

ALLEGATO 1.C.1.5
LINEE GUIDA ANALISI DI RISCHIO

ICARO



GUIDA TECNICA PER L'ESECUZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO FINALIZZATA AL RAPPORTO DI SICUREZZA

linea guida_analisi di rischio_rev0.doc	Ottobre 2011
Nome file	Data

INDICE

PREMESSA	5
0.1 RIFERIMENTI NORMATIVI	5
0.2 RIFERIMENTI TECNICI	6
0.3 GLOSSARIO	7
0.4 STRUTTURA DEL DOCUMENTO	9
A Dati identificativi – Elementi importanti	10
B Informazioni specifiche – Elementi importanti	10
C Sicurezza dell'impianto – Elementi importanti	10
D Situazioni di emergenza – Elementi importanti	11
E Impianti di trattamento – Elementi importanti	12
F Misure di assicurazione – Elementi importanti	12
G Analisi della compatibilità territoriale – Elementi importanti	12
CAPITOLO 1 – CRITERI PER IL CALCOLO DEGLI HOLD UP DELLE SOSTANZE PERICOLOSE AI SENSI DELL'ALLEGATO I DEL D.LGS.334/99 E S.M.I.	13
1.1 Generalità	13
1.2 Criteri di classificazione	13
CAPITOLO 2 – ANALISI PRELIMINARE PER INDIVIDUARE AREE CRITICHE DI ATTIVITÀ INDUSTRIALE (METODO INDICIZZATO)	18
2.1 Generalità	18
2.2 Applicazione del Metodo	18
2.2.1 Suddivisione in unità logiche (paragrafo 2.1 Allegato II DPCM 31/3/1989)	18
2.2.2 Rappresentazione delle unità.	19
2.2.3 Scelta della sostanza predominante (o sostanza chiave)	20
2.2.4 Calcolo del fattore sostanza B	20
2.2.5 Calcolo dell'indice intrinseco di tossicità IIT	20
2.2.6 Calcolo dei fattori di penalità	21
2.2.7 Quantità	21
2.2.8 Calcolo dei fattori compensativi	21
2.2.9 Calcolo degli indici di rischio	21
2.2.10 Calcolo degli indici di rischio compensati	22
CAPITOLO 3 – CRITERI PER LO SVILUPPO DEL DOCUMENTO DI ANALISI STORICA	27
3.1 Generalità	27
CAPITOLO 4 – STIMA FREQUENZE DI RILASCI DI NATURA "RANDOM"	28
4.1 Generalità	28
4.2 Banche dati	28
4.3 Approccio metodologico	29
4.4 Parametri di base	29
4.4.1 Forma della perdita	29
4.4.2 Frequenza della perdita	30
4.5 Fattori di correzione specifici	30
4.5.1 Fattori di correzione delle frequenze di perdita/rottura: generalità	30
4.5.2 Approccio adottato	31

4.5.3	Fattore correttivo legato al Sistema di Gestione della Sicurezza F_{SGS}	31
4.5.4	Fattore correttivo legato a misure tecniche specifiche F_{TEC}	32
4.6	Valori finali da adottare	37
CAPITOLO 5 – APPLICAZIONE DELLA TECNICA DELL'ALBERO DEI GUASTI		38
5.1	Calcolo delle frequenze di accadimento	38
5.2	Tabella dei ratei di guasto	42
CAPITOLO 6 – CRITERI PER LA DEFINIZIONE DELLE FREQUENZE DI ACCADIMENTO		44
CAPITOLO 7 – CALCOLO DELLE FREQUENZE DI ACCADIMENTO DEGLI SCENARI INCIDENTALI		46
7.1	Tipologie degli scenari incidentali	46
7.2	Probabilità di diversi scenari incidentali	47
7.3	Tempi d'intervento	49
CAPITOLO 8 – TERMINI SORGENTE		50
CAPITOLO 9 – CRITERI PER IL CALCOLO DELLE CONSEGUENZE DEGLI SCENARI INCIDENTALI		51
9.1	Scenari incidentali di riferimento	51
9.2	Parametri da inserire nel modello	52
CAPITOLO 10 – CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI		53
CAPITOLO 11 – MODELLI DI CALCOLO DELLE CONSEGUENZE AMBIENTALI		54
11.1	Inquinamento del terreno per rilascio della sostanza sul suolo;	54
11.2	Incidente ambientale causato da rilascio in mare	54
CAPITOLO 12 – MAPPE DELLE CONSEGUENZE		55
CAPITOLO 13 – CRITERI PER L'ANALISI DEI POSSIBILI EFFETTI DOMINO		56
13.1	Metodologia generale	56
13.2	Applicazione della metodologia	59

PREMESSA

La presente guida tecnica, costituisce lo standard per l'esecuzione di Rapporto di Sicurezza ai sensi del disposto del D.Lgs. 334/99 e normativa collegata.

