

# *ALBATROS II*

(Versione 3.3.6)

## *PROGRAMMA PER LO SVILUPPO DI HazOp - Fault Tree - M.C.S.*

### **GUIDA OPERATIVA**

REV. N°	DATA	MODIFICHE	REDATTO	CONTROLLATO
emissione	Lug. 2008	Prima emissione	G. Buzzi	F. Antonello
2	Ott. 2009	Stampe (form verticale fault tree, comp. Critici, MCS)	G. Buzzi	F. Antonello
3.1	Feb. 2010	Rev. stampa comp. critici, affidabilità per MSExcel 2007	G. Buzzi	F. Antonello
3.2	Nov. 2010	Vedere par. 2.2.1 e 2.2.2	G. Buzzi	F. Antonello
3.3	Lug. 2012	Modifica per inserimento App.A - vedere par. 2.2.3	A. Ivaldi	F. Antonello
3.3.1	Ago. 2012	Inserimento App.B e App.C - vedere par. 2.2.4	F. Antonello	F.A.
3.3.2	Nov. 2012	Esempi applicativi in App.A2	F. Antonello	F.A.
3.3.3	Set. 2014	Esplicitato esempio calcolo frequenza in App.A2	F. Antonello	F.A.
3.3.4	Giu. 2016	Inserito descrizione (par. 1.2)	F. Antonello	F.A.
3.3.5	Ott. 2018	Miglior visualizzazione stampe, componenti critici	F. Antonello	F.A.
3.3.6	Feb. 2019	Aggiunta riferimenti bibliografici	F. Antonello	F.A.

**SOMMARIO**

<b>1.</b>	<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>1</b>
1.1	<b>PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
1.2	<b>DESCRIZIONE GENERALE DEL METODO E DEI RISULTATI .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>USO DEL PROGRAMMA .....</b>	<b>3</b>
2.1	<b>DEFINIZIONI E CONVENZIONI .....</b>	<b>3</b>
2.2	<b>NOTE DI AGGIORNAMENTO .....</b>	<b>5</b>
2.2.1	<i>Versione 3.2.2 .....</i>	<i>5</i>
2.2.2	<i>Versione 3.2.3.....</i>	<i>5</i>
2.2.3	<i>Versione 3.3.....</i>	<i>6</i>
2.2.4	<i>Versione 3.3.1 .....</i>	<i>6</i>
2.2.5	<i>Versione 3.3.2 e 3.3.3.....</i>	<i>6</i>
2.2.6	<i>Versione 3.3.4.....</i>	<i>6</i>
2.2.7	<i>Versione 3.3.5.....</i>	<i>6</i>
<b>3.</b>	<b>SCRITTURA DELL'HAZOP .....</b>	<b>7</b>
3.1.1	<i>Foglio "ElencoNodi".....</i>	<i>7</i>
3.1.2	<i>Foglio "HazOp".....</i>	<i>8</i>
<b>3.2</b>	<b>PARAMETRIZZAZIONE.....</b>	<b>14</b>
3.2.1	<i>Foglio Parametri.....</i>	<i>14</i>
3.2.2	<i>Foglio Iniziali.....</i>	<i>15</i>
3.2.3	<i>Foglio Intermedi.....</i>	<i>16</i>
3.2.4	<i>Foglio Finali .....</i>	<i>17</i>
3.2.5	<i>Foglio Eventi AND - Rimedi .....</i>	<i>17</i>
<b>3.3</b>	<b>FASE DI VERIFICA .....</b>	<b>18</b>
<b>4.</b>	<b>VERIFICHE ED ELABORAZIONI .....</b>	<b>19</b>
4.1	<b>AVVIO ALBATROS II .....</b>	<b>19</b>
4.2	<b>VERIFICA HAZOP .....</b>	<b>19</b>
4.2.1	<i>Foglio Errori.....</i>	<i>22</i>
4.3	<b>ELABORAZIONE DELL'HAZOP .....</b>	<b>24</b>
4.3.1	<i>Foglio Affidab (dati di affidabilità).....</i>	<i>25</i>
4.3.2	<i>Calcolo Affidabilità.....</i>	<i>26</i>
4.3.3	<i>Alberi di Guasto.....</i>	<i>28</i>
4.3.4	<i>Analisi Minimal Cut Set .....</i>	<i>30</i>
4.3.5	<i>Riepilogo .....</i>	<i>31</i>
4.3.6	<i>Stampa.....</i>	<i>33</i>
<b>5.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>36</b>
<b>A</b>	<b>APPENDICE AFFIDABILISTICA .....</b>	<b>37</b>
A.1	<b>COMPONENTE SINGOLO .....</b>	<b>37</b>
A.2	<b>SISTEMA MULTICOMPONENTE .....</b>	<b>39</b>
<b>B</b>	<b>CRITERI PER QUANTIFICAZIONE FAULT TREE .....</b>	<b>42</b>
B.1	<b>CALCOLO DELLA PROBABILITÀ DI GUASTO (PFD).....</b>	<b>42</b>
B.2	<b>CALCOLO INDISPONIBILITÀ (i) .....</b>	<b>43</b>
B.3	<b>CALCOLO DELLA FREQUENZA ATTESA DI GUASTO O ROTTURA (f).....</b>	<b>44</b>
B.4	<b>VALUTAZIONE DELL'ERRORE UMANO .....</b>	<b>45</b>
<b>C</b>	<b>LEGENDA.....</b>	<b>46</b>

## 1. GENERALITÀ

### 1.1 PREMESSA

Albatros II nasce come evoluzione dell'omonimo programma per DOS, che consentiva la scrittura codificata dell'HazOp e la visualizzazione delle equazioni che descrivono gli alberi di guasto da essa derivate, seguendo la metodologia e i criteri citata in {1}{2}{3}{4}{5} nel capitolo "bibliografia".

Il programma è stato integrato con il disegno degli alberi, il calcolo delle affidabilità e la conseguente quantificazione dei Fault Trees, il calcolo dei Minimal Cut Set.

Il programma trova il suo naturale completamento nella Banca Dati Affidabilistici, che tuttavia non è integrata al software al fine di consentire l'impiego di altre banche dati, purché con struttura uguale a quella del file "BDAtree.xls" della ARTES S.r.l. A tale scopo può essere fornito un fac-simile su richiesta.

Come interfaccia utente si usa il "foglio di lavoro MExcel", ambiente di lavoro ad ampia diffusione, quindi utilizza sostanzialmente le regole di Excel<sup>1</sup>, salvo per i comandi e procedure che sono specificate nel presente manuale.

Il file di Excel è suddiviso in vari fogli che vengono descritti nel seguito. Poiché il foglio denominato HazOp è protetto, come pure altri fogli, può essere in qualche caso necessario eliminare la protezione (per esempio per copiare da altri files – opzione per la quale si raccomanda di copiare solo i valori e non la formattazione – o per inserire o eliminare righe). La password impostata è: "megliononfarlo".

Durante le fasi di lavoro senza protezione si raccomanda cautela allo scopo di evitare di introdurre modifiche non volute. Per l'elaborazione è raccomandato ripristinare la protezione. La password, le opzioni di protezione, il numero e il nome delle etichette che distinguono i vari fogli non devono essere cambiati, pena la impossibilità di impiegare Albatros II.

Il presente manuale presuppone che l'utente sia a conoscenza della tecnica dell'HazOp sottesa al programma; in caso di dubbi riferirsi alla specifica ARTES che viene fornita su richiesta.

*In ogni caso, nessuna responsabilità od onere può essere imputato ad ARTES S.r.l. o agli autori del software sia per quanto riguarda i risultati delle valutazioni svolte, sia per l'uso improprio o non corretto del programma.*

### 1.2 DESCRIZIONE GENERALE DEL METODO E DEI RISULTATI

Una delle esigenze fondamentali nella tecnologia è l'individuazione delle cause e sequenze di guasti, anomalie o eventi pericolosi e la stima della probabilità o frequenza di accadimento. Sono spesso

---

<sup>1</sup> Nel presente manuale non vengono fornite spiegazioni sull'uso di Excel, salvo che per particolari avvertenze.

applicate metodologie quali l'HazOp e/o la Fault Tree Analysis (FTA), note e applicate da decenni, ma anche altre di più recente datazione come la PHA (Process Hazard Analysis) e il LOPA (Level Of Protection Analysis).

In particolare il LOPA, assieme alla tecnica denominata FMEDA<sup>2</sup>, è adottato per valutare il livello di protezione assicurato da componenti e sistemi strumentali, sulla base del quale è possibile stabilire il SIL (Safety Integrity Level).

Date le similarità tra i metodi, la valutazione del SIL può tuttavia essere effettuata anche applicando oculatamente la tecnica dell'hazop associata al FTA.

Il software "Albatros II" è concepito per facilitare il conseguimento dei seguenti obiettivi:

- *individuare, tramite la tecnica dell'hazop, le cause di eventuali anomalie di sistemi impiantistici o strumentali e le sequenze di eventi, circostanze, situazioni, che possono condurre all'accadimento di eventi incidentali o di eventi non desiderati (TOP);*
- *stimare la frequenza attesa e/o la probabilità di accadimento di tali eventi mediante la costruzione di alberi di guasto quantificati, partendo dall'analisi già eseguita con l'hazop e utilizzando ratei di guasto generici o specifici scelti dall'utente;*
- *ottenere e calcolare i dati relativi ai Minimal Cut Set (MCS o insiemi minimi di taglio) di ciascuna sequenza di eventi o TOP esplicitando in tal modo il livello di sicurezza garantito dall'insieme di componenti e facilitando la scelta di eventuali interventi di miglioramento sul componente o sull'architettura che risulta meno affidabile.*

Si tratta quindi di un metodo integrato che, partendo da un'analisi svolta con la forma dell'HazOp, permette sia la valutazione della frequenza attesa di eventi incidentali, sia il livello di integrità assicurato da un sistema multicomponente, considerando eventualmente anche l'errore umano, soddisfacendo l'esigenza di risparmiare tempo ed ottimizzare il metodo riducendo la probabilità di errori nell'applicazione dello stesso.

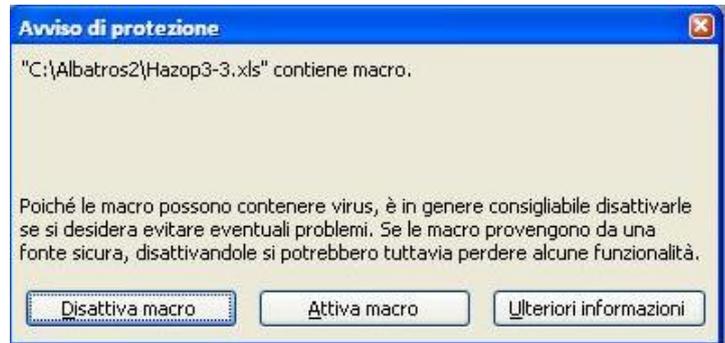
---

<sup>2</sup> Failure Modes Effects and Diagnostic Analysis – [www.exida.eu](http://www.exida.eu)

## 2. USO DEL PROGRAMMA

All'avvio del programma (viene fatto come per un normale foglio di Excel, cliccando sul nome del file o scegliendo l'opzione "apri" dal menu di Excel) viene sempre presentata la seguente finestra di avviso per l'attivazione delle macro.

Per l'uso del programma è necessario attivare le macro, quindi cliccare sulla casella "Attiva macro". Per la visione del contenuto della cartella di lavoro e dei vari fogli che la compongono si può anche non attivare le macro, tuttavia non si



deve salvare il file al termine della visualizzazione altrimenti si perdono le macro ed il programma non funziona più. Una volta attivate le macro si apre la cartella di lavoro e viene visualizzato il foglio sul quale si è terminato di lavorare nell'ultima sessione, salvando il file.

Se la cartella salvata conteneva già l'analisi HazOp completata si può passare all'elaborazione avviando il programma AlbatrosII, altrimenti bisogna inserire le informazioni e dati relativi all'HazOp, a cominciare dai parametri che sono descritti nel paragrafo "Parametrizzazione".

Le indicazioni per la scrittura dell'HazOp (inserimento delle informazioni e dati) e dei valori e dati necessari per la quantificazione degli alberi di guasto (calcolo delle frequenze e dei MCS) sono fornite di seguito, nell'ipotesi di primo utilizzo, iniziando dalle definizioni e convenzioni da usare.

### 2.1 DEFINIZIONI E CONVENZIONI

**Cartella di lavoro:** è il file di MSExcel contenente i vari fogli in cui si suddividono le informazioni.

*Al primo avvio (o prima di una nuova elaborazione, cioè dopo una fase di verifica) la cartella contiene i fogli seguenti.*

**Note / ElencoNodi / HazOp / Affidab / Parametri / Iniziali / Intermedi / Finali / And / Errori /**

*Ogni cartella è già predisposta per contenere gli ulteriori fogli che saranno aggiunti automaticamente nell'elaborazione del programma (alberi di guasto, componenti critici, MCS, riepilogo). Il nome della cartella è il nome del file salvato dall'utente, con estensione .xls o delle successive versioni di MSExcel. Per scegliere il foglio su cui lavorare basta cliccare sull'etichetta o linguetta. I nomi dei fogli o etichette **NON VANNO CAMBIATI**.*

*Se il file viene aperto dopo un'elaborazione i fogli saranno più numerosi in quanto saranno aggiunti un foglio per ogni albero di guasto ed un foglio per ogni MCS, infine un foglio per il riepilogo dei Top Events.*

*Se il file viene aperto dopo una elaborazione con stampa vi saranno inoltre i fogli predisposti automaticamente dal programma (componenti critici, stampaHazOp, stampaAffidabilità).*

**Foglio Note:** è un foglio lasciato a disposizione dell'utente per inserirvi note o dati utili ai fini delle valutazioni (per esempio il tempo di missione delle varie fasi operative, le caratteristiche o l'assetto di apparecchi o cicli, ecc.) o come promemoria di dettagli o chiarimenti. Può essere modificato nella formattazione e non ha convenzioni per la compilazione.

Nel foglio "Note" della cartella commercializzata è inserito anche un esempio di albero degli eventi con dati affidabilistici: per adattarlo a situazioni o esigenze diverse occorre inserire i dati manualmente nelle celle colorate (se si cambiano i dati o le celle o le righe o le colonne occorre verificare la congruenza dei calcoli seguendo il criterio esposto nell'esempio).

Le informazioni sugli altri fogli che compongono la cartella sono fornite nei paragrafi seguenti.

Per inserire le informazioni nel foglio "HazOp" si posiziona il cursore sulla cella ove si vuole digitare, quindi si clicca con il pulsante destro o si usa il tasto **[F6]**.

Per inserire commenti o note, che verranno poi stampati a fine pagina, cliccare due volte sulla cella dove si è già immessa l'informazione o usare il tasto **[F7]**.

*Se si è appena aperto il foglio ed il tasto [F6] o il [F7] non funzionano, cliccare su un altro foglio, poi tornare sul foglio "HazOp" e riprovare.*

Per evidenziare celle ov'è necessario un ulteriore chiarimento o per avere un segno di richiamo usare il tasto **[F11]** che farà cambiare il colore della scritta in rosso: per tornare al colore nero usare **[F12]**.

Per disinserire e/o reinserire l'opzione di filtro automatico occorre togliere la protezione dal foglio e usare le regole di MSEXcel, poi si consiglia di reinserire la protezione del foglio.

**Le indicazioni e raccomandazioni inserite entro cornice sono determinanti per il corretto funzionamento del programma.**

## 2.2 NOTE DI AGGIORNAMENTO

A partire dalla versione 3.2.2 del manuale si è introdotto questo capitolo che descrive le principali modifiche effettuate ad ogni aggiornamento.

### 2.2.1 VERSIONE 3.2.2

È stata introdotta la possibilità di calcolare i casi di strumentazione ridondata con logica uno su due, uno su tre (1/2, 1/3, ...) fino a 4 su 4.

Nel foglio "Affidab" le due colonne impiegate per l'opzione di uso dell'MTTR sono state sostituite da colonne che forniscono l'opzione di calcolo in presenza di ridondanze e l'indicazione della presenza di Avvertimenti ("warning") relativi al calcolo. Il programma rileva infatti direttamente dai dati di input il tipo di calcolo da eseguire. La conversione da vecchie a nuove HazOp è assicurata dal programma stesso.

Il programma conserva memoria del nome dell'ultimo file (cartella) elaborato e del valore di soglia per l'evidenziazione della frequenza attesa nel foglio di riepilogo dei Top-Event.

Nel foglio degli "eventi And" è stata aggiunta la colonna "DIVERSI" allo scopo di distinguere tra protezioni che possono essere controllate periodicamente (allarmi e blocchi) rispetto quelle che non possono essere soggette a test (ad esempio inneschi), così da permettere la creazione del foglio "CompCritici" nel quale vengono elencati i componenti (cause elementari o protezioni) che entrano negli alberi di guasto e per i quali si richiede l'elenco e la frequenza di test tra i documenti dei Sistemi di Gestione della Sicurezza.

Da notare che il primo elemento dell'elenco in questione "Innesco Causale" è bloccato.

È stata cambiata la denominazione dell'ultimo elenco degli eventi "Iniziali" da "Diversi" a "Cause Esterne", mentre il precedente "Macchine e circuiti" assume la denominazione di "Macchine o apparecchi".

Sono state apportate modifiche di formattazione del foglio "ElencoNodi", allo scopo di migliorare la personalizzazione nel caso di utenti diversi da ARTES S.r.l.

### 2.2.2 VERSIONE 3.2.3

E' stata aggiunta la stampa dei componenti critici desunti dalle tabelle di affidabilità.

L'estrazione e la preparazione delle cartelle da stampare avvengono in fase di "Prepara stampe" solo se è selezionata l'opzione "Dati Affidabilità".

### **2.2.3 VERSIONE 3.3**

Il Manuale è stato revisionato completamente, modificando varie voci ed inserendo l'appendice A in cui è riportato in dettaglio l'approccio per il calcolo dell'indisponibilità in caso di logiche con componenti ridondanti.

Nel foglio "HazOp" sono cambiati i titoli sulle ultime tre colonne a destra: da "CAUSE AND" a "EVENTI AND - RIMEDI" per tutte le colonne e "DESCRIZIONE" sulla penultima colonna a destra.

I capitoli del manuale sono stati ridistribuiti seguendo un criterio di primo utilizzo, ampliando il paragrafo "Definizioni e convenzioni" e spostandolo all'inizio del manuale per favorire una rapida presa visione delle principali convenzioni da usare.

### **2.2.4 VERSIONE 3.3.1**

Si sono introdotte le appendici B (criteri per quantificazione Fault Tree e calcoli affidabilistici) e C (legenda delle abbreviazioni e sigle).

Nel foglio "Note" della cartella di lavoro fornita assieme al programma è stato inserito un esempio di albero degli eventi.

Le altre modifiche che riguardano il Manuale, sono costituite da integrazioni nelle spiegazioni e nella forma espositiva, scaturite da osservazioni degli utenti e finalizzate a facilitare l'uso anche per utenti non esperti di HazOp. Si sono inoltre precisate meglio le date di emissione e revisione.

### **2.2.5 VERSIONE 3.3.2 E 3.3.3**

Esplicitate le modalità e opzioni di calcolo per sistemi multicomponente e inserito chiarimenti su esempi applicativi in Appendice A2 e B.

### **2.2.6 VERSIONE 3.3.4**

Inserito paragrafo 1.2 con descrizione del software e aggiornamento bibliografia nel Manuale.

### **2.2.7 VERSIONE 3.3.5**

Modifiche al software: aumento delle dimensioni delle stampe per una maggior visibilità e coordinamento migliore delle note di chiarimento nel foglio "componenti critici".

### **2.2.8 VERSIONE 3.3.6**

Aggiunta riferimenti bibliografici.



intestazioni dei fogli "ElencoNodi", "HazOp" e "Affidab.". Nei fogli per la parametrizzazione cambieranno i parametri predefiniti (evidenziati nelle celle in giallo) mentre non cambieranno le intestazioni. Il nome dei fogli non va modificato.

