e/o informatico.

La documentazione inerente l'intero processo di sterilizzazione (i risultati dei test effettuati, le documentazioni rilasciate dalle apparecchiature, ecc.) deve essere archiviata e opportunamente conservata.

Al fine di innalzare il livello di qualità si consiglia di adottare sistemi di tracciabilità informatizzati in modo da documentare tutte le fasi del processo di

sterilizzazione e rendere possibile il calcolo della produttività, nonché dei costi di gestione del servizio fornito alle Unità Operative.

Sistema di rintracciabilità



Possibilità di richiamare i dispositivi medici

Figura 8.5 - Sistema informatico di gestione dell'attività di sterilizzazione

La complessità del processo di sterilizzazione, che necessita di garanzie in tutte le sue fasi, dalla definizione delle procedure alla messa a norma delle apparecchiature, rappresenta un valido motivo di esternalizzazione in sanità pubblica. La sterilizzazione, attività no core business, viene esternalizzata, ovvero acquistata in outsourcing, per ottenere dei vantaggi:

- Fase organizzativa e impegno finanziario a carico della ditta appaltatrice;
- possibilità del committente (Direzione Sanitaria) di concentrarsi sul core business;
- opportunità di recuperare risorse umane da destinare ad altri incarichi;
- personale specializzato nel servizio costantemente aggiornato;
- maggiore controllo della spesa e riduzione dei costi derivanti da guasti, degrado e manutenzione delle apparecchiature;
- opportunità di definire e mantenere uno standard di servizio elevato.

Modalità di esternalizzazione della sterilizzazione

- Gestione esternalizzata del processo di sterilizzazione con centrale esterna al Presidio Ospedaliero: prevede la gestione del servizio in struttura di proprietà dell'azienda appaltatrice;
- Gestione esternalizzata della CSSD all'interno del Presidio Ospedaliero: la centrale al termine dell'appalto rimane di proprietà dell'azienda ospedaliera; è possibile estendere il servizio anche ad altre strutture esterne al Presidio Ospedaliero.

◆ **L'idoneità degli impianti di sala operatoria** è un altro elemento critico. La sala operatoria è uno degli ambienti ad alto rischio infettivo, dove si possono contrarre malattie sia da parte dei pazienti sia da parte del personale sanitario. Un blocco operatorio è costituito in genere da un insieme di locali collegati tra loro, che consentono di avere zone progressivamente più sterili, dall'ingresso fino alle sale operatorie vere e proprie. In generale è necessario che siano presenti:

1. zona filtro all'entrata	9. deposito strumentazioni sterili
2. zona preparazione personale e chirurghi	8. spogliatoi personale
3. locale preparazione paziente	9. locale lavoro infermieri
4. locale risveglio paziente	10. locale relax per addetti sale operatorie
5. sale operatorie	11. servizi vari
6. locale sterilizzazione materiale chirurgico	

L'idoneità dell'ambiente operatorio riguarda diversi aspetti: ricambi d'aria, sanificazione dell'ambiente, utilizzo di corretto abbigliamento.

In questo quadro generale, una attenzione specifica è stata posta per le sale operatorie di chirurgia ortopedica, in particolare destinate all'impianto di protesi. Già nel 1983, Lidwell propose una possibile correlazione tra sepsi ed entità della carica microbica presente nell'aria. In una ampia rivisitazione del tema, nel 1988, Hambreus evidenziava che la riduzione della conta microbica era, sostanzialmente, direttamente proporzionale alla frequenza di ricambi/aria per ora sino a quando si raggiungeva il numero di 20. Frequenze più alte influenzavano poco la conta complessiva.

Nichols, nel 1992 rilevava che di fatto, se la sala operatoria è correttamente costruita (20- 25 ricambi ora con aria trattata con filtri ad alta efficienza, temperatura variabile tra i 18° e 24° e 50-55% di tasso umidità) non sono presenti nell'aria batteri o particelle sospese di grandezza superiore ai 0,5 micron, in assenza di operatori. In larga misura, infatti, la sorgente di germi veicolati dall'aria era rappresentata dalla cute degli operatori e la quantità era funzione della numerosità del personale, dell'attività svolta, della conoscenza dei comportamenti da tenere e della disciplina adottata.

Si rende necessario, dunque, mettere in atto interventi per adeguare le strutture qualora non rispondenti ai requisiti di minima (almeno 15 ricambi totali per ora di aria filtrata di cui almeno il 20% con aria fresca; introduzione dell'aria presso il soffitto ed aspirazione presso al pavimento, 20-24° di temperatura, 40%-60% di umidità; pressione positiva nella sala operatoria). È necessaria, inoltre, la definizione di un protocollo scritto di gestione delle prove di collaudo dei filtri, eseguite mediante test di penetrazione delle particelle o di tenuta al momento dell'installazione, della sostituzione e dell'emivita degli stessi.

• In sala operatoria si tende a dare più importanza a misure generiche di controllo ambientale (utilizzo di calzari, tappetini adesivi all'ingresso della sala operatoria, controllo microbiologico di routine) che non ai **comportamenti degli operatori** (disciplina del traffico, numero dei presenti, preparazione dell'équipe operatoria, rispetto delle norme igieniche). Le porte spesso sono lasciate aperte, il numero di persone in sala operatoria non viene tenuto sotto stretto controllo.

Per quanto attiene ai comportamenti del personale ospedaliero, la cui formazione ed informazione compete al CIO, su cui grava l'obbligo di disporre la diffusione dei presidi verificandone la corretta applicazione, si segnala l'utilizzo obbligatorio di maschere, camici e cuffie che sono utilizzate come barriere per microrganismi disseminati su cute esposta e su mucose, al fine di diminuirne la contaminazione da e nell'ambiente e, conseguentemente, dei degenti. Anche i guanti, di lattice o vinile, sterili o non sterili a seconda delle evenienze, sono un indispensabile

presidio per proteggere il personale dalla contaminazione e dalla seguente propagazione di microrganismi; tuttavia, a tale fine, è indispensabile che venga messo in atto anche uno scrupoloso e costante lavaggio delle mani, che si è dimostrato un atto utile a fini preventivi.

Il lavaggio delle mani si distingue in tre tipi a seconda della finalità:

- sociale, per le ordinarie attività di reparto;
- antisettico, da effettuare prima di tutte le procedure ad alto rischio;
- preoperatorio, necessario prima e dopo ogni intervento chirurgico.

A seconda della finalità varierà anche il prodotto utilizzato, nonché la durata del lavaggio e l'accuratezza.

◆ Un ruolo fondamentale viene oggi ricoperto dalla *sorveglianza continuativa* tramite i *dati di medicina di laboratorio* che non devono essere limitati esclusivamente all'isolamento e identificazione, il più precoce possibile, dei microrganismi responsabili nel singolo caso clinico, o alla effettuazione delle prove di sensibilità in vitro ai vari antibiotici ma, in collaborazione con il servizio di Igiene Ospedaliera e Medicina Preventiva, anche contribuire all'attuazione di diverse misure per la prevenzione e il controllo delle infezioni ospedaliere. Infatti, se il laboratorio rappresenta un'utile fonte informativa per identificare eventi sentinella, epidemie nosocomiali, presenza di microrganismi multiresistenti e per monitorare l'andamento delle resistenze stesse, indubbiamente tali dati sarebbero di scarsa importanza se non costituissero la base per migliorare la formazione del personale tramite percorsi di audit mirati alla modifica dei comportamenti igienico-sanitari che se consolidati possono determinare una reale diminuzione delle I.O. nei nostri ospedali. Non vi è dubbio, infatti, che il controllo delle Infezioni Ospedaliere derivi dalla integrazione di competenze multidisciplinari di tipo epidemiologico, igienistico, laboratoristico-microbiologico e farmaceutico; tali competenze armonizzate dalla Direzione Sanitaria nella costituzione del Comitato per le Infezioni Ospedaliere (C.I.O.) contribuiscono alla gestione del rischio clinico.

9.4 La simulazione dinamica con Arena

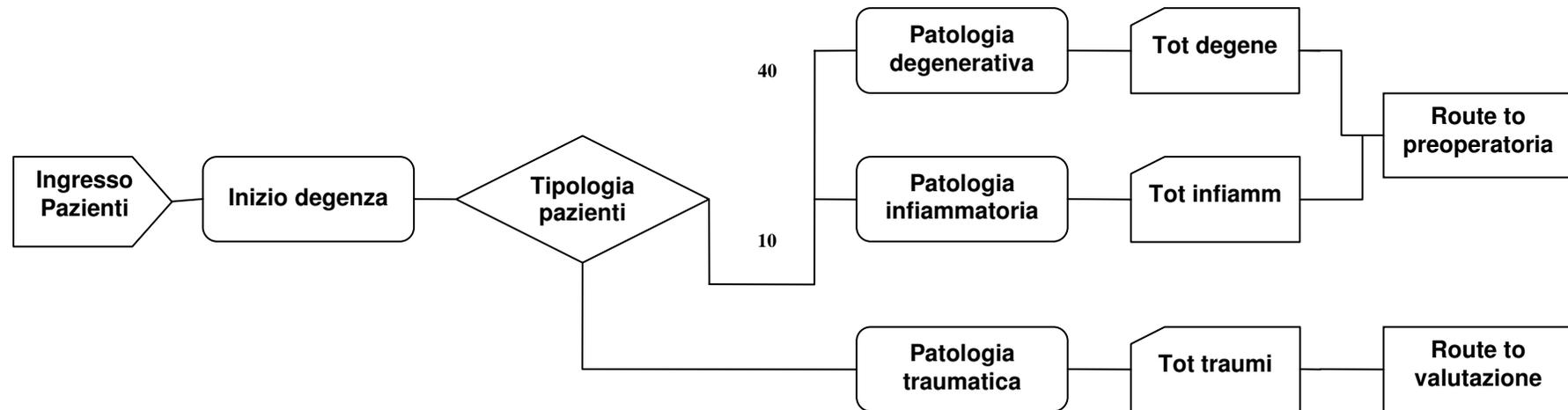
Il presente lavoro propone un modello di simulazione dinamica per quantificare numericamente il miglioramento atteso grazie all'introduzione di un sistema di sorveglianza delle infezioni ospedaliere. In questa sede il coefficiente di miglioramento a seguito dell'intervento di miglioria dell'apparato di controllo del rischio infettivo viene calcolato mediante una simulazione dinamica, svolta grazie al software **Arena**. Questo software è molto potente, ma al tempo stesso è di semplice utilizzo; la realtà viene simulata mediante l'utilizzo di blocchi, correlati tra loro a formare un modello rispecchiante la situazione reale.

Di seguito si riporta lo schema a blocchi utilizzato per il caso in esame; il modello, per una più immediata visibilità, è sviluppato in diversi tronconi, ognuno dei quali rappresentativo dei diversi steps seguiti dal paziente sottoposto ad intervento protesico d'anca. Come dato in ingresso è stato assunto il flusso di ricoveri e come dato in uscita il numero di pazienti che subiscono o meno intervento protesico ed il tempo medio di degenza.

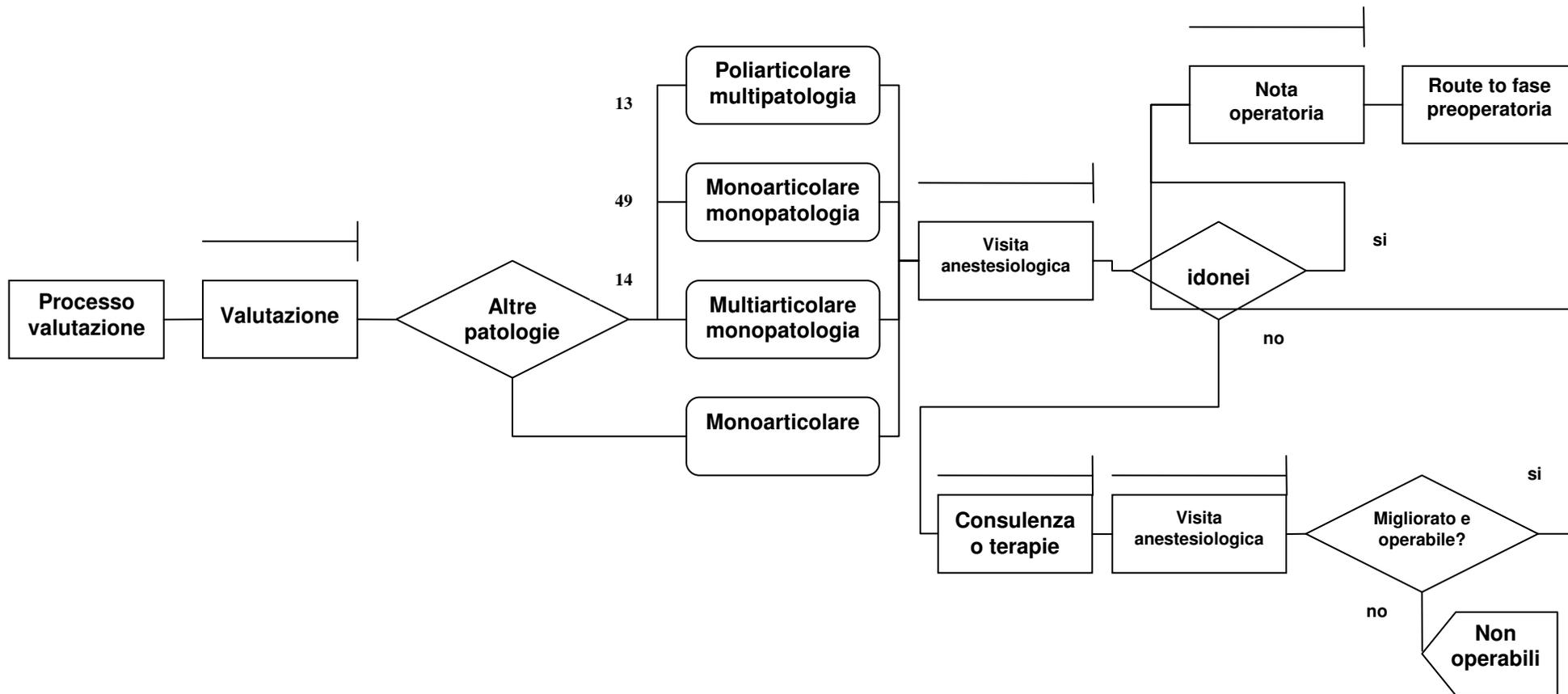
Il modello è sviluppato nel modo più generale possibile, come logico per un modello che deve attenersi alla realtà, qualunque essa sia, mantenendo comunque nel proprio interno tutti gli elementi di specificità propri dell'intervento considerato.

L'ipotesi alla base del modello è che il tempo medio di degenza è influenzato da diverse variabili, come la tipologia di pazienti, la presenza o meno di comorbidità articolari o patologiche, la presenza o meno di complicanze post-operatorie quali infezioni o trombosi, la necessità di reinterventi precoci a causa di lesioni intraoperatorie o fallimenti degli impianti protesici.

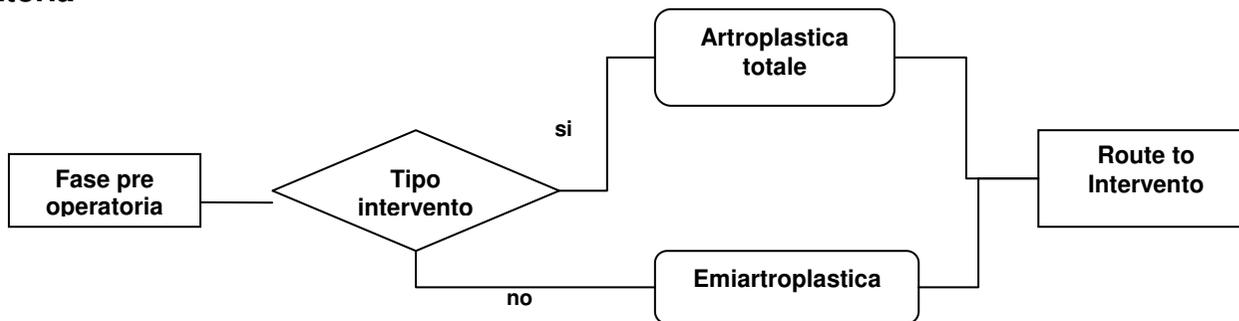
1. Ingresso Pazienti



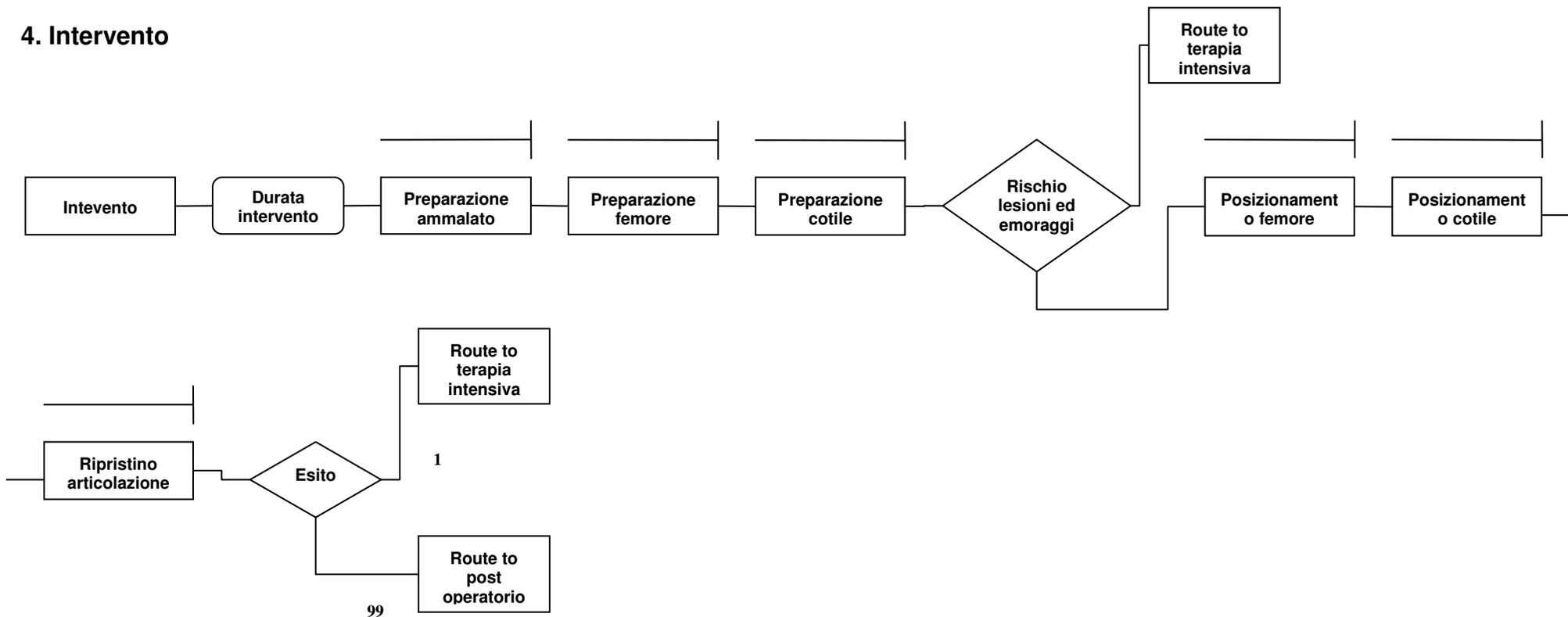
2. Valutazione



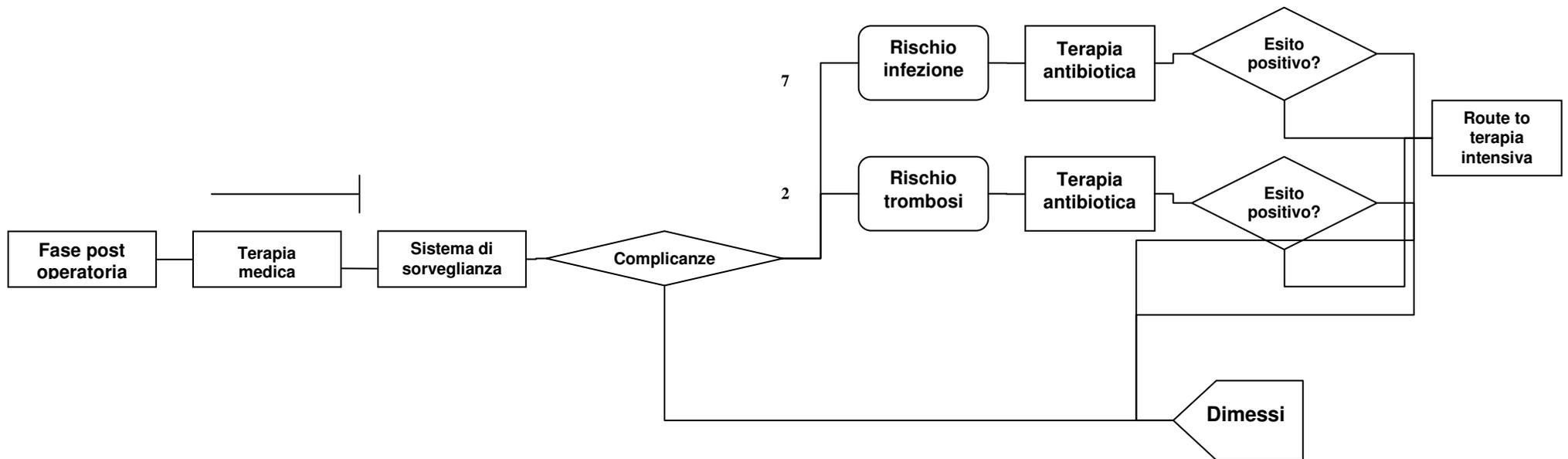
3. Fase pre-operatoria



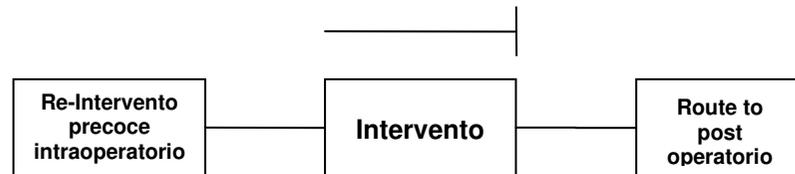
4. Intervento



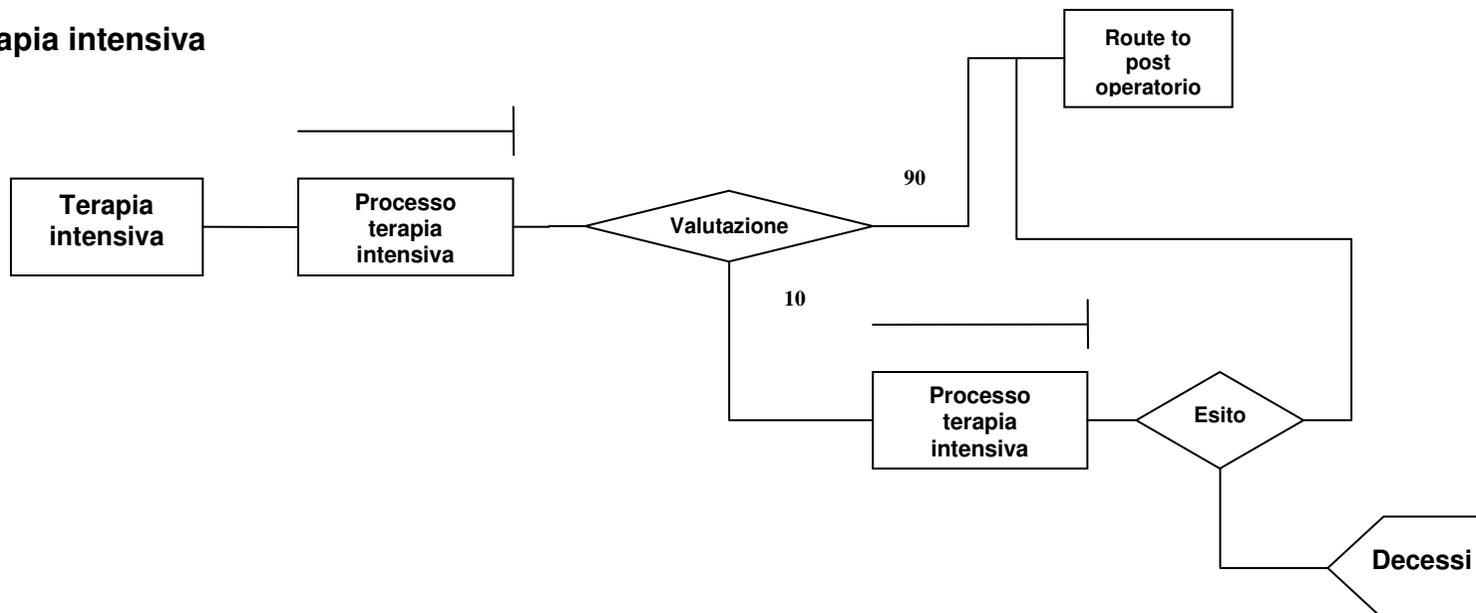
5. Fase post-operatoria



6. Re-intervento



9. Terapia intensiva



9.4.1 Ingresso pazienti

L'assegnazione degli **ingressi dei pazienti** avviene in maniera casuale, ma rispettando una legge di distribuzione ben precisa, supposta di Poisson in osservanza al Teorema del Limite Centrale. La scelta della suddetta distribuzione è poi giustificata dall'analisi effettuata sui dati in possesso mediante l'**Input Analyzer** in dotazione al software Arena stesso. Esso infatti, una volta inseriti dati numerici di qualsiasi tipo, è in grado di determinare la legge di distribuzione cui più si avvicinano, identificandone inoltre i parametri (come ad esempio media e varianza) da cui la distribuzione stessa è caratterizzata. L'importanza di questo elemento non va sottovalutata: un'analisi capillare del reparto di ortopedia di una grande azienda ospedaliera come il Cardarelli di Napoli è praticamente impossibile; uno strumento come il suddetto consente di generalizzare i dati di cui si dispone, una volta identificato un campione casuale perfettamente rappresentativo della popolazione sotto esame.