Eventuali deviazioni dalla presente nello sviluppo del rapporto di sicurezza sono il risultato di un confronto puntuale con i tecnici di Centrale.

0.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Decreto legislativo n° 238 del 21 settembre 2005

Attuazione della direttiva 2003/105/CE, che modifica la direttiva 96/82/CE, sul controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose..

Decreto Ministro dell'Ambiente 16 maggio 2001 n. 293

Regolamento di attuazione della direttiva 96/82/CE, relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose. (PORTI INDUSTRIALI E PETROLIFERI).

Decreto Ministro dei Lavori Pubblici 9 maggio 2001

Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante.

Decreto Ministeriale 19 marzo 2001 e circolare esplicativa n. NS 5074/4192 sott. 1 del 18/07/01

Procedure di prevenzione incendi relative ad attività a rischio di incidente rilevante.

Decreto Ministro dell'Ambiente del 9 agosto 2000

Individuazione delle modificazioni di impianti e di depositi, di processi industriali, della natura o dei quantitativi di sostanze pericolose che potrebbero costituire aggravio del preesistente livello di rischio.

Decreto Ministro dell'Ambiente del 9 agosto 2000

Linee guida per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza.

Decreto legislativo n° 334 del 17 agosto 1999

Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose.

Decreto Ministeriale del 20 ottobre 1998

Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici.

Decreto Ministeriale del 16 marzo 1998

Modalità con le quali i fabbricanti per le attività industriali a rischio di incidente rilevante devono procedere all'informazione, all'addestramento e all'equipaggiamento di coloro che lavorano in situ.

Decreto Ministeriale del 10 marzo 1998

Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro.

Decreto Ministro dell'Ambiente 5 novembre 1997

Modalità di presentazione e di valutazione dei rapporti di sicurezza degli scali merci terminali di ferrovia.

Decreto Ministeriale 5 novembre 1997

Criteri e metodi per l'effettuazione delle ispezioni agli stabilimenti di cui al decreto del Presidente della Repubblica del 17 maggio 1988, n. 175, e successive modificazioni.

Decreto Ministeriale 15 maggio 1996

Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di gas e petrolio liquefatto (GPL).

Decreto Ministro dell'Ambiente 1 febbraio 1996

Modificazioni ed integrazioni al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 31 marzo 1989, recante: «Applicazione dell'art. 12 del decreto del Presidente della Repubblica 17 maggio 1988, n.175, concernente rischi rilevanti connessi a determinate attività industriali».

Decreto Ministro della Sanità 16 febbraio 1993 e successive modifiche/integrazioni

Modificazioni ed integrazioni ai Decreti ministeriali 3 dicembre 1985 e 20 dicembre 1989 sulla classificazione e la disciplina dell'imballaggio e dell'etichettatura delle sostanze pericolose, in attuazione delle direttive emanate dal Consiglio e dalla Commissione delle Comunità europee.

Decreto Ministro della Sanità 28 gennaio 1992 e successive modifiche /integrazioni

Classificazione e disciplina dell'imballaggio e della etichettatura dei preparati pericolosi in attuazione delle direttive emanate dal Consiglio e dalla Commissione delle Comunità europee.

Decreto Ministeriale del 16/02/1982

Modificazioni del D.M. 27 settembre 1965, concernente la determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi.

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 31/03/1989

Applicazione dell'art. 12 del decreto del Presidente della Repubblica 17 maggio 1988, n. 175, concernente rischi rilevanti connessi a determinate attività industriali.