Ovviamente gli altri testi vanno inseriti manualmente, altrimenti rimangono nella lingua in cui sono stati scritti originariamente.

Figura 2

OPERABILITY ANALYSIS			
Company: Dip			
Factory: Im			
Plant: olo			
Date of Compilation: lug.2012		FileName: Hazop3 3	
<b>Composition of working team</b> Customer's representatives: AAA ARTES's representatives: BBB			
<b>Synthetic description of process</b> After ..			
Node	Node description	Equipments	Drawings
1	Reattore (carico reag. colaggio NaOH ossidazione con NaClO)	R01	P&I 005-1
2	Colonna	C01	P&I 005-2

La scelta della lingua comporta anche la traduzione automatica delle intestazioni del foglio "CompCritici".

3.1.2 FOGLIO "HAZOP"

Figura 3 – esempio foglio "HazOp"

PARAMETRI		CAUSE				EFFETTI				EVENTI AND RIMEDI												
N	D	Cod	PARAMETRO	Cod	TIPOL	D	Cod	CAUSA	Cod	TIPOL	NOTAITEM	A	Cod	EFFETTO	Cod	TIPOL	NOTAITEM	Cod	DESCRIZIONE	NOTAITEM		
4	1	G001	TEMPERATURA					E001 F.A. TIC (APPE)						G005	PORTATA	21	sfiati		E101	M.F. TAH	001	
5	1	G001	TEMPERATURA					G009	#	COMPOSIZIONE				G005	PORTATA	21	sfiati		E101	M.F. TAH	001	
6	1	G001	TEMPERATURA					G009	#	COMPOSIZIONE				G005	PORTATA	21	sfiati		E101	M.F. TAH	002	
7	1	G002	TEMPERATURA					N.A.		Non Applicable												
8	1	G003	PRESSIONE					G005		PORTATA												
9	1	G004	PRESSIONE					E707		FASE DI SVUOTAMENTO	21	sfiati		G035	#	RATING			E230	M.F. VALVOLA	SFIATO	
10	1	G005	PORTATA	21	sfiati			G001		TEMPERATURA				G003		PRESSIONE	01	aria	D629	INDISPON POLMONAZ.		
11	1	G006	PORTATA					E303		F.S. CIRC. SERVIZIO		vapore		N.E.		Nessun Effetto			E102	M.F. PAL	1su 2	
12	1	G006	PORTATA	06	-N2			E303		F.S. CIRC. SERVIZIO		N2		G010		NO PORTATA	06	-N2	E108	M.F. PAL	301	
13	1	G006	PORTATA	06	-N2			E611		F.A. REGOLATRICE CHIUI.		N2		G010		NO PORTATA	06	-N2				
14	1	G006	PORTATA	06	-N2			P024		EU. NON APPE VALVOLA		N2		G010		NO PORTATA	06	-N2				
15	1	G010	NO PORTATA	06	-N2			G006		PORTATA	06	-N2		D529		INDISPON POLMONAZ.			P004	EU. NIPILEVA ANOMAL.		
16	1	G007	LIVELLO	06	-N2			N.A.		Non Applicable												
17	1	G008	LIVELLO					N.A.		Non Applicable												
18	1	G009	#	COMPOSIZIONE				E715		MATERIALE NON ATTESO				G001		TEMPERATURA			P040	EU. OMETTE CONTROLLO		
19	1	G009	#	COMPOSIZIONE				E715		MATERIALE NON ATTESO				2	G009	#	COMPOSIZIONE	09	inquinanti	P040	EU. OMETTE CONTROLLO	
20	1	G009	#	COMPOSIZIONE	01	aria		E710		FASE DI CARICO		solvente		G009	#	COMPOSIZIONE	10	mis infiam	D629	INDISPON POLMONAZ.		
21	1	G009	#	COMPOSIZIONE	01	aria		E710		FASE DI CARICO		solvente		G009	#	COMPOSIZIONE	10	mis infiam	E505	CONDIZ INFIAMM.		
22	1	G009	#	COMPOSIZIONE	01	aria		G004		PRESSIONE				G009	#	COMPOSIZIONE	10	mis infiam	E215	M. TENUTA FLANGE		
23	1	G009	#	COMPOSIZIONE	01	aria		G004		PRESSIONE				G009	#	COMPOSIZIONE	10	mis infiam	E507	CONDIZ ESPLOSIV.		
24	1	G009	#	COMPOSIZIONE	10	mis infiam		G009	#	COMPOSIZIONE				T003		SCOPPIO			E501	INNESCO CASUALE		
25	1	G035	#	RATING				G003		PRESSIONE	01	aria										
26	1	G035	#	RATING				G003		PRESSIONE				T300		ROTTURA PER SOVRAPPRESS			Reattore	E213	M.F. RD-PSE	001
27	2	G001	TEMPERATURA					E001		F.A. TIC (APPE)		olio		G003		PRESSIONE						
28	2	G001	TEMPERATURA					P007		EU. IMPOST. SET ECCESSO		olio		G003		PRESSIONE						
29	2	G002	TEMPERATURA					E002		F.A. TIC (CHUIDE)		olio		G004		PRESSIONE						
30	2	G002	TEMPERATURA					E303		F.S. CIRC. SERVIZIO		olio		G004		PRESSIONE						
31	2	G002	TEMPERATURA					E302		F.S. F.E.M.				G004		PRESSIONE						
32	2	G003	PRESSIONE					G001		TEMPERATURA				G035		RATING			E202	M.F. PSH	301	
33	2	G003	PRESSIONE					G001		TEMPERATURA				G035		RATING			E230	M.F. VALVOLA	SFIATO	
34	2	G004	PRESSIONE					G002		TEMPERATURA				G009	#	COMPOSIZIONE	01	aria	P004	EU. NIPILEVA ANOMAL.		
35	2	G004	PRESSIONE					G002		TEMPERATURA				G009	#	COMPOSIZIONE	01	aria	E215	M. TENUTA FLANGE		
36	2	G005	PORTATA					N.A.		Non Applicable												
37	2	G006	PORTATA	06	-N2			E303		F.S. CIRC. SERVIZIO		N2		G010		NO PORTATA	06	-N2	E108	M.F. PAL	301	
38	2	G006	PORTATA	06	-N2			E611		F.A. REGOLATRICE CHIUI.		N2		G010		NO PORTATA	06	-N2				
39	2	G006	PORTATA	06	-N2			P024		EU. NON APPE VALVOLA		N2		G010		NO PORTATA	06	-N2				
40	2	G010	NO PORTATA	06	-N2			G006		PORTATA	06	-N2		D506		INDISPON AZOTO			P004	EU. NIPILEVA ANOMAL.		
41	2	G007	LIVELLO					N.A.		Non Applicable												
42	2	G008	LIVELLO					N.A.		Non Applicable												
43	2	G009	#	COMPOSIZIONE	09	inquinanti		1	G009	#	COMPOSIZIONE			V201		PROBLEMI DI QUALITA'						
44	2	G009	#	COMPOSIZIONE	01	aria			G004		PRESSIONE			G009	#	COMPOSIZIONE	10	mis infiam	D506	INDISPON AZOTO		
45	2	G009	#	COMPOSIZIONE	10	mis infiam			G009	#	COMPOSIZIONE	01	aria						in Colonna	E501	INNESCO CASUALE	
46	2	G035	#	RATING					G003		PRESSIONE			T406		SFIATO DA RD			all'arm.			
47	2	G035	#	RATING					G003		PRESSIONE			T300		ROTTURA PER SOVRAPPRESS			Colonna	E213	M.F. RD-PSE	

Di seguito sono fornite le indicazioni per la compilazione delle caselle nelle varie colonne.

[A] ND: numero nodo

Indicare il numero del nodo che contraddistingue il punto o l'apparecchio del processo in esame (limite max 99: se la richiesta è maggiore, fare due files)

**[B] Cod: codice parametro**

Si tratta di un codice definito nelle tabelle dei fogli di parametrizzazione, di cui un esempio è riportato anche nella figura seguente ed utilizzato dal software per i controlli e l'elaborazione.

**[C] PARAMETRO**

È la descrizione del parametro in esame: Per introdurre dati in questa colonna e nella successiva cliccare con il pulsante destro del mouse su una delle due colonne [B] o [C], oppure premere il tasto [F6] dopo aver posizionato il cursore su una di queste due colonne. Compare l'elenco "PARAMETRI" riportato nella seguente figura.

**Figura 4**

PARAMETRI										CAUSE										EVENTI AND RIMEDI									
N	D	Cod	PARAMETRO	C	d	TIPOL.	D	A	Cod	CAUSA	C	d	TIPOL.	NO	COD	DESCRITTORE	TIPOL.	NOTA/ITEM	Cod	DESCRIZIONE	NOTA/ITEM								
1	G001		TEMPERATURA				E001			F.A. TIC (APRE)					G001	+ TEMPERATURA	sfiati		E101	M.F. TAH	001								
1	G001		TEMPERATURA				G009			# COMPOSIZIONE					G002	- TEMPERATURA	sfiati		E101	M.F. TAH	001								
1	G001		TEMPERATURA				G009			# COMPOSIZIONE					G003	+ PRESSIONE	sfiati		E101	M.F. TAH	002								
1	G002		TEMPERATURA				N.A.			Non Applicabile					G004	- PRESSIONE			E230	M.F. VALVOLA	SFIATO								
1	G003		PRESSIONE				G005			# PORTATA					G005	+ PORTATA	+aria		D523	INDISPON POLMONAZ.									
1	G004		PRESSIONE				E707			FASE DI SVUOTAMENTO			21	sfiati	G006	- PORTATA			E102	M.F. PAH	1su2								
1	G005		PORTATA	21		sfiati	G001			TEMPERATURA					G006	+ PORTATA													
1	G006		PORTATA				E303			F.S. CIRC. SERVIZIO					G007	+ LIVELLO	-N2		E108	M.F. PAL	301								
1	G006		PORTATA	06		-N2	E303			F.S. CIRC. SERVIZIO					G008	- LIVELLO	-N2												
1	G006		PORTATA	06		-N2	E811			F.A. REGOLATRICE CHIU.					G009	# COMPOSIZIONE	-N2												
1	G006		PORTATA	06		-N2	PR24			E.U. NON APRE VALVOLA					G010	NO PORTATA			P004	E.U. NFILEVA ANOMAL									
1	G007		LIVELLO				N.A.			Non Applicabile					G011	NO AGITAZIONE													
1	G008		LIVELLO				N.A.			Non Applicabile					G012	NO ASPIRAZIONE													
1	G009		# COMPOSIZIONE				E715			MATERIALE NON ATTESO					G013	>< FLUSSO			P040	E.U. OMETTE CONTROLLO									
1	G009		# COMPOSIZIONE				E715			MATERIALE NON ATTESO					G014	+ VELOCITA'	inquinanti		P040	E.U. OMETTE CONTROLLO									
1	G009		# COMPOSIZIONE	01		+aria	E710			FASE DI CARICO					G015	- VELOCITA'	mis infiam		D523	INDISPON POLMONAZ.									
1	G009		# COMPOSIZIONE	01		+aria	E710			FASE DI CARICO					G016	+ ASSORBIMENTO	mis infiam		E505	CONDIZ INFIAMM.									
1	G009		# COMPOSIZIONE	01		+aria	G004			PRESSIONE					G017	- ASSORBIMENTO	mis infiam		E215	M. TENUTA FLANGE									
1	G009		# COMPOSIZIONE	10		mis infiam	G009			# COMPOSIZIONE	01		+aria		G018	+ pH	in Reattore		E507	CONDIZ. ESPLOSIV.									
1	G035		# RATING				G003			PRESSIONE					G019	- pH	all'am.		E501	INNESCO CASUALE									
1	G035		# RATING				G003			PRESSIONE					G020	+ TEMPO	Reattore		E210	M.F. RD-PSE	001								
2	G001		TEMPERATURA				E001			F.A. TIC (APRE)					G021	- TEMPO													
2	G001		TEMPERATURA				P007			E.U. IMPOST SET ECCESSO					G022	+ CONDUTTIVITA													
2	G002		TEMPERATURA				E302			F.S. CIRC. SERVIZIO					G023	- CONDUTTIVITA													
2	G002		TEMPERATURA				E302			F.S. F.E.M.					G024	+ DENSITA'			E202	M.F. PSH	301								
2	G003		PRESSIONE				G001			TEMPERATURA					G025	- DENSITA'			E230	M.F. VALVOLA	SFIATO								
2	G003		PRESSIONE				G001			TEMPERATURA					G026	> CONCENTRAZ	+aria		P004	E.U. NFILEVA ANOMAL									
2	G004		PRESSIONE				G002			TEMPERATURA					G027	< CONCENTRAZ	+aria		E215	M. TENUTA FLANGE									
2	G005		PORTATA				N.A.			Non Applicabile					G028	+ TITOLO	-N2		E108	M.F. PAL	301								
2	G006		PORTATA	06		-N2	E303			F.S. CIRC. SERVIZIO					G029	- TITOLO	-N2												
2	G006		PORTATA	06		-N2	E811			F.A. REGOLATRICE CHIU.					G030	+ DIFF PRESS	-N2												
2	G006		PORTATA	06		-N2	PR24			E.U. NON APRE VALVOLA					G031	- DIFF PRESS	-N2												
2	G006		PORTATA	06		-N2	G006			PORTATA	06		-N2		G032	POSIZIONE			P004	E.U. NFILEVA ANOMAL									
2	G007		LIVELLO				N.A.			Non Applicabile					G033	NO BATTENTE													
2	G008		LIVELLO				N.A.			Non Applicabile					G034	+ BATTENTE	mis infiam		D506	INDISPON AZOTO									
2	G009		# COMPOSIZIONE	09		inquinanti	1			G009 # COMPOSIZIONE					G035	# RATING	in Colonna		E501	INNESCO CASUALE									
2	G009		# COMPOSIZIONE	01		+aria	G004			PRESSIONE					G036	+ QUANTITA'	all'am.												
2	G009		# COMPOSIZIONE	10		mis infiam	G009			# COMPOSIZIONE	01		+aria		G037	< EFFIC. CAT.	Colonna		E210	M.F. RD-PSE									
2	G035		# RATING				G003			PRESSIONE																			
2	G035		# RATING				G003			PRESSIONE																			

Selezionare un elemento dell'elenco cliccando due volte con il tasto sinistro del mouse: il codice ed il descrittore verranno riportati nelle rispettive colonne.

La descrizione e le spiegazioni sui parametri viene riportata nel paragrafo "Parametrizzazione" per ciascuno dei fogli utilizzati.

**[D] Cd: codice della tipologia**

Sigla correlata alla tipologia ed utilizzata dal software.

**[E] TIPOL. : tipologia parametro**

Descrizione più dettagliata della tipologia del parametro o precisazione puntuale associata al parametro. Il procedimento per l'inserimento dati è identico a quello per la colonna [C]

**[F] DA**

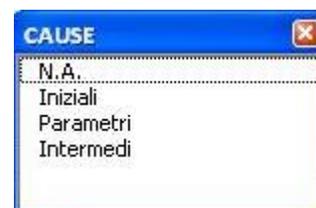
Nel caso in cui l'origine della deviazione si trovi in un altro nodo questa colonna permette di indicare da quale nodo proviene, collegando in tal modo le diverse sezioni dell'impianto. Lasciando vuota la cella, il programma considera che l'eventuale variazione sia originata nel nodo stesso.

**[G] Cod. : codice causa**

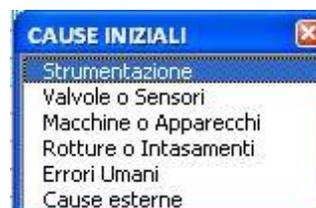
Sigla correlata alla causa utilizzata dal software per individuare univocamente la descrizione della causa ai fini delle elaborazioni.

**[H] CAUSA**

Cliccando su una delle due colonne [G] o [H] si visualizza il menu a destra nel quale vengono presentate le categorie in cui sono suddivise le cause: con doppio click si sceglie la categoria di interesse. N.A. sta per Non Applicabile, cioè tecnicamente non applicabile o non pertinente o non significativo (si può spiegare nelle note).

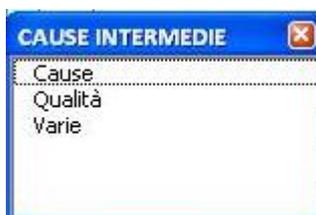


Scegliendo "Iniziali" vengono presentati ulteriori raggruppamenti (ved. a destra) tra i quali si sceglie, con altro doppio "click", l'evento elementare riportato nel foglio di parametrizzazione.



Le cause iniziali sono infatti eventi elementari, cui si associa sempre una frequenza attesa (fatta eccezione nei casi in cui tali cause portano ad una indisponibilità), mentre gli eventi "Intermedi" derivano da altre cause (per cui potranno trovarsi anche nella colonna "EFFETTO").

Scegliendo "Intermedi" si presenterà la finestra visualizzata a lato, dove sono elencati solo tre dei cinque gruppi del foglio "Intermedi", cioè quelli che è ragionevole possano comparire come cause; sono infatti escluse le Indisponibilità e i Piccoli Top (vedere nel seguito le spiegazioni su queste categorie di eventi).



Scegliendo "Parametri" sarà presentata la lista dei parametri con le relative tipologie dalla quale scegliere l'eventualità da inserire.

**[I] Cd: codice della tipologia causa**

Sigla correlata alla tipologia della causa utilizzata dal software.

**[J] TIPOL. : tipologia causa**

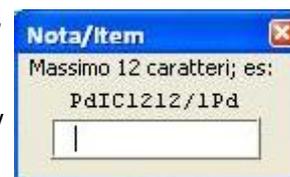
Dato che tra le cause possono essere inseriti anche i Parametri, è necessario possa essere precisata la tipologia parametro (per esempio, con rif. alla Figura 5 che segue: riga 8 → nodo 1 → deviazione G003 + PRESSIONE → causa G005 + PORTATA → tipologia è la stessa riportata nella colonna [E] nella riga 10 in corrispondenza della deviazione G005 + PORTATA il cui effetto è G003 + PRESSIONE, cioè "21 sfiati").

Figura 5

1		3		5		8		10		11		14		16		17		19		20		
PARAMETRI		CAUSE		EFFETTI		EVENTI AND RIMEDI																
N	Cod	PARAMETRO	TIPOL.	D	Cod	CAUSA	TIPOL.	NOTA/ITEM	A	Cod	EFFETTO	TIPOL.	NOTA/ITEM	Cod	DESCRIZIONE	NOTA/ITEM						
4	G001	TEMPERATURA			E001	F.A. TIC (APRE)		vapore		G005	PORTATA	21	sfiati	E101	MF.TAH	001						
5	G001	TEMPERATURA			G003	# COMPOSIZIONE				G005	PORTATA	21	sfiati	E101	MF.TAH	001						
6	G001	TEMPERATURA			G003	# COMPOSIZIONE				G005	PORTATA	21	sfiati	E101	MF.TAH	002						
7	G002	TEMPERATURA			N.A.	Non Applicabile																
8	G003	PRESSIONE			G005	PORTATA				G005	RATING			E230	MF.VALVOLA	SFIATO						
9	G004	PRESSIONE			E707	FASE DI SVUOTAMENTO		21 sfiati		G003	# COMPOSIZIONE	01	+aria	D529	INDISPON.POLMONAZ.							
10	G005	PORTATA	21	sfiati	G001	TEMPERATURA				G003	PRESSIONE			E102	MF.PAH	1 su 2						
11	G006	PORTATA			E303	F.S. CIRC. SERVIZIO		vapore		N.E.	Nessun Effetto											
12	G006	PORTATA	06	-N2	E303	F.S. CIRC. SERVIZIO				N2	G010	NO PORTATA	06	-N2	E108	MF.PAL	301					
13	G006	PORTATA	06	-N2	E811	F.A. REGOLATRICE CHIU.				N2	G010	NO PORTATA	06	-N2								
14	G006	PORTATA	06	-N2	P024	E.U. NON APRE VALVOLA				N2	G010	NO PORTATA	06	-N2								
15	G010	NO PORTATA	06	-N2	G006	PORTATA	06	-N2			D529	INDISPON.POLMONAZ.			P004	E.U. NRILEVA ANOMAL.						
16	G007	LIVELLO			N.A.	Non Applicabile																
17	G008	LIVELLO			N.A.	Non Applicabile																
18	G009	# COMPOSIZIONE			E716	MATERIALE NON ATTESO				G001	TEMPERATURA			F040	E.U. OMETTE CONTROLLO							
19	G009	# COMPOSIZIONE			E716	MATERIALE NON ATTESO				2	G009	# COMPOSIZIONE	09	inquinanti	F040	E.U. OMETTE CONTROLLO						
20	G009	# COMPOSIZIONE	01	+aria	E710	FASE DI CARICO		solvente		G009	# COMPOSIZIONE	10	mi Infrani	D529	INDISPON.POLMONAZ.							
21	G009	# COMPOSIZIONE	01	+aria	E710	FASE DI CARICO		solvente		G009	# COMPOSIZIONE	10	mi Infrani	E595	CONDIZ INFIAMM.							