Premesso ciò, possiamo dire che in ingresso al sistema si avrà una probabilità di ricoveri per interventi di protesi d'anca rappresentabile mediante una distribuzione di Poisson di media 2.579, il che vuol dire che mediamente entra nel sistema 1 paziente ogni 3 giorni circa.

Si procede poi ad una caratterizzazione dei pazienti, procedendo ad una statistica descrittiva delle patologie che hanno portato al ricovero del paziente. Dai dati provenienti dall'Istituto Superiore della Sanità relativi al 2005, le diagnosi negli interventi di protesi d'anca sono state:

- 50% patologie traumatiche
- 40% patologie degenerative
- 10% patologie infiammatorie

Le diverse diagnosi necessitano ovviamente di diversi percorsi di trattamento. Le *patologie degenerative* ed infiammatorie sono interventi di elezione e nel nostro sistema salteranno la fase di valutazione, in quanto si

suppone sia stata già effettuata prima del ricovero ospedaliero. Le *patologie traumatiche* necessitano invece di un iter diverso: il primo passo da compiere consiste nella valutazione pre-operatoria delle condizioni articolari e fisiche nel complesso, del paziente.

9.4.2 Valutazione pre-operatoria

Il paziente traumatizzato che venga ricoverato in ospedale, dovrà necessariamente sottoporsi ad una fase di **valutazione** delle condizioni dell'articolazione e delle condizioni generali di salute. Alcuni esami serviranno a confermare la presenza di un trauma all'anca, mentre altri potranno servire ad escludere altre patologie. In particolare lo specialista ortopedico procederà con:

1. Visita ortopedica: è il primo passo. Si valuterà il tipo di dolore, la sede e la motilità dell'anca interessata.
2. Esame radiografico: il primo esame da eseguire è una radiografia dell'anca. La radiografia va eseguita secondo due proiezioni: una radiografia dell'intero bacino che servirà a valutare le due articolazioni dell'anca e ad escludere eventuali patologie del bacino stesso (morbo di Paget, osteolisi...) ed una radiografia ascellare dell'anca interessata.

Alla fine del processo di valutazione, possiamo individuare 4 grandi classi di pazienti:

- Pazienti con diagnosi monoarticolare e nessun'altra patologia: 24%
- Pazienti con diagnosi monoarticolare e monopatologia: 49%
- Pazienti con diagnosi pluriarticolare e monopatologia: 14%
- Pazienti con diagnosi pluriarticolare e multipatologia: 13%

A ciascuna di queste classi è assegnato un tempo di visita differente, a causa degli esami più o meno approfonditi che si richiedono.

Il passo successivo consiste nella **visita anestesiologicala**, la quale permette di valutare le condizioni generali del paziente e la sua operabilità. Dal

momento che ci si trova a che fare con pazienti traumatizzati, tutta la documentazione clinica necessaria alla visita (ovvero tutti gli esami eseguiti assieme a tutte le documentazioni di eventuali precedenti ricoveri) dovrà essere acquisita in corso d'opera, mediante una serie di accertamenti che confermino o meno l'operabilità del paziente. Tutto ciò comporta un'allungamento del *tempo di visita*, che con l'Input Analyzer è stato stimato avere una *distribuzione triangolare di media 24 ore* (min: 12h, max: 36h).

Il 90% dei pazienti si presenta immediatamente operabile e viene trasferito in **Nota Operatoria**, in attesa di intervento; il restante 10% è messo sotto cura terapeutica per almeno 3 giorni, dopo i quali sarà di nuovo sottoposto a valutazione anestesistica. alla fine di questo percorso, solo l'1% risulterà definitivamente non operabile, a causa delle precarie condizioni generali di salute.

A questo punto tutti i pazienti in attesa di intervento, sia esso d'urgenza o di elezione, sono inseriti nella Nota Operatoria.

9.4.3 Nota Operatoria

La Nota Operatoria definisce quantità e tempi di realizzazione degli interventi previsti. La Nota Operatoria è necessaria per rendere coerenti tra loro la capacità operatoria disponibile e quella necessaria. La **capacità operatoria disponibile** è una grandezza sostanzialmente costante, mentre la **capacità operatoria necessaria** è una grandezza tipicamente variabile, dipendente dall'andamento nel tempo dei ricoveri nel reparto.

Il primo passo da compiere è la *quantificazione della capacità disponibile*. Questa è una grandezza direttamente proporzionale alla disponibilità delle risorse, dove per risorse si intende il numero di sale operatorie, il numero di chirurghi e di medici, il numero di infermieri, ecc.. La capacità disponibile può essere valutata mediante "dati tecnici rappresentativi" e risulta pari alla

capacità operativa teorica (le 2 sale operatorie del reparto di ortopedia del Cardarelli sono disponibili per interventi dal lunedì al venerdì, dalle 8.00 alle 14.00), al netto di ogni *indisponibilità stimabile* (guasti, fermi per manutenzione, assenteismo...).

Il termine rappresentativo sta ad indicare che tali dati si riferiscono ad aggregati di interventi. Si ricorre, quindi, ad uno schema di aggregazione che raggruppi gli interventi in famiglie il più possibile omogenee. Un possibile schema consiste nel dividere gli interventi ortopedici in **lievi**, **medi** e **pesanti**, a seconda della complessità e dell'invasività.

Il secondo passo consiste nella *quantificazione della capacità operatoria necessaria*. Questa operazione può essere effettuata analizzando il flusso informativo degli interventi effettuati nel dipartimento, su base annua, e analizzando le liste d'attesa per interventi elettivi. Si stima che in un reparto molto grande come quello di Ortopedia dell'A.O.R.N. Cardarelli di Napoli siano circa 1100 gli interventi annui effettuati. Bisogna poi, tenere conto del fatto che nelle medesime sale operatorie vengono processati tipologie di interventi caratterizzati da gradi di assorbimento di capacità operatoria diversi.

Tipo Interventi	% Incidenza	Tempo medio
Interventi lievi	20	15 min
Interventi medi	30	30 – 60 min
Interventi pesanti	50	1.5 – 2 ore

Preso atto di ciò, il passo successivo consiste nella *definizione di una strategia di programmazione della Nota Operativa*. L'ipotesi assunta è che il livello operatorio non possa essere modificato mediante l'aggiustamento del livello di forza lavoro, per cui l'unica strategia da perseguire risulta mantenere una capacità stabile durante tutto l'arco temporale di riferimento, riuscendo ad implementare una tecnica di schedulazione che permetta di

occupare gli spazi liberi, riuscendo allo stesso modo a non concentrare consecutivamente gli interventi più complessi.

Sulla base di ciò, mediante gli strumenti forniti dal software, è stato possibile valutare il tempo di attesa in Nota Operatoria, rappresentato da una *distribuzione triangolare di media 24 ore* (TRIA (12,24,48)).

9.4.4 Fase pre-operatoria

Durante il ricovero per l'intervento, in base alle indicazioni emerse dalla visita ortopedica, si decide il **tipo di intervento** da eseguire: artroplastica totale o emiartroplastica. Dai dati in nostro possesso è possibile ripartire le percentuali di intervento nel 60% per le artroplastiche totali e nel restante 40% per le emiartroplastiche.

Viene inoltre impostata la *profilassi antibiotica* secondo protocolli formulati sui principi attivi più efficaci e che possono subire modifiche in base alle necessità soggettive del paziente. Qualora non vi siano indicazioni particolari la terapia antibiotica viene somministrata durante la seduta operatoria ed eventualmente proseguita a discrezione del medico. Per questo motivo si ipotizza il processo di profilassi antibiotica come un processo sostanzialmente a tempo zero.

Durante questa fase il paziente deve essere accuratamente **preparato** secondo un protocollo igienico-alimentare prestabilito: il personale infermieristico provvederà alla depilazione con kit sterile monouso, secondo l'indicazione dell'équipe medica; quindi il paziente verrà invitato ad eseguire un doccia con sapone antisettico monouso e a detergere la zona da operare per rimuovere i peli residui. Poco prima di andare in sala operatoria viene somministrato al paziente il preanestetico con lo scopo di sedarlo e prepararlo per l'anestesia.

9.4.5 Intervento

L'applicazione di un'artroprotesi dell'anca comprende diversi tempi sia medico-anestesistici, sia chirurgici.

Arrivo in sala operatoria e preparazione anestesistica

Il paziente viene portato dal personale ausiliario in sala operatoria dove sosta nella sala d'attesa fino all'entrata nella sala di anestesia. Qui viene accolto dal medico anestesista e dalla nurse di anestesia che, dopo controllo dei parametri vitali, iniziano l'anestesia vera e propria. Intanto il personale ausiliario prepara la sala operatoria in cui avverrà l'intervento, procedendo alla sterilizzazione e al corretto posizionamento della strumentazione chirurgica. L'intera fase di preparazione richiede mediamente 45 minuti, distribuendosi con una funzione triangolare TRIA (30,45,60).

L'atto chirurgico di applicazione della protesi

Il paziente viene sdraiato sul fianco opposto a quello in cui si deve intervenire (posizione decubito laterale) o supino, in funzione dell'accesso chirurgico utilizzato. La precisione nel posizionamento è essenziale per assicurare il corretto orientamento della coppa acetabolare e dello stelo. Viene praticata un'incisione cutanea nella regione laterale dell'anca, tra gluteo e coscia e si raggiunge l'articolazione, spostando i fasci muscolari con un divaricatore. Una volta asportata la capsula articolare, viene lussata l'articolazione con movimenti combinati di adduzione, flessione e extra-rotazione dell'arto (figura 8.5).

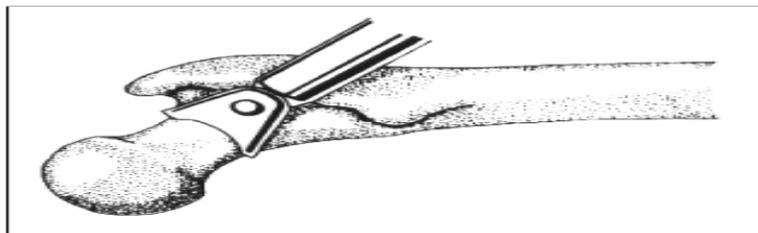


Fig. 8.5 – Lussazione dell'articolazione

La testa del femore viene asportata mediante osteotomia alla base del collo femorale, utilizzando una sega oscillante o sega coltellare. La linea di osteotomia distale è parallela alla linea intra-trocanterica ed inizia 1 cm sopra il piccolo trocantere. Successivamente si prepara l'acetabolo per l'alloggiamento del cotile protesico con frese di diametro crescente. Si passa, poi, all'asportazione della porzione midollare e spongiosa del grande trocantere, si fresa il canale femorale ricercando le dimensioni protesiche più adatte (figura 8.6) e si completa la preparazione con un'apposita raspa, sagomata come lo stelo da inserire, mossa alternativamente dal chirurgo lungo l'asse della diafisi (figura 8.7).

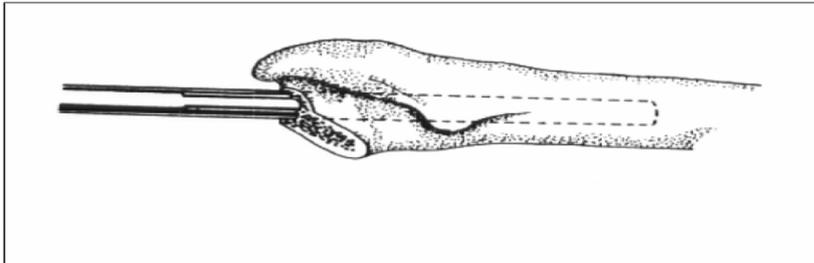


Fig. 8.6 –
*Fresatura del
canale
femorale*

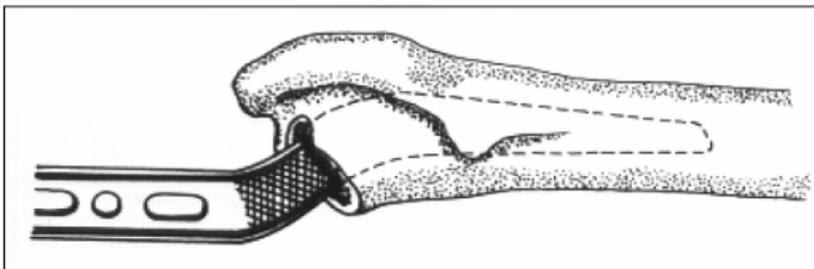


Fig. 8.7 –
*Raspatura del
canale femorale*

Nel caso di steli non cementati s'inserisce la componente femorale a pressione (figura 8.8) .

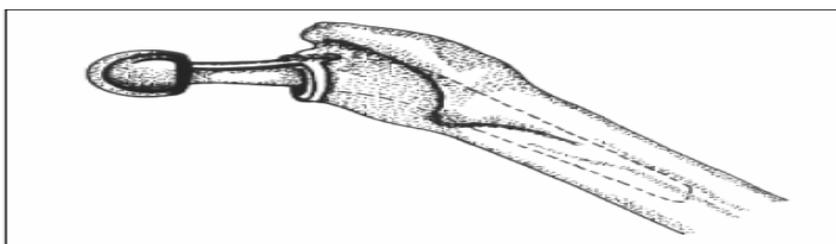


Fig. 8.8 –
*Stelo non
cementato*

Nel caso di steli cementati si riempie l'incavo femorale, ugualmente scavato, con il cemento chirurgico e s'inserisce lo stelo protesico rimuovendo il cemento in esubero.

Per le protesi che presentano una caratteristica modulare si scelgono ed inseriscono la testina ed il collo più adatti, regolando con la dimensione e la direzione degli elementi scelti l'eventuale dismetria tra gli arti. Infine si ripristina l'articolazione e si ricompongono i tessuti sottocutanei e cutanei. L'intervento ha una durata tra i 45 e i 90 minuti.

Il risultato conseguito da un impianto dipende simultaneamente:

- dai materiali utilizzati;
- dalla geometria della protesi;
- dalla tecnica chirurgica d'applicazione;
- dalle condizioni fisiopatologiche dei tessuti circostanti l'impianto.

Escludendo la causa settica, l'insuccesso può essere dovuto a vari fattori, tra cui processi di natura biologica, che portano alla mobilitazione di una o di entrambe le componenti protesiche, oppure al fallimento strutturale dell'impianto stesso (rottura a fatica, corrosione e usura). La vita di una protesi d'anca dipende dal processo di interazione di due entità profondamente diverse: l'osso, che è una struttura complessa ed in continua evoluzione e la protesi, la cui struttura meccanica è notevolmente sollecitata dall'ambiente chimicamente aggressivo e dai carichi indotti dall'attività motoria.

Il risveglio anestesistico

Terminato l'intervento il paziente viene risvegliato e stabilizzato dal medico anestesista per poter essere riportato in reparto senza problemi. In casi selezionati, per patologie importanti quali quelle cardiologiche, per le quali il paziente è solitamente avvertito il giorno prima dell'intervento, o per complicanze sorte durante l'intervento (1% del totale dei pazienti), è

previsto il trasferimento nel reparto di terapia intensiva al fine di un migliore e costante monitoraggio postoperatorio. La permanenza nel reparto è, per il 90% dei ricoverati, mediamente di 2 giorni, mentre quasi raddoppia per quei pazienti che ancora necessitano di ulteriore assistenza.

9.4.6 Degenza post-operatoria

In assenza di indicazioni particolari dopo l'atto chirurgico il paziente ritorna nel reparto di degenza. Il personale medico ed infermieristico fornisce l'adeguato supporto alle condizioni generali dell'operato, controllando inoltre che l'arto sia correttamente posto nella valva, lievemente abdotto, valutando colore, motilità e sensibilità delle dita. Il paziente non deve assolutamente muoversi da tale posizione. Dalla ferita operatoria fuoriescono tubi di drenaggio per le perdite ematiche: il personale ne controlla la pervietà registrandone le perdite ematiche.

I medici ortopedici si recheranno al letto del paziente per verificare il regolare decorso post-operatorio.

Nel periodo post operatorio è prevista una **terapia medica** infusionale e prelievi per controlli ematologici.

Il sangue autologo, eventualmente prelevato prima dell'intervento, viene reinfuso al paziente nei giorni successivi all'intervento. In caso di necessità viene somministrato sangue omologo di banca previo consenso del malato. Per i primi giorni al paziente vengono infusi liquidi necessari alla reidratazione post-chirurgica e somministrata terapia antibiotica, se necessaria.

La terapia antalgica viene stabilita e strettamente sorvegliata dal medico anestesista nel giorno seguente l'intervento, utilizzando una terapia del dolore che si avvale di una pompa infusionale (collegata al catetere venoso) che contiene un'associazione di farmaci antidolorifici e miorilassanti che

riducono il dolore nell'immediato post-operatorio e favoriscono le prime fasi della riabilitazione funzionale.

La fase post-operatoria è stata indicata, come già detto nei capitoli precedenti, come la fase a più alto rischio di complicanze. Nell'immediato periodo post-operatorio abbiamo considerato l'insorgenza di tre grandi categorie di rischi: il rischio infezione (7%), il rischio tromboembolico (2%), il rischio di reintervento causa mobilizzazione secondaria del cotile e/o dello stelo o lussazione femorale (1%). Nel caso si presenti la necessità di **reintervento** sull'anca appena operata, il paziente viene trasferito nuovamente alla fase preoperatoria, seguendo lo stesso iter precedentemente esposto. In questo caso la degenza postoperatoria diviene significativamente più lunga, mediamente 12 giorni, potendosi descrivere mediante una distribuzione Uniforme UNIF (9,15).

Qualora si presentino **infezioni** o **trombosi**, il trattamento da seguire per la cura di entrambe le complicanze è la somministrazione di un'adeguata terapia antibiotica, la quale prolunga i tempi di degenza, rispettivamente di 7 giorni per le infezioni (TRIA (6,7,8) e di 6 giorni per le trombosi (TRIA (5,7,9)). Con l'introduzione di un sistema di controllo delle infezioni ospedaliere a tutti i livelli del percorso appena descritto, la letteratura mondiale ha individuato una diminuzione del rischio di infezioni del sito chirurgico del 50%, così che la percentuale di rischio passi, per semplicità, dal 7% al 3%.

9.4.7 I risultati della simulazione

Il sistema è così settato per effettuare le simulazioni. Il tempo di simulazione è stato assunto in 1 anno. Come detto, la differenza più importante esistente tra le due simulazioni (prima e dopo l'introduzione del sistema di sorveglianza) è che la percentuale di infezioni della ferita chirurgica nella fase post-operatoria si riduce dal 7% al 3%. Si verifica immediatamente che già con sole 10 repliche di ogni singola simulazione è

possibile identificare in maniera abbastanza precisa il valore medio di degenza che si va a verificare (**tempo medio nominale T_{MN}**). Identificando, dunque, il valore medio dei tempi di degenza per entrambe le simulazioni, e rapportandoli tra loro, identificheremo il tasso di miglioramento a seguito dell'intervento di migioria introdotto.

Replica	Degenza media
1	16.42
2	8.13
3	10.15
4	16.14
5	14.77
6	19.97
7	14.18
8	14.84
9	9.18
10	8.64
Degenza media totale	13.24

Tab. 9.3 – I risultati della prima simulazione

Replica	Degenza media
1	9.79
2	10.51
3	11.17
4	24.14
5	5.17
6	12.64
7	9.25
8	5.11
9	9.30
10	15.01
Degenza media totale	11.01

Tab. 9.4 – I risultati della seconda simulazione

TASSO DI MIGLIORAMENTO = 0,2

9.5 Il rischio attuale – La simulazione Montecarlo

I dati raccolti circa le manifestazioni passate del rischio, ovvero riguardanti la “storia sanitaria” del reparto (coincidente con una serie storica dei tempi di degenza rilevati), ci permettono di individuare il cosiddetto tempo reale T_R .

Come già detto, il rischio sarà allora valutato come:

$$T_D = T_R - T_N$$

Se $T_D > 0$ → c'è danno

Se $TD < 0$ \longrightarrow non c'è danno

Il rischio associato al reparto sarà allora calcolato a partire dalle serie storiche di TD. La tecnica scelta per effettuare questa analisi è la **Tecnica di simulazione alla Montecarlo**. Si tratta, come già detto, di un simulatore statico, il quale calcola il valore aggregato cumulativo della grandezza scelta per misurare il rischio che, nell'unità di tempo e per un fissato grado di probabilità, può essere potenzialmente prodotta dall'unità organizzativo/gestionale presa in esame. Per poter utilizzare questa tecnica, è stato creato appositamente un software, mediante la tecnologia dei databases transazionali, le cui caratteristiche sono:

- Base di dati access
- Linguaggio di programmazione visual basic
- Modalità stand-alone
- Possibilità di importare dati mediante ODBC
- Possibilità di impostare il seme per la generazione dei numeri casuali

Il software richiede, come dati in ingresso, i seguenti valori:

- Casi storici della frequenza di accadimento dei sinistri e della gravità degli stessi.
- Anno di previsione
- Numero di stabilimenti attuali
- Coefficienti di miglioramento a seguito di interventi protettivi e preventivi
- Tasso di inflazione

Da ciò, passa ad elaborare le distribuzioni di Frequenza, Gravità e Perdite Potenziali, ed infine all'elaborazione del MCI e del MYCI. Il programma prevede la possibilità di effettuare infinite simulazioni annue, permettendo quindi di identificare il valore verso il quale tende la serie storica.

Nel caso oggetto di studio sono state assegnate in ingresso le frequenze dei tempi di danno per interventi di protesi d'anca, ovvero superiori ai tempi medi (assunti come tempi per i quali non c'è rischio), per il periodo 2000-2005.

nno	Sinistri	N° Stabilimenti	tasso_riduzione_sinistri	tasso_riduzione_gravità
2000	50	1	0	0
2001	52	1	0	0
2002	55	1	0	0
2003	63	1	0	0
2004	67	1	0	0
2005	59	1	0	0

Tabella 9.2 - I dati storici della frequenza di accadimento

Come si può vedere dalla precedente tabella, è stato inserito, come dato relativo agli stabilimenti, l'intero reparto di Ortopedia ad indirizzo per la chirurgia d'anca. E' evidente il lento ma progressivo aumento dei tempi danno, dovuto in gran parte all'aumento considerevole del ricorso ad interventi protesici per contrastare patologie invalidanti sempre più frequenti, quali l'artrosi, l'artrite reumatoide e le fratture d'anca e del collo del femore.

Parallelamente, sono stati inseriti in ingresso anche i valori relativi agli interventi correttivi di tipo preventivo e protettivo; non essendo stato intrapreso alcun intervento, non si è rivelato quindi necessario effettuare l'aggiornamento dei dati storici, se non per il tasso di inflazione, considerato pari all'incremento del numero dei ricoveri ed assunto, per semplicità, pari al 6%

Poiché in questo caso il numero di stabilimenti non cambia, anche il numero di ricoveri non ha bisogno di essere attualizzato.

Anno	Sinistri	N° Stabilimenti	Sinistri_att
2002	55	1	55
2003	63	1	63
2004	67	1	67
2000	50	1	50
2001	52	1	52
2005	59	1	59

Tabella 9.3 - L'aggiornamento dei dati relativi alla frequenza

Il passaggio immediatamente successivo è quello della costruzione delle distribuzioni di probabilità della Frequenza e della Gravità. Il software esegue questo compito, prendendo in considerazione il numero di tempi $T_D > 0$, annui, per la costruzione della distribuzione della frequenza, e le varie voci di degenza dei ricoveri per la distribuzione di gravità. Quest'ultima, viene organizzata in più fasce di tempi, in base alla volontà dell'analista, e di esse viene calcolato il valore medio, cui si farà riferimento nelle successive fasi dell'analisi.

sinistri	osservazioni	frequenza	cumulata
50	1	0,167	0,167
52	1	0,167	0,333
55	1	0,167	0,5
59	1	0,167	0,667
63	1	0,167	0,833
67	1	0,167	1

Tabella 9.4 - La distribuzione della frequenza

Incrociando le suddette distribuzioni mediante il metodo Montecarlo precedentemente definito, si giunge alla costruzione della distribuzione di probabilità delle Perdite Potenziali, che tiene conto dell'ipotesi in cui l'Ente si accolti totalmente le spese di risarcimento a fronte dei danni cagionati:

LI	LS	Media	Osservazioni	freq_rel	freq_cumulata
170	190,6	180,3	1	0,1	0,1
190,6	211,2	200,9	2	0,2	0,3
211,2	231,8	221,5	2	0,2	0,5
231,8	252,4	242,1	2	0,2	0,7
252,4	274	263,2	3	0,3	1

Tabella 9.5 - La distribuzione delle Perdite Potenziali

Da questa, definito il livello di confidenza, è immediato il calcolo dell'MCI; supposta pari al 5% la possibilità di errore, esso varrà circa:

$$\text{MCI}_1 = 263 \text{ gg.}$$

9.6 Rischio atteso dopo gli interventi di Risk Management – La seconda simulazione Montecarlo

Il coefficiente di miglioramento trovato con la simulazione dinamica viene utilizzato per correggere la serie storica a disposizione e procedere, con una nuova applicazione del metodo Montecarlo, al calcolo del MYCI futuro (in funzione del correttivo introdotto).

LI	LS	Media	Osservazioni	freq_rel	freq_cumulata
172,5	182,7	177,6	3	0,3	0,3
182,7	192,9	198	3	0,3	0,6
192,9	203,1	198	0	0	0,6
203,1	213,3	208,2	2	0,2	0,8
213,3	224,5	218,9	2	0,2	1

$$\text{MCI}_2 = 218 \text{ gg.}$$

Il miglioramento su base annua dei tempi di degenza è quindi pari alla differenza dei risultati ottenuti dalle due simulazioni. Da un valore aggregato di 263 giorni di degenza dovute a complicanze intra o post operatorie, passiamo ad un valore aggregato di 218 giorni, mediante l'introduzione nel processo operatorio di un sistema di rigida sorveglianza sul rischio infettivo. Il miglioramento è quindi stimato in circa il 17%.