0.2 RIFERIMENTI TECNICI

1. Lees, F.P. – “Loss Prevention in the Process Industries” – Butterworth – Heinemann (1996) (2nd edition)
2. TNO – “Methods for the calculation of the Physical Effects”, CPR 14E – 3rd ed. , 1997
3. TNO – “Methods for the calculation of the possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials”, CPR 16E – 1989
4. Center for Chemical Process Safety of the AIChE: “Guidelines for Hazard Evaluation Procedures” – 2nd ed., 1992
5. Center for Chemical Process Safety of the AIChE: “Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis” – 1989
6. Center for Chemical Process Safety of the AIChE: “Guidelines for Process Equipment Reliability Data, with data tables” - 1989

7. Center for Chemical Process Safety of the AIChE: "Evaluation of Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flashfires and BLEVEs" - 1994
8. Cremer and Warner Report, D. Reidel "Risk analysis of six potentially hazardous industrial objects in the Rijnmond area, a pilot study" - 1981.
9. E&P forum Report n° 11.4/180 - DNV Technica: "Hydrocarbon leak and ignition data base" - 1992.
10. "HAZOP and multistage hazard study", pubblicata da Institute of Chemical Engineers nel 1999
11. SINTEF – OREDA, Offshore Reliability Data, 2002
12. API STD 581 – "Risk based inspection – Base Resource Document"
13. HSDB (Hazardous Substances Data base);
14. RTECS (Registry of Toxic Effects of Chemical Substances);
15. International Chemical Safety Cards.
16. Assessment of the Dangerous Toxic Load (DTL) for Specified Level of Toxicity (SLOT) and Significant Likelihood of Death (SLOD) – riferimento: <http://www.hse.gov.uk/hid/haztox.htm>
17. Cox, Lees and Ang, 1991. Classification of Hazardous Locations, Rugby: Institution of Chemical Engineers, ISBN 0 85295 258 9
18. Red Book: methods for calculating the probability of unintended events – TNO
19. Safety Equipment Reliability Handbook, Exida
20. Teseo, Tecnica empirica per la stima degli errori degli operatori

0.3 GLOSSARIO

- HAZOP:** Tecnica strutturata e sistematica di analisi di sicurezza applicata a processi industriali
- SIL:** Definizione del livello di integrità delle funzioni di sicurezza definito in accordo allo standard internazionale IEC 61508 e IEC 61511.
- Rottura random:** Perdita di contenimento da apparecchiatura / linea non specificamente riconducibili a cause di processo, ma connesse a cause più generali (corrosione, errata selezione materiali, errori operativi, ecc.).
- Rateo di guasto:** Frequenza attesa di guasto di un componente di un sistema
- Albero dei guasti:** Tecnica analitica che consente di rappresentare in maniera sistematica le connessioni cause-conseguenze che possano portare ad un guasto del sistema
- Albero degli eventi:** Tecnica analitica che consente di rappresentare in maniera sistematica le possibili evoluzioni di un evento incidentale tra i vari scenari alternativi
- Jet Fire:** Dardo di fuoco direzionale dovuto all'incendio del getto di gas che si libera in pressione; può causare danni alle strutture e/o alle persone in relazione all'entità dell'irraggiamento generato.
- Flash Fire:** Rapida combustione di una nube di gas/vapori infiammabili, senza sviluppo di sovrappressioni. Tale fenomeno ha una durata molto limitata e comporta effetti

letali soltanto per le persone che si venissero a trovare all'interno della nube. Non sono da attendersi danni per le strutture.

Pool Fire: Incendio di una pozza di liquido; può causare danni alle strutture e/o alle persone in relazione all'entità dell'irraggiamento generato.

UVCE: (Unconfined Vapor Cloud Explosion) Esplosione di una nube di vapori non confinata; può causare danni alle strutture e/o alle persone in relazione all'entità delle onde di sovrappressione generate. L'effetto sulle persone all'interno di strutture è indotto dai danneggiamenti provocati sulle strutture stesse.

BLEVE: (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) Cedimento strutturale di una struttura (tipicamente i serbatoi di stoccaggio GPL) a seguito del repentino aumento della pressione dovuto ad evaporazione del liquido presente all'interno. Il fenomeno si determina nel caso in cui un serbatoio sia investito direttamente da una sorgente di fiamma (da pozza o da getto) che riscalda il mantello fino a determinarne il cedimento e la immediata vaporizzazione del liquido contenuto all'interno.

Fireball: Palla di fuoco, tipicamente conseguente un BLEVE; incendio in atmosfera di una elevata quantità di vapori rilasciata quasi istantaneamente. L'incendio assume la forma di una sfera; può causare danni alle strutture e/o alle persone in relazione all'entità dell'irraggiamento generato.

IDHL: (Immediately Dangerous to Life or Health) Concentrazione massima ammissibile per un'esposizione di 30 minuti senza che una persona sana subisca danni irreversibili).

LC50: (Lethal Concentration – 50%). Concentrazione di sostanza tossica, letale per inalazione nel 50% dei soggetti esposti per 30 minuti.