**[K] NOTA/ITEM**

Consente di introdurre un descrittore o una sigla di riferimento della causa; non è applicabile ai Parametri (per i quali si usano le tipologie). Per scrivere cliccare col pulsante destro del mouse sulla colonna; il contenuto si cancella cliccando su  o usando il tasto "Canc".



**[L] A**

Usato per indicare (se pertinente) a quale nodo si trasmette e manifesta l'effetto.

**[M] Cod.: codice effetto**

Sigla associata alla descrizione dell'effetto.

**[N] EFFETTO**

"Cliccando" su una delle due colonne [M] o [N] si apre la mascherina a destra: con doppio click si passa alla scelta tra N.E. (Nessun Effetto) o il raggruppamento di interesse. Possono essere scelti eventi Finali (Top Event), Parametri o eventi Intermedi. In quest'ultimo caso sono offerti tutti i cinque gruppi del foglio degli Intermedi visti in precedenza. Di rilievo la presenza delle Indisponibilità e dei Piccoli Top, che chiudono ambedue una catena di eventi. Tuttavia, mentre i piccoli Top sono eventi realmente conclusivi, le Indisponibilità devono essere riprese come Eventi And (nel caso in cui non siano riprese il programma segnala l'errore).



**[O] Cd**

Codice della tipologia che si usa qualora l'effetto consista in una variazione di un parametro. Dev'essere lo stesso associato al parametro che si riporterà nella colonna [C] (qualora l'effetto sia ripreso come deviazione di un parametro) o nella colonna [H] qualora l'effetto sia ripreso come causa di una deviazione.

**[P] TIPOL. : tipologia effetto**

Analogo a quanto riportato per la colonna [J]

**[Q] NOTA/ITEM**

Come per colonna [K]

**[R] Cod. : codice evento AND**

Sigla associata alla descrizione dell'evento AND.

**[S] DESCRIZIONE (Eventi AND o Rimedi)**

In questo caso la scelta proposta è visualizzata a fianco. Da notare che, oltre ad Allarmi e Blocchi (tra cui vanno inserite doppie valvole o ulteriori regolazioni e controlli), sono considerate le Procedure (in pratica si considera l'Errore Umano di mancata osservanza di regole o istruzioni) e le Indisponibilità, che vengono costruite mediante l'HazOp stessa.



**[T] NOTA/ITEM**

Atta ad inserire sigle o note che identificano l'evento AND.

**Quando ci siano più eventi AND riferiti alla stessa causa, cioè elementi ridondanti, occorre duplicare la riga relativa alla deviazione del parametro e inserire il secondo evento AND (come esempio vedere le righe 5 e 6 della Figura 5). Nel caso di identica strumentazione ridondata invece, si preciserà la logica nella colonna [T] (1 su 2, 1 su 3, ecc.) e se ne terrà conto quando si inseriscono i dati di affidabilità (per esempio vedere la riga 10 della Figura 5).**

È possibile inserire commenti che verranno stampati nell'Hazop alla fine del nodo di pertinenza associati alle celle delle colonne C, E, H, J, K, N, P, Q, S, T quando la cella sia usata.

**Commenti**

Si usa preferibilmente il tasto [F7], oppure si clicca due volte sulla cella con il tasto sinistro del mouse (oppure si usano le regole di MExcel, con il menu inserisci o con l'icona). Si aprirà la finestra a destra nella quale si possono digitare le note o commenti,



quindi premere il tasto <Invio>. Chiudendo con  o "Esc" si cancella il contenuto.

**Filtro**

*Il foglio dell'HazOp consente l'uso dei filtri di MSExcel, utili per le ricerche o per visualizzare solo una parte del foglio. Per inserire il filtro occorre però togliere la protezione che viene inserita automaticamente ad ogni elaborazione.*

### **Evidenziazione**

*Il tasto [F11] cambia il colore carattere in Rosso e Nero alternativamente; il tasto [F12] alterna tra Grassetto e Normale.*

**È necessario compilare sempre le colonne A, B, C, G e H. Se la causa è diversa da N.A. "Non Applicabile" è necessario compilare anche le colonne M e N.**

Il programma fornirà messaggi di errore indicanti eventuali carenze o duplicazioni (vedere ulteriori spiegazioni nella descrizione del Foglio Errori).

### 3.2 PARAMETRIZZAZIONE

Per uniformare la digitazione in modo da velocizzare l'inserimento e favorire le verifiche e la costruzione degli alberi di guasto si usano convenzionalmente alcune definizioni che consentono di distinguere meglio le sequenze di eventi che originano eventuali Top event. Si sono così definite le categorie riportate nei fogli seguenti.

Ogni foglio contiene più categorie di eventi e per ogni categoria sono disponibili al massimo 50 descrizioni o definizioni.

#### 3.2.1 FOGLIO PARAMETRI

I primi 9 parametri (evidenziati nelle caselle in giallo) sono obbligatori, cioè si richiede siano sempre inseriti nel foglio HazOp chiarendo eventualmente la non applicabilità mediante commenti (codici e descrizioni non devono essere cambiati). I successivi 41 sono liberamente definibili dagli utenti, quindi possono essere sostituiti o cambiati dall'utente. La lunghezza massima è di 15 caratteri e per l'inserimento si usano le regole di MSExcel.

**I parametri devono essere scritti in sequenza. Eventuali interruzioni nella lista vengono considerate come fine della lista stessa per cui non saranno visualizzate le righe successive a quella vuota.**

**Per sostituire le definizioni basta scrivere sopra a quella esistente; per cancellare usare il tasto Canc. I codici alfanumerici a quattro caratteri inseriti nelle caselle evidenziate in giallo non vanno cambiati. Non cancellare o eliminare righe.**

Queste avvertenze valgono per tutti i fogli di parametrizzazione.

Le Tipologie sono liberamente definibili dagli utenti. La lunghezza massima è di 10 caratteri.

Le tipologie sono associabili solo ai parametri.

PARAMETRI/TIPOLOGIE				
PARAMETRO	TIPOLOGIA			
DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	CD	
+ TEMPERATURA	G001	+aria	01	
- TEMPERATURA	G002	-aria	02	
+ PRESSIONE	G003	+H2O	03	
- PRESSIONE	G004	-H2O	04	
+ PORTATA	G005	+N2	05	
- PORTATA	G006	-N2	06	
+ LIVELLO	G007	+vapore	07	
- LIVELLO	G008	-vapore	08	
# COMPOSIZIONE	G009	inquinanti	09	
NO PORTATA	G010	mix infiam	10	
NO AGITAZIONE	G011	+CH4	11	
NO ASPIRAZIONE	G012	-CH4	12	
>< FLUSSO	G013	+solfito	13	
+ VELOCITA'	G014	-solfito	14	
- VELOCITA'	G015	+CO	15	
+ ASSORBIMENTO	G016	-CO	16	
- ASSORBIMENTO	G017	organico	17	
+ pH	G018	olio diat	18	
- pH	G019	diphyl	19	
+ TEMPO	G020	#prodotto	20	
- TEMPO	G021	sfiati	21	
+ CONDUTTIVITA'	G022		22	
- CONDUTTIVITA'	G023		23	
+ DENSITA'	G024		24	
- DENSITA'	G025		25	
> CONCENTRAZ	G026		26	
< CONCENTRAZ	G027		27	
+ TITOLO	G028		28	
- TITOLO	G029		29	
+ DIFF PRESS	G030		30	
- DIFF PRESS	G031		31	
POSIZIONE	G032		32	
NO BATTENTE	G033		33	
+ BATTENTE	G034		34	
# RATING	G035		35	
+ QUANTITA'	G036		36	
< EFFIC. CAT.	G037		37	
	G038		38	

**3.2.2 FOGLIO INIZIALI**

Le Cause Iniziali, che sono in genere eventi elementari (cioè eventi ai quali è attribuibile un rateo di guasto o di errore che permette il calcolo della frequenza attesa) sono riportate nel foglio "Iniziali" come visibile nella seguente figura.

**Figura 6**

T	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L
	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	
3	STRUMENTAZIONE		VALVOLE O SENSORI		MACCHINE O APPARECCHI		CAUSE INIZIALI		ROTTURE O INTASAMENTI		ERRORI UMANI		CAUSE ESTERNE										
4	F.A. TIC (APRE)	R001	VALVOLA BLOCC. APERTA	R601	F.S. POMPA	E301	ROTTURA FORAT	E401	E.U. MANC. INTERV.	P001	INCENDIO ESTERNO	R701											
5	F.A. TIC (CHIUDE)	R002	VALVOLA BLOCC. CHIUSA	R602	F.S. F.E.M.	E302	ROTTURA ORGANI ROTANTI	E402	E.U. OPERAZ. ROUTINE	P002	BASSA TEMP AMBIENTE	R702											
6	F.A. PIC (APRE)	R003	APERTURA SPURIA	R603	F.S. CIRC. SERVIZIO	E303	INTASAM.	E403	E.U. NON REINTEGRA	P003	ALTA TEMP AMBIENTE	R703											
7	F.A. PIC (CHIUDE)	R004	CHIUSURA SPURIA	R604	F.S. COLONNA /CONDENS.	E304	IMPACC. RIEMPIM.	E404	E.U. N/PIEVA ANOMAL.	P004	EVENTO SISMICO	R704											
8	F.A. DIC (APRE)	R005	F.A. PSP (TRAFILAM)	R605	F.S. SISTEMA ABBATT.	E305	URTO - SOLLEC. ANOMALA	E405	E.U. ERATA VALITAZIONE	P005	BLOCCO SUPERO IMP.	R705											
9	F.A. DIC (CHIUDE)	R006	MANCATA TENUTA	R606	F.S. SISTEMA TERMOST.	E306	STRESS CORP. CRACKING	E406	E.U. IN MANUTENZIONE	P006	AVVIAMENTO IMPIANTO	R706											
10	F.A. PIC (APRE)	R007	F.A. AUTOREGOLAT. APRE	R607	F.S. TURBINA	E307	ROTTURA COMANDO VALVOLA	E407	E.U. IMPOST. SET ECCESSO	P007	FASE DI SVUOTAMENTO	R707											
11	F.A. PIC (CHIUDE)	R008	F.A. AUTOREGOLAT. CHIU.	R608	F.S. DCS-HW	E308	ROTTURA TENUTA	E408	E.U. PROGETTAZ.	P008	FASE DI RIEMPIM.	R708											
12	F.A. pHC (APRE)	R009	M.F. VALVOLA	R609	F.S. CENTRIF.	E309	MANCATA TENUTA CONNESS.	E409	E.U. IMPOST. SET DIFET.	P009	FASE DI RIGENERAZIONE	R709											
13	F.A. pHC (CHIUDE)	R010	F.A. REGOLATRICE APRE	R610	F.S. COMPRESS.	E310	ROTTURA SCARIC. CONDENSE	E410	E.U. OMBITE PROCEDURA	P010	FASE DI CARICO	R710											
14	F.A. WC (APRE)	R011	F.A. REGOLATRICE CHIU.	R611	F.S. AGITAT.	E311	ROTTURA FILTRO	E411	E.U. IN RIEMPIM. SERB.	P011	FASE DI BOMIFICA	R711											
15	F.A. WC (CHIUDE)	R012	INTASAMENTO VALVOLA	R612	F.S. ARIA STROM.	E312	ROTTURA PESCANTE	E412	E.U. OMBITE ANALISI	P012	INVIO A IMPIANTO	R712											
16	F.A. CIC (APRE)	R013	F.A. VALVOLA (NON APRE)	R613	F.S. VENTILAT.	E313	VALVOLA MANUALE BLOCCATA	E413	E.U. OMBITE BONIFICA	P013	F.S. MATERIA PRIMA	R713											
17	F.A. CIC (CHIUDE)	R014	F.A. VALVOLA (NON CHIU.)	R614	F.S. BIFIDORE	E314	SPORCAM. SCAMB.	E414	E.U. LOGISTI.-ACQUISTI	P014	FASE DI FERMATA	R714											
18	F.A. DIC (APRE)	R015	F.S. VALVOLA STELLARE	R615	F.S. PACPAGE	E315	ROTTURA MANICHE FILTRO	E415	E.U. N/APPE RAFFERED.	P015	MATERIALE NON ATTESO	R715											
19	F.A. DIC (CHIUDE)	R016	BLOCCO ROTOCELLA	R616	F.S. SCAMBIAT.	E316	ROTTURA /FORAT. TUBAZ.	E416	E.U. IN CONTR. CHE LIST	P016		R716											
20	F.A. PCV (APRE)	R017	M.F. PCV	R617	F.S. ASPIRATORE	E317	ROTTURA /FORAT. MEMBRANA	E417	E.U. IN ISPEZIONE	P017		R717											
21	F.A. PCV (CHIUDE)	R018		R618	F.S. GRUPPO FRIGO	E318	DIFETTO INTRINS. MATER.	E418	E.U. N/USA MAT. PREV.	P018		R718											
22	F.A. PAIC (APRE)	R019		R619	F.A. IMPIANTO FRIGO	E319	ROTTURA FLESSIBILE	E419	E.U. PRELIEVO CAMPIONI	P019		R719											
23	F.A. PAIC (CHIUDE)	R020		R620	F.S. TUBO	E320	ROTTURA CORPO POMPA	E420	E.U. N/AVVIA RISERVA	P020		R720											
24	F.A. PQIC (APRE)	R021		R621	F.S. COCLEA	E321	FORAT. PER CORROS.	E421	E.U. N/FFF. REGISTR.	P021		R721											
25	F.A. PQIC (CHIUDE)	R022		R622	F.S. CIRC. OLIO	E322	ROTTURA /FORAT. APPAR.	E422	E.U. APRE VALVOLA	P022		R722											
26	F.A. AIC (APRE)	R023		R623	F.S. MOTORE ELETTRICO	E323	ROTTURA TUBI SCAMB.	E423	E.U. CHIUDE VALVOLA	P023		R723											
27	F.A. AIC (CHIUDE)	R024		R624	F.A. TETTO CALLEGG.	E324	SPORCAM. SERPENT.	E424	E.U. NON APRE VALVOLA	P024		R724											
28	F.A. LSH (NON INTERV.)	R025		R625	STARATURA INVERTER	E325	ROTTURA MOLLA PSV	E425	E.U. NON CHIUDE VALVOLA	P025		R725											
29		R026		R626	F.S. MUFFOLA	E326	IMPACC. CATALIZZ.	E426	E.U. IN AVVIAMENTO	P026		R726											
30		R027		R627	F.S. MULINO	E327	STROZZ. /INTASAM. LINEA	E427	E.U. DISATTENZIONE	P027		R727											
31		R028		R628	F.S. POMPI ZOLLE	E328	CHIACCIO	E428	E.U. IN SCARICO APE	P028		R728											
32		R029		R629	F.S. FONDO VIBRATO	E329	FORAT. SERPENTINO	E429	E.U. CARICA NENO	P029		R729											
33		R030		R630	FUORI GIRI	E330	FORMAZ. PONTI	E430	E.U. CARICA DI PIU'	P030		R730											
34		R031		R631	F.S. BATTERIE ELETTRICHE	E331	INTAS. FILTRO	E431	E.U. INVIA A SERB PIEN	P031		R731											
35		R032		R632		E332	ROTTURA MISURAT LIVELLO	E432	E.U. CHIUDE SFIATO	P032		R732											
36		R033		R633		E333	INTASAM. UCELLI	E433	E.U. N/COMPL MANOVRA	P033		R733											
37		R034		R634		E334	FORAT. SCAMB.	E434	E.U. SCARICA DI PIU'	P034		R734											
38		R035		R635		E335	ROTT. TENUTA AGITATORE	E435	E.U. FERMA POMPA	P035		R735											
39		R036		R636		E336		E436	E.U. APRE SCARICO	P036		R736											
40		R037		R637		E337		E437	E.U. NON RABBOCCA C.I.	P037		R737											
41		R038		R638		E338		E438	E.U. RIAVVIA - RIAPPE	P038		R738											
42		R039		R639		E339		E439	E.U. APPE TROPPO VAPORE	P039		R739											
43		R040		R640		E340		E440	E.U. OMBITE CONTROLLO	P040		R740											
44		R041		R641		E341		E441	E.U. NON FERMA POMPA	P041		R741											
45		R042		R642		E342		E442	E.U. NON COLLEGA SFIATO	P042		R742											
46		R043		R643		E343		E443	E.U. IN ALIMENTAZIONE	P043		R743											
47		R044		R644		E344		E444		P044		R744											
48		R045		R645		E345		E445		P045		R745											
49		R046		R646		E346		E446		P046		R746											
50		R047		R647		E347		E447		P047		R747											
51		R048		R648		E348		E448		P048		R748											
52		R049		R649		E349		E449		P049		R749											
53		R050		R650		E350		E450		P050		R750											

Le sigle utilizzate qui, come quelle in altri fogli, sono decodificate nel paragrafo "Legenda HazOp"; l'uso di sigle strumentali si riferisce in genere a loop completi, se si desidera effettuare l'analisi dei modi di guasto occorre inserire i componenti di ogni loop strumentale.

Le cause iniziali possono comparire solo nella colonna Cause dell'HazOp, ad esclusione degli errori umani che compaiono anche come Causa And (in questo caso si configurano come rimedi). Solo i primi quattro gruppi di cause vengono compresi tra gli elementi critici.

I codici (al solito da non modificare) iniziano per "P" nel caso degli errori umani e per "E" in tutti gli altri casi.

**La cella contenente il codice P001 è evidenziata in quanto il "mancato intervento su allarme" viene automaticamente accoppiato all'eventuale strumentazione di allarme (il valore della probabilità è definito dall'utente quando compila il Foglio "Affidab"): la cella non va modificata in quanto comporterebbe incongruenze nell'analisi e probabile blocco del programma.**

### 3.2.3 FOGLIO INTERMEDI

Sono così definiti gli eventi che dipendono da cause elementari o raggruppano una serie di cause o consistono in evenienze non ulteriormente analizzabili.