Capitolo 10

IL RISCHIO PROPERTY DA INCENDIO: IL MODELLO F.D.S.

10.1 Introduzione alle simulazioni da incendio

Nel presente capitolo vengono esposti i risultati di simulazioni numeriche di incendi in locali “adibiti ad esposizione e / o vendita all'ingrosso o al dettaglio con superficie lorda superiore a 400 m² comprensiva dei servizi e depositi” (D.M. 16 / 2 / 1982 – All.I – attività n.87), ubicati in adiacenza di “alberghi, pensioni, motels, dormitori e simili con oltre 25 posti - letto” (D.M. 16 / 2 / 82 – All.I – attività n.84, normata verticalmente dal D.M. 9 / 4 / 94).

Tale scelta è stata suggerita da considerazioni sulla normativa vigente.

Da una parte, infatti, il citato D.M. 9 / 4 / 94, all'art. 5.2 punto d) precisa che l'attività deve essere compartimentata rispetto ad altre attività ad essa non pertinenti con strutture di resistenza al fuoco \geq REI 90.

Dall'altra considerazioni circa il materiale stoccato, l'altezza di impilaggio ed il lay – out delle scaffalature inducono a ritenere plausibilmente conservativo un carico d'incendio

$q \approx 40 \text{ kg legnaequi} / \text{m}^2$. In corrispondenza di detto valore, l'applicazione della Circolare n.91 del 1961, anche nel caso di coefficiente di riduzione del carico di incendio unitario ($k = 1$), fornisce al più classe 45.

La evidente discrepanza tra le due prescrizioni è chiaramente indicatrice della rigidità di un approccio di tipo deterministico.

Per converso si ritiene che una applicazione di modelli di incendio fisicamente basati possa fornire utili indicazioni circa la reale dinamica evolutiva del fenomeno, portando essi in conto il ruolo dei parametri controllanti ventilazione e *HRR* vs. tempo.

10.2 La geometria del problema

Le simulazioni di incendio in argomento sono state condotte in un dominio di calcolo di forma parallelepipedica di dimensioni complessive 29.6 m x 19.2 m x 8.0 m, contenente n.5 scaffalature tradizionali in acciaio su 4 livelli. In queste scaffalature sono presenti n.480 unità di carico pallettizzate a 2 vie non reversibile (in verde in Figg.2 - 3). Le dimensioni prese sono quelle più diffusamente utilizzate in Europa ossia 800cm x 1200cm x 144 cm mentre il materiale di costruzione è il legno adatto per le previste fasi di movimentazioni, stoccaggio e trasporto (carico previsto, sovraccarico derivante da impilaggio, manipolazioni effettuate da mezzi di handling, condizioni atmosferiche, ecc...)

10.3 La logistica nella simulazione

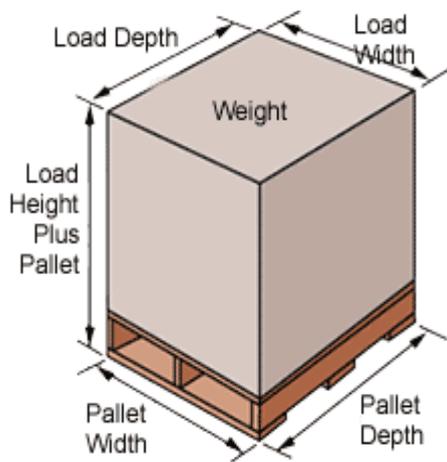


Fig.10.1 pallet[4]

Il materiale pallettizzato è schematizzato come strati di materiale a base di poliestere, materiale molto utilizzato nella produzione di tessuti (nella fig.10.2 è in verde), mentre per stabilizzare e consolidare l'unità di carico viene utilizzata la reggiatura in ferro.

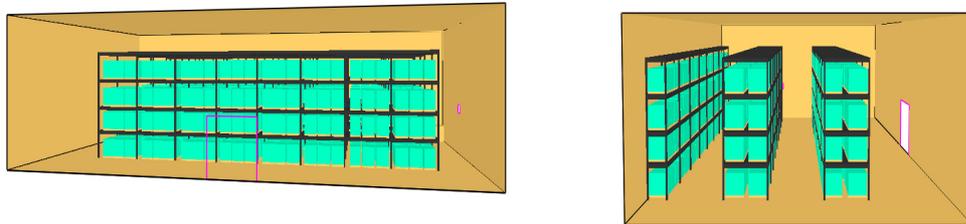


Fig.10.2 Lay-out magazzino

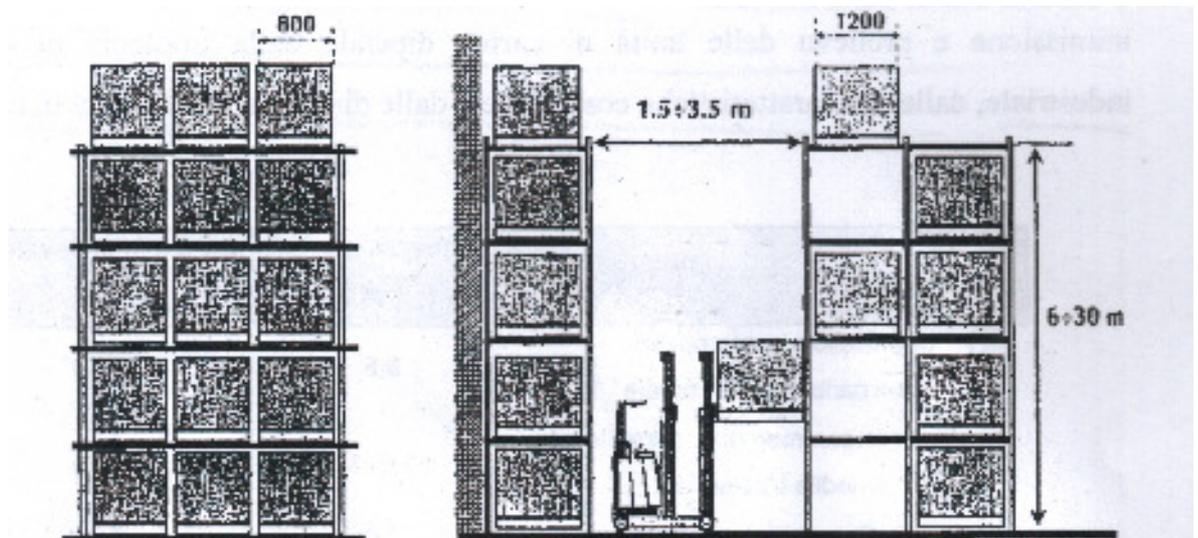


Fig.10.3 Magazzino con scaffalatura tradizionale[4]

La larghezza del corridoio e l'altezza delle scaffalature dipendono dalla tipologia del carrello impiegato, per cui si è ipotizzato l'uso di un carrello elevatore a contrappeso con caricamento frontale che necessita di una larghezza del corridoio pari a 3,5m e una altezza di sollevamento di 4-5m (fig n.10.4).

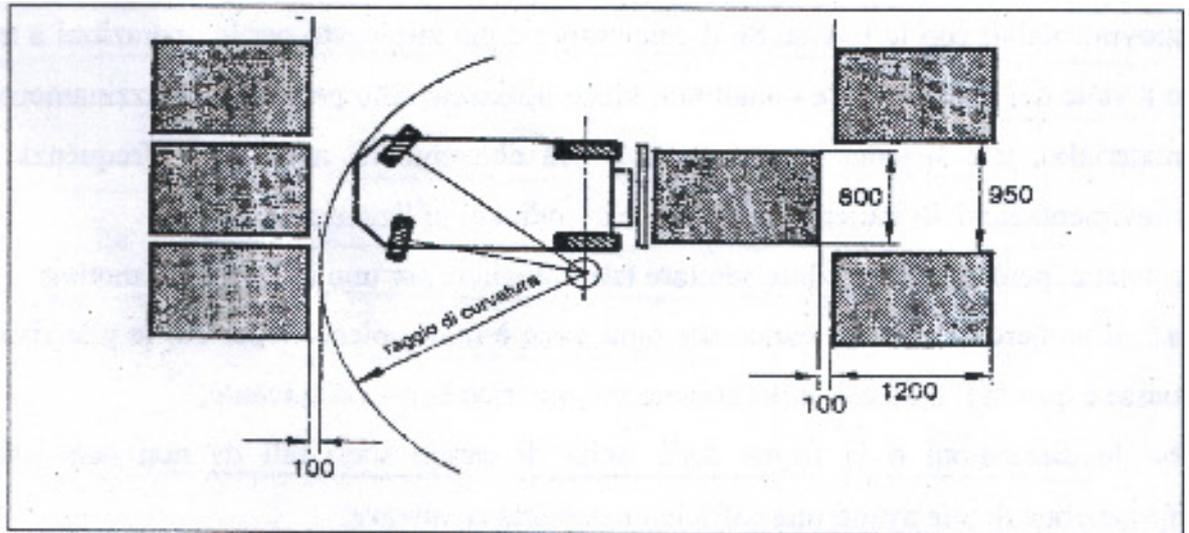


Fig.10.4 Esempio di calcolo della larghezza del corridoio per un carrello a contrappeso[4]

Il compartimento è stato supposto realizzato con pareti in cemento, di densità $\rho = 2100 \text{ kg m}^{-3}$, calore specifico $c_p = 0.88 \text{ kJ kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, conducibilità termica $k_T = 1 \text{ W m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Il dominio considerato è dotato di n.1 finestre sul lato Sud e comunica tramite una porta con un corridoio .

In tutte le simulazioni effettuate porte e finestre sono state considerate aperte al fine di riprodurre le condizioni più gravose in termini di sviluppo dell'incendio e mancata compartimentazione per il corridoio di esodo.

Infine, allo scopo di monitorare la temperatura nel compartimento, è stata simulata la presenza di termocoppie, poste in corrispondenza di ogni blocco di materiale combustibile e 5 termocoppie posizionate in prossimità del soffitto in corrispondenza di ogni scaffale .

10.4 Le simulazioni numeriche: i risultati

Nel presente studio sono state effettuate simulazioni numeriche adoperando il software FDS versione 10.0.

10.4.1 Il ruolo dell'indice α

Il calore generato dalla combustione di una sostanza non è costante nel tempo, ma è caratterizzato da una variazione che dipende dal materiale, dalla sua configurazione spaziale e da molti altri fattori, quali la ventilazione, l'assorbimento termico delle pareti, ecc. Ogni oggetto combustibile, quindi, è caratterizzato da una curva tempo-potenza prodotta che, a sua volta, può essere modificata dalle condizioni ambientali. Per compiere delle previsioni sull'evoluzione di un incendio, mediante l'uso di CFD, un dato di input di fondamentale importanza, per la maggioranza dei modelli di simulazione usati, è la curva della velocità di rilascio termico (HRR- heat release rate).

Dalla letteratura tecnica è ben noto che la potenza termica rilasciata al procedere della combustione (HRR : Heat Release Rate [=] W) esibisca il caratteristico andamento in funzione del tempo t [=] min riportato in Fig.10.5.

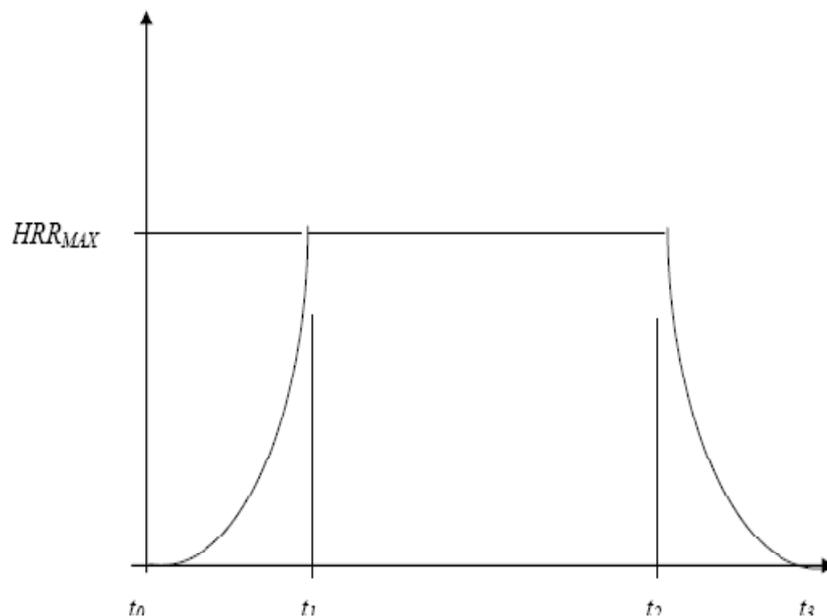


Fig.10.5 Curva HRR [=] W vs. t [=] min: andamento caratteristico[5]

Si individuano chiaramente: I) una fase di crescita; II) una fase di mantenimento; III) una fase di decadimento.

La fase I) è analiticamente descritta da una relazione del tipo [5]:

$$Q' = \alpha t^n \quad (1)$$

in cui

Q' = velocità di rilascio del calore, ovvero l'HRR (kW);

α = coefficiente di intensità dell'incendio (kW/sⁿ);

t = tempo (s);

$n = 1,2,3,\dots$,ecc. (dipendenza dal tempo).

Tale scelta, lungi dall'obbedire ad una oziosa curiosità, consente di valutare parametricamente l'effetto sortito sulla evoluzione dell'incendio da una variazione, permanente o provvisoria, del tipo di merce stoccata in deposito (infatti a specie diverse competono, in generale, valori diversi di α).

In genere si suole definire lenta la evoluzione di un incendio che arriva alla potenza termica di 1055 kW in 600 s e media quella di un incendio che attinga tale valore di potenza dopo 300 s.

Dalla (1) i valori di α corrispondenti sono rispettivamente

$\alpha_l = 0.0029 \text{ kW s}^{-2}$ ed $\alpha_m = 0.0117 \text{ kW s}^{-2}$.

I valori di α esplorati sono riportati in Tab.10.1; i parametri caratteristici della curva *HRR* vs. *t* (Fig. 10.5) corrispondenti a ciascun valori di α [=] kW s⁻² sono riportati in Tab 10.2.

α_1	0.0029
α_2	0.0049
α_3	0.0069
α_4	0.0090
α_5	0.0110
α_6	0.0200

Tab10.1 valori di α [=] kW s⁻²

	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
HRR max [=] MW	27.55	32.38	36.90	40.22	42.97	52.39
T₀	0	0	0	0	0	0
T₁	3080	2585	2300	2110	1975	1620
T₂	9240	7755	6900	6330	5925	4860
T₃	12320	10340	9200	8440	7900	6480

Tab10.2 parametri caratteristici della curva HRR [=] MW vs. t [=] s

10.4.2 Fattore di ventilazione

La ventilazione del locale influenza notevolmente l'evoluzione dell'incendio. Quantitativamente essa è stata portata in conto tramite il Fattore di ventilazione $vf [=] m^{1/2}$ definito come [6] :

$$vf = A_w \times h^{(1/2)} \times A_t^{(-1)}$$

A_w = Area di ventilazione totale [m^2] = $b_1h_1 + b_2h_2 + \dots + b_6h_6$

A_t = Area del compartimento [m^2] = $2[L_1L_2 + L_1L_3 + L_2L_3]$

H_p = Altezza ponderale di ventilazione [m] = $A_w^{(-1)} \times [A_1H_1 + A_2H_2 + \dots + A_6H_6]$

Per una maggiore chiarezza si veda fig.10.5.

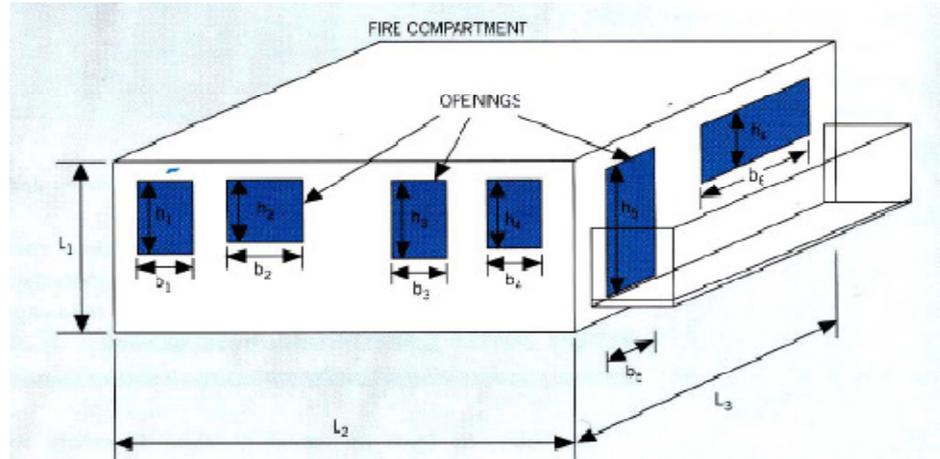


Fig10.5 definizione del fattore di ventilazione $vf [=] m^{1/2}$ [6]

10.4.3 La modellazione del focolaio

I modelli di incendio a parametri concentrati, pur essendo fisicamente basati (*physically sound*), non consentono una schematizzazione molto raffinata del problema da modellare: ad es., il focolaio di incendio viene assunto concentrato in un punto. In situazioni come quella in esame, tuttavia, l'importanza della distribuzione del carico di incendio può essere non trascurabile: l'innesco potrebbe avvenire in una o più delle pile di materiale imballato, con evoluzione del fenomeno anche radicalmente diversa rispetto al caso di coinvolgimento dell'intera massa combustibile. Ai fini di una realistica modellazione il ricorso ad un modello a parametri distribuiti può essere, pertanto, può rappresentare un'esigenza inderogabile.

Allo scopo di verificare l'importanza della distribuzione spaziale del carico, forti della più affinata modellazione assicurata da FDS, dopo avere discretizzato il dominio di integrazione è stato simulato un innesco localizzato al centro del magazzino. È stato preso come riferimento il caso di incendio medio ($\alpha = 0.0069 \text{ kW s}^2$), in corrispondenza del quale si ha $HRR_{MAX} = 60000 \text{ kW}$, e fattore di ventilazione $vf = 0.0006 \text{ m}^{1/2}$.

Come anticipato, sfruttando le più raffinate tecniche di modellazione messe a disposizione da FDS, si è simulato il caso, probabilmente più realistico, di

incendio che parta dal solo blocco posizionato al centro e costituito da un pira di legno (in Fig.2): la eventuale combustione degli altri blocchi è subordinata al raggiungimento della temperatura di ignizione ($T = 250^{\circ}\text{C}$).

Sulla base dei risultati forniti dai set di simulazioni effettuati precedentemente con FDS, si è stimato che un tempo di simulazione di 4800 s sia sufficiente per monitorare l'evoluzione dell'incendio originatosi nel blocco e l'eventuale innesco e combustione di altri blocchi, garantendo al contempo l'ottimizzazione delle risorse di calcolo.

La massima temperatura al soffitto $T_{MAX} = 620.70^{\circ}\text{C}$ è stata raggiunta al tempo $t = 35$ s, ovviamente in corrispondenza della termocoppia virtuale Tc 4, collocata sul blocco dove ha inizio l'incendio. In Fig. 10.7 si riporta un quadro sinottico delle curve temperatura al soffitto vs. tempo relative a ciascuna termocoppia virtuale.

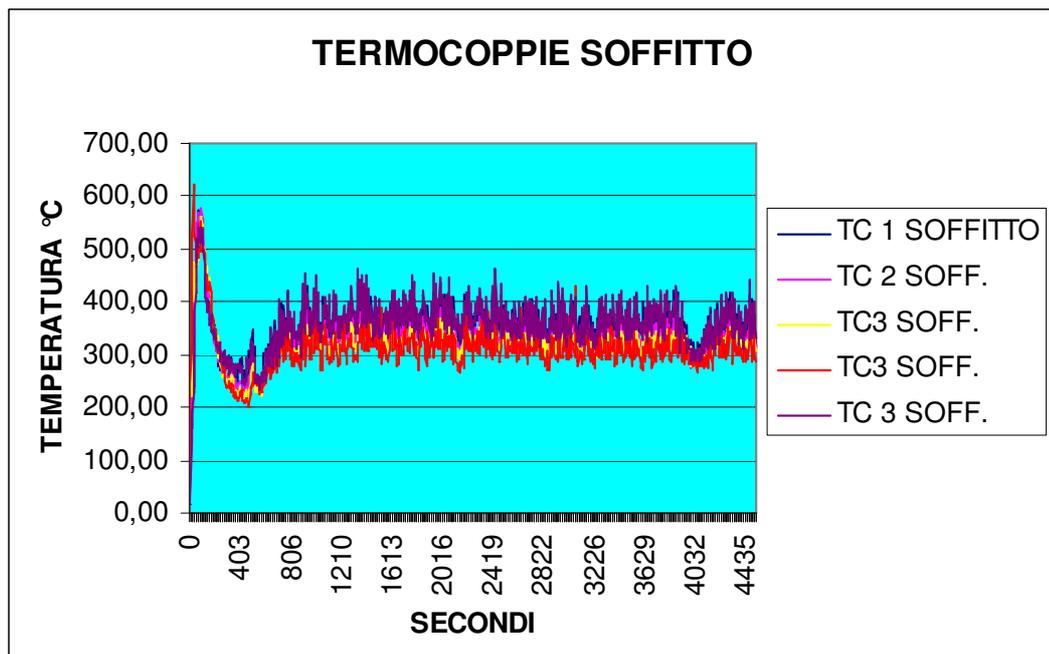


Fig.10.7-quadro sinottico delle temperature a soffitto vs tempo

In Fig.10.8 si riporta il profilo di temperatura al soffitto ($z = 8$ m) all'istante t (T_{MAX}) = 35 s in cui la prima termocoppia rileva $T = T_{MAX}$.

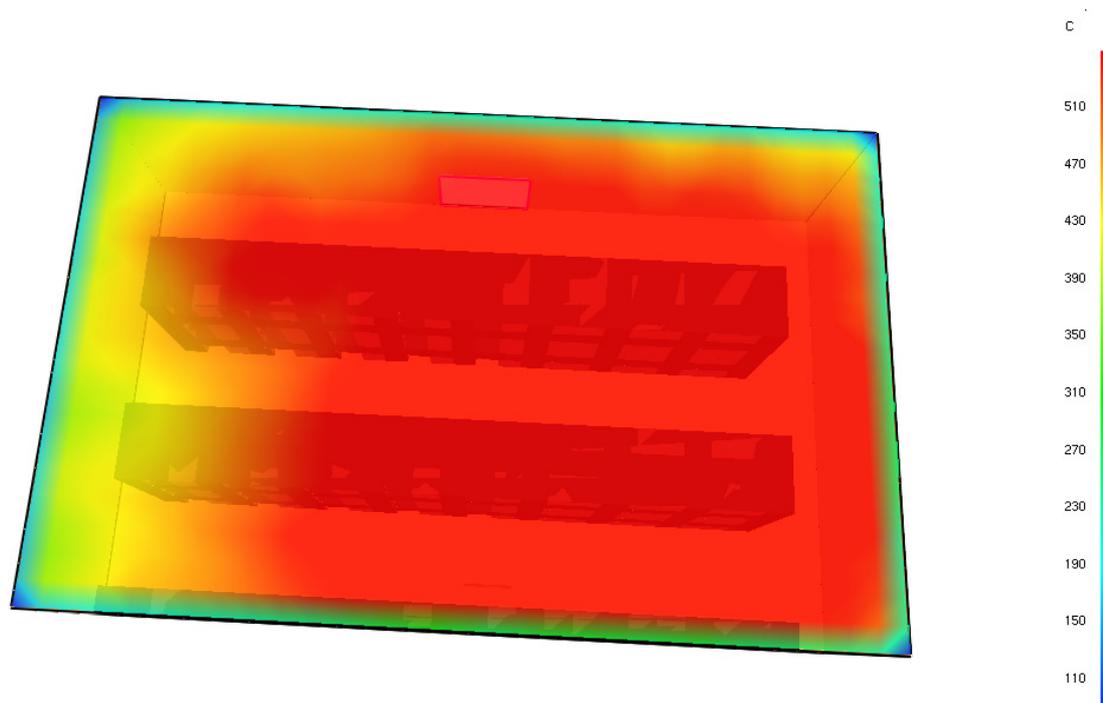


Fig 10.8 temperatura del soffitto all'istante $t=35s$

10.5 L'efficacia degli impianti di protezione attiva

Lo studio della dinamica evolutiva dell'incendio nel dominio di calcolo descritto in precedenza è stato completato da una ultima simulazione condotta con FDS, relativa al caso in cui, ferme restando tutte le ipotesi adottate nella simulazione precedente , sia inoltre prevista la presenza di un impianto automatico *sprinkler*.

Dato il valore del carico di incendio assunto, indicativo di un rischio di incendio elevato, l'area operativa di competenza di ciascuna testina erogatrice è stata posta $\leq 9 \text{ m}^2$. Il lay - out completo dell'impianto è riportato in Fig.10.9.