LFL: (Lower Flammability Limit) Limite inferiore di infiammabilità.

UFL: (Upper Flammability Limit) Limite Superiore di Infiammabilità. La quantità di gas/vapori compresa tra ULF e LFL è in condizioni di infiammabilità, quindi in caso di presenza di una sorgente di innesco, partecipa alla combustione.

Effetto Domino: Propagazione degli effetti di uno scenario incidentale a seguito del danneggiamento di una apparecchiatura/unità differente da quella in cui lo scenario si è originato.

0.4 STRUTTURA DEL DOCUMENTO

Il documento è costituito di un insieme di allegati tecnici, che rappresentano gli strumenti metodologici costitutivi dell'analisi; è distinto in sezioni, ciascuna delle quali contiene paragrafi e sottoparagrafi, contraddistinte da lettere e numeri.

Nelle sezioni sono richiamati allegati tecnici che approfondiscono alcune tematiche di analisi di rischio.

La struttura del documento e la suddivisione in paragrafi, seguono il DPCM 31/03/1989, con l'aggiunta di una serie di paragrafi finali volti alla individuazione di informazioni di completamento.

Nella Premessa è illustrato in maniera generale l'assetto dello stabilimento ed il Sistema di Gestione della Sicurezza.

La sezione 1.A.1 descrive l'ubicazione e fornisce i dati identificativi dello stabilimento.

La sezione 1.B.1 descrive le sostanze pericolose, i quantitativi presenti (hold up), gli indici di rischio e gli indici di rischio compensati.

La sezione rimanda ad approfondimenti contenuti negli allegati da 1 e 2.

La sezione 1.C.1 illustra l'analisi di rischio: in essa è contenuto il processo di identificazione delle ipotesi incidentali, dei conseguenti scenari ed il calcolo degli effetti; appartengono alla sezione le misure progettuali e costruttive ed i sistemi di rilevamento.

La sezione rimanda ad approfondimenti ,contenuti negli allegati da 3 a 8.

La sezione 1.D.1 contiene il processo di identificazione degli effetti domino, la stima delle frequenza ed il calcolo degli effetti; le misure preventive e protettive attuate.

La sezione rimanda ad approfondimenti contenuti nell'allegato 9, che descrive i criteri metodologici da utilizzarsi per l'individuazione delle frequenze di accadimento degli scenari incidentali.

La Sezione 1.E.1 descrive le misure adottate per mitigare gli aspetti ambientali (acqua, aria e rifiuti).

La sezione 1.F.1 descrive le misure assicurative e di garanzia per i rischi.

A completamento del documento sono poi state aggiunte ulteriori sezioni, che non sono previste dal DPCM, ma che sono spesso oggetto di richiesta da parte degli Enti esterni e/o costituiscono adempimenti richiesti dal D.Lgs. 334/99 e collegati:

La sezione 1.G.1 fornisce indicazioni generali sul Sistema di Gestione della Sicurezza.

La sezione 1.H.1 fornisce le indicazioni normative per l'effettuazione della pianificazione territoriale, ai sensi del D.M.9.5.2001.

A DATI IDENTIFICATIVI – ELEMENTI IMPORTANTI

1. Indicare, tra le altre informazioni, il nome del gestore dello stabilimento (normalmente il direttore di stabilimento).
2. Corografia dello stabilimento: verificare cartografie elettroniche su internet;
3. Richiesta la planimetria della zona in cui sorge il sito con almeno 1000 m da baricentro;
4. Planimetria di stabilimento (richiesta in formato elettronico, possibilmente georeferenziato);
5. Inquadramento geolitologico del sito.

B INFORMAZIONI SPECIFICHE – ELEMENTI IMPORTANTI

1. Predisporre organigramma completo per le diverse funzioni.
2. Fornire dettagli specifici sulle modalità e sul piano di formazione del personale.
3. Classificazione delle sostanze pericolose.
Occorre censire, quantificare e classificare le sostanze pericolose presenti nello stabilimento. Le informazioni devono essere tratte dalle schede di sicurezza che devono pertanto essere disponibili per tutti i prodotti ed intermedi, compresi i chemicals ed i rifiuti pericolosi. In Capitolo 1 i dettagli in merito alla metodologia di censimento e classificazione delle sostanze pericolose.
4. Descrizione dell'impianto con dettaglio sui processi condotti e sulle principali apparecchiature presenti. La descrizione deve essere sviluppata in maniera da poter dare supporto diretto alla lettura dei diagrammi a blocchi e diagrammi di flusso dell'impianto e dello stabilimento);
5. Informazioni sulle caratteristiche di pericolosa di ciascuna delle sostanze presenti (eventuale instabilità chimica, incompatibilità con altre sostanze.
6. Applicazione del Metodo ad Indici per l'identificazione delle aree critiche.
Le tecniche ed i riferimenti per i diversi tipi di metodo da applicare sono riportati in Capitolo 2.