Figura 7

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	CAUSE / EFFETTI INTERMEDI									
2	CAUSE		QUALITÀ		VARIE		INDISPONIBILITÀ		PICCOLI TOP	
3	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.
4	INTASAMENTO	G101	FUORI STD PRODOTTO	G301	CHIACCIAMENTO	G401	INDISPON CIRC. FRIGO	D501	PROBLEMI DI QUALITÀ	W201
5	ACCUMULO	G102	NON CONFORMITÀ	G302	COLPO D'ARIETE	G402	INDISPONIE COLONNA	D502	PERDITE PRODUZIONE	W202
6	INVIO VAPORE	G103		G303	MIX INFIAMMABILE	G403	INDISPON G. IDRAUL	D503	IMPACCAMENTO	W203
7	INQUINANTI NELL'H2	G104		G304	ALLAGAMENTO	G404	INDISPON ABBATTIM.	D504	FORMAZIONE FLUSSO BIFASE	W204
8	SPORCAMENTO	G105		G305		G405	IMPIANTO FERMO	D505	INQUINAMENTO LOCALE	W205
9	INVIO LIQUIDO	G106		G306		G406	INDISPON AZOTO	D506	SEDIMENTAZ./INTASAM.	W206
10	POLVERI +FINI	G107		G307		G407	INDISPON ACQUA RAFFR.	D507	AUMENTO VELOCITÀ REAZ.	W207
11	SMISCELAZIONE	G108		G308		G408	MANCATA TENUTA FLANGE	D508	TRACIMAZIONE	W208
12	INNESCO POLIMERIZZ.	G109		G309		G409	MANCATA INERTIZZAZ.	D509	SFIATO VAPORI	W209
13	MANCANZA LAVAGGIO	G110		G310		G410	INDISPONIE. CONDENSAT.	D510	INVIO A FOGNATURA	W210
14	DISINNESCO REAZIONE	G111		G311		G411	NON INNESCA REAZIONE	D511	INVIO INFIAMMABILE A	W211
15	TRACIMAZIONE	G112		G312		G412	TEMPERATURA > FLASH P.	D512	INVIO AD ABBATTIMENTO	W212
16	PRESSIONE INSUFF.	G113		G313		G413	INDISPONIE. VUOTO	D513	FUORIUSCITA POLVERI	W213
17	MANCANZA FLUSSAGGIO	G114		G314		G414	INTASAM/STROZZ. LINRA	D514	CAVITAZIONE POMPA	W214
18	PERDITA EFFICIENZA	G115		G315		G415	GHIACCIO	D515	INEFFIC. LINEA SFIATI	W215
19	INCOMBUSTI	G116		G316		G416	MANCANZA RICICLO	D516	SFIATO DA GUARDIA IDR.	W216
20	ANNEG. REATTORE	G117		G317		G417	CARENZA	D517	AUMENTO CORROSIONE	W217
21	SOVRARIEMPIMENTO	G118		G318		G418	-EFFICIENZA LAVAGGIO	D518	DANNI PER SOVRAPRESS	W218
22	BASSA PRESS. VAPORE	G119		G319		G419	ASSETTO ANOMALO	D519	DANNI PER DEPRESSIONE	W219
23	ALTA TEMP. VAPORE	G120		G320		G420	INDISPONIE PILOTA	D520	PERDITA EFFICIENZA	W220
24	CAVITAZIONE POMPA	G121		G321		G421	INDISP. COMPENSO	D521	AVVELENAMENTO CATALIZZ.	W221
25	SPERCINIMENTO FIAMMA	G122		G322		G422	INDISP. SFIATO	D522	INVIO A CICLO SFIATI	W222
26	MANCANZA BATTENTE	G123		G323		G423	INDISP. MOTOCOMPRESSORE	D523	REAZIONE MEMO SELETTIVA	W223
27		G124		G324		G424	VALVOLA APERTA	D524	INTASAMENTO LINEE	W224
28		G125		G325		G425	INDISP ACQUA DEMI	D525	ABBASSAMENTO RESA	W225
29		G126		G326		G426	INDISP ASPIRAZIONE	D526	SVERRAMENTO	W226
30		G127		G327		G427	PRESENZA ARIA	D527	MISSIONE FUORI STD	W227
31		G128		G328		G428	INEFFIC. SFIATI	D528	RESIDUO	W228
32		G129		G329		G429	INDISPON POLMONAZ.	D529		W229
33		G130		G330		G430		D530		W230
34		G131		G331		G431		D531		W231
35		G132		G332		G432		D532		W232
36		G133		G333		G433		D533		W233
37		G134		G334		G434		D534		W234
38		G135		G335		G435		D535		W235

Le categorie "Cause", "Qualità" e "Varie" comprendono circostanze o eventi intermedi nella sequenza di guasto che porta al Top Event; le definizioni sono liberamente modificabili dall'utente (**non i codici**) e gli eventi possono essere inseriti sia nella colonna "Cause" che in quella "Effetti" del foglio HazOp.

Sullo stesso foglio compaiono altre 2 categorie: Indisponibilità <sup>3</sup> (codice che inizia con la lettera D) e Piccoli Top (codice che inizia con la lettera W). L'indisponibilità, oltre a comparire nella colonna Effetti, va sempre ripresa come evento concomitante ad una Causa nella colonna "Eventi AND". Può pertanto essere usata anche per descrivere sequenze complesse, quali il fuori servizio di circuiti o sistemi (vedere come esempio le righe da 12 a 15 nella Figura 5).

La categoria "Piccoli Top" è usata per tener conto di evenienze non configurabili come incidente rilevante, tuttavia da considerare per il corretto funzionamento o per altre problematiche minori. Per questi eventi non sono elaborati alberi di guasto o MCS.

<sup>3</sup> Anche se il termine è "Indisponibilità" questa categoria può essere usata anche come "Disponibilità", per esempio di un inquinante che permette una decomposizione, altrimenti non possibile. Viene sempre associato ad una probabilità perché poi si moltiplica per una frequenza (vedere esempio in Fig. 5).

### 3.2.4 FOGLIO FINALI

Coincidono con i Top Event, sono suddivisi in 6 categorie scelte in base all'esperienza e le definizioni possono essere tutte modificate.

Figura 8

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	INCENDI ED ESPLOSIONI		TRAFILAMENTI		PERDITE		EFFETTI FINALI		EMISSIONI		FUORI STANDARD	
2	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.
4	INCENDIO	T001	TRAFILAM. GAS	T101	PERDITA GAS	T201	RILASCIO DA PSV	T301	EMISSIONE GAS	T401	MISCELA FUORI STD	T501
5	ESPLOSIONE	T002	TRAFILAM. VAPORI	T102	PERDITA VAPORI	T202	RILASCIO DA RD	T302	EMISSIONE VAPORI	T402	PERD. DI MERCATO/CLIENTI	T502
6	SCOPPIO	T003	TRAFILAM. LIQUIDI	T103	PERDITA LIQUIDI	T203	ROTT. SOVRAPP. IDRAULICA	T303	EMISSIONE POLVERI	T403	PRODUZ. FUORI STANDARD	T503
7	POLIMERIZ. ESPLOSIVA	T004	SFIATO DA SCARICO H2O	T104	PERDITA POLVERI	T204	RILASCIO POLVERI	T304	SFIATO DA C. IDRAULICA	T404	FERMATA IMPIANTO	T504
8	REAZIONE ESPLOSIVA	T005	TRAFILAM. CONNESS.	T105	PERDITA SOLIDI	T205	RILASCIO SOLIDI	T305	SFIATO PSV	T405	PERDITA DI PRODUZIONE	T505
9	REAZIONE RUNAWAY	T006	TRAFILAMENTO	T106	PERDITA GAS LIQ. TI	T206	RILASCIO GAS LIQURFATTI	T306	SFIATO DA RD	T406	PROBLEMI DI QUALITA'	T506
10	DECOMPOS. TERMICA	T007		T107	INVIO PROD. IM FOGNA	T207	ROTTURA SUP RATING TEMP	T307	EMISSIONE DA VENT	T407		T507
11	FIAMMATA/INCENDIO	T008		T108	TRACIMAZIONE	T208	ROTTURA SUP RATING PRES	T308	EMISSIONI FUORI STD	T408		T508
12	ROTT. PER SOVRAPPRESS.	T009		T109	ROTTURA TENUTA	T209	ROTTURA PER DEPRESSIONE	T309	INQUINAMENTO	T409		T509
13	COMBUSTIONE	T010		T110	ROBATURA APPARECCHIO	T210	ROTTURA PER SOVRAPPRESS	T310		T410		T510
14	DECOMPOS. ESPLOSIVA	T011		T111	FUORIUSCITA LIQUIDO	T211	ROTTURA TURBAZIONE	T311		T411		T511
15		T012		T112		T212	CONDIMENTO	T312		T412		T512
16		T013		T113		T213	RILASCIO PER ROTTURA	T313		T413		T513
17		T014		T114		T214	ROTTURA SU SERBATOIO	T314		T414		T514
18		T015		T115		T215		T315		T415		T515
19		T016		T116		T216		T316		T416		T516
20		T017		T117		T217		T317		T417		T517
21		T018		T118		T218		T318		T418		T518
22		T019		T119		T219		T319		T419		T519
23		T020		T120		T220		T320		T420		T520
24		T021		T121		T221		T321		T421		T521
25		T022		T122		T222		T322		T422		T522
26		T023		T123		T223		T323		T423		T523
27		T024		T124		T224		T324		T424		T524
28		T025		T125		T225		T325		T425		T525

### 3.2.5 FOGLIO EVENTI AND - RIMEDI

Questo foglio comprende le misure e rimedi o evenienze che devono verificarsi in concomitanza con la causa perché si avveri l'effetto; in altri termini sono compresi gli ALLARMI, che richiedono anche l'intervento umano <sup>4</sup>, i BLOCCHI, nei quali rientrano anche PSV, RD, valvole di ritegno ed altri sistemi di intervento automatico, ed ulteriori elementi (DIVERSI) quali l'innesco o altre circostanze che devono verificar-si perché si avveri il Top <sup>5</sup>.

	A	B	C	D	E	F
1	ALLARMI		BLOCCHI		DIVERSI	
2	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.	DESCRIZ.	COD.
4	M.F. TAH	E101	M.F. TSH	E201	INNESCO CASUALE	E501
5	M.F. PAH	E102	M.F. PSH	E202	SERB. NON VUOTO	E502
6	M.F. LAH	E103	M.F. LSH	E203	SOSTANZA INCOMP.	E503
7	M.F. FAH	E104	M.F. FSH	E204	PASR DI BASSA PRESS.	E504
8	M.F. PdA	E105	M.F. PDS	E205	CONDIZ. INFIAMM.	E505
9	M.F. ALL. ANALIZZ.	E106	M.F. DENSIMETRO	E206	TROPPO PIENO	E506
10	M.F. TAL	E107	M.F. TSL	E207	CONDIZ. ESPLOSIV.	E507
11	M.F. PAL	E108	M.F. PSL	E208	TEMP>FLASH POINT	E508
12	M.F. LAL	E109	M.F. LSL	E209		E509
13	M.F. FAL	E110	M.F. FSL	E210		E510
14	M.F. EA	E111	M.F. AS	E211		E511
15	M.F. XA	E112	M.F. PSV	E212		E512
16	M.F. XL	E113	M.F. RD-PSE	E213		E513
17	M.F. FC	E114	M.F. BLOCCO PESO	E214		E514
18	M.F. DCS	E115	M. TENUTA FLANGE	E215		E515
19	M.F. YA	E116	M.F. RAPPORTAT. FQS	E216		E516
20	M.F. pHA	E117	M.F. CONSENSO	E217		E517
21	M.F. QA	E118	M.F. VALVOLA RITEGNO	E218		E518
22	M.F. ZA FINE CORSA	E119	SISTEMA RAFFREDD.	E219		E519
23	M.F. ALL FERMO MACCHINA	E120	M.F. PCV SFIATO	E220		E520
24	M.F. YAL	E121	IMP CARBONI ATTIVI	E221		E521
25	M.F. ALL.FERMO MOTORE	E122	GRUPPO ELETR.	E222		E522
26		E123	M.F. COMPRESSORE	E223		E523
27		E124	GUARDIA IDRAUL.	E224		E524
28		E125	M.F. BSL AUVISAFIAMMA	E225		E525
29		E126	M.F. SEQUENZA PLC	E226		E526
30		E127	M.F. INVERTER	E227		E527
31		E128	M.F. TELECAMERA	E228		E528
32		E129	M.F. FINE CORSA	E229		E529
33		E130	M.F. VALVOLA	E230		E530
34		E131	M.F. FERMO MOTORE	E231		E531
35		E132	F.S. POMPA A VUOTO	E232		E532
36		E133	M.F. TIC	E233		E533
37		E134	M.F. PIC	E234		E534
38		E135	M.F. FIC	E235		E535
39		E136	M.F. LIC	E236		E536
40		E137	M.F. POMPA SCORTA	E237		E537

<sup>4</sup> Nell'albero di guasto viene inserito il Mancato Intervento come evento OR con il guasto dell'allarme.

<sup>5</sup> Per esempio l'innesco o particolari condizioni in cui si può avere miscela infiammabile, ecc.

### **3.3 FASE DI VERIFICA**

Dopo aver eventualmente sistemato i fogli di parametrizzazione ed aver inserito le informazioni e dati nel foglio HazOp si passa alla prima fase di verifica della completezza dell'hazop.

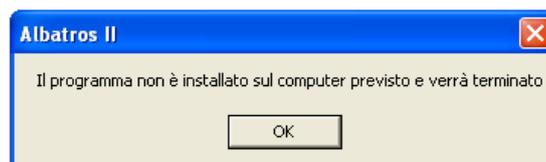
Il foglio "Errori" in questa fase fornirà i messaggi opportuni per eventuali aggiustamenti sostanziali o formali, mentre il foglio "Affidab" non sarà utilizzato fino alla prima fase di elaborazione. Per questo motivo la descrizione di questi due fogli viene riportata in corrispondenza della fase in cui sono usati.

Per iniziare le verifiche occorre avviare il programma ALBATROSII mantenendo aperto il file di MSEXcel sul quale si è lavorato (è consigliabile fare un salvataggio prima di iniziare le verifiche).

## 4. VERIFICHE ED ELABORAZIONI

### 4.1 AVVIO ALBATROS II

Il programma Albatros II si avvia come un normale file eseguibile e presenterà inizialmente la finestra a destra. Selezionando la bandierina si avrà l'output nella rispettiva lingua. Nella casella in alto a destra va digitato il nome del file MExcel dell'HazOp senza l'estensione ".xls", quindi si effettua la scelta del lavoro da eseguire con le caselle in basso.



Albatros II ha un sistema di controllo della licenza che permette l'uso solo sul computer per cui è stato acquisito. In caso contrario comparirà il messaggio indicato a destra. Una volta digitato il nome del file MExcel (che dev'essere aperto altrimenti il programma fornirà messaggio di errore) si passa alle verifiche cliccando sulla casella "Verifica Hazop".

Le verifiche che si eseguono hanno lo scopo di ottenere un'analisi che segua schemi logici tali da poter costruire l'albero di guasto; esse possono essere eseguite anche cliccando sulla casella "Elabora Hazop", tuttavia, specie per lavori complessi, è consigliabile eseguire la verifica ogniqualvolta si sono inserite le informazioni di un paio di nodi al massimo, in modo da facilitare le eventuali correzioni riducendo il numero di indicazioni.

### 4.2 VERIFICA HAZOP

Cliccando sulla casella "Verifica Hazop" il programma effettua un controllo su tutto il foglio "HazOp" consistente nel verificare:

- ⇒ che tutti i parametri obbligatori siano stati considerati,
- ⇒ che gli eventi o deviazioni inserite siano congruenti tra loro,
- ⇒ che eventuali rimandi tra i diversi nodi siano corretti e completino le sequenze logiche che portano ai Top event.

Al termine, il programma stampa eventuali indicazioni di errore nel foglio "errori" del file Excel secondo i criteri esplicitati nelle seguenti tabelle.

**Tabella 1 – errori relativi all'inserimento dati e informazioni**

Errore	Spiegazione
"HazOp VUOTA"	Si è eseguita la verifica prima di riempire il foglio.
"N.ro nodo <1 o > 99"	Come sopra oppure ci sono troppi nodi. Il limite prefissato per i nodi è di 99. Per lavori più grossi fare due files.
"Numero nodo impiegato più volte"	Le righe riferite ad un nodo devono essere raggruppate assieme, non sono ammesse righe separate o non continuità del numero nodo.
"N.ro 'Da nodo' minore di 1 o maggiore di 99"	Vedi sopra.
"N.ro 'A nodo' <1 o > 99"	Vedi sopra
"Manca Parametro"	Si è ommesso l'inserimento di un parametro, su una riga in cui è presente il numero di nodo.
"Codice Parametro NON trovato"	Manca o non corrisponde il codice (normalmente il codice dovrebbe essere inserito mediante finestra, ma possono capitare copiatore errate).
"Descrittore Parametro NON corrispondente a Codice Parametro"	Non corrisponde il codice (normalmente il codice e descrizione dovrebbero essere inserite mediante finestra, ma possono capitare copiatore errate).
"Codice Tipologia NON trovato"	Vedi "Codice parametro non trovato".
"Descrittore Tipologia Parametro NON corrispondente a Codice Tipologia"	Mancata corrispondenza tra descrizione Tipologie e codice tipologia. Aprire il foglio PARAMETRI e correggere.
"Tipologia applicata a Causa diversa da Parametro"	Solo i Parametri possono avere la tipologia.
"Tipologia applicata a Effetto diverso da Parametro"	Vedi sopra.
"Codice Tipologia Causa NON trovato"	Vedi sopra.
"Descrittore Tipologia Causa NON corrispondente a Codice Tipologia"	Vedi sopra.
"Indicazione 'Da nodo' con Causa 'Non Applicabile'"	Si è inserita una causa N.A. con provenienza da un altro nodo.
"Indicazione 'Da nodo' con Evento Iniziale"	L'evento iniziale (causa elementare) deve appartenere al nodo.
"Manca Causa"	Non è stato inserito correttamente il codice e/o la causa.
"Codice Causa NON trovato"	Vedi sopra.
"Descrittore Causa NON corrispondente a Codice Causa"	Vedi sopra.
"Nota/Item applicata a Causa Parametro o a Causa 'Non Applicabile'"	I parametri non hanno la Nota/Item, ma solo la tipologia.
"Indicazione 'A nodo' con Effetto 'Nessun Effetto'"	L'indicazione Nessun Effetto deve essere riferita solo al nodo in cui avviene la causa.
"Indicazione 'A nodo' con Effetto vuoto"	Si è ommesso di indicare l'effetto pur rinviano ad altro nodo.
"Indicazione 'A nodo' con Evento Finale o Indisponibilità"	L'evento finale (Top) e l'indisponibilità vanno riferiti solo al nodo in cui si verificano le cause, per rinviare ad altro nodo inserire un evento intermedio e riprenderlo nel nodo a cui si rimanda sotto la colonna Cause.
"Effetto senza Causa"	È stato inserito un effetto senza precisarne la causa.
"Manca Effetto"	Si è ommesso di inserire l'effetto.
"Codice Effetto NON trovato"	Mancata corrispondenza tra Codice e descrizione Effetto
"Descrittore Effetto NON corrispondente a Codice Effetto"	Vedi sopra.
"Codice Tipologia Effetto NON trovato"	Mancata corrispondenza tra Codice e descrizione Tipologia
"Descrittore Tipologia Effetto NON corrispondente a Codice Tipologia"	Vedi sopra.