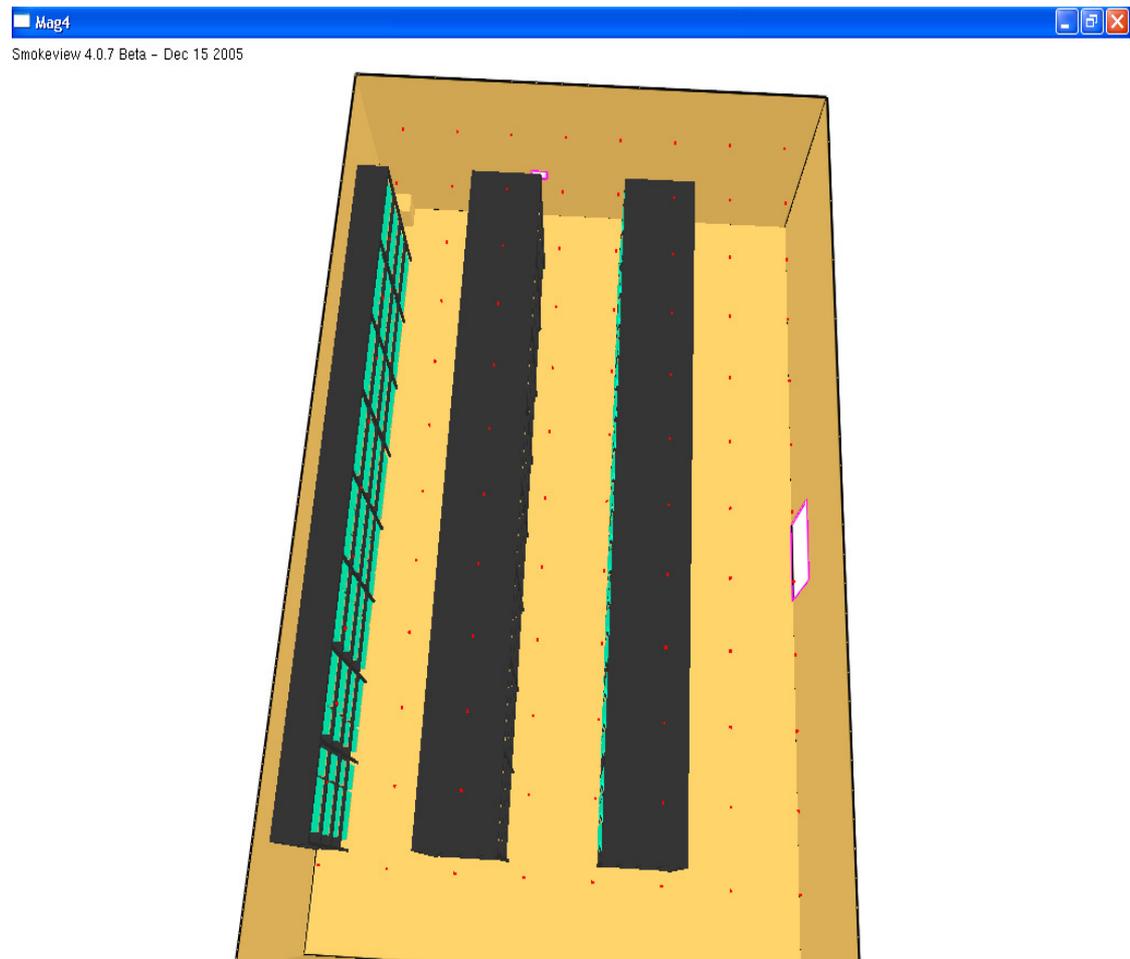


Fig10.9 lay-out sprinkler

Come si può ben vedere è stata utilizzata un sistemazione a griglia degli sprinkler (fig 3.4).

Le principali specifiche tecniche delle testine erogatrici scelte sono:

- I. pressione operativa $P = 0.483$ bar;
- II. coefficiente $K = 79 \text{ l min}^{-1} \text{ bar}^{-1/2}$;
- III. Temperatura di attivazione $T = 74$ °C;
- IV. Response Time Index $RTI = 110 \text{ m}^{1/2} \cdot \text{s}^{1/2}$.

Data la complessità del caso in esame, ancora maggiore rispetto a quello riportata in par.10.3.3, e considerato che, come riscontrato in par.10.3.3, il fenomeno non evolve in modo significativo dopo un certo tempo, al fine di ottimizzare le risorse di calcolo la simulazione della dinamica dell'incendio è stata ristretta ai primi 996 s.

In Fig.10.10 si riporta un quadro sinottico delle curve temperatura vs. tempo relative a ciascuna termocoppia virtuale poste sul soffitto.

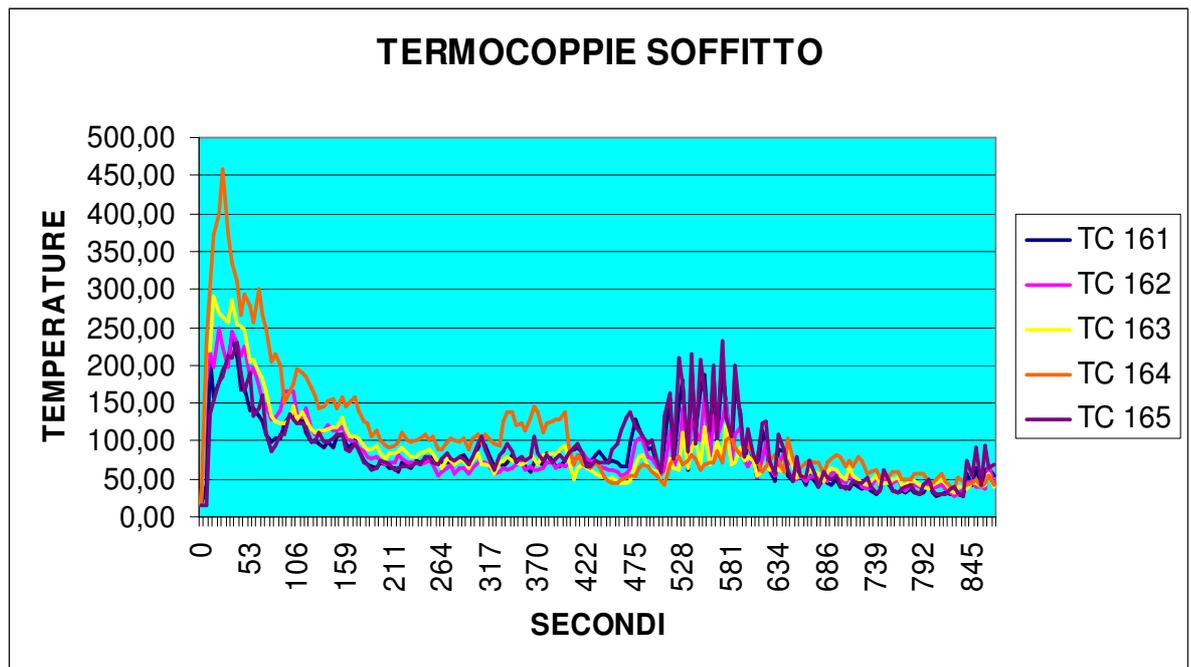


Fig 10.10 quadro sinottico delle curve temperatura a soffitto[=]°Cvs tempo

In Fig.10.11 si riporta il profilo di temperatura al soffitto ($z = 8$ m) all'istante t (T_{MAX}) = 43 s in cui la prima termocoppia rileva $T = T_{MAX}$.

Smokeview 4.0.6 - Sep 15 2005

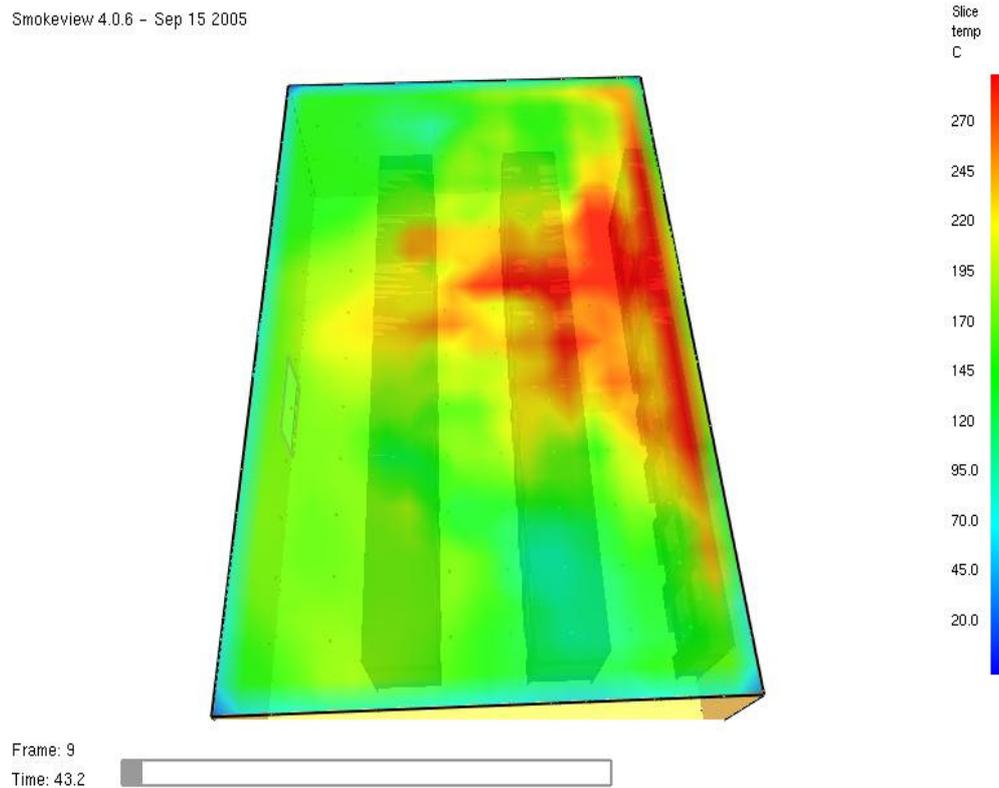


Fig.10.11 Temperatura soffitto al tempo=43s

Stavolta il valore massimo di temperatura $T_{MAX} = 447.30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ è stato rilevato dalla termocoppia virtuale Tc 4 al tempo $t = 43 \text{ s}$.

Un confronto tra le curve temperatura al soffitto vs. tempo ottenute senza e con impianto automatico *sprinkler* (Fig. 10.7 – 10.10) è chiaramente indicatore della efficienza della misura di protezione attiva adottata: nel secondo caso (tratto blue), a partire dall'attivazione della prima testina erogatrice ($t = 15 \text{ s}$), la temperatura si mantiene a livelli apprezzabilmente inferiori rispetto a quella rilevata nel primo caso (tratto rosa) da ciascuna termocoppia virtuale: l'incremento di temperatura dovuto all'incendio viene circa dimezzato.

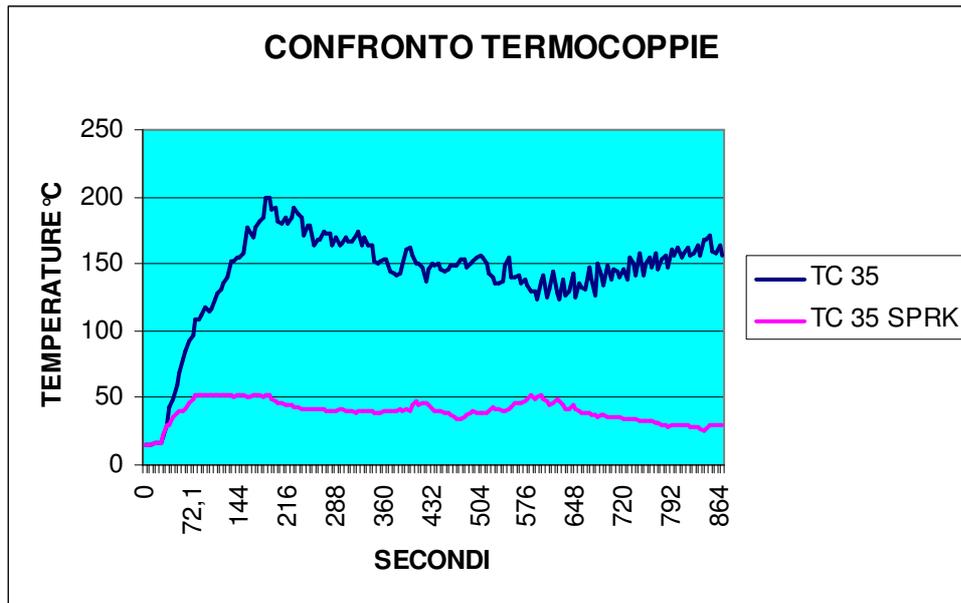


Fig.10.12 *Confronto termocoppie con o senza sprinkler*

Più precisamente, il primo *sprinkler* si attiva all'istante $t = 15$ s (Fig.10.12): a seguito del suo intervento la pendenza delle curve temperatura al soffitto vs. tempo si inverte bruscamente e la temperatura inizia a diminuire.

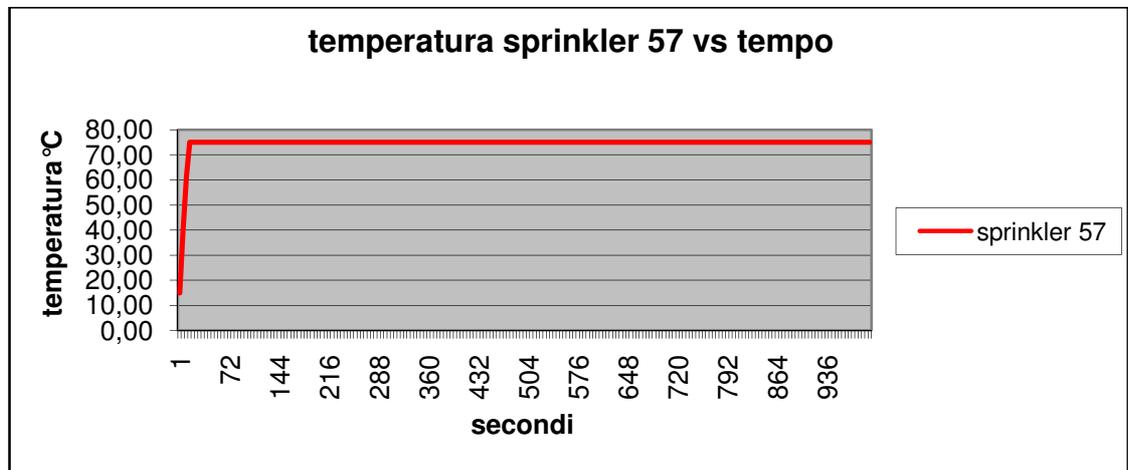


fig.10.13 *temperatura sprinkler 57 vs tempo*

Successivamente si attivano in successione gli *sprinkler* posizionati lungo le quattro file più vicine allo *stack* incendiato, che coprono meno della metà dell'area del compartimento. L'ultimo di essi (*sprinkler* n.7) interviene al tempo $t = 600$ s. La situazione osservabile in termini di propagazione

dell'incendio ed intervento dell'impianto *sprinkler* automatico è riportata in Fig.10.110.

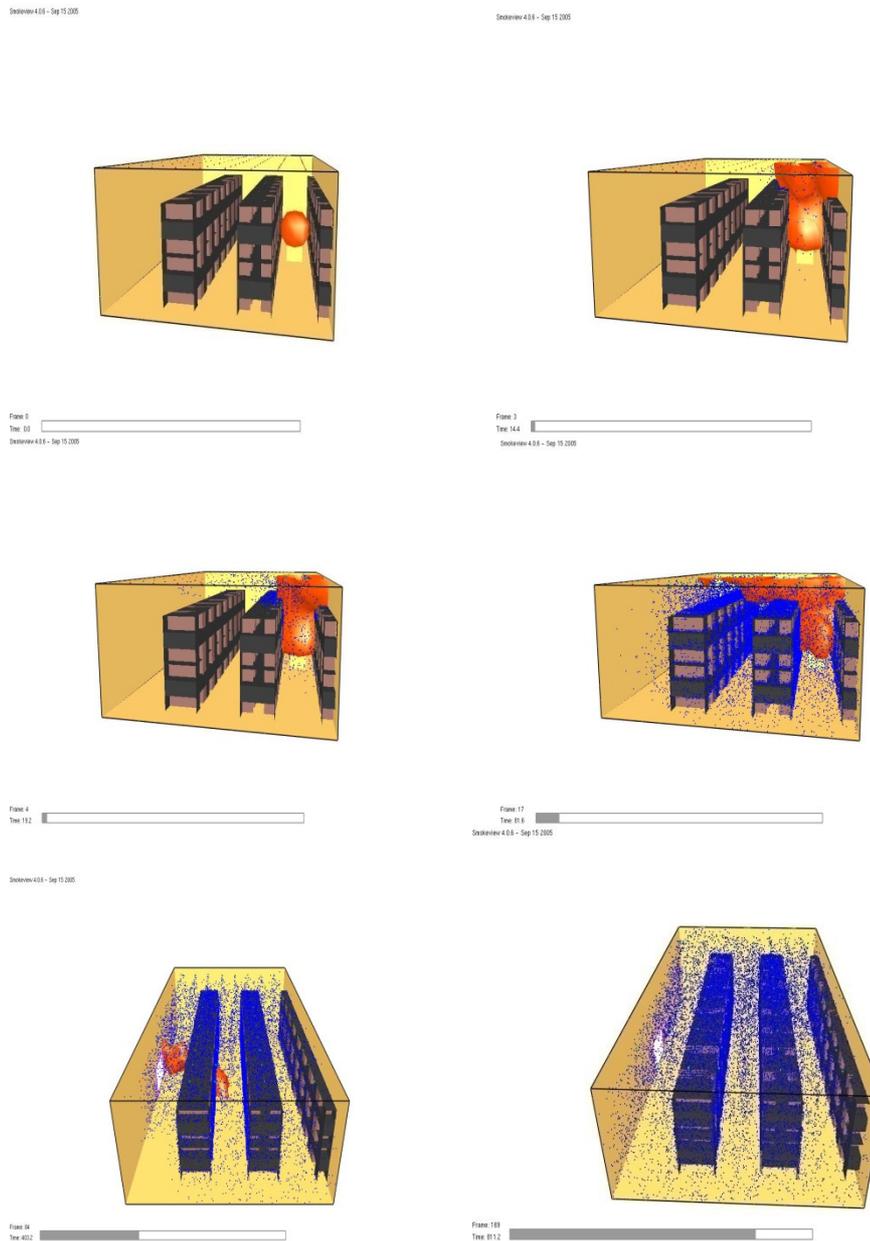


Fig.10.14 dinamica dell'incendio e intervento degli sprinkler

10.5.1 Parametri caratterizzanti la propagazione del calore

Il calore generato dall'incendio può avvenire per conduzione, convezione e irraggiamento. Gli atomi "caldi", cioè quelli che si agitano di più, urtano e così trasmettono agli atomi vicini un po' della loro energia.

Sebbene questi tre processi possano avvenire contemporaneamente, non è infrequente che uno di essi prevalga rispetto agli altri due.

La convezione riguarda la diffusione del calore nei fluidi e nell'aria e avviene con trasporto di materia: è per convezione che l'acqua di un bollitore si riscalda uniformemente, pur essendo solo inferiormente a contatto con la fonte di calore.

L'irraggiamento infine consiste nella propagazione senza contatto di energia termica sotto forma di onde elettromagnetiche: grazie all'irraggiamento il tepore della fiamma della focolaio si diffonde in tutto l'ambiente.

La conduzione avviene per contatto tra corpi solidi, ed è un processo molto lento, perché il numero di atomi anche in un oggetto piccolo è molto grande. Dalla simulazione si evince che i valori del calore trasferito mediante i processi di propagazione subiscono un sensibile decremento a causa dell'azione refrigerante dell'acqua fuoriuscita dagli sprinkler. Si mostrano i seguenti grafici ottenuti dai dati di output della simulazione.

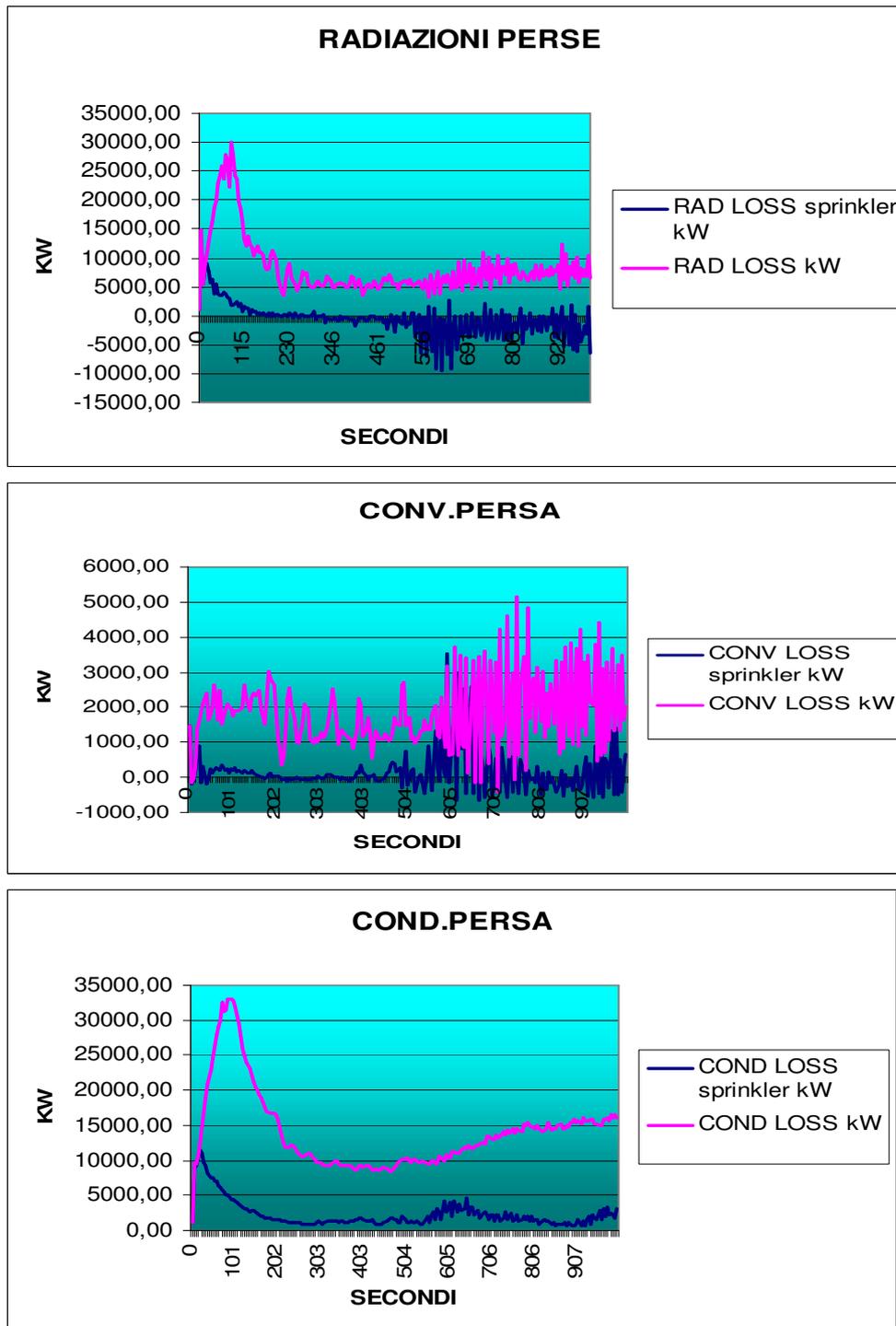


Fig. 10.15 parametri caratterizzanti la trasmissione del calore

10.5.2 Temperatura dei pallet

I dati sopra descritti ci permettono comunque di affermare che ci sono differenze significative tra un magazzino che usa un impianto sprinkler e uno

che non l'utilizza. Nel presente lavoro ho anche posizionato delle termocoppie in prossimità dei pallet in modo da monitorare la loro temperatura. Così facendo siamo in grado di individuare le unità di carico che risultano irreversibilmente danneggiati. Infatti le unità che presentano un temperatura pari a quella di ignizione (nel nostro caso $T=250^{\circ}\text{C}$) iniziano il processo di combustione rendendo così inutilizzabile il carico. Grazie alla simulazione in ambiente Fds siamo in grado di concretizzare la perdita subita a causa d'incendio e relazionarli con quella che si sarebbe verificata in presenza di un impianto sprinkler.

Nel primo caso si è potuto osservare che ben 114/160 (è presente una termocoppia per ogni tre unità) termocoppie superano la temperatura di ignizione ($T=250^{\circ}\text{C}$) mentre nel secondo caso nessuna termocoppia raggiunge la temperatura designata.

Anche in questo caso si è dimostrata l'utilità della presenza di un impianto di spegnimento automatico.

Nella figura 10.16-10.17 si evidenzia la differente concentrazione di temperatura nel magazzino, in particolare modo nei pallet, rispettivamente nel primo e nel secondo caso.