C SICUREZZA DELL'IMPIANTO – ELEMENTI IMPORTANTI

1. Predisporre il documento di analisi storica.
Le tecniche ed i riferimenti per lo sviluppo dell'analisi per i diversi tipi di impianto sono riportati in Capitolo 3.
2. Raccolta di dati meteorologici della zona che devono essere in linea con i valori di riferimento adottati nel calcolo delle conseguenze.
3. Identificazione degli eventi incidentali, secondo criteri basati su analisi storica, informazioni tratte dallo stabilimento ed analisi di operabilità (HAZOP).
Nel contesto del Rapporto di Sicurezza l'analisi è mirata alla identificazione di possibili eventi incidentali. Per tale motivo, particolare cura deve essere indirizzata alla

classificazione qualitativa delle conseguenze identificazione per stabilire se tali da determinare un evento incidentale oppure no.

4. Calcolo delle frequenze. Le tecniche ed i riferimenti per lo sviluppo dell'analisi per i diversi tipi di impianto sono riportati in Capitolo 4.
5. Calcolo delle frequenze – FTA (inclusi ratei, criteri per i test). Le tecniche ed i riferimenti per lo sviluppo dell'analisi per i diversi tipi di impianto sono riportati in Capitolo 5.
6. Calcolo frequenze – Criteri per credibilità di evento. Le tecniche ed i riferimenti per lo sviluppo dell'analisi per i diversi tipi di impianto sono riportati in Capitolo 6.
7. Scenari – Albero degli eventi. Le tecniche ed i riferimenti per lo sviluppo dell'analisi per i diversi tipi di impianto sono riportati in Capitolo 7.
8. Scenari – Modello per termini sorgente. Le tecniche ed i riferimenti per lo sviluppo dell'analisi per i diversi tipi di impianto sono riportati in Capitolo 8.
9. Scenari – Criteri per lo sviluppo delle conseguenze. Le tecniche ed i riferimenti per lo sviluppo dell'analisi per i diversi tipi di impianto sono riportati in Capitolo 9.
10. Scenari – Criteri per il calcolo degli effetti. Le tecniche ed i riferimenti per lo sviluppo dell'analisi per i diversi tipi di impianto sono riportati in Capitolo 10.
11. Scenari – Analisi dei possibili eventi incidentali di impatto sull'ambiente. I criteri sono riportati in Capitolo 11.
12. Scenari – Mappe delle conseguenze. Le tecniche ed i riferimenti per lo sviluppo dell'analisi per i diversi tipi di impianto sono riportati in Capitolo 12.
13. Riportare le misure di precauzione generali e specifiche per ciascun Top Event.
14. Riportare la planimetria con la classificazione elettrica delle aree a rischio di esplosione.
15. Riportare la planimetria con gli scarichi funzionali di prodotti pericolosi.
16. Riportare indicazioni sui sistemi di blocco (numero, logica, test di verifica, ecc.).
17. Riportare planimetria con i sistemi di rilevazione.

D SITUAZIONI DI EMERGENZA – ELEMENTI IMPORTANTI

1. Predisporre il documento di valutazione dei possibili effetti domino.
2. Le tecniche ed i riferimenti per lo sviluppo dell'analisi per i diversi tipi di impianto sono riportati nel Capitolo 13.
3. Indice del manuale operativo.
4. Planimetria della rete antincendio ed illustrazione dei mezzi disponibili (inclusi mezzi fissi di spegnimento, mezzi mobili, personale, sorgente di acqua)
5. Informazioni per il rilascio / rinnovo del CPI.
6. Piano di emergenza di stabilimento, con vie di fuga e presidi vari.

E IMPIANTI DI TRATTAMENTO – ELEMENTI IMPORTANTI

1. Planimetria della rete fognaria di stabilimento e descrizione dell'impianto di trattamento.
2. Descrizione degli impianti di abbattimento.
3. Informazione sulla classificazione dei rifiuti ai sensi del D.Lgs. 238/05.