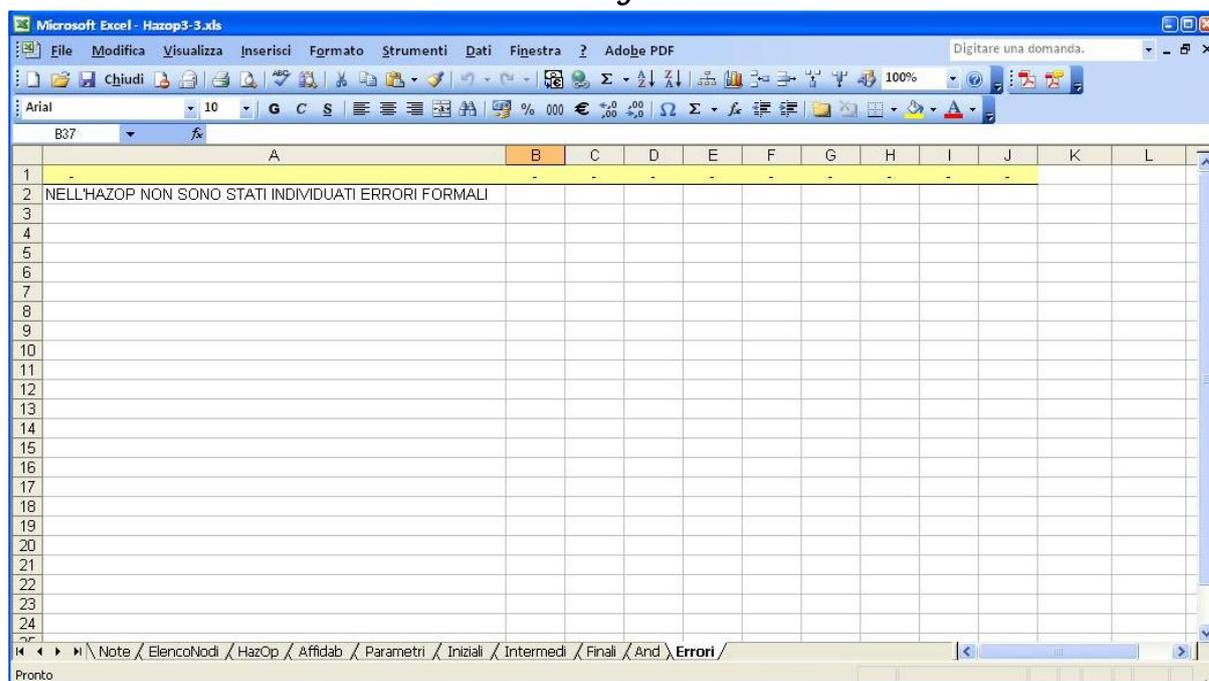
Errore	Spiegazione
"Nota/Item applicata a Effetto Parametro o a Effetto 'Nessun Effetto'"	Vedi sopra.
"Codice Causa And NON trovato"	Vedi sopra.
"Descrittore Causa And NON corrispondente a Codice Causa And"	Vedi sopra.

**Tabella 2 – errori di correlazione**

Errore	Spiegazione
"Manca Parametro Obbligatorio "	Devono essere sempre inseriti i parametri evidenziati in giallo nel foglio Parametri.
"La causa non è generata da un Effetto"	Le cause non elementari devono risultare da effetti.
"L'effetto non è impiegato come Causa"	Gli effetti non terminali devono essere necessariamente ripresi come cause.
"L'indisponibilità non è ripresa come And"	Quando si inserisce una indisponibilità nella colonna Effetti, occorre anche inserirla nella colonna AND dello stesso nodo.
"L'Indisponibilità non è generata come Effetto"	È stata inserita una indisponibilità nella colonna AND senza svilupparla nello stesso nodo.
"Probabile ricorsività"	Si verifica quando il numero di equazione supera quello massimo (299) indicando che probabilmente si è verificata un riferimento circolare.
"Causa elementare doppia"	La causa è indicata almeno due volte nell'ambito dello stesso albero di guasto.

Se la verifica è positiva, il foglio "Errori" riporterà la scritta seguente.

**Figura 9**



### 4.2.1 FOGLIO ERRORI

Il foglio Errori è usato dal programma per segnalare errori riscontrati, avvertimenti e in generale per comunicare con l'utente nella varie fasi di "verifica" dell'hazop e di costruzione e calcolo degli alberi di guasto. Un esempio di errore è quello a destra che si riferisce in genere ad una dimenticanza: è fornito il nodo e la

	A	B
1	<b>N Nodo Errore</b>	
2	1 Manca Parametro Obbligatorio - LIVELLO	
3		

carezza rilevata nella prima delle verifiche, consistente nell'accertare che siano stati inseriti tutti i parametri obbligatori. Un altro esempio è quello sottostante, riferito alla mancata congruenza tra codici e descrizioni per

	A	B
1	<b>N Riga Errore</b>	
2	4	Descrittore Causa NON corrispondente a Codice Causa
3	8	Descrittore Evento And NON corrispondente a Codice Evento And
4	27	Descrittore Causa NON corrispondente a Codice Causa
5	33	Descrittore Evento And NON corrispondente a Codice Evento And

cui si rende necessario controllare e correggere tale corrispondenza. Il programma segnala anche se ci sono eventuali righe identiche bloccando l'elaborazione. Un ulteriore esempio viene presentato nelle

N_Riga	Uguale a N_Riga
15	17

due figure seguenti dove si illustra come siano fornite informazioni atte a completare le sequenze di guasto o di incidente.

Figura 10

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b>Nodo Param. Tip. da Nodo Causa Tip a Nodo Effetto Tip. Errore</b>									
2	1	G009	1				1	G009	10	L'effetto non è impiegato come Causa
3	1	G009	1				1	G009	10	L'effetto non è impiegato come Causa
4	1	G009	10	1	G009	0				La causa non è generata da un Effetto

Figura 11

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
2	PARAMETRI				CAUSE				EFFETTI				EVENTI AND RIMEDI							
3	N	Cod	PARAMETRO	C	TIPOL.	D	Cod	CAUSA	C	TIPOL.	NOTA/ITEM	A	Cod	EFFETTO	C	TIPOL.	NOTA/ITEM	Cod	DESCRIZIONE	NOTA/ITEM
4	1	G001	•TEMPERATURA			E001	F.A. TIC (APRE)				vapore	G005	•PORTATA	21	sfiati			E101	MF.TAH	001
5	1	G001	•TEMPERATURA			G009	#COMPOSIZIONE					G005	•PORTATA	21	sfiati			E101	MF.TAH	001
6	1	G001	•TEMPERATURA			G009	#COMPOSIZIONE					G005	•PORTATA	21	sfiati			E101	MF.TAH	002
7	1	G002	•TEMPERATURA			N.A.	Non Applicabile													
8	1	G003	•PRESSIONE			G005	•PORTATA		21	sfiati		G035	#RATING					E230	MF.YALVOLA	SFIATO
9	1	G004	•PRESSIONE			E707	FASE DI SVUOTAMENTO					G003	#COMPOSIZIONE	01	+aria			DR23	INDISPON.POLMONAZ.	
10	1	G005	•PORTATA	21	sfiati	G001	•TEMPERATURA					G003	•PRESSIONE					E102	MF.PAH	1su2
11	1	G006	•PORTATA			E303	F.S. CIRC. SERVIZIO				vapore	N.E	Nessun Effetto							
12	1	G006	•PORTATA	06	-N2	E303	F.S. CIRC. SERVIZIO				N2	G010	NO PORTATA	06	-N2			E108	MF.PAL	301
13	1	G006	•PORTATA	06	-N2	E511	F.A. REGOLATRICE CHIU.				N2	G010	NO PORTATA	06	-N2					
14	1	G006	•PORTATA	06	-N2	P024	E.U. NON APRE VALVOLA				N2	G010	NO PORTATA	06	-N2					
15	1	G010	NO PORTATA	06	-N2	G006	•PORTATA		06	-N2								P004	E.U. INRILEVA ANOMAL.	
16	1	G007	•LIVELLO			N.A.	Non Applicabile													
17	1	G008	•LIVELLO			N.A.	Non Applicabile													
18	1	G009	#COMPOSIZIONE			E715	MATERIALE NON ATTESO					G001	•TEMPERATURA					P040	E.U. OMETTE CONTROLLO	
19	1	G009	#COMPOSIZIONE			E715	MATERIALE NON ATTESO					2	G009	#COMPOSIZIONE	09	Inquinanti		P040	E.U. OMETTE CONTROLLO	
20	1	G009	#COMPOSIZIONE	01	+aria	E710	FASE DI CARICO				solvente	G009	#COMPOSIZIONE	10	mix infiam			DR23	INDISPON.POLMONAZ.	
21	1	G009	#COMPOSIZIONE	01	+aria	E710	FASE DI CARICO				solvente	G009	#COMPOSIZIONE	10	mix infiam			E505	CONDIZ INFIAMM.	
22	1	G009	#COMPOSIZIONE	01	+aria	G004	•PRESSIONE					G009	#COMPOSIZIONE	10	mix infiam			E215	M.TENUTA FLANGE	
23	1	G009	#COMPOSIZIONE	01	+aria	G004	•PRESSIONE					G009	#COMPOSIZIONE	10	mix infiam			E907	CONDIZ. ESPLOSIV.	
24	1	G009	#COMPOSIZIONE	10	mix infiam	G009	#COMPOSIZIONE					T003	SCOPPIO					E501	INNESCO CASUALE	
25	1	G035	#RATING			G003	•PRESSIONE					T406	SFIATO DA RD							
26	1	G035	#RATING			G003	•PRESSIONE					T310	ROTTURA PER SOVRAPRESS.							

In questo caso gli errori sono causati dal mancato inserimento della Tipologia parametro alla riga 24 perché gli effetti che determinano la variazione del parametro "G009 #COMPOSIZIONE 10 mix infiam" sono dati da "G009 #COMPOSIZIONE 01 +aria" (vedere righe 20÷23).

Nel messaggio di errore si avverte che in due casi, entrambi riferiti al parametro "G009 ≠COMPOSIZIONE", *"l'effetto non è impiegato come causa"* (i casi sono due anche se le righe sono 4 perché le cause della "G009 ≠COMPOSIZIONE 01 +aria" sono solo due e le righe vengono ripetute per tener conto dei due eventi AND per ciascuna causa). Nel messaggio si avverte inoltre che in un caso, sempre riferito al parametro "G009 ≠COMPOSIZIONE", *"la causa non è generata da un effetto"* e questo riguarda la riga 24 dove il programma non trova la corrispondenza tra la definizione della causa e l'evento che l'ha generata.

Al termine della verifica, segnalato dal messaggio di Figura 9, si può passare alla fase di elaborazione, illustrata nel paragrafo seguente.

I messaggi forniti nel foglio "Errori" durante questa fase sono illustrati nel seguito.

### 4.3 ELABORAZIONE DELL'HAZOP

Si riavvia ALBATROS II e si clicca sulla casella *Elabora Hazop* della finestra riportata al paragrafo 4.1 "Avvio": viene visualizzata la finestra a fianco.

Si può selezionare una o più fra le tre opzioni. Ovviamente, se non si fa il calcolo dell'affidabilità, gli alberi ed i Minimal Cut Set non saranno quantificati (gli alberi saranno comunque disegnati). Nella casella scrivibile è possibile



indicare la soglia sopra la quale gli eventi saranno evidenziati (in rosso) nel riepilogo (si può inserire il numero in formato scientifico → 3e-5 oppure in formato 0,000001 usando la virgola come separatore dei decimali).

Scegliendo "Calcolo Affidabilità" e cliccando poi sulla casella "Vai" in basso, il programma verifica la presenza dei ratei di guasto o di errore, per cui alla prima esecuzione o qualora non siano stati ancora inseriti, NEL FOGLIO "Errori" sarà visualizzato un messaggio del tipo di quello a fianco indicante che

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>N Riga</b>	<b>Nodo</b>	<b>Codice</b>	<b>Item</b>	<b>Tipo Errore</b>	<b>Tipo Calcolo</b>	-
2		2	E001	olio	Evento non trovato		
3		2	P007	olio	Evento non trovato		
4		2	E213		Evento non trovato		

devono essere inseriti questi dati nel foglio "Affidab", il quale si presenterà, ad esempio, come nella seguente Figura.

Figura 12

No	Cod	Descrizione Codice	Nota/Item	Tipo Calcolo	Sq	Fonte	Descrizione Scheda	Rateo Base	UM	Miss. Time h/	Numero op/y	MTBT
01	01	E.U. MANC. INTERV.	su allarme	probab.	260	Rijmond	E.U. ESERCIZIO OMISSIONE MANCATO INTERVENTO	3,00E-04	prob			
01	E001	F.A. TIC (APRE)	vapore	freq.	767	CREDA '02	TEMPERATURA TIC TRC CONTROLLORE FUNZIONAMENTO ANOMALO	1,52E-06	occ/h	8760		
01	P040	E.U. OMETTE CONTROLLO		probab.	874	US NRC	E.U. ESERCIZIO OMISSIONE ERRORE GENERICO	1,00E-02	prob			
01	E715	MATERIALE NON ATTESO		freq.	901	Stima	IMPIANTI FASE CARICAMENTO	1,00E-08	occ/y	8760		
01	E238	VALVOLA SFIATO	0x	probab.								
01	E102	M.F. PAH	1x	probab.								
01	E101	M.F. TAH	0x	probab.								
01	E213	M.F. RD-FSE	2x	probab.								
02	E801	INNESCO CASUALE		probab.								
02	P004	E.U. N/RILEVA ANOMAL.		probab.								
02	P001	E.U. MANC. INTERV.	su allarme	probab.								
02	E108	M.F. PAL	3y	probab.								
02	E303	F.S. CIRC. SERVIZIO	N2	probab.								
02	E411	F.A. REGOLATRICE CHIU.	N2	probab.								
02	P024	E.U. NON APRE VALVOLA	N2	probab.								
02	E808	MANCATA TENUTA FLANGE		probab.								
02	E002	F.A. TIC (CHIUDE)	olio	freq.								
02	E308	F.S. CIRC. SERVIZIO	olio	freq.								
02	E302	F.S. F.E.H.		freq.								
02	E238	VALVOLA SFIATO	3x	probab.								
02	E202	M.F. FSH	3x	probab.								
02	E001	F.A. TIC (APRE)	olio	freq.								

### 4.3.1 FOGLIO AFFIDAB (DATI DI AFFIDABILITÀ)

In questo foglio vengono riportate tutte le Cause (iniziali) e gli Eventi And impiegati per i Top Event. Per inserire i dati occorre caricare il file della banca dati denominato "BdaTree.xls" che può essere fornito assieme al programma o predisposto dall'utente in base alle proprie fonti. Le caratteristiche di tale file, in particolare del foglio che contiene i dati di affidabilità sono descritte in Appendice 2. Un esempio del foglio "Affidab" già compilato è il seguente.

Figura 13

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Node	Cod.	Descrizione Codice	Nota/Com	Tipo Calcolo	Sch.	Fonte	Descrizione Schede	Rateo Base	UM	Miss. Time My	Numero n op/y	MTBT h	Tempo Rilev h	Tempo Ripar h	Usato Calc. N su M	Avv.	Usa rateo 50%	Freq. Calc/s occ/s	Prob. Calc/s -
2	01	E233	VALVOLA SFIATO	0x	probab.	980	IEEE std-500	VALVOLA SFIATO FUNZIONAMENTO ANOMALO	3,1E-06	occh		8760							1,38E-02
3	01	P001	E.U. MANC. INTERV.	sv allarme	probab.	260	Rijmond	E.U. ESERCIZIO OMISSIONE MANCATO INTERVENTO	3,00E-04	prob									3,00E-04
4	01	E102	M.F. PAH	lx	probab.	393	OREDA '92	ALLARME PA PRESSIONE ELETT MANCATO FUNZIONAMENTO	6,28E-06	occh		8760							2,78E-02
5	01	E101	M.F. TAH	0x	probab.	855	Calcolato	ALLARME TA TEMPERATURA ELETT MANCATO FUNZIONAMENTO	4,40E-06	occh		8760							1,93E-02
6	01	E001	F.A. TIC (APPE)	vapore	freq.	767	OREDA '02	TEMPERATURA TIC TRC CONTROLLORE FUNZIONAMENTO ANOMALO	1,52E-06	occh	8760								1,33E-02
7	01	P040	E.U. OMETTE CONTROLLO		probab.	874	US NRC	E.U. ESERCIZIO OMISSIONE ERRORE GENERICO	1,00E-02	prob									1,00E-02
8	01	E715	MATERIALE NON ATTESO		freq.	901	Stima	IMPIANTI FASE CARICAMENTO	1,00E-03	occh	8760								1,00E-03
9	01	E213	M.F. RD-PSE	2x	probab.	477	Rijmond	E.U. ESERCIZIO OMISSIONE ERRORE GENERICO	6,00E-04	prob									6,00E-04
10	02	E501	INNESCO CASUALE		probab.	251	Chem. Eng.	INNESCO INTERNO - GUASTO GENERICO	1,00E-03	prob									1,00E-03
11	02	P004	E.U. MIREVIA ANOMAL		probab.	90	Chem. Eng.	E.U. ESERCIZIO RILEVIO ANOMALIA ERRORE GENERICO	1,00E-01	prob									1,00E-01
12	02	P001	E.U. MANC. INTERV.	sv allarme	probab.	260	Rijmond	E.U. ESERCIZIO OMISSIONE MANCATO INTERVENTO	3,00E-04	prob									3,00E-04
13	02	E108	M.F. PAL	3y	probab.	393	OREDA '92	ALLARME PA PRESSIONE ELETT MANCATO FUNZIONAMENTO	6,28E-06	occh		8760							2,78E-02
14	02	E303	F.S. CIRC. SERVIZIO	N2	probab.	245	Chem. Eng.	SERVIZI AZOTO GUASTO GENERICO	1,00E-04	prob									1,00E-04
15	02	E611	F.A. REGOLATRICE CHIU.	N2	probab.	977	IEEE std-500	VALVOLA AUTOREGOLATRICE FUNZIONAMENTO ANOMALO	4,40E-07	occh		8760							1,93E-03
16	02	P024	E.U. NON APRE VALVOLA	N2	probab.	170	Rijmond	E.U. ESERCIZIO OMISSIONE PROCEDURA ERRORE GENERICO	3,00E-03	prob									3,00E-03
17	02	E508	MANCATA TENUTA FLANGE		probab.	1006	INPRD-95	TUBAZIONI FLANGIA/GUARNIZIONE PERDITA	9,67E-06	occh		4380							2,12E-02
18	02	E002	F.A. TIC (CHIUDE)	olio	freq.	750	OREDA '91	TEMPERATURA TIC TRC CONTROLLORE FUNZIONAMENTO ANOMALO	6,84E-06	occh	6400								4,38E-02
19	02	E303	F.S. CIRC. SERVIZIO	olio	freq.	972	IEEE std-500	POMPA CENTRIFUGA FERMATA	1,20E-05	occh	6400								7,68E-02
20	02	E302	F.S. F.E.M.		freq.	752	AEI	SERVIZI ENERGIA ELETTRICA GUASTO GENERICO	3,00E-04	occh	6400								1,92E-01
21	02	E233	VALVOLA SFIATO	3x	probab.	980	IEEE std-500	VALVOLA SFIATO FUNZIONAMENTO ANOMALO	3,1E-06	occh		8760							1,98E-02
22	02	E202	M.F. PSH	3x	probab.	770	OREDA '91	BLOCCO PS PRESSIONE MANCATO FUNZIONAMENTO	4,58E-05	occh		8760				1			1,18E-01
23	02	E001	F.A. TIC (APPE)		freq.	750	OREDA '91	TEMPERATURA TIC TRC CONTROLLORE FUNZIONAMENTO ANOMALO	6,84E-06	occh	6400								4,38E-02
24	02	P007	E.U. IMPOST SET ECCESSO	olio	freq.	168	Rijmond	E.U. ESERCIZIO COMMISSIONE ERRORE GENERICO	3,00E-03	prob		1				2			3,00E-03
25	02	E213	M.F. RD-PSE		probab.	477	Rijmond	E.U. ESERCIZIO OMISSIONE ERRORE GENERICO	6,00E-04	prob									6,00E-04

Le colonne A, B, C, D, E vengono compilate dal programma riportando le informazioni e definizioni del foglio di hazop. Sono da inserire i dati delle colonne

da [F] a [J] secondo la procedura di richiamo dal file di banca dati descritta nel seguito;

[K] Miss. Time = tempo di missione o tempo di marcia del processo (h/y = ore/anno) [MT]

[L] Numero m op/y = numero di operazioni/anno o metri di tubazione [Molteplicità]

[M] MTBT = Mean Time Between Test = tempo medio tra le verifiche [MTBT]

[N] Tempo Rilev = tempo di rilevazione del guasto o anomalia [Tr]

[O] Tempo Ripar = tempo di riparazione del componente [MTTR]

[P] Usato Cal. N su M = eventuale logica di ridondanza (vedere Appendice 1)

[Q] Avv. = indicazione della presenza di messaggi nel foglio "Errori" e relativa numerazione

[R] Usato rateo 50% = se si dispone di un rateo cumulato e si vuole il calcolo per un solo tipo di guasto (per es. guasto in apertura di una valvola) si può usare questa casella per dimezzare il rateo assumendo che il 50% sia guasto in chiusura.