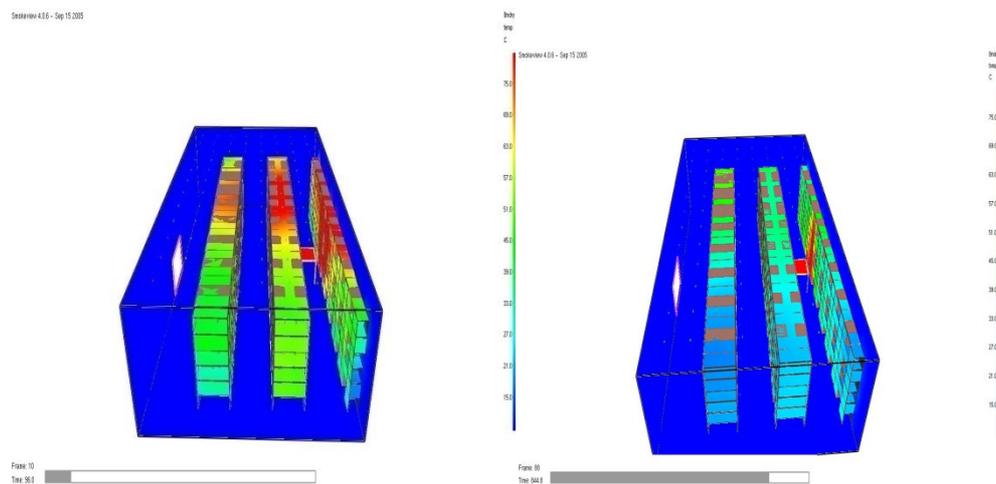


Fig.10.16 temperatura pallet nel magazzino con sprinkler

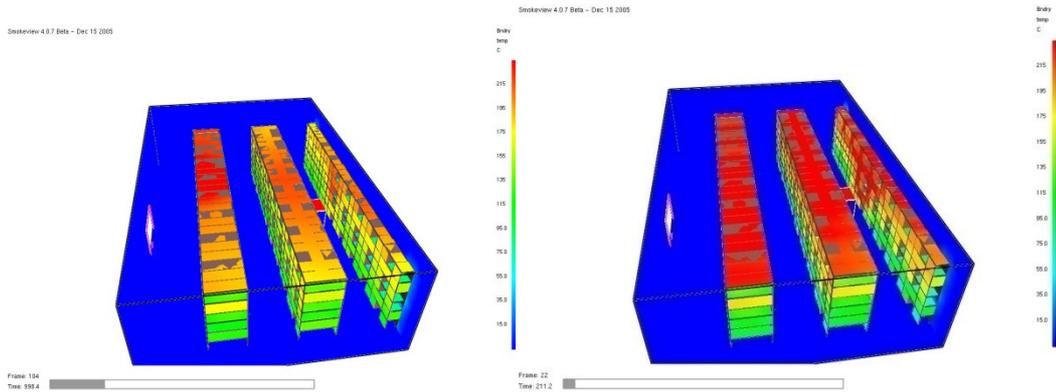


Fig.10.17 temperatura pallet nel magazzino senza sprinkler

Nella figura 10.18 si è deciso di confrontare le termocoppie tc 30 e tc90 in funzione del tempo nei due casi analizzati. E' evidente che le temperature delle unità di carico del magazzino senza sprinkler raggiungono valori che in alcuni istanti superano anche il doppio di quelle del magazzino protetto dagli sprinkler.

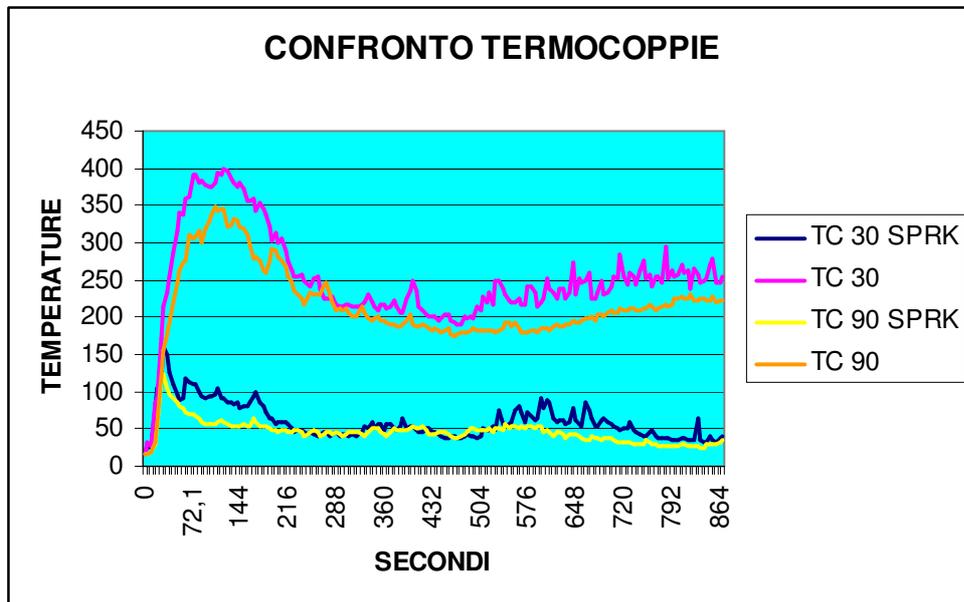


Fig 10.18 confronto termocoppie

10.6 Funzionamento di FDS

Il funzionamento di FDS è relativamente semplice. Tutti i parametri che descrivono una data caratteristica del fuoco sono scritti in un file di testo che si indicherà a come file "di dati" o "di input". In questo documento, il file di dati sarà indicato come "magazzino.data". In pratica, l'utente sceglie la stringa identificante "magazzino" in modo che tutti i file associate ad una data simulazione abbiano un prefisso comune. Un secondo file di testo, indicato come "database", contiene i parametri che descrivono i materiali specifici, gli spruzzatori sprinkler ed altri dispositivi che possono essere utilizzati nel file di dati semplicemente riferendosi al loro nome identificativo citato nel database.

Il file di input fornisce al programma tutte le informazioni necessarie per descrivere l'evoluzione del fenomeno studiato. Gli input più importanti determinano il formato fisico del dominio rettangolare generale, delle dimensioni di griglia e delle caratteristiche geometriche supplementari. Altre importanti condizioni al contorno (ventilazione, combustione, scambi termici, ...) devono essere caratterizzate impostando alcuni parametri specifici. Infine, ci sono un certo numero di parametri che consentono di configurare la tipologia dei dati di output desiderati.

I dati di input si impostano scrivendo un file di testo che contiene delle parole chiave formattate (NAMELIST) per essere utilizzate dal codice scritto in Fortran. Ogni parola chiave consiste di una o più linee di testo nel file di dati. La linea deve cominciare con il carattere "&" seguito immediatamente dal nome del gruppo di NAMELIST (HEAD, GRID, VENT, ecc.), e contenere una lista dei parametri dell'input che corrispondono a quel gruppo. Ogni lista è terminata con il carattere "/". Si noti che i parametri da elencare sono soltanto quelli di cui l'utente vuole cambiare il valore preimpostato.

Per lanciare una simulazione in ambiente Windows:

- 1) Aprire una sessione del prompt del DOS

- 2) Cambiare directory corrente con quella contenente il file di dati che si intende utilizzare
- 3) Quindi lanciare il comando “FDS < magazzino.data” per iniziare il calcolo.

Chiaramente al posto di “magazzino” l’utente dovrà utilizzare il nome del file che contiene i dati del calcolo che si vuole svolgere(ad esempio nel nostro caso dobbiamo aprire anche il file “magazzinoprotetto.data”. I parametri di input saranno acquisiti dal programma come input standard e viene indicato a video l’esito del controllo diagnostico della sintassi.

10.6.1 Elementi per la creazione di un file di input per FDS

L’elemento HEAD

L’elemento HEAD ha due parametri. CHID è una stringa di 30 caratteri o meno usata per nominare i files dei risultati. Se, per esempio, il nome del file dei dati di ingresso si chiama “magazzino.data” è conveniente porre CHID=’magazzino’ così da associare facilmente a quel file di input i relativi files di output. Mentre TITLE è una stringa di 60 o meno caratteri che descrive il caso in esame.

Esempio:

```
&HEAD CHID='Magazzino', TITLE='incendio in magazzino senza sprinkle'  
/I files di uscita si chiameranno Magazzino
```

L’elemento GRID

L’elemento GRID contiene le dimensioni della griglia di calcolo. La griglia è formata da IBAR celle nella direzione x , JBAR celle nella direzione y e KBAR celle nella direzione z . In genere la direzione z è scelta per essere la direzione

verticale. La dimensione orizzontale maggiore viene associata alla direzione x . Inoltre le dimensioni della griglia devono essere esprimibili nella forma $2^l \times 3^m \times 5^n$, dove l, m e n sono degli interi, perché la maggior parte dei calcoli eseguiti usano una soluzione di Poisson basata sulla Trasformata Rapida di Fourier (FFT).

Per esempio, $64 = 2^6$, $72 = 2^3 \times 3^2$ e $108 = 2^2 \times 3^3$ sono delle buone dimensioni per una griglia, mentre 37, 99 e 109 non lo sono.

Quindi dei buoni valori tra 1 a 1024 sono:

2	3	4	5	6	8	9	10	12	15
16	18	20	24	25	27	30	32	36	40
45	48	50	54	60	64	72	75	80	81
90	96	100	108	120	125	128	135	144	150
160	162	180	192	200	216	225	240	243	250
256	270	288	300	320	324	360	375	384	400
405	432	450	480	486	500	512	540	576	600
625	640	648	675	720	729	750	768	800	810
864	900	960	972	1000	1024				

Esempio:

&GRID IBAR=30, JBAR=20, KBAR=8, /Dominio diviso in 30 x 20 x 8 celle (X,Y,Z)

L'elemento PDIM

I parametri dell'elemento PDIM definiscono le dimensioni fisiche del dominio. Il sistema di coordinate adottato per le tre dimensioni è conforme alla regola della mano destra (ortogonale destrorso). Il dominio fisico è un unico parallelepipedo retto, una scatola. L'origine del dominio è nel punto (XBAR0, YBAR0, ZBAR0), e il vertice opposto del dominio è nel punto (XBAR, YBAR, ZBAR). Il valore predefinito per XBAR0, YBAR0, ZBAR0 è zero, per cui in questo caso le dimensioni fisiche del dominio sono date da

XBAR, YBAR, ZBAR espresse in metri. Se non è specificato altrimenti, il dominio viene suddiviso uniformemente per formare una griglia di IBAR x JBAR x KBAR celle. Se, invece, si desidera che le celle della griglia non abbiano una dimensione uniforme per tutto il dominio, si devono usare gli elementi TRNX, TRNY, TRNZ per determinare la distribuzione delle dimensioni di cella lungo i 3 assi.

Esempio:

&PDIM XBAR=29.6,YBAR=19.2,ZBAR=8.0 / Dominio di 29.6m x 19.2m x 8m (X,Y,Z)

L'elemento TIME

TIME è il nome di un elemento i cui parametri definiscono la durata della simulazione e

l'incremento iniziale di tempo usato per arrivare alla soluzione delle equazioni discretizzate. DT incremento iniziale di tempo in secondi, questo dato può essere determinato approssimativamente dividendo la dimensione delle celle della griglia per la velocità caratteristica del flusso. Durante il calcolo, l'incremento di tempo viene ricalcolato in modo da soddisfare le condizioni CFL. Il valore predefinito è 0.1s. TWFIN è il tempo finale della simulazione in secondi. Questo fissa la durata della simulazione da eseguire. Il valore predefinito è 1.0 s.

Esempio:

&TIME TWFIN=4800.0 , / Tempo durata simulazione

L'elemento MISC

MISC è l'elemento che contiene parametri di ingresso di vario tipo. Solo una linea MISC può essere inserita nel file di dati. I parametri contenuti in MISC sono di varia importanza.

Anche alcuni parametri globali possono essere impostati con questo elemento. Se più di una specie è inclusa nella simulazione, la linea

MISC è usata per indicare quel è la specie predominante, quella che chiameremo “ambiente”. Il valore predefinito è BACKGROUND_SPECIES='AIR', ma spesso nelle simulazioni in cui avvengono combustioni la più appropriata condizione è:

BACKGROUND_SPECIES='NITROGEN'. Questo perché la composizione dell'aria varia durante la combustione [O₂ si riduce CO₂ aumenta] mentre per temperature non troppo alte N₂ resta invariato. A temperature elevate si ha la reazione $N_2 + O_2 \rightarrow NOX$. Ovviamente se si garantisce un adeguato ricambio di aria si può pensare che la composizione dell'aria resti all'incirca costante. MW per un gas o la densità DENSITY per un liquido espressi rispettivamente in g/mol e kg/m³.

Alcuni altri parametri della linea MISC sono:

- DATABASE è una stringa di caratteri che indica il nome del file che contiene le informazioni su particolari spruzzatori, superfici di materiali, o altri dati ausiliari. Questo file ausiliario è necessario solo se gli spruzzatori, le superfici dei materiali e gli altri dati sono utilizzati dall'utente, e non sono inseriti direttamente nel file di dati della simulazione.
- SURF_DEFAULT è una stringa di caratteri che indica quale tra le superfici definite (SURF_ID) deve essere considerata come predefinita. Il valore predefinito è 'INERT'.
- DTCORE è l'intervallo di tempo per il quale il programma salva la simulazione corrente in modo da essere ripresa in seguito. Per ogni intervallo DTCORE tutte le variabili di flusso vengono salvate in un file chiamato "MAGAZZINO.RESTART". Per riprendere la situazione da quel punto il file "MAGAZZINO.RESTART" deve essere specificato dal parametro RESTART.FILE che deve essere aggiunto alla linea MISC del file di dati che controlla il seguito della simulazione. È una buona idea rinominare il seguito della simulazione in modo che i files di output precedenti non vengano sovrascritti. Il valore predefinito per DTCORE è infinito, nel senso che non viene creato alcun file per continuare la simulazione a meno che non viene

specificato altrimenti, o quando l'utente interrompe la simulazione creando il file "dummy" chiamato "MAGAZZINO.STOP".

- RESTART_FILE è una stringa di caratteri che contiene il nome del file che contiene i dati necessari per poter riprendere una simulazione precedentemente iniziata.
- TMPA è la temperatura ambiente in gradi Celsius. Valore predefinito 15°C.
- DTODZ è la variazione verticale di temperatura atmosferica in °C/m. È necessario solo per calcoli in esterno, dove l'altezza del dominio è 10 - 100 metri. Valore predefinito $-g/cp = -0.0097$ °C/m.
- NFRAMES è il numero di dati salvati nella simulazione. I dati relativi a Termocoppie, Sezioni, Particelle e Pareti vengono salvati ogni TWFIN/NFRAMES secondi. Se non è specificato altrimenti con il parametro DTSAM nelle linee degli elementi THCP, SLCF, PART, BNDF. Il valore predefinito è NFRAMES = 500.

Gli elementi SPEC e REAC

Se non è specificato altrimenti, una sola specie di gas è inclusa nella simulazione. Per molte applicazioni questo gas è l'aria. Per cambiare questa specie gassosa si deve specificare il parametro BACKGROUND_SPECIES nella linea dell'elemento MISC. Per simulazioni che coinvolgono miscele di specie gassose, SPEC è l'elemento che deve essere usato per definire ciascuna specie addizionale. Ogni linea SPEC deve includere il nome della specie (ID) e la sua frazione di massa iniziale in ambiente (MASS_FRACTION0). Alcune specie gassose hanno valori predefiniti dal programma, mentre per le altre è necessario specificare il peso molecolare MW in g/mol e la densità DENSITY in kg/m³. Inoltre, se si procede con una simulazione DNS, dovranno essere specificate entrambi i parametri potenziali di Leonard-Jones σ_{LJ} e $(\epsilon/k)_{LJ}$ [SIGMALJ, EPSILONKLJ], oppure la viscosità VISCOSITY in

kg/m s, la conducibilità termica THERMAL_CONDUCTIVITY (W/m K) e la diffusività (coefficiente di diffusione) DIFFUSION_COEFFICIENT (m²/s) relativa tra la specie data e quella ambiente.

Se le specie elencate reagiscono tra di loro, bisognerà specificare i coefficienti stechiometrici NU delle reazioni. Utilizzare un segno meno se la specie è consumata in un processo di combustione. I coefficienti stechiometrici sono necessari solo se il carburante e l'ossigeno reagiscono. Da notare che alla specie ambiente non è permesso partecipare alla reazione. Spesso l'azoto 'NITROGEN' è una buona scelta come specie ambiente qualora l'ossigeno venga consumato. l'elemento REAC è usato per definire i parametri cinetici della reazione. Se una delle specie è l'ossigeno, ma nessuna specie di combustibile è presente, gli elementi termici verranno usati per introdurre il calore nella simulazione e l'ossigeno verrà consumato in accordo con il flusso di calore dovuto alla totalità degli elementi.

L'elemento SURF

SURF è l'elemento che definisce le condizioni al contorno per tutte le superfici o le aperture all'interno o al confine del dominio considerato. Le coordinate fisiche di un solido o di una apertura vengono caratterizzate facendo riferimento alla appropriata linea SURF che contiene i parametri dell'elemento che si sta descrivendo. La condizione di confine predefinita per tutte le superfici solide è quella di una parete inerte adiabatica. Se solo questa condizione è necessaria, non c'è bisogno di aggiungere alcuna linea SURF nel file di dati. Se invece sono desiderate ulteriori condizioni al contorno, queste dovranno essere elencate una alla volta. Ogni linea SURF è costituita da una stringa identificativa ID per stabilire un riferimento con altri elementi (VENT, OBST).

Quindi, in ogni linea OBST e VENT, si dovrà indicare il parametro SURF_ID e indicare l'ID della linea SURF che contiene le condizioni al contorno

desiderate. Questi parametri descrivono le proprietà termiche e le caratteristiche della combustione, o la velocità e la composizione del gas che entra o esce attraverso l'apertura.

ESEMPIO:

```
&SURF ID      = 'UPHOLSTERY'
  FYI         = 'Fleischmann and Chen, 100% acrylic'
  C_DELTA_RHO = 1.29
  TMPIGN      = 250.
  DENSITY     = 40.0
  RGB         = 0.53,0.38,0.35
  BURN_AWAY   = .TRUE.
  BURNING_RATE_MAX = 0.03
  HEAT_OF_VAPORIZATION = 1500.
  HEAT_OF_COMBUSTION = 30000. /
```

Gli elementi OBST

OBST è l'elemento dove sono specificati i parametri degli oggetti solidi contenuti nell'ambiente. Ogni linea OBST contiene le coordinate di un parallelepipedo rettangolo posizionato all'interno del dominio. Questo solido è definito da due punti (X1Y1Z1,) e (X2Y2Z2) che sono forniti al programma dalla linea OBST nella sestupla XB=X1,X2,Y1,Y2,Z1,Z2. Inoltre, è possibile specificare le caratteristiche delle superfici che delimitano il solido con il parametro SURF_ID, se tutte le superfici hanno le stesse caratteristiche o SURF_IDS (seguito da tre riferimenti a tre linee

SURF diverse) per specificare il comportamento della parte superiore, dei lati e di quella inferiore. Il valore predefinito è sempre 'INERT'. Un altro parametro utile è IDEVICE. Questo parametro permette di collegare il comportamento di questo oggetto con il valore di temperatura letto dal sensore specificato nella riga HEAT. In questo modo è possibile fare in modo che l'oggetto/ ostruzione venga rimosso quando la temperatura sale, simulando il crollo di una parete.

L'elemento VENT

Con la riga VENT è possibile definire le caratteristiche di un'apertura situata su un oggetto OBST o sulle pareti che delimitano il dominio. Le aperture VENT vengono definite in modo simile agli oggetti OBST, si usa XB per dare le dimensioni della superficie avendo cura di sceglierla piana e posta sulla faccia di un solido presente in ambiente, o sulle pareti esterne.

Per configurare un'intera parete esterna come un'apertura si può usare il parametro $CB = [XBAR, XBAR0, YBAR, YBAR0, ZBAR, ZBAR0]$. Come gli oggetti OBST anche i VENT usano SURF_ID per specificare le proprie condizioni al contorno. Se non viene impostato altrimenti l'apertura viene configurata come passiva e posta come 'OPEN'. Se l'apertura presenta un piano di simmetria è possibile porre SURF_ID='MIRROR'. Solo le aperture sulle pareti esterne possono essere impostate come OPEN o MIRROR. Intere pareti esterne possono essere rimosse se impostate come OPEN, in tal caso verranno considerate aperture verso un ambiente infinitamente grande che accetta o fornisce tutta l'aria che le pressioni sull'apertura muovono.

Con l'uso di IDEVICE è possibile aprire una apertura verso l'esterno in base alla temperatura misurata da una sonda HEAT, utilizzato per simulare la rottura delle superfici vetrate che avviene al Flash-over.

L'elemento THCP

Ognuna di queste righe specifica la posizione e la grandezza misurata da una sonda di misura. Con XYZ si forniscono le coordinate, con QUANTITY la grandezza (pressione, velocità, frazione di massa, densità, temperatura, ...). DTSAM è l'intervallo di campionamento che se non viene specificato altrimenti è posto pari a TWFIN/NFRAMES. Con TSTART e TSTOP possono essere usati per ridurre l'intervallo di campionamento preimpostato di 0-TWFIN. Ogni sonda

(termocoppia) può essere etichettata in modo da essere facilmente individuabile nel file di output.

Elemento SPRK

Questo elemento ci permette di inserire nella nostra simulazione gli sprinkler. Con una aggiunta del comando MAKE si richiama dal database le particolarità strutturali e tecniche dell'ugello erogatore. Anche in questo caso per posizionare gli ugelli dobbiamo inserire le coordinate (nella terna di riferimento XYZ).

Esempio:

```
&SPRK XYZ= 26.76, 17.44, 7.95, MAKE='K-5', /
```

L'elemento SLCF

Le righe SLCF (slice file) sono usate per registrare i dati su intero piano e riproporli in forma grafica come animazione. Con XB vengono date le coordinate del piano (sei coordinate spaziali) dove i dati vengono campionati, QUANTITY descrive la grandezza campionata, DTSAM, TSTART, TSTOP hanno lo stesso significato degli elementi OBST e VENT. I dati vengono archiviati nei file casename_n.sf e riutilizzati da Smokeview.

Esempio:

```
&SLCF PBX=6.65, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE. /
```

10.7 L'applicazione

Per brevità non vengono riportate tutte le linee soprattutto quelle che descrivono le caratteristiche fisiche del magazzino. Per il testo completo si veda il CD-ROM allegato.

10.7.1 Simulazione in magazzino con sprinkler

```

&HEAD CHID='Magazzino', TITLE='incendio in magazzino con sprinkle' /
&GRID IBAR=30, JBAR=20, KBAR=8, /
&PDIM XBAR=29.6, YBAR=19.2, ZBAR=8.0 /
&TIME TWFIN=4800.0 , / Tempo fine simulazione
&MISC
    TMPA=15,DTCORE=500 / Temperatura ambiente di 15
gradi,salvataggi ogni 500
    secondi di simulazione
    SURF_DEFAULT='CONCRETE',
    DATABASE='database10.data'
    REACTION='WOOD'
    REACTION='plastic a'
    REACTION='UPHOLSTERY' /
&SURF ID='wood_texture', TEXTURE_MAP='wood.jpg',
TEXTURE_WIDTH=0.5, TEXTURE_HEIGHT=0.5 /
&OBST XB= 2.45,2.55,0.0,0.1,0,6, SURF_ID = 'SHEET METAL'/describe le
scaffalature
in acciaio
&OBST XB= 5.4,5.5, 0.0,0.1,0,6, SURF_ID = 'SHEET METAL'/
&OBST XB= 8.35,8.45, 0.0,0.1,0,6, SURF_ID = 'SHEET METAL'/
.....
.....
&OBST XB= 110.5,16.5,2.2,10.2,0,0.144, SURF_ID='wood_texture'
/Describe I pallets
&OBST XB= 110.5,16.5,2.2,10.2,.144,1.5, SURF_ID='wood_texture' /
.....
.....
.....
&OBST XB= 10.375,5.175,0.0,1.2,0.144,1.144, SURF_ID =
'UPHOLSTERY'/describe le unità di carico
&OBST XB= 5.575,6.375,0.0,1.2,0.144,1.144, SURF_ID = 'UPHOLSTERY'/
&OBST XB= 6.45,7.25,0.0,1.2,0.144,1.144, SURF_ID = 'UPHOLSTERY'/
&OBST XB= 7.35,8.125,0.0,1.2,0.144,1.144, SURF_ID = 'UPHOLSTERY'/
.....
.....
.....
&SURF ID = 'UPHOLSTERY'
FYI = 'Fleischmann and Chen, 100% acrylic'
C_DELTA_RHO = 1.29
    
```

```

TMPIGN    = 250.
DENSITY   = 40.0
RGB       = 0.53,0.38,0.35
BURN_AWAY = .TRUE.
BURNING_RATE_MAX = 0.03
HEAT_OF_VAPORIZATION = 1500.
HEAT_OF_COMBUSTION = 30000. /
&SURF ID      = 'SHEET METAL'
FYI          = '18 guage sheet metal'
RGB          = 0.20,0.20,0.20
C_DELTA_RHO  = 10.7
DELTA        = 0.0013 /
&VENT XB=110.5,16.5,2.2,10.2, 1.5, 1.5, SURF_ID='BURNER' / area dove
si sviluppa l'ncendio
&VENT XB= 13.3, 16.3, 19.2, 19.2, 0.00, 3.00, SURF_ID='OPEN' / porta
&VENT XB= 0, 0.0, 7, 7.7, 2.5, 3.00, SURF_ID='OPEN'/Finestra
&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE', VALUE(1)=150.0,
VALUE(2)=325.0 /

&SPRK XYZ= 2.23, 2.18, 7.95, MAKE='K-5', /      sprinkler
&SPRK XYZ= 2.23, 10.36, 7.95, MAKE='K-5', /
&SPRK XYZ= 2.23, 6.54, 7.95, MAKE='K-5', /
.....
.....
.....
&THCP XYZ= 13, 1.2, 1, QUANTITY='TEMPERATURE' /termocoppie
&THCP XYZ= 16, 1.2, 1, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&THCP XYZ= 19, 1.2, 1, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&THCP XYZ= 22, 1.2, 1, QUANTITY='TEMPERATURE' /
.....
.....
.....
&SLCF PBX=6.65, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE.
/sensori
&SLCF PBX=10.65, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=110.65, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=18.45, QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE. /
.....
.....
.....
&BNDF QUANTITY='WALL_TEMPERATURE' / rilevatori grandezze
ricercate
&BNDF QUANTITY='HEAT_FLUX' /
&BNDF QUANTITY='BURNING_RATE' /

```

.....
.....
.....

&PL3D DTSAM=300.0 / parametro grafico

10.8 File Output

Una volta inserito il foglio di input, precedentemente descritto, il software inizia la simulazione che durerà qualche ora o addirittura qualche giorno (dipende dai parametri tecnici del calcolatore e dalla difficoltà computazionale dei dati di input). Una volta terminata essa restituirà dei valori che sono leggibili su semplicissimi fogli in formato Excel, come mostrato in figura.....

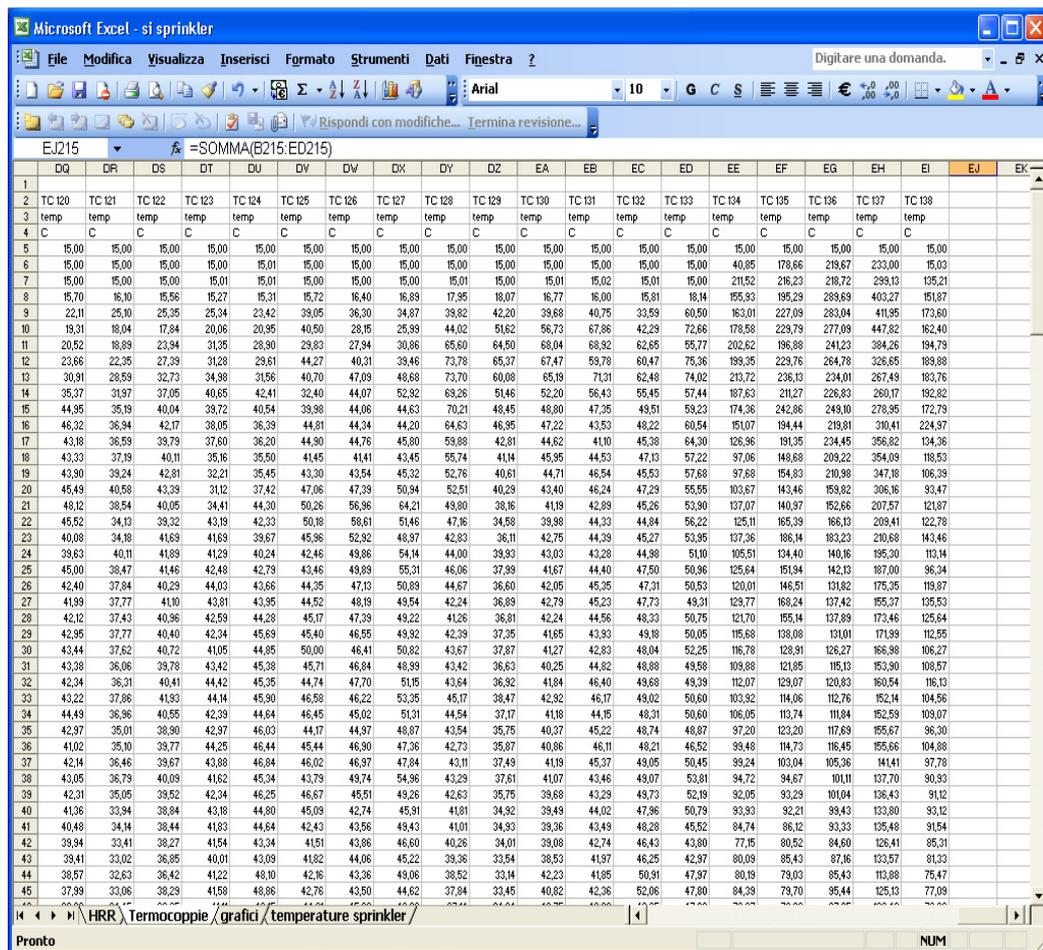


Fig. 10.17 foglio di output

Ovviamente avremo tanti fogli di output in relazione alle nostre richieste. Nel presente lavoro, ad esempio, ci vengono forniti i valori delle termocoppie, le temperature delle pareti e del soffitto in funzione del tempo, la potenza termica generata dall'incendio, le aliquote che caratterizzano l'incendio (convezione, irraggiamento, conduzione persa e potenza termica dell'incendio) in funzione del

tempo) .Una volta ricavati questi dati ,tramite semplici operazioni caratterizzanti l'ambiente Office, si tracciano grafici in modo da evidenziare l'andamento variabile delle grandezze prese in riferimento rispetto al tempo (fig.10.18)

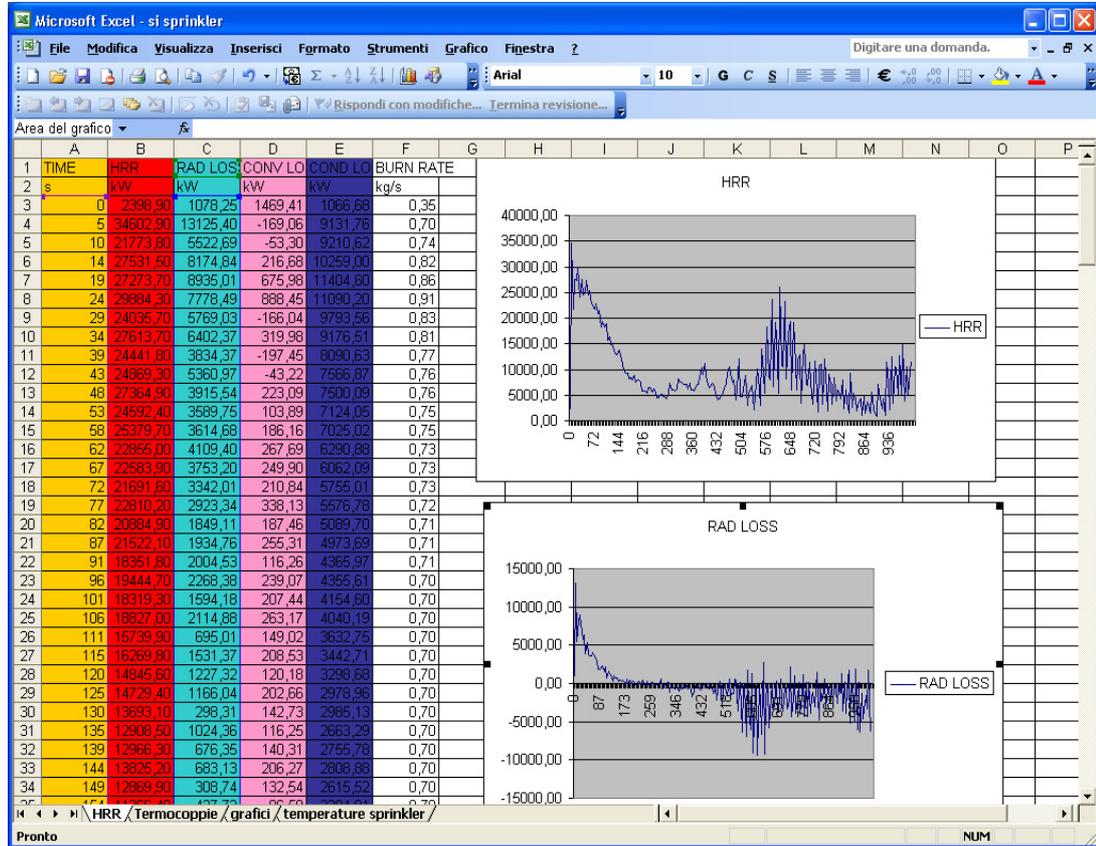


Fig10.18.Esempi grafici in excel

Grazie ancora alla strumentazione Office si possono estrapolare facilmente informazioni fondamentali per il nostro modello. Ad esempio con il comando

$$=se(max(a:b)<250;0;1)$$

a=casella iniziale della colonna e b=casella finale della colonna

Sono riuscito a ricavare il numero di termocoppie (corrispondenti alle unità di carico) che, superando la temperatura di ignizione, rende inutilizzabile il carico.

Oppure con il comando

$$=max(a;b)$$

Ho ricavato la temperatura massima e quindi anche in quanto tempo essa si raggiunge.

Capitolo 11

L' INONDAZIONE: L'HEC-FDA APPLICATO ALLA *SILARO SRL*

11.1. *L'azienda Silaro Srl*

“Silaro conserve srl” è un' industria delle conserve alimentari; la sua attività ha per oggetto l'acquisto e la vendita di tali prodotti, ivi comprese l'importazione, l'esportazione ed il confezionamento di scatolame vuoto, nei territori dell'Italia meridionale.

Lo stabilimento è ubicato nell'area industriale di Oliveto Citra (SA), lotto 12, lungo una serie di alvei che sfociano nel fiume Sele.

11.1.1. Il sito produttivo

L'azienda esplica la propria attività nell'ambito agroalimentare e, specificamente, nella produzione di pomodori pelati in scatola, pertanto, per l'inserimento delle proprie macchine nel ciclo produttivo, ha realizzato interventi edilizi sia all'interno che all'esterno del fabbricato.

Il lotto di competenza dell'opificio è di circa 18.000 mq, completamente recintato, sul quale esistono due corpi di fabbrica principale:

- a) un capannone di circa 1.800 mq ed altezza 7,50 m adibito a deposito di prodotto finito.
- b) un capannone di circa 4.500 mq di altezza 7,50 e 9,00 m adibito a produzione e servizi connessi.

A ciò si aggiungono altri corpi di fabbrica minore di varia cubatura e disposizione planimetrica utilizzati essenzialmente per cabina elettrica, centrale termica, locale guardiania e pesa, locale pompe idrauliche.

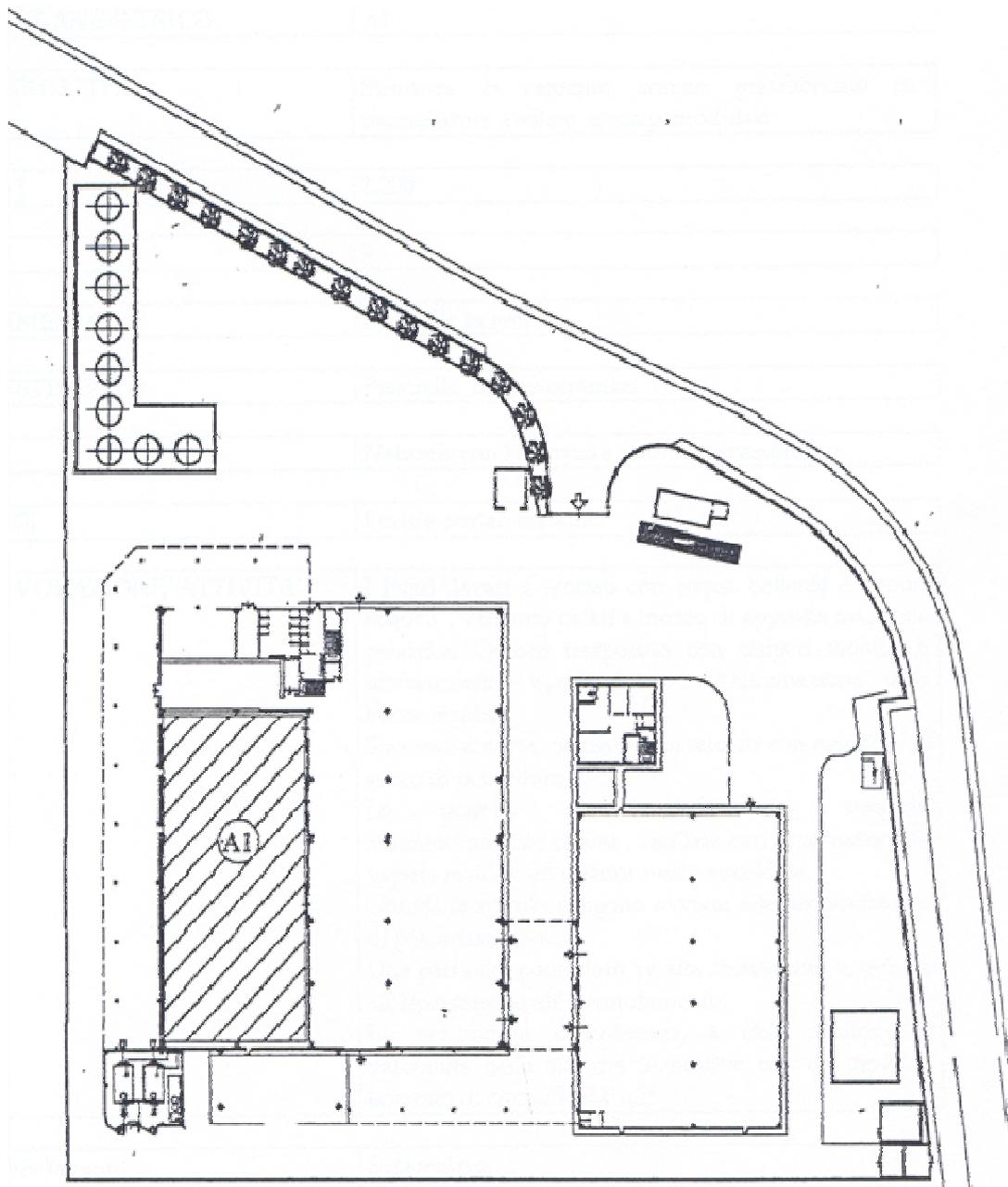
Il ciclo produttivo, completamente automatizzato, è sviluppato da macchinari posti sia all'interno sia all'esterno del fabbricato. In particolare le macchine esterne sono adeguatamente protette da un'apposita tettoia metallica. Le strutture dei manufatti sono in c.a.p. così come i pannelli di tamponatura esterni. Tutti gli ambienti sono finestrati e dotati di portali con passi carrabili e porte di ingresso pedonali. Sul solaio di copertura, anch'esso in elementi modulari prefabbricati, esistono due lucernari con apertura automatizzata.

La potenza elettrica installata è di circa 1000 KW con erogazione di energia da parte dell'Enel in media tensione a cabina di trasformazione in BT servita da due trasformatori da 630 KVA in parallelo.

Per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico, esso avverrà direttamente dall'acquedotto consortile che provvederà all'erogazione di circa 3000 mc di acqua giornaliera; l'acqua verrà comunque inserita in n° 3 cisterne da 3000 mc cadauna poste in serie, per cui l'erogazione sarà sempre garantita.

Di seguito viene riportata l'identificazione dei seguenti ambienti di lavoro: la SALA PELATURA e la SALA ETICHETTATURA (adibiti alla lavorazione del prodotto) il DEPOSITO (adibito all'immagazzinamento della merce), con i rispettivi valori economici.

AMBIENTE A1: SALA PELATURA

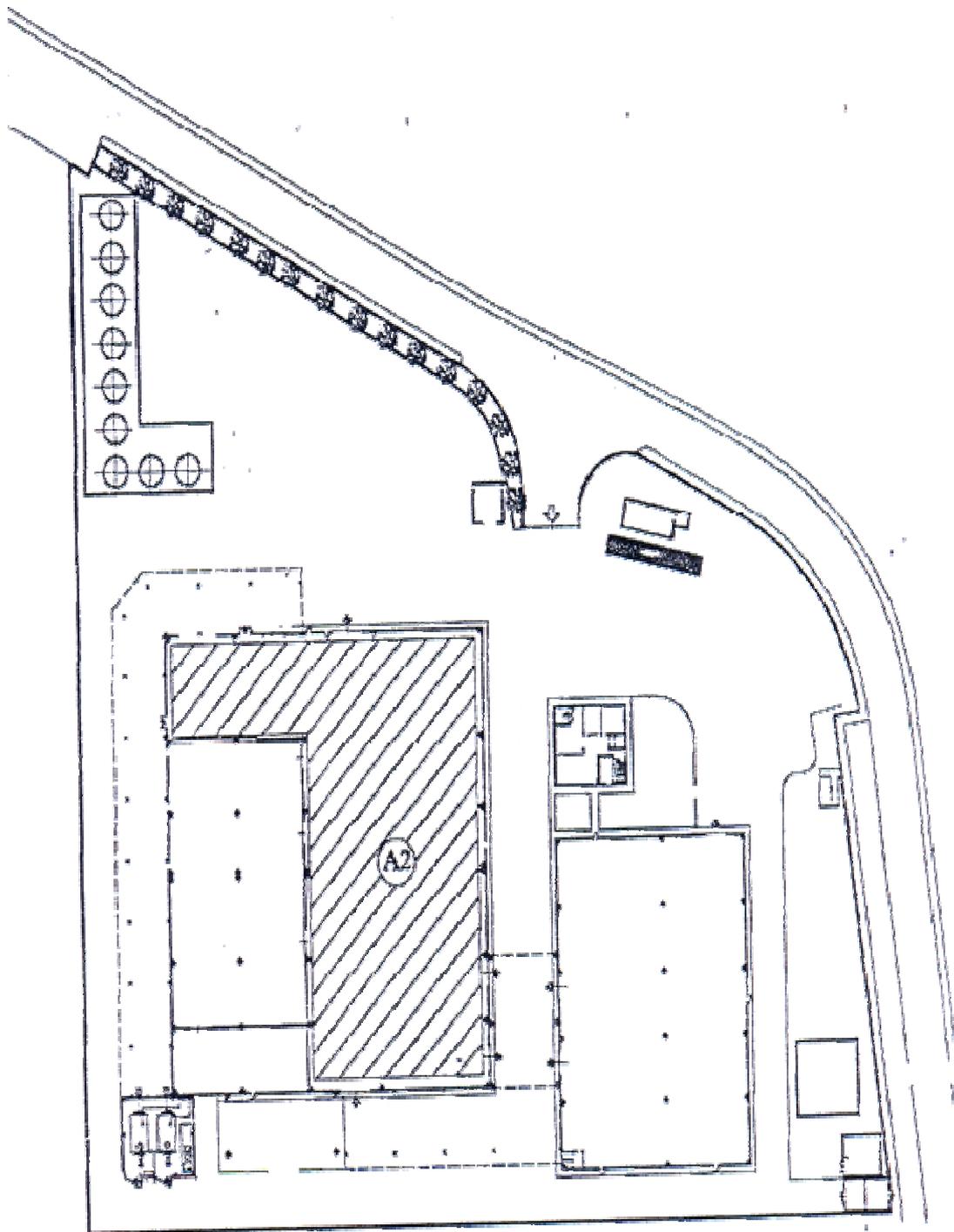


IDENTIFICAZIONE AMBIENTI DI LAVORO

FABBRICATO	CAPANNONE PRODUZIONE
AMBIENTE DI LAVORO	<u>SALA PELATURA</u>
IDENTIFICATIVO PLANIMETRICO	A1

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA	Struttura in cemento armato prefabbricato con pennellature e solaio in c.a.p. modulari
SUPERFICIE [mq]	1.200
ALTEZZA [m]	9
PROCESSO DI LAVORAZIONE/ATTIVITA'	<p>I frutti, lavati e scottati con acqua bollente e vapore acqueo, vengono pelati per mezzo di apposita macchina pelatrice; quindi trasportati con tappeti mobili ed ulteriormente ispezionati per l'eliminazione delle bucce residue. Successivamente vengono inscatolati con aggiunta di succo di pomodoro. Le scotole così confezionate, vengono automaticamente chiuse, sigillate con asportazione di vapore residuo ed ulteriormente riscaldate. Quindi le scatole vengono avviate alle fasi successive di pastorizzazione. Una parte del pomodoro va alla cubettatrice e, quindi, all'ispezione ed all'inscatolamento. La produzione complessiva, a ciclo continuo, è valutabile nelle 800 ore lavoratrici con un prodotto lavorato di circa 250.000 q.li</p>
MACCHINE	<p>Sezionatrice Elevatore pomodori Pelatrice Separapelli Cubettatrice Riempitrice Gruppo sottovuoto Boules</p>

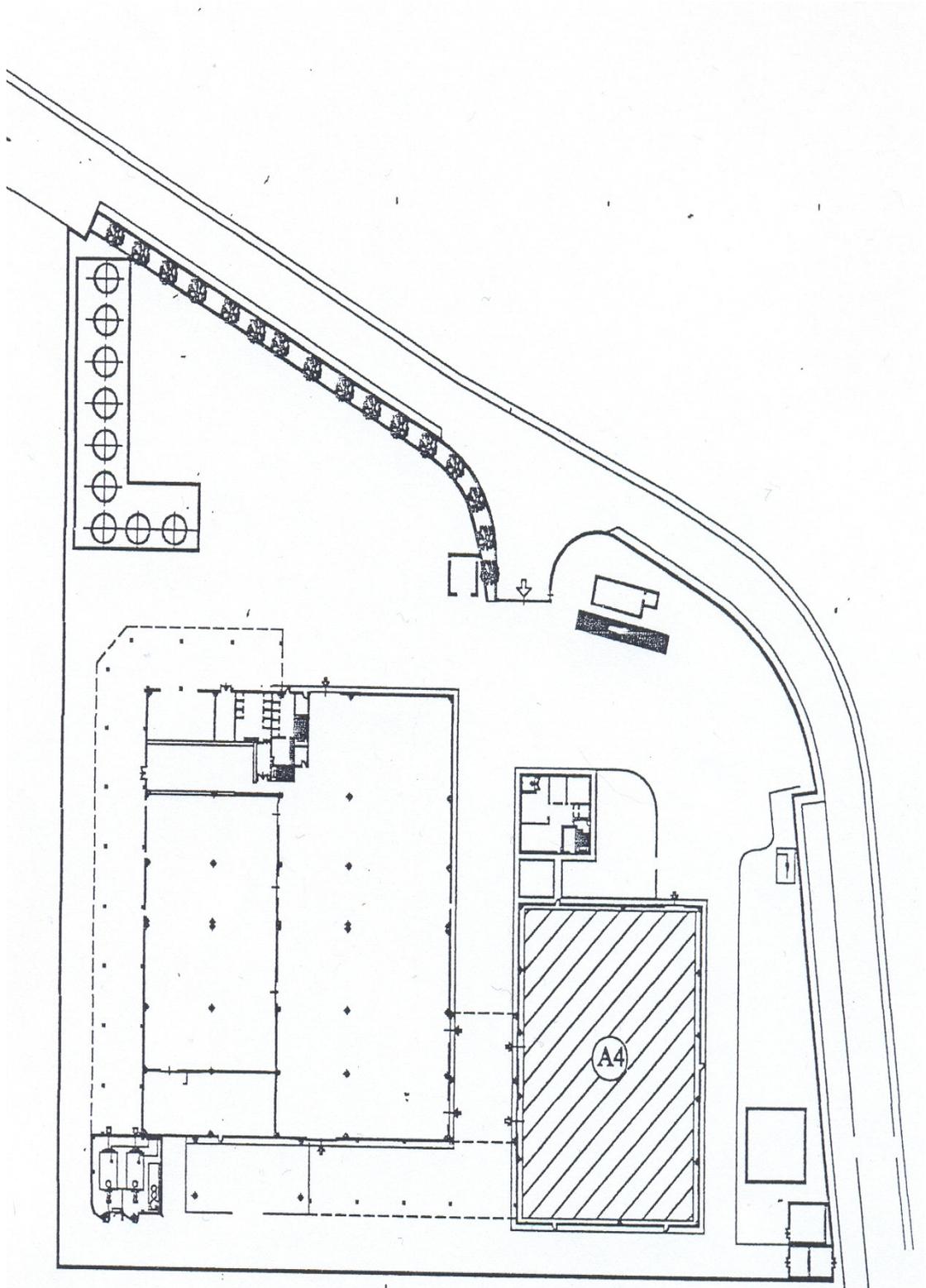
AMBIENTE A2: SALA ETICHETTATURA



IDENTIFICAZIONE AMBIENTI DI LAVORO

FABBRICATO	CAPANNONE PRODUZIONE
AMBIENTE DI LAVORO	<u>SALA ETICHETTATURA – MOVIMENTAZIONE SERVIZI</u>
IDENTIFICATIVO PLANIMETRICO	A2
TIPOLOGIA COSTRUTTIVA	Struttura in cemento armato prefabbricato con pennellature e solaio in c.a.p. modulari
SUPERFICIE [mq]	2.900
ALTEZZA [m]	7
PROCESSO DI LAVORAZIONE/ATTIVITA'	Nell'ambiente vengono preparati i barattoli che vengono automaticamente caricati sulla linea di alimentazione che li conduce alla riempitrice. Si effettua, inoltre l'etichettatura delle scatole e la palettizzazione. Nell'ambiente si effettuano operazioni di movimentazione dei carichi riguardanti lo scatolame vuoto in arrivo e le confezioni palettizzate.
MACCHINE	Palettizzatore g 500 Palettizzatore g 1000 Etichettatrice Alimentazione vuoto g 500 Alimentazione vuoto g 1000 Transpaletts gommati a batteria

AMBIENTE A4: DEPOSITO



IDENTIFICAZIONE AMBIENTI DI LAVORO

FABBRICATO	CAPANNONE DEPOSITO
AMBIENTE DI LAVORO	<u>DEPOSITO</u>
IDENTIFICATIVO PLANIMETRICO	A4
TIPOLOGIA COSTRUTTIVA	Struttura in cemento armato prefabbricato con pennellatura e solaio in c.a.p. modulari
SUPERFICIE [mq]	1.800
ALTEZZA [m]	9
PROCESSO DI LAVORAZIONE/ATTIVITA'	Le scatole di pomodoro palettizzate vengono impilate e depositate. Secondo le esigenze di vendita vengono trasferite, a mezzo transpaletts gommati a trazione elettrica, su autotreni.
MACCHINE	Carrelli elevatori gommati a trazione elettrica

11.2. I rischi associati

Per procedere ad una completa valutazione dei danni causati dall'allagamento dei tre ambienti di lavoro sopra descritti è stato necessario specificare per ognuno di essi i valori della perdita economica associati al livello raggiunto dalle acque.

Per quanto riguarda i due ambienti di lavoro destinati alla lavorazione (sala pelatura e sala etichettatura), è stato quantizzato il danno relativo a livelli d'acqua crescenti. In questi ambienti sono presenti svariati macchinari tra cui pelatrici, cubettatrice, separapelli, etichettatrici, ecc..