Vi è inoltre la colonna [U], non evidenziata nella Figura 13, che serve per inserire eventuali note.

Per inserire i dati, dopo aver aperto anche il file "BdaTree.xls", si digita il numero della scheda nella colonna [F] cliccando poi con il pulsante destro del mouse sulla cella stessa o su una delle celle [G] o [H]: verranno automaticamente inseriti i dati ed il rateo medio fino alla colonna [J].

Se non si è caricato in precedenza il file "BdaTree" questa procedura dà luogo ad errore visualizzato come nell'esempio a lato: per riprendere il lavoro è sufficiente cliccare sulla casella "Fine", poi premere "Esc", caricare il file "BdaTree" quindi ricominciare.



Dopo aver inserito i dati si ripete la procedura di elaborazione con ALBATROS II: se non ci sono errori saranno calcolati e disegnati gli alberi di guasto e, se è stata selezionata la scelta, i MCS.

Nel foglio "Errori" possono essere visualizzati messaggi del tipo di quello visualizzato di seguito:

A	B	C	D	E
N. Riga	Nodo	Codice	Item	Tipo Errore
6	1	E108	301	Indicare o (MTBT) o (tempo di missione, tempo di riparazione + tempo di riparazione)
7	1	E303	N2	Il tempo di missione non è necessario
8	1	E611	N2	Manca il tempo di missione

Seguendo le indicazioni si correggono tali errori, quindi si ripete la procedura per continuare nell'elaborazione. Ad elaborazione eseguita, nel foglio "Errori" potranno esserci messaggi del tipo:

A	B	C	D	E
N. err.	Nodo	Codice	Item	Avvertenza
1	2	E202	301	MTBT*Rateo di Guasto > 0,1; FDT calcolato analiticamente. Se possibile ridurre MTBT.
2	2	P007	olio	Molteplicità = 1 per calcolo frequenza da prob senza MTTR.

Questi messaggi sono solo segnalazioni utili per meglio comprendere i calcoli.

**Dopo aver avviato l'elaborazione è necessario attenderne il termine senza interferire con MExcel (senza lavorare sul file o su altri files di Excel). È tuttavia possibile lavorare con altre applicazioni, anche se il tempo di elaborazione può aumentare (in genere è dell'ordine di qualche decina di secondi o poco più per una decina di Top events, ma può aumentare in funzione del numero di top events ed eventuali MCS da elaborare).**

I dati da inserire e le relative caselle in cui scriverli dipendono dal tipo di valutazioni: il criterio di stima dell'affidabilità, ovvero il tipo di calcolo che sarà eseguito dal programma e pertanto i dati da inserire sono deducibili dai criteri riportati in Appendice 2.

#### 4.3.2 CALCOLO AFFIDABILITÀ

L'elaborazione comporta il calcolo e la digitazione automatica dei risultati nelle colonne **[S]** (Freq.Calc.ta, in occ/y o occasioni/anno) e **[T]** (Prob.Calc.ta, che corrisponde al FDT o Fractional Dead Time o anche al PFD Probability of Failure on Demand).

In alcuni calcoli, in luogo del semplice MTTR, viene usata la somma del tempo di rilevazione (Tr) e di quello di riparazione (MTTR) per tenere conto dell'eventuale ritardo nella rilevazione del guasto. Le modalità di calcolo sono indicate nelle tabelle seguenti.

**Tabella 3 – calcolo probabilità**

caso	UM rateo	Viene fornito MTTR ?	Prob Calc.ta (metodo di calcolo probabilità)
1	prob. o occ/dem	NO	$\lambda \cdot \text{Molteplicità}$
2	prob. o occ/dem	SI	$\lambda \cdot \text{Molteplicità} \cdot (\text{MTTR} + \text{Tr}) \cdot \text{MT} / 8760$
3	occ/h	NO (non si autorileva)	$\lambda \cdot \text{MTBT} / 2$
4	occ/h	SI (si autorileva)	$\lambda \cdot (\text{MTTR} + \text{Tr}) \cdot \text{MT} / 8760$
5	occ/y	NO (non si autorileva)	$(\lambda / 8760) \cdot \text{MTBT} / 2$
6	occ/y	SI (si autorileva)	$(\lambda / 8760) \cdot (\text{MTTR} + \text{Tr}) \cdot \text{MT} / 8760$
7	occ/m h	NO (non si autorileva)	$\lambda \cdot \text{Molteplicità} \cdot \text{MTBT} / 2$
8	occ/m h	SI (si autorileva)	$\lambda \cdot \text{Molteplicità} \cdot (\text{MTTR} + \text{Tr}) \cdot \text{MT} / 8760$

- nel caso 1 la molteplicità si riferisce al numero di operazioni /anno compiute
- il caso 2 si usa, ad esempio, per calcolare l'indisponibilità di evenienze in cui ci sono anche Errori Umani connessi ad una molteplicità di operazioni
- nei casi 7 ed 8 la molteplicità si riferisce all'estensione, in metri, di una tubazione o linea

**Tabella 4 – calcolo frequenza**

UM rateo di base	Viene fornito MTTR	Freq. Calc.ta (metodo di calcolo frequenza) [occ/anno]
prob. o occ/dem	SI	$\lambda \cdot \text{Molteplicità} \cdot \text{MT} / (\text{MTTR} + \text{Tr})$
prob. o occ/dem	NO	$\lambda \cdot \text{Molteplicità}$
occ/h	NO	$\lambda \cdot \text{MT} \cdot \text{Molteplicità}$
occ/y	NO	$(\lambda / 8760) \cdot \text{MT} \cdot \text{Molteplicità}$
occ/m h	NO	$\lambda \cdot \text{MT} \cdot \text{Molteplicità}$

$\lambda$  = rateo di guasto o Rateo Base.....occasioni/ora (occ/h) o occasioni/demand (occ/dem)  
 Molteplicità .....occasioni/anno (occ/y) o metri di tubazione  
 MT = mission time o tempo operativo.....ore/anno (h/y)  
 MTTR = tempo medio di riparazione ..... ore/occasione (h/occ)  
 Tr = tempo di rilevazione ..... ore/occasione (h/occ)  
 MTBT = intervallo tra i controlli o test.....ore (h)

Come spesso usato la probabilità di mancato funzionamento su domanda, o FDT (Fractional Dead Time) o anche PFD (Probability of Failure on Demand) è calcolata comunemente con la relazione semplificata  $FDT = \lambda \cdot T / 2$  dove T = MTBT. Tuttavia, se il risultato di questa operazione risulta

dell'ordine o maggiore di 0,1 viene impiegata la formula rigorosa:  $FDT = 1 - \frac{(1 - e^{-\lambda \cdot T})}{\lambda \cdot T}$  dove  $\lambda$  è espresso in occ/h. L'avviso di questa scelta è riportato nel foglio "Errori" come segue.

N. err.	Nodo	Codice	Item	Avvertenza
1	2	E202	3x	MTBT*Rateo di Guasto > 0,1; FDT calcolato analiticamente. Se possibile ridurre MTBT.

Qualora i campi non siano stati compilati correttamente, Albatros II inserirà un numero progressivo nella colonna "Avv." del foglio "Affida" al quale corrisponderà uno dei seguenti messaggi nel foglio "Errori".

**Tabella 5**

Errore	Spiegazione o azione
Tipo calcolo non valido	Il tipo di calcolo indicato è diverso da frequenza o prob.
Manca rateo base	Inserire rateo base
Unità di misura non prevista	L'unità di misura è diversa da quelle previste.
Il calcolo N su M è diverso da quelli ammessi	Ammesse solo le combinazioni proposte dal programma.
Il calcolo N su M non è ammesso con molteplicità diversa da 1 e U.M. diversa da occ/m h	Correggere
Il tempo di missione non è necessario	Cancellare il tempo di missione
Indicare MTBT o (tempo di riparazione + eventuale tempo di rilievo)	Scegliere una delle due opzioni: MTBT o MTTR+Tr.
Manca il tempo di missione	Inserire il valore del tempo di missione
Indicare o MTBT o (tempo di missione, tempo di riparazione + tempo di riparazione)	Scegliere una delle due opzioni.
Calcolo N su M non ammesso per le frequenze	Occorre risolvere con un evento in frequenza e gli altri in probabilità (eventi and – si veda appendice 1).
Il tempo di missione non è necessario, indicare solo eventuale molteplicità in occ/y	Cancellare il tempo di missione.
Il (tempo di riparazione + tempo di rilevazione) non è necessario	Cancellare i valori dalle colonne MTTR e Tr
MTBT*Rateo di Guasto > 0,1; FDT calcolato analiticamente. Se possibile ridurre MTBT	Avviso indicante che il calcolo viene eseguito con la formula rigorosa invece della semplificata.
Molteplicità <> 1 per calcolo probabilità	Avviso indicante l'uso di molteplicità.
FDT calcolato da rateo base in probabilità con MTTR	Avviso che indica l'uso del metodo 2 in Tabella 1
Molteplicità = 1 per calcolo frequenza da prob senza MTTR	Avviso indicante che si usa 1 occasione/anno

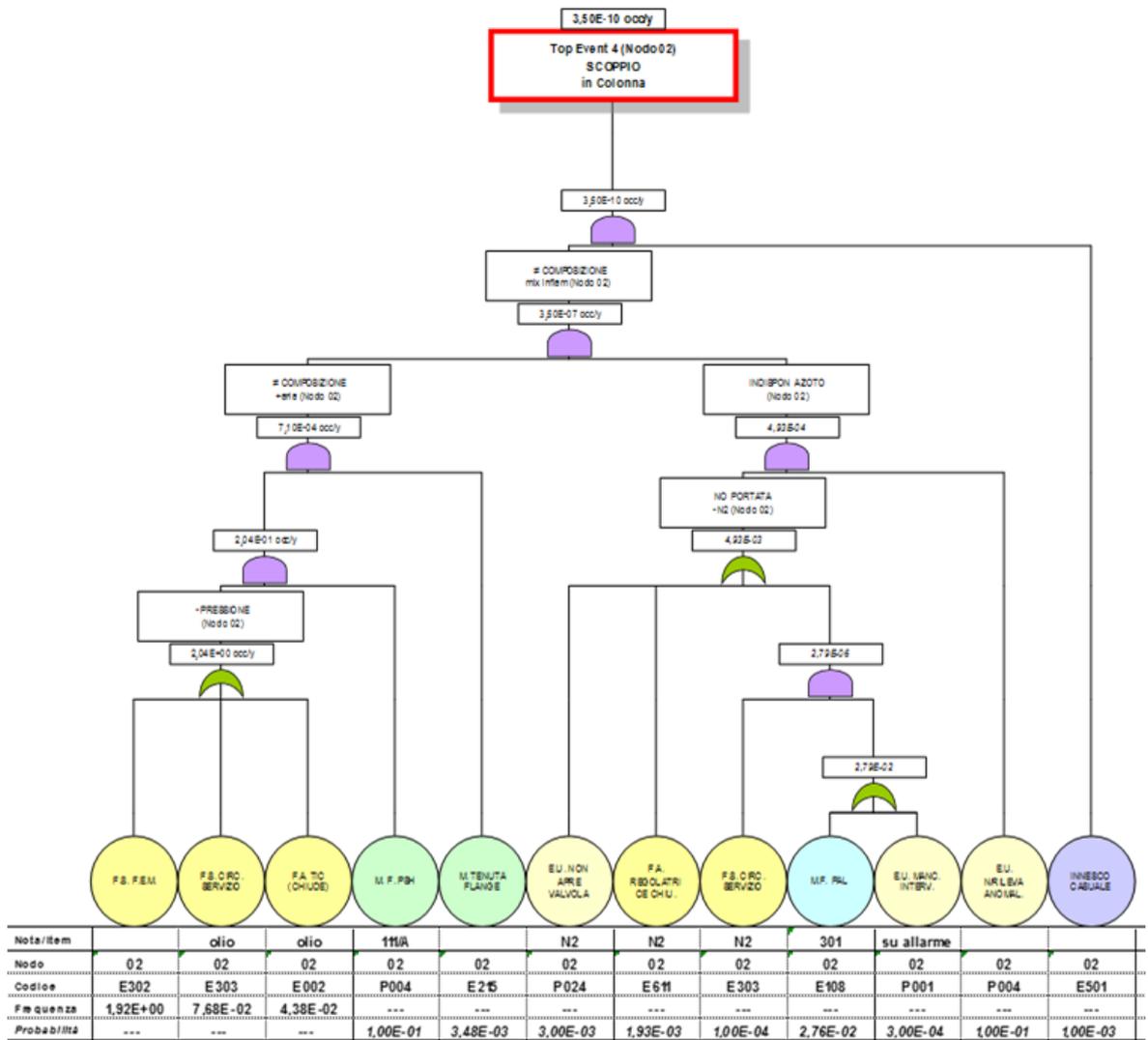
Tutti i messaggi di errore bloccano il programma (non sono costruiti alberi di guasto o calcolate MCS e ALBATROS II termina.

Gli avvisi invece non comportano interruzione dell'elaborazione, ma sono visualizzati nel foglio "Errori" per consentire il controllo da parte dell'utente.

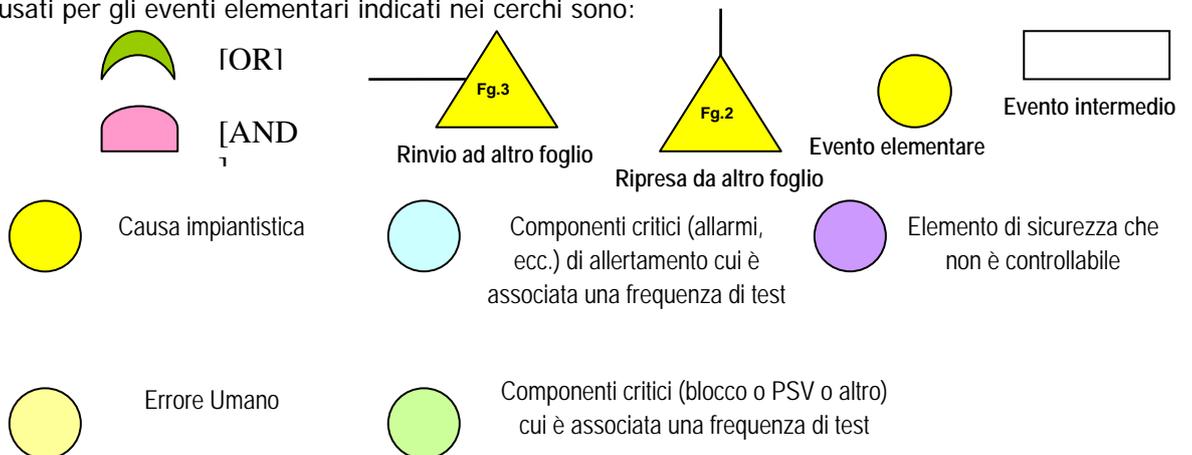
#### 4.3.3 ALBERI DI GUASTO

Il disegno degli alberi di guasto (quantificati o meno) è un procedimento del tutto automatico, che viene eseguito se l'HazOp è scritta correttamente. Ogni singolo evento elementare è individuato dai codici e dalle descrizioni viste all'inizio, oltre che dal numero di nodo; inoltre gli eventi sono quantificati in frequenza attesa o probabilità, a seconda che si tratti di Cause elementari o Cause And. Il risultato è esemplificato nella seguente figura.

Figura 14



Quando non è scelta l'opzione "Calcolo Affidabilità" gli alberi vengono solo disegnati. I simboli e colori usati per gli eventi elementari indicati nei cerchi sono:



La correlazione con l'hazop è data dall'insieme "Nota/Item", "nodo" e "codice" dell'evento, riportati nelle caselle sottostanti agli eventi elementari, per ognuno dei quali è riportato il valore di frequenza attesa o di probabilità di mancato funzionamento o intervento.

#### 4.3.4 ANALISI MINIMAL CUT SET

Va premesso che la modalità di esecuzione dell'HazOp comporta che ogni singola causa elementare entri una sola volta negli alberi di guasto. Essa contribuisce al Top Event, con un termine che dipende dal valore iniziale della frequenza attesa e dai fattori di riduzione o probabilità associati alle Cause And che ad essa sono correlate.

L'analisi MCS mette in luce il contributo di ogni singola causa, facilitando l'individuazione degli eventi elementari cui si associa il contributo maggiore. In pratica ogni MCS è correlato ad un evento elementare: nella figura riportata appresso si ha un esempio dell'analisi.

**Figura 15**

Top	Codice	Descrizione Top	Nota/Item	Freq. occ/y	Prob.			
1	T008	ROTTURA PER SOVRAPRESS.	R306	4,80E-07	-			
*								
Nodo	Codice	Descrizione MCS	Nota/Item	Freq. occ/y	Prob.	Incidenza	Media And	Grado
1	E736	VARIAZ. TEMP DA MONTE	sol + calda	3,42E-07		71,16043%	1,21E-02	4
2	E739	F.A. CIRC. A RISC.TA	T > 35 °C	1,36E-07		28,29848%	7,47E-03	2
1	E002	F.A. TIC (CHIUDE)	TIRC357	1,33E-09		0,27693%	1,03E-02	3
1	P020	E.U. APRE VALVOLA	HV317	2,56E-10		0,05337%	1,21E-02	4
1	P020	E.U. APRE VALVOLA	AD lavaggio	2,56E-10		0,05337%	1,21E-02	4
1	P021	E.U. N/APRE VALVOLA	acqua refr.	2,56E-10		0,05337%	1,21E-02	4
1	P018	E.U. IMPOST. SET ECCESSO	TIRC357	2,56E-10		0,05337%	1,21E-02	4
1	P029	E.U. MANUT.	FO397	1,07E-10		0,02224%	1,21E-02	4
1	E405	FORAT. TUBI SCAMB.	R306	7,41E-11		0,01544%	1,21E-02	4
1	E732	F.A. CIRC. A REFR.TA	T > 20°C	5,20E-11		0,01084%	1,21E-02	4
1	P018	E.U. IMPOST. SET ECCESSO	FIRCQ313	7,70E-12		0,00160%	1,45E-02	5
1	E017	F.A. FQIC (APRE)	FIRCQ313	2,01E-12		0,00042%	1,45E-02	5
1	E406	FORAT. CAMICIA	R306	3,90E-13		0,00008%	1,21E-02	4
1	E706	F.S. CIRC. A REFR.TA	T = 20°C	1,44E-13		0,00003%	6,35E-03	5
1	P014	E.U. DISATT.	ferma PR306	1,30E-13		0,00003%	6,41E-03	5
1	E304	F.S. AGITAT.	PR306	3,47E-15		0,00000%	6,41E-03	5
1	E415	ROTTURA TASSELLI	PR306	3,47E-15		0,00000%	6,41E-03	5
1	E701	F.S. E.E.F.M.	PR306	8,37E-17		0,00000%	4,17E-03	6
1	E309	F.S. MOTORE ELETTR.	PR306	5,86E-17		0,00000%	4,17E-03	6

Il Top-Event in questione è caratterizzato da molte cause elementari, ma l'importanza relativa (Incidenza) è ben diversa: gli eventi che più incidono sul risultato appaiono essere infatti la "variazione temperatura da monte" (codice E736) con il 71% ed il "Funzionamento Anomalo del circuito acqua riscaldata" (E739) con il 28%. L'analisi consente di individuare velocemente (su alberi complessi) quale sia la causa elementare sulla quale è più conveniente agire per ridurre la frequenza attesa complessiva, con ottimizzazione dei tempi e riduzione degli errori.