Fig. 11.1.-"separapelli"



Fig. 11.2.-"cubettatrice"



Fig. 11.3.-preseparapelli e separapelli in serie

Per livelli d'acqua compresi tra 0.2 m e 0.8 m i danni causati a questi macchinari sono abbastanza contenuti. Essi infatti, in tal caso, dovrebbero essere soggetti alla sola riparazione. Per valori di livello superiori a 0,8 m, invece, sarà necessario sostituire la maggior parte dei macchinari; infine se le acque raggiungono i 2 m di altezza, tutte le macchine per la lavorazione del prodotto e quelle per l'etichettatura saranno danneggiate in modo permanente.

AMBIENTI DI LAVORO		
LIVELLO ACQUA (m)	<u>SALA</u> <u>PELATURA</u>	<u>SALA</u> <u>ETICHETTATURA</u>
<u>0.2</u>	<i>20.000</i>	<i>111.000</i>
<u>0.4</u>	<i>211.000</i>	<i>20.000</i>
<u>0.6</u>	<i>311.000</i>	<i>30.000</i>
<u>0.8</u>	<i>411.000</i>	<i>40.000</i>
<u>1.0</u>	<i>60.000</i>	<i>511.000</i>
<u>1.2</u>	<i>200.000</i>	<i>180.000</i>
<u>1.4</u>	<i>350.000</i>	<i>250.000</i>
<u>1.6</u>	<i>480.000</i>	<i>450.000</i>
<u>1.8</u>	<i>750.000</i>	<i>650.000</i>
<u>2.0</u>	<i>1.000.000</i>	<i>950.000</i>

Tabella: Valori del danno (in EURO) per livello d'acqua

Nel deposito, invece, vengono impilate le scatole di pomodoro palettizzate, le quali vengono movimentate a mezzo transpaletts gommati a trazione elettrica. Il danno causato nel deposito, quindi, dipenderà dalla quantità di merce danneggiata: essendo la merce impilata, la relazione tra quantità danneggiata e livello dell'acqua, e quindi la relazione tra danno espresso in valori economici e livello dell'acqua, sarà lineare.



Fig. 11.4.-"il deposito Silaro dopo l'allagamento del 2001"

Verificando la quantità media di merce presente in deposito, si è stimato che verrà provocato un danno di 250.000 euro per ogni metro d'acqua fino a giungere al valore di 2.000.000 di euro se l'intero locale viene inondato.

Tabella: Valori del danno (in EURO) per livello dell'acqua

LIVELLO DELL'ACQUA (m)	<u>DANNI DEPOSITO</u>
<u>0.2</u>	<i>50.000</i>
<u>0.4</u>	<i>100.000</i>
<u>0.6</u>	<i>150.000</i>
<u>0.8</u>	<i>200.000</i>
<u>1.0</u>	<i>250.000</i>
<u>1.2</u>	<i>300.000</i>
<u>1.4</u>	<i>350.000</i>
<u>1.6</u>	<i>400.000</i>
<u>1.8</u>	<i>450.000</i>
<u>2.0</u>	<i>500.000</i>
<u>3.0</u>	<i>750.000</i>
<u>4.0</u>	<i>1.000.000</i>
<u>5.0</u>	<i>1.250.000</i>
<u>6.0</u>	<i>1.500.000</i>
<u>7.0</u>	<i>1.750.000</i>
<u>8.0</u>	<i>2.000.000</i>

Di seguito viene riportata una tabella nella quale vengono specificati, per i tre ambienti di lavoro della “Silario s.r.l.” e per diversi valori di livello di acqua, i valori economici *totali* del danno da allagamento:

Tabella: Valori del danno (in EURO) per livello dell'acqua''

AMBIENTI DI LAVORO				
LIVELLO ACQUA (m)	<u>SALA</u> <u>PELATURA</u>	<u>SALA</u> <u>ETICHETTATURA</u>	<u>DEPOSITO</u>	<u>TOTALE</u>
<u>0.2</u>	20.000	111.000	50.000	811.000
<u>0.4</u>	211.000	20.000	100.000	1411.000
<u>0.6</u>	311.000	30.000	150.000	2111.000
<u>0.8</u>	411.000	40.000	200.000	2811.000
<u>1.0</u>	60.000	511.000	250.000	3611.000
<u>1.2</u>	200.000	180.000	300.000	450.000
<u>1.4</u>	350.000	250.000	350.000	950.000
<u>1.6</u>	480.000	450.000	400.000	1.330.000
<u>1.8</u>	750.000	650.000	450.000	1.850.000
<u>2.0</u>	1.000.000	950.000	500.000	2.450.000
<u>3.0</u>	1.000.000	950.000	750.000	2.700.000
<u>4.0</u>	1.000.000	950.000	1.000.000	2.950.000
<u>5.0</u>	1.000.000	950.000	1.250.000	3.200.000
<u>6.0</u>	1.000.000	950.000	1.500.000	3.450.000
<u>7.0</u>	1.000.000	950.000	1.750.000	3.700.000
<u>8.0</u>	1.000.000	950.000	2.000.000	3.950.000

11.3. La valutazione del rischio attuale attraverso procedure di simulazione

Grazie alla procedura di simulazione effettuata con l'ausilio di HEC-FDA è stato possibile valutare i danni causati al sito produttivo della "Silaro s.r.l." a seguito di un evento di allagamento.

In questo paragrafo si farà riferimento all'ammontare del danno relativamente ad una situazione "base", una situazione che non prevede alcuna azione protettiva per la mitigazione del rischio ovvero rappresentativa dello scenario attuale.

Per implementare questo tipo di analisi, il software ha richiesto l'inserimento di dati idrologici (relativi al fiume) e di dati economici (relativi al valore del contenuto della struttura).

Prima di tutto, è stata effettuata la configurazione dello studio: lungo il corso d'acqua è stata selezionata una "zona di danno" (damage reaches) definendo delle stazioni di inizio e fine zona. Inoltre è stato individuato un indice di posizione (index location) utile a definire la posizione della struttura danneggiata all'interno della zona di danno ed è stato specificato quale riva (quella destra, quella sinistra oppure entrambe) è interessata dal fenomeno:

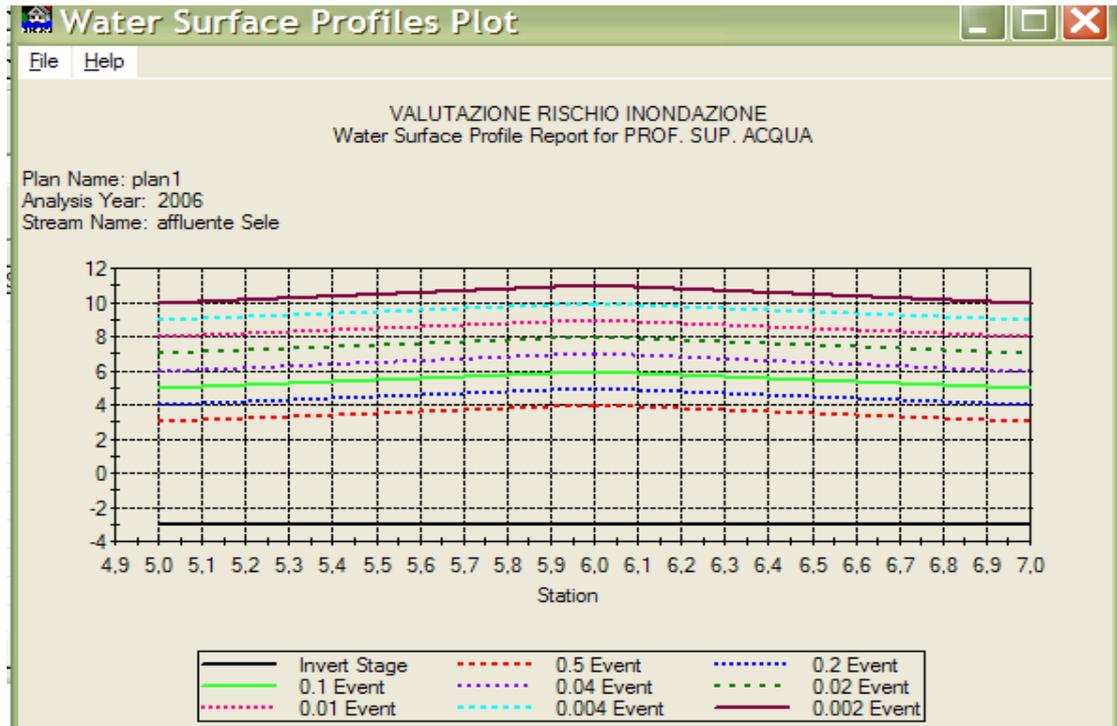
The screenshot shows a software window titled "VALUTAZIONE RISCHIO INONDAZIONE - Study Damage...". The interface includes a menu bar with "File", "Edit", "View", and "Help". Below the menu, there are several input fields and buttons:

- Stream Name:** affluente Sele (dropdown menu)
- Reach Name:** ZONA DEL DANNO (dropdown menu)
- Description:** comprende la Silaro s.r.l. (text box)
- Reach Boundaries (By Station):**
 - Beginning (downstream): 5,000 (text box)
 - Ending (upstream): 7,000 (text box)
 - Bank: Left Right Both (radio buttons)
 - Index Location: 6,000 (text box)
- Buttons:** Update and Cancel (on the right side)

La zona del danno lungo l'alveo del fiume Sele, comprendente la Silaro s.r.l., è quindi delimitata da una stazione di inizio (5 Km dalla foce dell'alveo nel Sele) e da una stazione di fine (7 Km dalla foce) ed è posizionata lungo la riva destra (right bank); al suo interno (6 Km dalla foce) è stato definito l'indice di posizione utile ad individuare l'ubicazione dello stabilimento.

Successivamente a questa fase di configurazione si passa all'inserimento dei dati idrologici specificando prima di tutto il profilo della superficie del corso d'acqua in quella zona in cui è posizionata la struttura e quindi relativamente all'indice di posizione precedentemente definito. FDA consente di graficare e tabellare il suddetto profilo:

Station	Invert Stage	0.5		0.2		0.1		0.04		0.02		0.01		0.004		0.002	
		Q (cms)	Stage (m.)														
5.000	-3.00	10	3.00	12	4.00	14	5.00	16	6.00	18	7.00	20	3.00	22	9.00	24	10.00
6.000	-3.00	11	4.00	13	5.00	15	6.00	17	7.00	19	8.00	21	9.00	23	10.00	25	11.00
7.000	-3.00	10	3.00	12	4.00	14	5.00	16	6.00	18	7.00	20	3.00	22	9.00	24	10.00



Il profilo della superficie dell'acqua è stato definito per ogni stazione e per otto eventi con probabilità di superamento (quelli relativi alle probabilità dello 0.5, 0.2, 0.1, 0.04, 0.02, 0.01, 0.004 e 0.002).

Sempre nell'ambito dei dati idrologici, si procede alla definizione della funzione di probabilità di superamento-portata (*Exceedance probability function*) e la funzione che esprime la relazione tra il livello e la portata (*Stage-Discharge function*).

FDA è in grado di creare entrambe le funzioni sulla base dei valori di portata e di livello inseriti nel profilo della superficie dell'acqua relativamente agli otto eventi con probabilità di superamento e di graficarle:

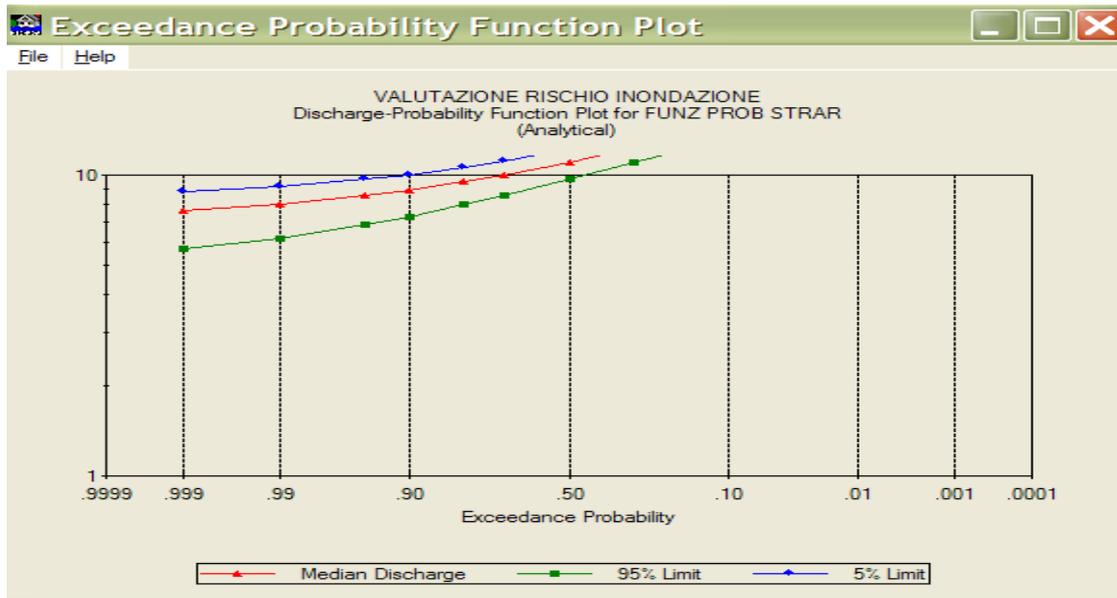
EXCEEDANCE PROBABILITY-DISCHARGE FUNCTION

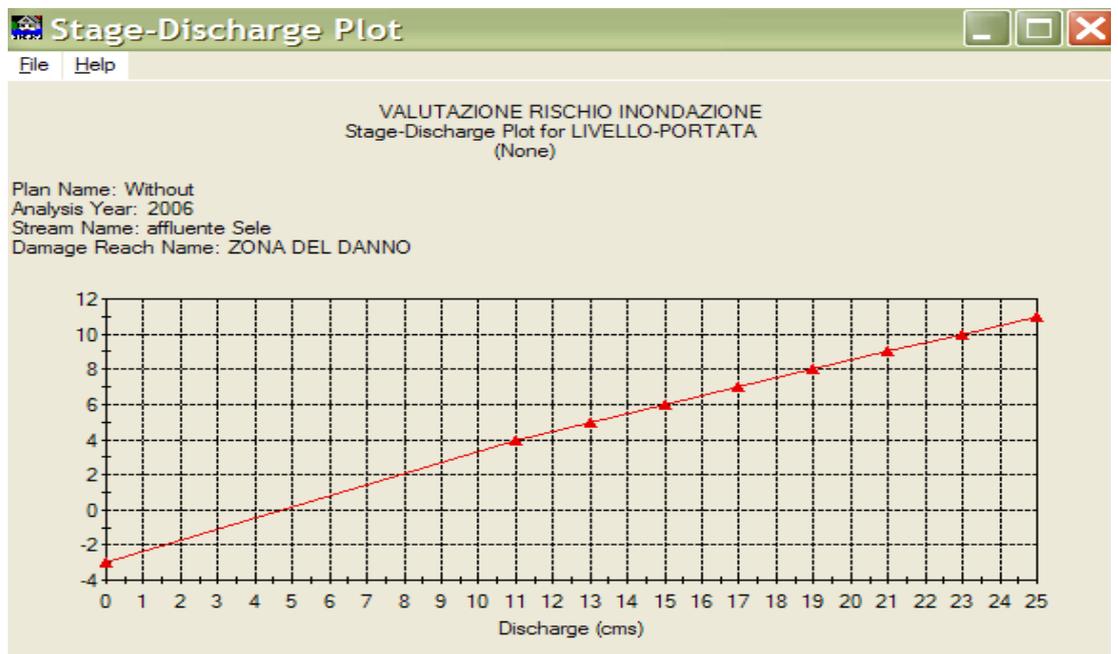
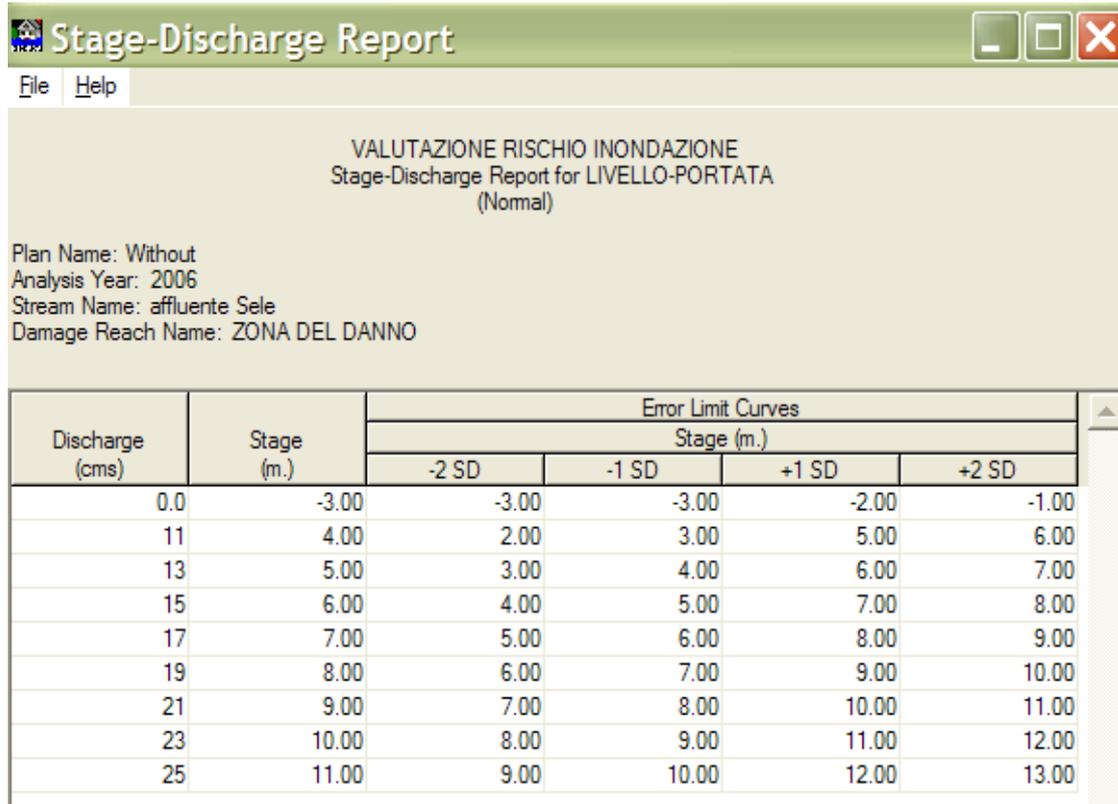
Exceedance Probability Function Report

File Help

VALUTAZIONE RISCHIO INONDAZIONE
Discharge-Probability Function Report for FUNZ PROB STRAR
(Analytical)

Exceedance Probability	Discharge (cms)	Confidence Limit Curves			
		Discharge (cms)			
		95%	75%	25%	5%
0,9990	8	6	7	8	9
0,9900	8	6	7	9	9
0,9500	9	7	8	9	10
0,9000	9	7	8	10	10
0,8000	9	8	9	10	11
0,7000	10	9	9	11	11
0,5000	11	10	10	12	12
0,3000	12	11	12	13	14
0,2000	13	12	12	15	16
0,1000	15	13	14	17	19
0,0400	17	15	16	20	23
0,0200	19	16	17	23	27
0,0100	21	17	18	26	32
0,0040	24	19	20	30	39
0,0020	26	20	22	34	44
0,0010	28	22	24	38	51



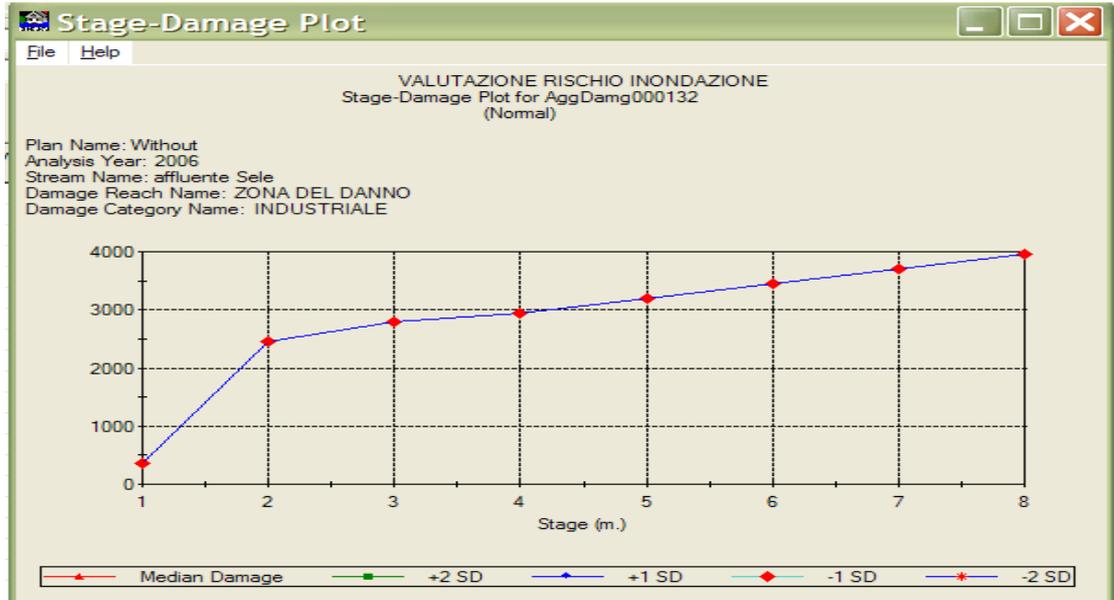


Per quanto riguarda l' inserimento dei dati economici, il primo passo è la designazione della categoria del danno (damage category), utile per raggruppare diverse strutture che hanno caratteristiche economiche simili. Il sito produttivo della "Silaro s.r.l." esaminato in questo lavoro rientra nella

categoria “industriale”. Relativamente al suddetto sito industriale viene quindi definita la funzione che esprime la relazione tra il livello delle acque ed il danno causato con i relativi parametri di incertezza (*Stage-Damage function at index location with uncertainty*):

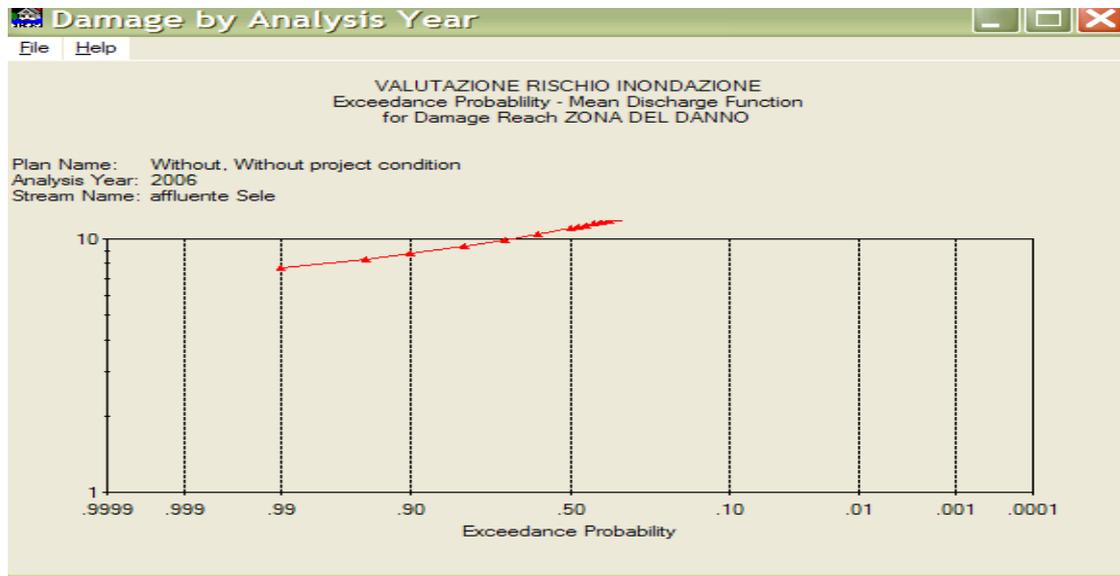
STAGE-DAMAGE FUNCTION

Stage (m.)	Damage (\$1,000's)	Error Limit Curves			
		Damage (\$1,000's)			
		-2 SD	-1 SD	+1 SD	+2 SD
1.00	365.00	365.00	365.00	366.00	367.00
2.00	2450.00	2448.00	2449.00	2451.00	2452.00
3.00	2790.00	2788.00	2789.00	2791.00	2792.00
4.00	2950.00	2948.00	2949.00	2951.00	2952.00
5.00	3200.00	3198.00	3199.00	3201.00	3202.00
6.00	3450.00	3448.00	3449.00	3451.00	3452.00
7.00	3700.00	3698.00	3699.00	3701.00	3702.00
8.00	3950.00	3948.00	3949.00	3951.00	3952.00

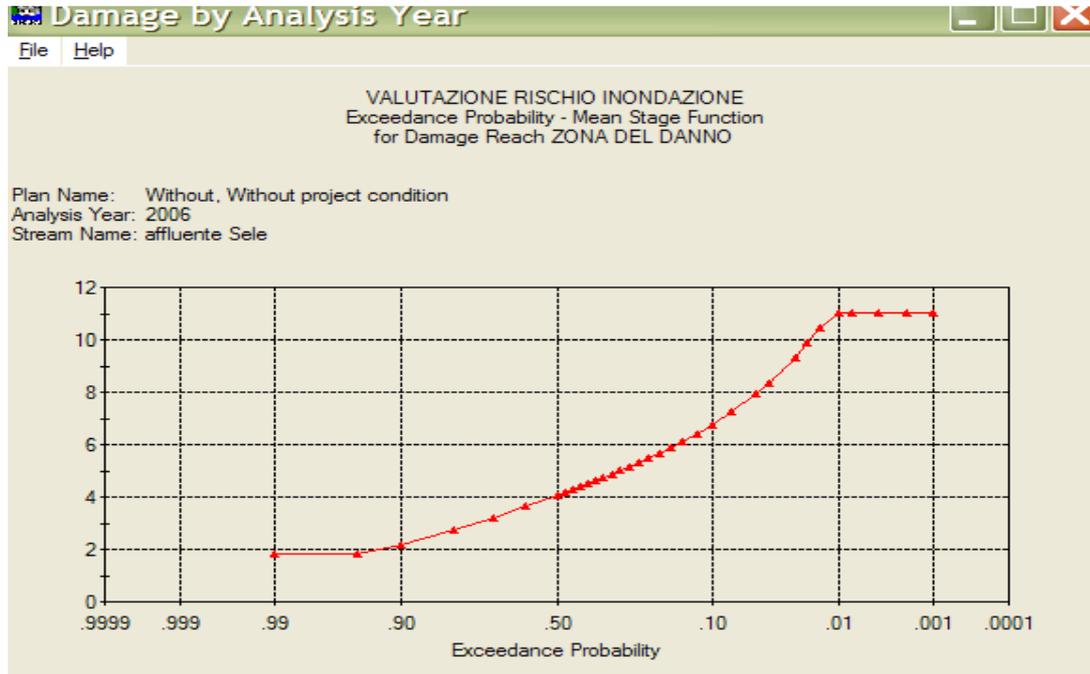


Terminata la fase di “inserimento dati”, si può procedere alla “valutazione del danno”. Per fare questo FDA mette a disposizione una serie di risultati:

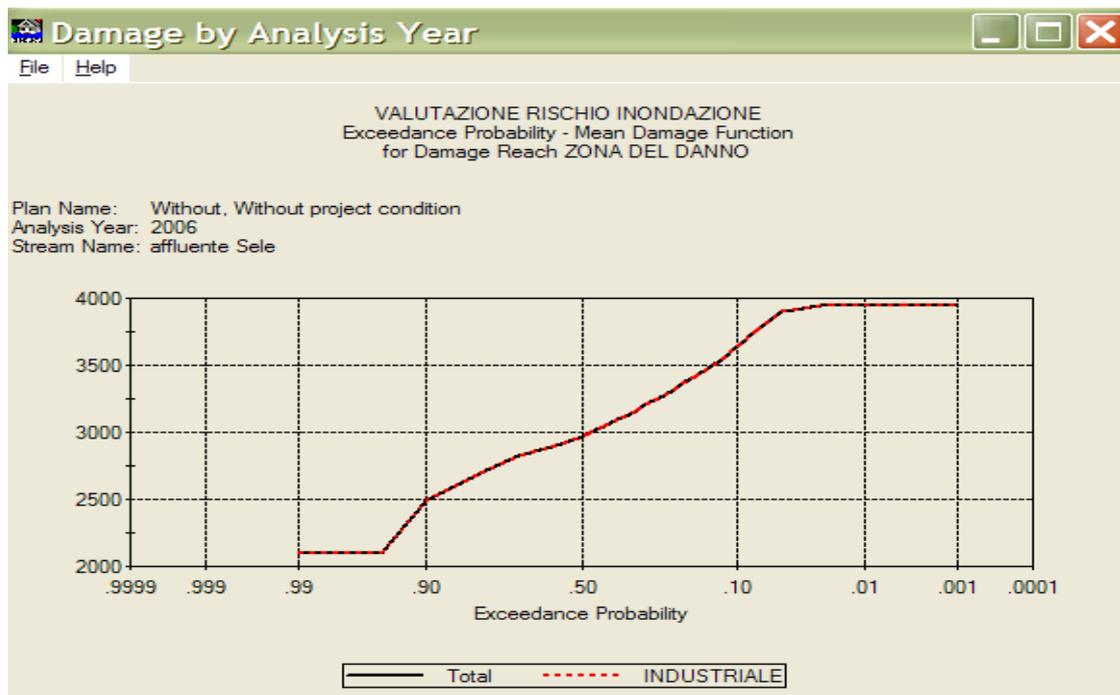
-Exceedance Probability-Discharge function:



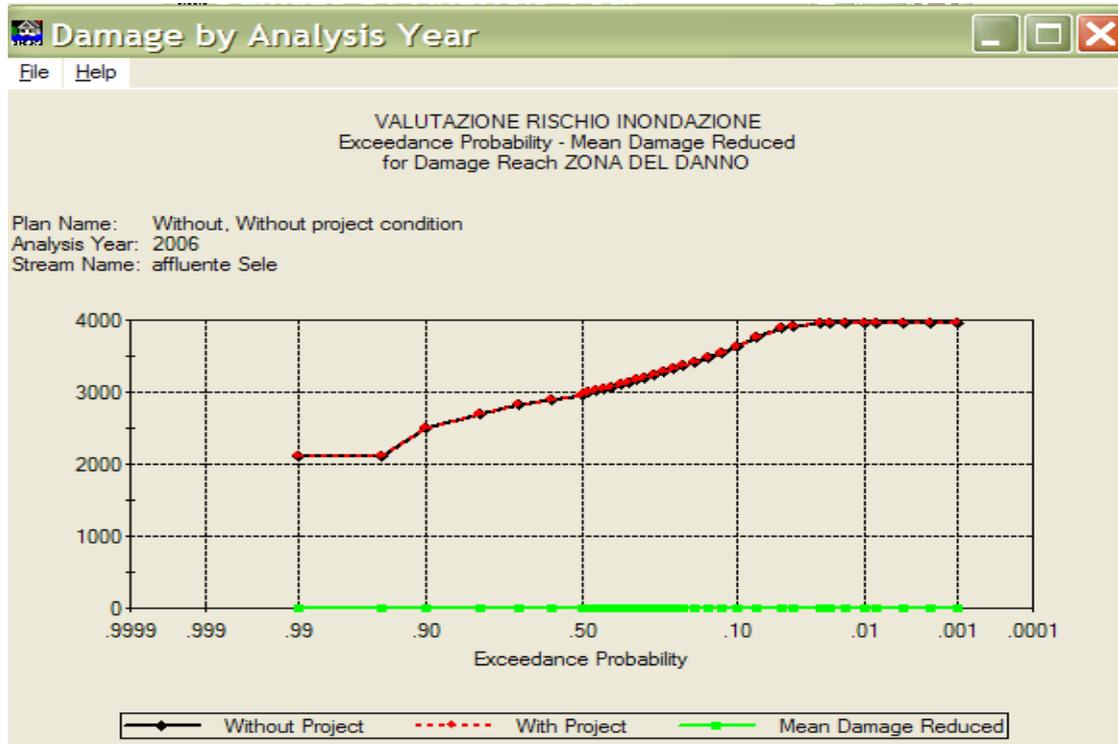
-Exceedance Probability-Stage function:



-Exceedance Probability-Damage function:



-Exceedance Probability-Damage Reduced:



Come si può notare dall' ultimo grafico, dato che non è stata introdotta alcuna misura protettiva, il danno relativo alla condizione "without project" coincide con quello relativo alla condizione "with project"; di conseguenza, la riduzione del danno associata (linea verde) è pari a zero.

11.4. Le misure di prevenzione e protezione

Dopo un'attenta analisi del territorio si è giunti alla conclusione che, per la mitigazione del rischio da allagamento del sito produttivo della "Silaro s.r.l.", possono essere adottate misure preventive e protettive [20].

Le principali misure preventive da adottare sugli alvei sono:

- rimozione dei rifiuti solidi e taglio della vegetazione
- ripristino della sezione dell'alveo con l'eliminazione dei materiali litoidi
- opere idrauliche a carattere locale di modeste dimensioni

Quelle appena elencate sono soluzioni di prevenzione la cui attuazione spetta alle autorità competenti.

Per ridurre il rischio da inondazione del sito produttivo della "Silaro s.r.l." si è pensato allora di creare un sistema di protezione consistente di barriere semovibili H.A.B.[27].

11.4.1.H.A.B.-HYDRO AIR-BAG

L'"Hydro air-bag" è un dispositivo gonfiabile di emergenza che, in pochi minuti, può costituire uno sbarramento efficace alle esondazione.

In normali condizioni climatiche l'H.A.B. rimane nascosto nel terreno non compromettendo né la normale viabilità né l'estetica ambientale; quando si verificano le condizioni di allarme del fiume e l'acqua comincia a straripare, il dispositivo si gonfia automaticamente ed eleva un argine del fiume anche di alcuni metri in pochi minuti: gli argini gonfiati consentono di incanalare la piena in zone esterne all'azienda, dove il deflusso programmato delle acque non rappresenti un danno importante. Quest'argine gonfiabile, inoltre, è in grado di funzionare in totale assenza di energia elettrica come spesso capita durante le calamità idrologiche.



Fig. 11.11.-"sistema a riposo"



Fig. 11.6.-"sistema in funzione"

Se l'area soggetta alle esondazione è molto vasta (è proprio il caso della "Silaro") e con parecchie zone da proteggere dall'acqua, è preferibile intervenire a ridosso della zona di tracimazione, proprio sull'argine (elevazione di argini preesistenti): in questo modo si circoscrive la zona di intervento con la minore quantità di opere civili, ed il costo dell'impianto HAB viene ridotto al minimo.

Il posizionamento degli HAB in questa sede tendenzialmente potrebbe generare delle problematiche relative al rilascio delle autorizzazioni da parte

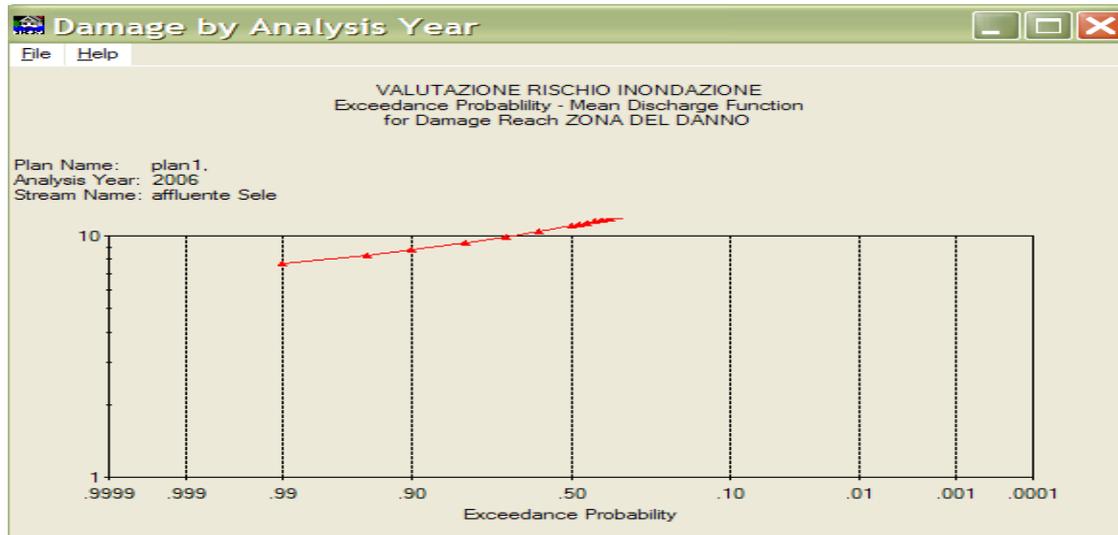
delle autorità competenti, sebbene tale problematica sia superabile stante l'irrilevanza dell'impatto ambientale sia in termini di inquinamento sia in termini di modificazione prospettica dello stato dei luoghi. D'altro canto in altre aree geografiche le autorità di bacino hanno già consentito l'implementazione di tale soluzione.

11.5. La simulazione delle procedure di mitigazione

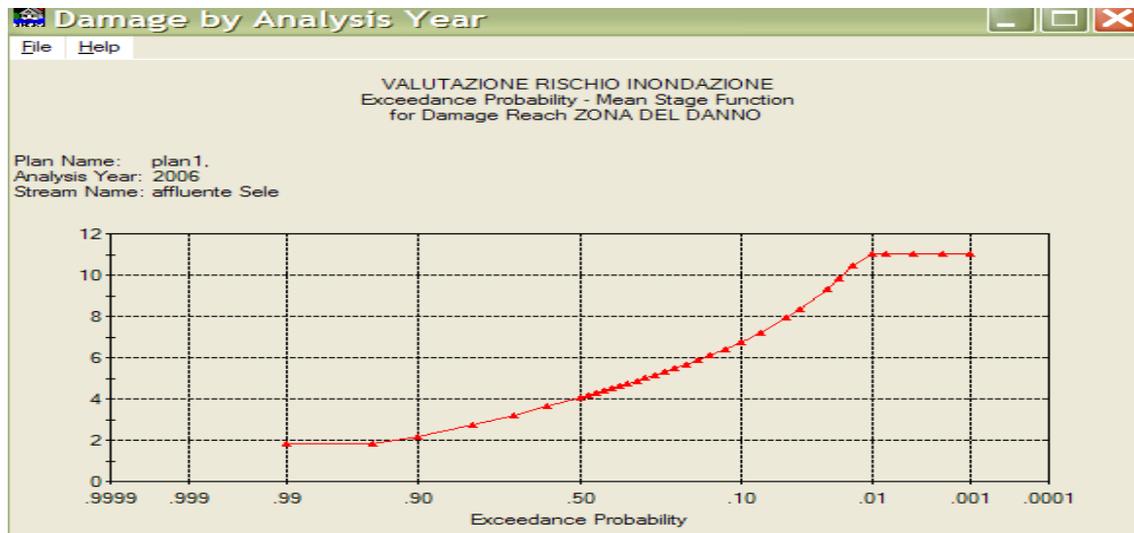
Vengono ora valutati i danni relativi al nuovo progetto sviluppato per la mitigazione del rischio, ovvero il progetto che prevede l'aumento del valore dell'altezza degli argini lungo la riva destra del corso d'acqua grazie all'impiego del sistema HAB.

I dati idrologici e quelli economici rimangono invariati. Cambiano invece i risultati forniti da FDA circa la valutazione del danno:

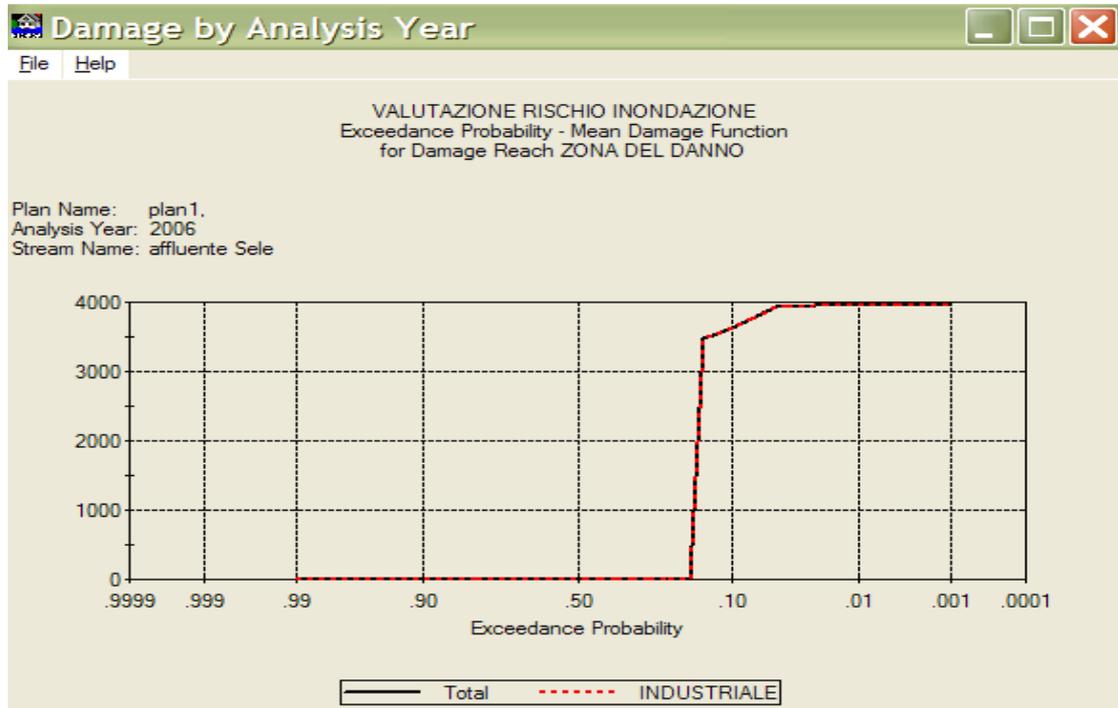
-Exceedance Probability-Discharge function



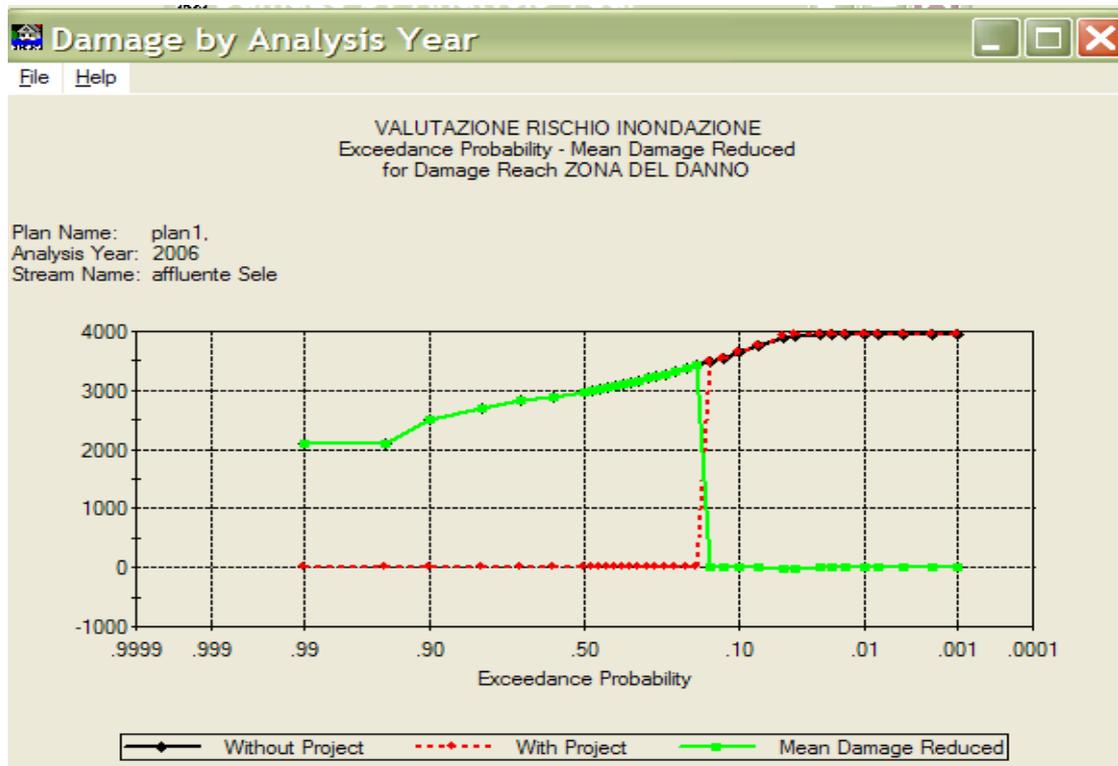
-Exceedance Probability-Stage function:



-Exceedance Probability-Damage function:



-Exceedance probability-Damage Reduced function:



Da quest' ultimo grafico è evidente che la misura protettiva adottata ha avuto i suoi effetti: il danno relativo alla condizione "with project" è minore del danno relativo alla condizione di "without project", anzi esso è addirittura pari a zero per valori di probabilità di superamento elevati; per questo la riduzione del danno è pari proprio al danno della condizione di "with project".

Per valori di probabilità sempre più bassi però, i frutti ottenuti con l' impiego di argini più alti cominciano a svanire, il danno del "with project condition" aumenta e si porta alla pari di quello del "without project condition": la curva di riduzione decresce giungendo a valori nulli.

11.6. Il confronto tra le diverse configurazioni

Il parametro su cui si basa la valutazione dei danni da piena è l' EAD- Expected Annual Damage, il danno atteso annuo che può interpretarsi come una rateazione annua del danno che si prevede possa accadere in futuro (esso può essere ottenuto dall' integrazione del danno con la funzione di probabilità di superamento).

Il danno atteso annuo (EAD), quindi, rappresenta un valido strumento per confrontare il progetto sviluppato per la mitigazione del rischio con il progetto base.

Di seguito vengono riportati i valori dell'EAD relativi al piano base e quelli relativi al progetto che prevede l'adozione delle suddette misure protettive.

VALUTAZIONE RISCHIO INONDAZIONE
Expected Annual Damage Reduced and Distributed
by All Plans for Analysis Year 2006
(Damage in \$1,000's)

Plan Name	Plan Description	Expected Annual Damage			Probability Damage Reduced Exceeds Indicated Values		
		Total Without Project	Total With Project	Damage Reduced	.75	.50	.25
Without	Without project condition	2954,13	2954,13	0,00	0,00	0,00	0,00
plan1		2954,13	598,42	2355,70	2598,73	2552,90	2338,34

Nel caso in cui si verificasse un evento alluvionale dovuto all'esonazione dell'alveo adiacente al sito produttivo della "Silaro s.r.l." e nel caso in cui tale sito venghi completamente inondato, si provocherebbe un danno diretto (quantificato in termini di perdita di merce in deposito e danneggiamento dei macchinari di produzione) pari a **2.954.130 EURO**.

Adottando HAB lungo la riva dell'alveo, e quindi innalzando l'argine di **1,90** m nel momento in cui il corso d'acqua comincia ad ingrossarsi a seguito di copiose e durature precipitazioni, il danno associato risulterà pari a **598.420 EURO**, registrando quindi una riduzione pari a **2.3511.700 EURO**.

Il danno atteso annuo è stato ridotto di oltre il 79 %.

11.7 Conclusioni

Con l' aiuto del software di simulazione FDA sono stati implementati i casi di allagamento sia in un contesto in cui è presente una misura protettiva, sia nel contesto in cui essa è assente. La simulazione è stata necessaria per determinare la variazione dei valori assunti da alcuni parametri come la probabilità di straripamento, il danno annuo atteso e quello equivalente, e verificare quindi gli effettivi benefici raggiunti.

Le informazioni così ricavate sono state lavorate con gli strumenti del "Risk Management" al fine di identificare, valutare e gestire i rischi, permettendo la sostituzione dei costi di rischio con i costi delle attività di loss control risultanti inferiori ai primi. Quindi, un'importante finalità dell'approccio di risk management è proprio quello di trasformare costi incerti determinati dai danni e dalle perdite derivanti dall'esposizioni al rischio puro in costi prevedibili, attraverso investimenti in protezione. È proprio la differenza tra costi dovuti dai danni dell'incendio e i costi per la gestione del rischio che rappresenta il "beneficio" ricavato dal piano di gestione del rischio proposto.

Per la mitigazione del danno causato al sito produttivo della "Silaro s.r.l." in seguito a fenomeni alluvionali derivanti dall'esondazione dell'alveo ad esso adiacente, si è pensato di adottare, come misura protettiva, il sistema "H.A.B.-Hydro Air-Bag" montato lungo l'argine preesistente e consistente in un dispositivo gonfiabile di emergenza che, in pochi minuti, fa in modo di innalzare il livello dell'argine di **1,90** metri e costituire quindi uno sbarramento efficace all'esondazione.

Attraverso le suddette procedure di simulazione si è verificato che la soluzione proposta è capace di ridurre il danno atteso annuo di oltre il **79** %.

11.8 Bibliografia

- [1] **A. Gilardoni:** *La protezione aziendale*, 1992
- [2] **A. Borghesi:** *La gestione de rischi in azienda*, 1985
- [3] **N.A. Doherty:** *Corporate Risk Management: a financial exposition*
- [4] **W.W. Lowrance:** *Of Acceptable Risk*, 1976
- [5] **Caron Franco, Cagno Enrico:** *Analisi dei rischi di progetto*, 1997
- [6] **W. Hammer:** *Product Safety Management and Engineering*, 1980
- [7] **Ciabatti M.:** *Elementi di idrologia superficiale*
- [8] **Alberto Caivano Mariano:** *Rischio idraulico ed idrogeologico*, 2005
- [9] **P.B. Attewell & I.W. Farmer:** *Principles of Enineering Geology*
- [10] **Istituto Regionale di Ricerche Economiche e Statistiche** (2000):
Indagine sullo stato e le caratteristiche delle aree destinate ad insediamenti produttivi.
- [11] **Lotti C.:** *Il grado di rischio in relazione al verificarsi di eventi naturali quali alluvioni e movimenti franosi*, 1995
- [12] **Macchia V., V. Marrone:** *La valutazione del rischio idraulico*, 1996
- [13] **Mosern D. A.:** *Risk Analysis Framework for evaluation of Hydrology/Hydraulics and Economics in Flood Damage Reduction Studies – Stage-Damage Uncertainty*
- [14] **Chao P. T., J.L. Floyd, W. Holliday:** *Empirical Studies of the Effect of Flood Risk on Housing Prices*, Institute of Water Resources Us Army Corps of Engineers, 1998
- [15] **Manciola P., V. Giglioni, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche:** *Azioni non strutturali per la mitigazione degli effetti di eventi estremi- Un'ipotesi di normativa tecnica per le aree inondabili*, 1986
- [16] **Goldman D.:** *Estimating Expected Annual Damage*, 1997

- [17] **Pistocchi, Ferrucci:** *Le analisi idrologiche - idrauliche per la pianificazione di bacino.*
- [18] **Greppi:** *Idrologia, 2005*
- [19] **Maione:** *Le piene fluviali, 1999*
- [20] **Enio Paris:** *Rischio idraulico : interventi per la protezione del territorio, 2004*
- [21] **Giovanni Angelini:** *Rischio idraulico e morfodinamica fluviale, 2005*

SITI WEB:

- [22] www.osriskmanagement.com
- [23] www.managementhelp.org
- [24] www.risk-manager.it
- [25] www.wwf.it
- [26] www.hec.usace.army.mil/software/hec-fda/hecfda-hecfda.html
- [27] www.h