Oltre alle informazioni necessarie ad individuare la causa elementare alla base del MCS (nodo, codice, descrizione, Nota/Item), è fornita infatti la frequenza attesa (o la probabilità, nel caso delle indisponibilità) e l'incidenza sul totale di ciascuna di esse

Un'ulteriore colonna fornisce una misura dell'abbattimento medio fornito da ciascuno dei livelli di protezione (media geometrica):

$$Effic. And = Grado MCS \sqrt{\frac{Contributo MCS}{Rateo Causa Elementare MCS}}$$

Il valore permette di capire se le Cause And sono efficaci oppure se sono poco utili, per cui occorre agire, ad esempio, sui loro MTBT.

L'analisi indica infine quante Cause And o Rimedi sono presenti (grado o livello di protezione utile nella valutazione del SIL) .

Ad esempio all'evento E017 F.A. FQIC (APRE) è associato un grado 5: ciò significa che vi sono 5 elementi (livelli di protezione) per evitare l'effetto connesso al verificarsi di tale causa, con una efficienza media (FDT) pari a 1,45E-02. Il dettaglio di questa sequenza dell'MCS è illustrato nella tabella seguente (pure prodotta dal programma).

**Tabella 6**

Nodo	Codice	Descrizione Codice	Nota/Item	Freq. occ/y	Prob. -
1	E017	F.A. FQIC (APRE)	FIRCQ313	3,14E-03	
1	E106	M.F. FA	FIR318 H		3,01E-02
1	E124	M.F. TA	TIRC357 H		1,96E-02
1	E124	M.F. TA	TIRC356 H		1,96E-02
1	E118	M.F. PA	PSH442		2,79E-02
1	E239	M.F. RD	PSE306		2,00E-03

Le tabelle degli MCS, assieme alla tabella delle affidabilità, consentono di eseguire un'analisi più dettagliata, analizzando l'effettivo contributo di ogni rimedio (Evento And) alla riduzione del rateo e ottenendo.

Per le indisponibilità vengono predisposti degli MCS calcolati in probabilità.

#### 4.3.5 RIEPILOGO

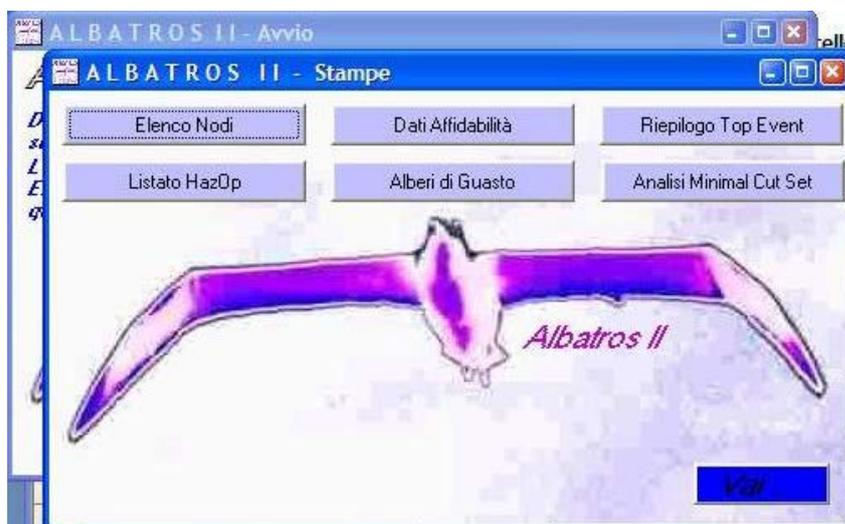
Il riepilogo dei top event è una tabella nella quale sono indicati il numero del top, il numero dei fogli che rappresentano l'albero relativo, la frequenza attesa per ciascuno di essi. Come indicato in precedenza verranno evidenziate in rosso le frequenze superiori al valore indicato nella casella scrivibile della maschera di Avvio.

Top	Nodo	Foglio	Descrizione del Top	Occ/anno
1	1	1	SFIATO DA RD	9,92E-08
2	1	2	ROTTURA PER SOVRAPRESS	5,95E-11
3	2	3	SCOPPIO	2,13E-09
4	2	4	SFIATO DA RD	1,12E-04
5	2	5	ROTTURA PER SOVRAPRESS	6,74E-08
Elaborazione del 05/07/2012 17.01.01				

#### 4.3.6 STAMPA

Per stampare il lavoro effettuato è necessaria una formattazione che viene effettuata dal programma cliccando sulla casella "Prepara Stampe" in basso a destra nella schermata di avvio (vedere par. 4.1). La preparazione delle stampe consente di risparmiare tempo (si dovrebbe altrimenti definire l'area di stampa per ogni foglio

secondo le regole di Excel) ed assicura l'uniformità delle stampe da parte di utilizzatori diversi, permettendo di avere uno standard aziendale. Una volta cliccato nella casella "Prepara stampe" della finestra di avvio si visualizza la finestra di



scelta a destra. La scelta comprende:

- il frontespizio con l'elenco nodi,
- il listato dell'hazop (in una serie di fogli, uno per ciascun nodo, con le relative note),
- i dati di affidabilità (viene creato un ulteriore foglio in quanto alcune colonne del foglio "Affidab" non sono necessarie all'utilizzatore),
- gli alberi di guasto,
- il riepilogo dei Top event,
- le tabelle dei Minimal Cut Sets.

Il programma provvede automaticamente a costruire l'elenco degli elementi critici, con l'indicazione della frequenza di controllo ed il riferimento allo schema P&I ripreso dall'elenco nodi, e predisporre il foglio di stampa.

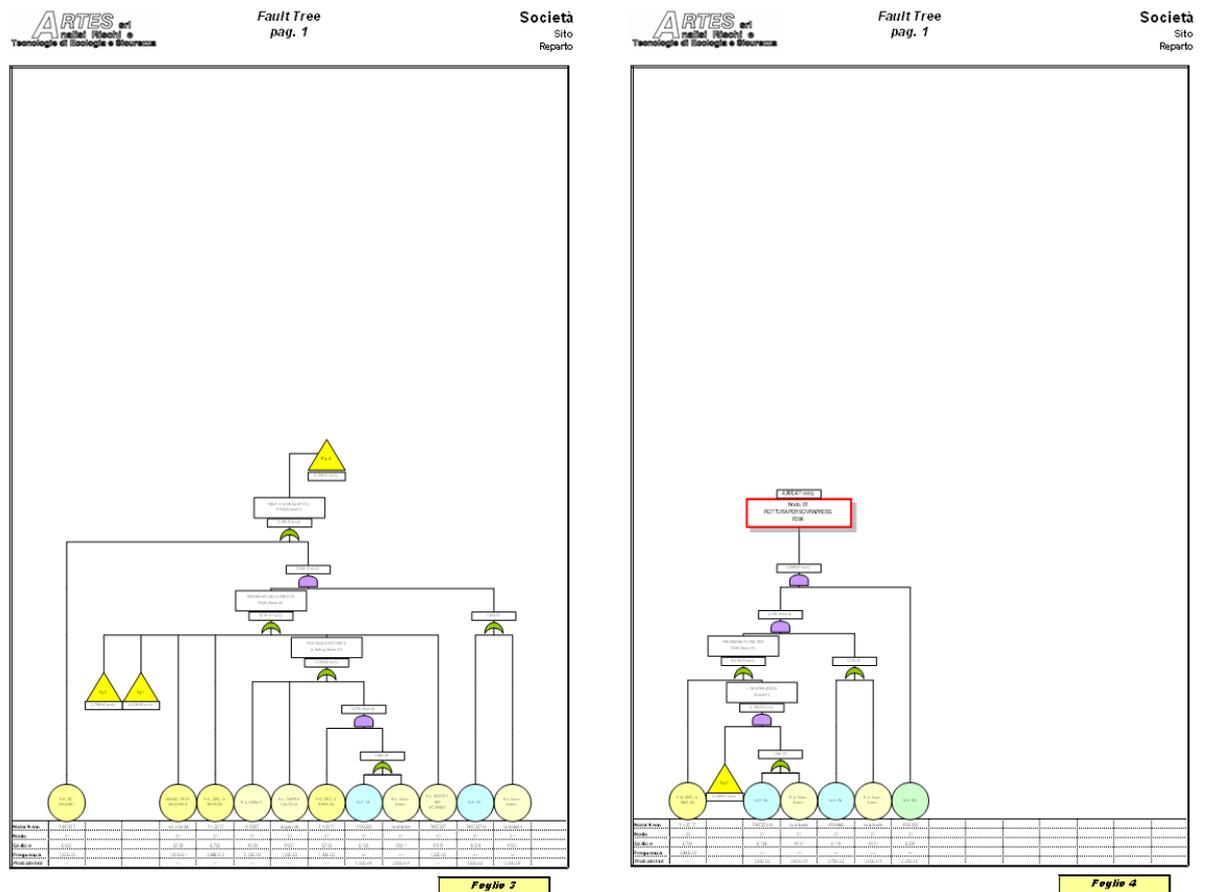
Per eseguire le stampe è sufficiente scegliere i fogli che si desidera stampare ed inviarli alla stampante mediante il comando di MSEXcel (può essere stampato anche in .pdf se ci sono gli appositi driver).

**Unica avvertenza è di porre in una directory "C:\Albatros2\" il file contenente il logo aziendale "Artes Ufficiale.bmp" di altezza circa pari a 1,5 cm. L'immagine o logo può essere sostituita con qualsiasi altra diversa da quella fornita, ma il file dovrà avere lo stesso nome.**



Nel caso degli alberi di guasto, AlbatrosII eventualmente divide Fault-tree molto grandi su fogli di stampa diversi, indicando opportuni rimandi come nell'esempio seguente.

Figura 16



\*Infine, per quanto riguarda i componenti critici, saranno elencati tutti i componenti che entrano a far parte di una sequenza incidentale, sia quelli in attesa o "stand-by" per i quali viene fornito il MTNT

o intervallo di controllo, sia quelli il cui guasto si autorileva per i quali è fornito il tempo di controllo come Miss.Time (ved. Esempio a lato.

Evento	Cod.	Descrizione	Codice	Disegno	Nota/Item	Miss. Time h/y	MTBT h
01	E001	F.A. TIC (APRE)		P&I 005-1	vapore	450	
02	E001	F.A. TIC (APRE)		P&I 005-2	olio	1200	
02	E002	F.A. TIC (CHIUDE)		P&I 005-2	olio	1200	
01	E101	M.F. TAH		P&I 005-1	001		2890
01	E101	M.F. TAH		P&I 005-1	002		8760
01	E102	M.F. PAH		P&I 005-1	1 su 2		8760
01	E108	M.F. PAL		P&I 005-1	301		8760
02	E108	M.F. PAL		P&I 005-2	301		8760
02	E201	M.F. TSH		P&I 005-2	003		4380
02	E202	M.F. PSH		P&I 005-2	301		8760
01	E213	M.F. RD-PSE		P&I 005-1	001		

## 5. BIBLIOGRAFIA

- {1} Efficient Use of Operability Studies - D.A. Lihou - Safety Promotion and Loss Prevention in the Process Industries - London 1980.
- {2} Fault Trees from Operability Studies - D.A. Lihou - Safety Promotion and Loss Prevention in the Process Industry - London 1980.
- {3} How to avoid the generation of loops in the construction of fault trees - Piccinini N. Demichela M. et al – Reliability and Maintainability Symposium Proceedings IEEE – 2002 Vol. 2.
- {4} Operability analysis devoted to the development of logic trees – Piccinini & Ciarambino – Safety and Reliability – ESREL 2001 Tutorial notes – ISBN 88-8202-099-4
- {5} Reliability Analysis and Risk Analysis: Integration Between Hazop, FMEDA and Fault Tree Analysis for SIL Assessment – Loss Prevention 2016 - Freiburg – Chemical Engineering Transactions Vol.48, 2016 (AIDIC)

## A APPENDICE AFFIDABILISTICA

### A.1 COMPONENTE SINGOLO

La probabilità che un oggetto avente un rateo di guasto  $\lambda$  [occ/h] sia rotto o guasto al tempo  $t$  [h] è pari a:

$$p = 1 - e^{-\lambda \cdot t} \quad [1]$$

Tale grandezza viene anche indicata con  $F$ . Il complemento a 1 (affidabilità) è indicato con  $R$ .

Si ha dunque che:

$$R = e^{-\lambda \cdot t} \quad [2]$$

$$F = 1 - e^{-\lambda \cdot t} \quad [3]$$

La funzione  $F$  assume valore nullo per  $t=0$  e valore unitario per  $t=\infty$ .

In genere  $\lambda t$  è valore relativamente piccolo. Sviluppando in serie di Taylor:

$$p = 1 - e^{-\lambda \cdot t} \cong \frac{d(1 - e^{-\lambda t})}{d(\lambda t)} \Big|_{\lambda t=0} (\lambda t - 0) = e^{-\lambda t} \Big|_{\lambda t=0} \lambda t \text{ quindi } p \cong \lambda t \quad [4]$$

Pertanto, in un tempo di riferimento  $T$ , si ha:

$$R \cong 1 - \lambda T \quad [5]$$

$$F \cong \lambda T \quad [6]$$

L'errore commesso con questa semplificazione è di solito abbastanza piccolo se  $\lambda T < 1 \cdot 10^{-2}$ : si veda il raffronto nella tabella sottostante dove  $T = 8760$  h e  $\lambda$  è tale che  $\lambda T$  sia pari a  $1 \cdot 10^{-n}$ .

**Tabella 7**

$\lambda T$	<b>1-exp<sup>-λt</sup></b> <b>F rigoroso</b>	$\lambda T$ <b>F approssimato</b>	<b>(Fa - Fr) / Fr</b> <b>errore</b>
1,00E+00	6,32E-01	1,00E+00	58,2%
1,00E-01	9,52E-02	1,00E-01	5,083%
1,00E-02	9,95E-03	1,00E-02	0,501%
1,00E-03	1,00E-03	1,00E-03	0,0500%
1,00E-04	1,00E-04	1,00E-04	0,0050%
1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	0,00050%
1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	0,000050%
1,00E-07	1,00E-07	1,00E-07	0,0000050%
1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	0,00000061%

È evidente che con  $\lambda T < 1E-2$  l'approssimazione dovuta a questo errore diventa trascurabile.

Nell'applicazione rigorosa, il valore medio di tale probabilità in un intervallo  $T$  è tale che:

$$\int_0^T \rho_m \cdot dt = \int_0^T \rho \cdot dt$$

$$\rho_m \cdot T = \int_0^T \rho \cdot dt = \int_0^T (1 - e^{-\lambda t}) dt$$

$$\rho_m \cdot T = T + \frac{1}{\lambda} (e^{-\lambda T} - 1) = T - \frac{1}{\lambda} (1 - e^{-\lambda T}) \quad [7]$$

$$\rho_m = 1 - \frac{1 - e^{-\lambda T}}{\lambda T}$$

$\rho_m$  assume il significato di frazione di tempo di indisponibilità (FDT = Fractional Dead Time) nell'intervallo di tempo considerato. L'oggetto permane guasto fino a quando nessuno rileva la rottura. In tal caso il periodo T coincide con il Tempo Medio tra i Test (MTBT - Mean Time Between Test).

Approssimando secondo la [4] la probabilità media assume il valore di:

$$\int_0^T \rho_m \cdot dt = \int_0^T \lambda t \cdot dt = \frac{1}{\lambda} \int_0^T \lambda t \cdot d(\lambda t) = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{(\lambda T)^2}{2} \quad \text{da cui:}$$

$$\rho_m \cdot T = \frac{1}{2} \lambda T^2$$

$$FDT = \frac{\lambda T}{2} \quad [8]$$

che è la formula usata più frequentemente.

Da notare anche che a causa delle approssimazioni introdotte è possibile che FDT risulti maggiore di 1 se  $\lambda T$  assume un valore sufficientemente grande. Essendo inammissibile una probabilità  $>1$ , occorre ridurre adeguatamente T. In genere è opportuno che  $\lambda T$  sia inferiore almeno a 0,1.

L'errore commesso è riportato nella seguente tabella, dove si è assunto anche in questo caso che T (= MTBT) = 8760 h e  $\lambda$  sia tale che  $\lambda T$  sia pari a  $1 \cdot 10^{-n}$

**Tabella 8**

T = 8760 h	FDT				
	$\lambda$	$\lambda T$	$1 - (1 - \exp^{-\lambda T / \lambda T})$	errore	
	1,14E-04	1,0E+00	3,68E-01	5,00E-01	35,9%
	1,14E-05	1,00E-01	4,84E-02	5,00E-02	3,36%
	1,14E-06	1,00E-02	4,99E-03	5,00E-03	0,33%
	1,14E-07	1,00E-03	5,00E-04	5,00E-04	0,033%
	1,14E-08	1,00E-04	5,00E-05	5,00E-05	0,00333%
	1,14E-09	1,00E-05	5,00E-06	5,00E-06	0,00036%

Nel caso che il guasto sia rilevabile (ad esempio un regolatore di livello, il cui valore venga regolarmente trascritto e controllato per confronto con altre misure), la probabilità che il componente sia guasto è data da:

$$\rho = \lambda \tau \quad [9]$$

Dove  $\tau$  indica il Mean Time To Repair (MTTR, nel quale viene ricompreso anche il tempo di rilevazione del guasto). Infatti il numero di eventi è pari a  $\lambda T$  (dove  $T$  è il tempo di riferimento), la durata dell'evento (indisponibilità) è  $\tau \cdot \lambda \cdot T$ , da cui, effettuando il rapporto con il tempo di osservazione, si trova la [9].

Nel caso di eventi che si autorilevano si ha in definitiva:

$$FDT = \lambda \tau \quad [10]$$

La formula è prudenziale in quanto per la parte relativa al tempo di rilievo si dovrebbe usare una probabilità calcolata con la [8] indicando in luogo di  $T$  il tempo di rilievo.

## A.2 SISTEMA MULTICOMPONENTE

Considerando un sistema costituito da vari componenti si può scrivere:

$$[(1 - p) + p] = 1$$

Per  $n$  componenti:

$$[(1 - p) + p]^n = 1$$

ovvero:

$$\sum_{k=0}^n \frac{n!}{(n-k)! \cdot k!} (1-p)^{n-k} p^k = 1 \quad [11]$$

dove ciascun termine della sommatoria rappresenta la probabilità delle combinazioni possibili di  $k$  elementi guasti e  $(n - k)$  elementi funzionanti.

Se si considera che in generale  $p$  è notevolmente inferiore ad 1, il termine  $(1-p)^{n-k}$  è sostanzialmente pari a 1.

Inoltre, qualora ci interessi la situazione di almeno  $k$  elementi guasti ( $n - k$  funzionanti), i termini  $p_i$  di ordine superiore a  $k$  (cioè con  $i > k$ ) sono trascurabili rispetto a quello di ordine  $k$  in quanto il valore di  $p$  è molto piccolo. Ne consegue che la probabilità che all'istante  $t$  ci siano almeno  $k$  elementi rotti e  $n-k$  funzionanti è quindi pari a:

$$p = \frac{n!}{(n-k)! \cdot k!} p^k \quad [12]$$

Con le ipotesi fatte e nel caso in argomento, cioè considerando che tutti i componenti abbiano lo stesso rateo di guasto  $\lambda$ , si può scrivere:

$$FDT = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{n!}{(n-k)! \cdot k!} p^k dt \cong \frac{1}{T} \int_0^T \frac{n!}{(n-k)! \cdot k!} (\lambda \cdot t)^k dt = \frac{1}{\lambda T} \int_0^T \frac{n!}{(n-k)! \cdot k!} (\lambda t)^k d(\lambda t) =$$

$$= \frac{1}{\lambda T} \frac{n!}{(n-k)! \cdot k!} \frac{(\lambda t)^{k+1}}{k+1}$$

$$FDT = \frac{n!}{(n-k)! \cdot k!} \frac{(\lambda \cdot MTBT)^k}{k+1} \quad [13]$$

Una relazione analoga si ottiene considerando eventi che si autorilevano:

$$FDT = \frac{n!}{(n-k)! \cdot k!} \frac{(\lambda \cdot \tau)^k}{k+1} \quad [14]$$

Si noti che il numero di elementi rotti per il quale dobbiamo fare la valutazione è quello che compromette il funzionamento del sistema. Indicando con **m** il numero di elementi che devono funzionare affinché il sistema funzioni, ne segue che il numero di componenti che deve essere guasto affinché il sistema sia compromesso è pari a:

$$k = n - m + 1$$

Infatti in tal caso il numero di elementi funzionanti è:

$$m' = n - n + m - 1 < m$$

Nel caso di un sistema in cui vi siano 3 elementi sensibili e sia previsto che almeno 2 attivino il blocco (logica 2 su 3), il blocco stesso non si avrà (anche in caso di superamento della soglia) se due dei sensori sono guasti: infatti il blocco verrà richiesto dal solo sensore residuo efficiente (nel caso tuttavia di guasti rilevati, il sensore attiva in genere il canale d'allarme). Di conseguenza si ricavano le relazioni per i vari assetti della logica riportati nella tabella seguente.

**Tabella 9**

componenti disponibili	componenti che devono funzionare			
	1	2	3	4
1	$1/2 \cdot (\lambda \cdot MTBT)$	non applicabile	non applicabile	non applicabile
2	$1/3 \cdot (\lambda \cdot MTBT)^2$	$(\lambda \cdot MTBT)$	non applicabile	non applicabile
3	$1/4 \cdot (\lambda \cdot MTBT)^3$	$(\lambda \cdot MTBT)^2$	$3/2 \cdot (\lambda \cdot MTBT)$	non applicabile
4	$1/5 \cdot (\lambda \cdot MTBT)^4$	$(\lambda \cdot MTBT)^3$	$2 \cdot (\lambda \cdot MTBT)^2$	$2 \cdot (\lambda \cdot MTBT)$

I componenti che devono funzionare sono quelli minimi che attivano la logica: per esempio se la logica è 1 su 3 significa che almeno un componente deve funzionare (cioè due componenti guasti non pregiudicano il funzionamento) ed il FDT sarà  $1/4 \cdot (\lambda \cdot MTBT)^3$ .

Indicati nella riga in alto della tabella sono quelli che devono essere disponibili perché il sistema funzioni e rappresentano la logica prevista per l'intervento (1 su 3 significa che il sistema funziona con un componente su 3, cioè possono essere guasti 2 componenti su 3).

**Queste relazioni sono applicabili a sistemi con componenti identici, ovvero componenti la cui distribuzione del rateo di guasto sia la stessa.**

Nel caso di componenti differenti tra loro, infatti, si dovrebbero combinare i risultati delle relazioni [13] riferite ciascuna ad un rateo di guasto (e potenzialmente anche ad un MTBT) differente con una maggiore complessità di calcolo.

Considerato che in genere le ridondanze di componenti diversi tra loro sono limitate e che l'approssimazione dei dati di base è abbastanza larga, si considereranno elementi in "AND" semplice tra loro.

In proposito si esamina l'errore che si effettua considerando più sensori in "and" semplice tra loro, cioè come una successione di porte "And" calcolate come prodotto tra loro.

Ciascuna di esse ha un valore del tipo  $\lambda T/2$ . Ne segue che n blocchi in serie, per semplicità assunti con il medesimo  $\lambda$  e il medesimo T, portano ad un valore

$$FDT_{approssimato} = \left( \frac{\lambda \cdot MTBT}{2} \right)^n \quad [15]$$

Considerando la [13] e supponendo che gli n elementi siano dello stesso tipo, assumendo che il sistema non funziona solo se tutti i singoli elementi non funzionano, quindi  $k=n$ , ne consegue che il calcolo rigoroso porta ad un valore pari a:

$$FDT_{rigoroso} = \frac{n!}{(n-n)!n!} \frac{(\lambda \cdot MTBT)^n}{n+1} \quad [16]$$

In definitiva si ha:

$$\frac{FDT_{approssimato}}{FDT_{rigoroso}} = \frac{n+1}{2^n} \quad [17]$$

Tale errore diventa sensibile a partire da 3 elementi, come si può osservare dalla tabella in calce.

**Tabella 10**

n=k	FDT		
	da eq. [7]	$(\lambda T)^n$	rapporto
1	4,38E-02	4,38E-02	1,0
2	2,56E-03	1,92E-03	1,3
3	1,68E-04	8,40E-05	2,0
4	1,18E-05	3,68E-06	3,2
5	8,60E-07	1,61E-07	5,3

Amnesso un evento iniziatore con frequenza attesa pari a 1 occasione/anno, la frequenza attesa del top non viene alterata sostanzialmente, anche tenuto conto che la differenza appare meno importante man mano che il top diviene meno probabile. In altri termini, il livello di rischio non appare sostanzialmente diverso per un evento con frequenza attesa  $1,68 \cdot 10^{-4}$  occasioni/anno o per uno con frequenza attesa  $8,40 \cdot 10^{-5}$  occasioni/anno ( $n = 3$ ). Questo è tanto più vero quanto più l'evento iniziatore ha una frequenza attesa bassa.

## B CRITERI PER QUANTIFICAZIONE FAULT TREE

### B.1 CALCOLO DELLA PROBABILITÀ DI GUASTO (PFD)

#### B.1.1 IL GUASTO SI AUTOEVIDENZIA

Il componente resta fuori servizio solo per il tempo necessario a riportarlo in stato di funzionamento.

a) *COMPONENTI RIPARABILI*

$$PFD = \lambda \cdot MTTR \quad [B.1]$$

b) *COMPONENTI NON RIPARABILI*

$$PFD = \lambda \cdot v \quad [B.2]$$

#### B.1.2 IL GUASTO NON SI AUTOEVIDENZIA

Il componente resta fuori servizio finché un test non rileva il suo stato.

$$PFD = \frac{\lambda \cdot MTBT}{2} \quad [B.3]$$

dove:

$PFD$  = probabilità di guasto su richiesta (occ/dem - adimensionale)

$\lambda$  = rateo di guasto (occ/h)

$MTBT$  = tempo intercorrente fra due test consecutivi (ore)

$v$  = tempo necessario per sostituire il componente (ore)

$MTTR$  = tempo necessario per riparare il componente (ore)

ESEMPIO

***M.F. allarmi e blocchi oppure mancato intervento di parti d'impianto in stand-by (pompe di scorta, valvole on-off, ecc.)***

$\lambda$  2,1E-6 occ/h

$MTBT$  4380 ore

Es.  $PFD = 2,1E - 6 \cdot 4380 / 2 = 4,6E - 3$

**Se il prodotto di  $\lambda \cdot MTBT \geq 0,1$  la PFD si calcola con la**

$$FDT = 1 - \frac{(1 - e^{-\lambda \cdot MTBT})}{\lambda \cdot MTBT} \quad [B.4]$$

Può anche verificarsi che il guasto sia rilevabile in un tempo " $t$ ". Disponendo del MTTR la probabilità di guasto si ricava dalla:

$$PFD = \frac{\text{indisponibilità (ore / anno)}}{8760} = \text{probabilità} \quad [B.5]$$

*Vedere esempio dopo paragrafo B.3*

## B.2 CALCOLO INDISPONIBILITÀ (I)

Calcolo delle ore/anno di guasto, o indisponibilità, per sistemi in attesa (es. impianti o colonne di abbattimento, torce, rete idrica antincendio, ecc.).

**Il valore che si ottiene è un numero puro perché si tratta di ore/anno, cioè ore in cui il componente non è disponibile / ore che costituiscono l'anno (8760).**

*Va evidenziato che l'indisponibilità di tali sistemi non è di per sé un evento incidentale, pertanto, la probabilità che il sistema sia indisponibile va poi moltiplicata per la frequenza in occ/y associata all'evento intermedio che interessa (sfiato da PSV o RD, rilascio, incendio, ecc.).*

### B.2.1 IL GUASTO SI AUTOEVIDENZIA

Il tempo in ore necessario per la loro riparazione (MTTR) corrisponde alle ore di indisponibilità.

ESEMPIO

$$\lambda = 8,9 \cdot 10^{-6} \text{ occ/h}$$

$$MT \text{ (tempo di esercizio)} = 8760 \text{ ore/anno}$$

$$MTTR \text{ (tempo di riparazione)} = 8 \text{ ore}$$

$$I = \lambda \cdot MT \cdot MTTR \quad [B.6]$$

$$I = 8,9E-6 \cdot 8760 = 7,8E-2 \text{ occ/y} \cdot MTTR 8 \text{ ore/occ} = 0,62 \text{ ore/anno}$$

### B.2.2 IL GUASTO NON SI AUTOEVIDENZIA

Quando uno strumento o una macchina sono in esercizio o in marcia, ma il loro guasto non si autoevidenzia il tempo di riparazione (MTTR) va sommato al tempo che può trascorrere prima che l'operatore si accorga dell'anomalia (Tr).

$$I = \lambda \cdot MT \cdot (MTTR + Tr) \quad [B.7]$$

ESEMPIO

*Controllo ogni 4 ore e MTTR = 8 ore corrispondono ad un tempo di fuori servizio (MTTR+ Tr) di 12 ore in totale;*

$$\lambda = 8,9 \cdot 10^{-6} \text{ occ/h}$$

$$MT \text{ (tempo di esercizio)} = 8760 \text{ ore/anno}$$

$$I = 8,9E-6 \cdot 8760 = 7,8 \cdot 10^{-2} \text{ occ/y} \cdot 12 \text{ ore/occ} = 0,94 \text{ ore/anno}$$

### B.2.3 COMPONENTE NON IN ESERCIZIO

Quando uno strumento o una macchina non sono in marcia il tempo di riparazione (MTTR) va sommato a metà del tempo che trascorre fra una verifica di funzionamento e l'altra (MTBT/ 2).

$$I = \lambda \cdot MT \cdot \left( MTTR + \frac{MTBT}{2} \right) \quad [B.8]$$

Qualora MTBT/ 2 sia notevolmente maggiore di MTTR, nel calcolo si può tener conto solamente di MTBT/ 2.

ESEMPIO

$$\lambda = 8,9E-6 \text{ occ/h}$$

$$MT \text{ (tempo di esercizio)} = 8760 \text{ ore/anno}$$

$$MTBT = 720 \text{ ore (MTBT/ 2 = 360 ore)}$$

$$MTTR = 8 \text{ ore}$$

$$I = 8,9E-6 \cdot 8760 = 7,8 \cdot 10^{-2} \text{ occ/y} \cdot (360+8) \text{ ore/occ} = 28,69 \text{ ore/anno}$$

### B.3 CALCOLO DELLA FREQUENZA ATTESA DI GUASTO O ROTTURA (f)

Si riferisce sia al disservizio, cioè alla mancanza di un servizio per guasto o rottura, sia al singolo evento (Funzionamento Anomalo di uno strumento, rottura di un componente, incidente, ecc.) e si esprime in occasioni/anno. È pertanto una frequenza.

$$f = \lambda \cdot MT \quad [B.9.a]$$

ESEMPIO

**F.A. strumenti o fermata / rottura di parti d'impianto in marcia**

$$\text{frequenza guasto (occ / y)} = \lambda \cdot MT = (\text{occ / h}) \cdot (\text{h / anno})$$

Se il rateo base è in occ/y si divide per 8760, quindi si moltiplica per il tempo di missione MT, costituito dalle ore/y effettive di esercizio (nel caso di impianti gestiti in continuo) oppure delle ore/y dedicate ad una certa produzione od operazione (nel caso di impianti batch, di periodi di rigenerazione, fasi di avviamento, ecc.) o delle ore/y di carico/scarico (nel caso di rampe ATB/FC o serbatoi).

Se il rateo è fornito come probabilità (ved. Errore Umano) allora:

$$f = \lambda \cdot n \cdot \frac{MT}{Tr+MTTR} \quad [B.9.b]$$

Dove "n" è il numero di occasioni/anno in cui si verifica la richiesta di intervento del componente.

ESEMPIO (guasto al sistema di polmonazione con inerte)

$$\lambda = 1E-4 \text{ probabilità di guasto o indisponibilità}$$

$$n = 10 \text{ volte/anno}$$

$$MT \text{ (tempo in cui dev'essere in esercizio il sistema)} = 2000 \text{ ore/anno}$$

$$Tr = 4 \text{ ore}$$

$$MTTR = 8 \text{ ore}$$

$$f = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot \frac{2000}{4 + 8} = 0,166 \text{ occ/anno}$$

### B.3.1 CALCOLO DELLA PROBABILITÀ DI GUASTO IN BASE ALL'INDISPONIBILITÀ

Come indicato al paragrafo B.1.2, disponendo del MTTR del componente e noto il tempo di rilevazione "t" che può non essere il MTBT, ma solo un controllo visivo per comparazione con un'altra misura, si può applicare la [B.5] dopo aver ricavato l'indisponibilità dalla [B.7].

ESEMPIO

$$\lambda = 8,9E-6 \text{ occ/h}$$

$$MT \text{ (tempo di esercizio)} = 8760 \text{ ore/anno}$$

$$Tr = 4 \text{ ore}$$

$$MTTR = 8 \text{ ore}$$

$$PFD = \frac{\lambda \cdot MT \cdot (MTTR + Tr)}{8760} = \frac{8,9E-6 \cdot 8760 \cdot (8 + 4)}{8760} = 0,94 / 8760 = 1,07E-4$$

### B.4 VALUTAZIONE DELL'ERRORE UMANO

La stima dell'errore umano è basata sulla probabilità di errore (definito anche rateo di errore), dato che può essere ricavato genericamente da testi affidabilistici o banche dati (con approssimazioni che possono essere anche di qualche ordine di grandezza), ma che dovrebbe essere valutato caso per caso sulla scorta della situazione sotto esame considerando le peculiarità dell'elemento umano (grado di cultura, esperienza, caratteristiche psicofisiche) e le variabili che incidono sul comportamento (sensibilizzazione all'argomento, formazione ed addestramento, grado di stress in funzione dell'occasione in cui può avvenire l'errore, ecc.).

Il rateo di errore (HEP) viene poi combinato con le occasioni in cui se si verifica tale errore si ha l'evento temuto.

$$HEP = \text{Numero di errori} / \text{Numero di opportunità di errore (probabilità di errore)}$$

$$HER = \text{Numero di errori} / \text{Durata totale dell'operazione (frequenza dell'errore)}$$

Calcolo della frequenza di errore (occ/y) di un operatore che compie in un anno 50 manovre con rateo di errore (da banca dati) di 3E-3 occ/dem (significa che l'operatore commette 3 errori ogni 1000 opportunità di errore):

$$\frac{3 \text{ errori}}{1000 \text{ operazioni}} \cdot \frac{50 \text{ occasioni}}{1 \text{ anno}} = 0,15 \text{ occ / anno} \quad [B.10]$$

## C LEGENDA

Nella scrittura dell'HazOp si usano le seguenti sigle allo scopo di ridurre lo spazio richiesto per la costruzione degli alberi di guasto:

**E.U.** *Errore Umano*

**F.A.** *Funzionamento Anomalo (guasto generico che impedisce il corretto funzionamento del componente; può essere accompagnato dalla specificazione del guasto)*

**F.S.** *Fuori Servizio (in genere riferito a sistemi o macchine che non sono in esercizio)*

**M.F.** *Mancato Funzionamento (il componente non risponde alla richiesta)*

**N.A.** *Non Applicabile (si riferisce alla deviazione del parametro)*

**N.E.** *Nessun Effetto con riferimento allo scopo dell'analisi*

Riguardo alle sigle della strumentazione si segue in genere il criterio dello standard ANSI/ISA che identifica i componenti secondo quanto riassunto di seguito.

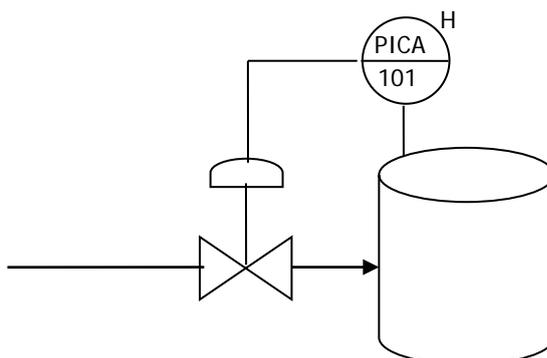
In genere si usano 3 o 4 lettere seguite da un numero, per esempio TIC103, dove

Prima lettera	Seconda lettera	Terza lettera	numero	significato
T				Temperatura
	I			Indicata (con indicatore)
		C		Controllata (con segnale che comanda valvola)
			103	Numero del loop

Un esempio di 4 lettere è TICA dove l'ultima lettera sta per Allarme; in questo caso andrà anche indicato se l'allarme è di alto (High) o bassa (Low).

Nell'Hazop tuttavia è importante sia visualizzata la funzione correlata alla deviazione in esame ed il numero del loop; per esempio se uno schema si presenta come nella figura seguente:

**Figura 17**



Nell'hazop si riporterà la sigla PICA101 se si tratta di una causa elementare, la sigla PAH101 se si vuole considerare l'allarme (non è corretto considerare sia la funzione di allarme che quella di regolazione in relazione alla stessa deviazione in quanto si assume che il guasto possa inibire sia la funzione di regolazione che quella di allarme).

In genere l'accezione delle lettere di identificazione degli strumenti (ITEM) è la seguente:

**Tabella 11**

	Prima lettera		Lettere successive		
	Misura o variabile iniziale	Informazione aggiuntiva alla variabile	Letture o funzione passiva	Funzione di uscita	Informazione aggiuntiva alla funzione
A	Analisi (pH per pH-metro)		Allarme		
B	Rivelatore di fiamma		A scelta utilizzatore <sup>(1)</sup>		
C	Conducibilità (elettrica)			Regolazione	
D	Densità o peso specifico	Differenziale			
E	Tensione elettrica (FEM)		Elemento primario		
F	Portata	Rapporto (frazione)			
G	Dimensioni (geometriche)		Vetro <sup>(2)</sup>		
H	Comando manuale				Alto <sup>(3) (4)</sup>
I	Corrente (elettrica)		Indicazione		
J	Potenza	Scansione			
K	Tempo o programma di tempo			Stazione/Posto di controllo	
L	Livello		Lampada spia		Basso <sup>(5) (4)</sup>
M	Miscela - Umidità				Medio o intermedio
N	A scelta utilizzatore <sup>(1)</sup>		A scelta utilizzatore <sup>(1)</sup>		
O	A scelta utilizzatore <sup>(1)</sup>		Orifizio (restrizione)		
P	Pressione o vuoto		Punto (connessione di prova)		
Q	Quantità	Integraz/totalizzaz.			
R	Radioattività		Registrazione - stampa		
S	Velocità o Frequenza	Sicurezza		Interruttore, commutatore	
T	Temperatura			Trasmettitore	
U	Multivariabile		Multifunzione	Multifunzione	Multifunzione
V	Vibrazione			Valvola	
W	Peso o Forza		Guaina termometrica		
X	Non classificata <sup>(6)</sup>		Non classificata	Non classificata	Non classificata
Y	Evento, Stato o Presenza			Relé o calcolo <sup>(7)</sup>	
Z	Posizione, Dimensione		Posizione della valvola	Comando, attuatore o elemento finale di controllo non classificato	

- 1) La lettera a scelta dell'utilizzatore copre i significati non elencati e va riferita ad un singolo progetto.
- 2) La funzione passiva "G" si applica agli strumenti che forniscono una lettura diretta e non calibrata del processo.
- 3) L'identificazione di altissimo o massimo è "HH".
- 4) Il termine "ALTO" e "BASSO" è definito con H= alto livello, valvola aperta, motore in marcia. L= basso livello, valvola chiusa, motore fermo.
- 5) L'identificazione di bassissimo o minimo è "LL".
- 6) La lettera non classificata "X" copre i significati non elencati e va usata soltanto una volta oppure per un'applicazione limitata.
- 7) Le funzioni associate alla lettera successiva "Y" sono definite di volta in volta.