F MISURE DI ASSICURAZIONE – ELEMENTI IMPORTANTI

1. Informazioni in merito alle assicurazioni stipulate.

G ANALISI DELLA COMPATIBILITÀ TERRITORIALE – ELEMENTI IMPORTANTI

1. Predisporre documento di analisi degli scenari con impatti all'esterno dello stabilimento con relativa mappa di involuppo dei vari livelli di conseguenza.

CAPITOLO 1 – CRITERI PER IL CALCOLO DEGLI HOLD UP DELLE SOSTANZE PERICOLOSE AI SENSI DELL'ALLEGATO I DEL D.LGS.334/99 E S.M.I.

1.1 GENERALITÀ

Sulla base delle informazioni contenute nelle tabelle, si procederà alla classificazione delle sostanze in relazione alle categorie definite dall'Allegato I al D.Lgs. 238/05.

Le informazioni relative alle frasi di rischio delle sostanze pericolose saranno desunte dalle seguenti fonti:

- schede di sicurezza aggiornate delle sostanze pericolose;
- dalla normativa vigente in materia con riferimento fino al 31° adeguamento della normativa tecnica di classificazione delle sostanze e preparati pericolosi a livello europeo.

1.2 CRITERI DI CLASSIFICAZIONE

L'Allegato I al D.Lgs. 238/05 definisce una serie di soglie di riferimento per i quantitativi di sostanze pericolose presenti in uno stabilimento. Tale allegato è suddiviso in due parti.

Nella prima parte sono individuate sostanze specifiche, che per la loro pericolosità intrinseca rientrano direttamente nel campo di applicazione della normativa. A ciascuna sostanza è associata una propria soglia di riferimento.

La parte seconda invece presenta una serie di Categorie di pericolo, che sono chiaramente identificate dal nome e da frasi di rischio. Pertanto per verificare l'inserimento di una sostanza in una di tali categorie è indispensabile verificare le frasi di rischio associate a tale sostanza o preparato. La verifica dell'inserimento delle sostanze pericolose in ciascuna delle Categorie previste dall'Allegato I parte seconda al D.Lgs. 238/05 sarà condotta in accordo ai criteri indicati nella tabella che segue.

Categoria di sostanze e/o preparati	Fraasi di rischio
Categoria 1 - SOSTANZE MOLTO TOSSICHE	R26, R27, R28
Categoria 2 - SOSTANZE TOSSICHE	R23, R24, R25
Categoria 3 - SOSTANZE COMBURENTI	R7, R8, R9
Categoria 4 - SOSTANZE ESPLOSIVE	R2
Categoria 5 - SOSTANZE ESPLOSIVE	R3
Categoria 6 - SOSTANZE INFIAMMABILI	R10
Categoria 7a - LIQUIDI FACILMENTE INFIAMMABILI	R10, R11, R17
Categoria 7b - LIQUIDI FACILMENTE INFIAMMABILI	R11
Categoria 8 - LIQUIDI FACILMENTE INFIAMMABILI	R12
Categoria 9i - SOSTANZE PERICOLOSE PER L'AMBIENTE	R50
Categoria 9ii - SOSTANZE PERICOLOSE PER L'AMBIENTE	R51/53
Categoria 10i - ALTRE CATEGORIE	R14, R15
Categoria 10ii - ALTRE CATEGORIE	R29

Note alla classificazione:

Le sostanze caratterizzate da più di una classificazione (ad esempio il benzene che risulta contemporaneamente facilmente infiammabile e tossico) saranno inserite su tutte le categoria applicabili, onde verificare l'eventuale superamento di ciascuna delle soglie.

Per quanto concerne le sostanze e i preparati con punto di infiammabilità inferiore a 55°C, si provvederà, separatamente, ad inserirli nella categoria 7a nei casi in cui ricorrano le prescritte condizioni (alta temperatura ed elevata pressione); laddove si è considerato:

- alta temperatura: superiore a 100°C,
- alta pressione: superiore a 3 bar relativi.

Le miscele di idrocarburi assimilabili per composizione alla categoria di parte prima denominata "prodotti petroliferi" (benzine, gasoli), saranno conteggiate in accordo ai seguenti criteri:

- miscele presenti in impianto, mantenute in condizioni operative differenti da quelle atmosferiche, saranno classificate come liquidi infiammabili ed inseriti nelle Categorie 6, 7a, 7b oppure 8 in relazione alle condizioni di pericolosità;
- le miscele presenti in stoccaggio a condizioni atmosferiche e destinate direttamente a vendita oppure a successive lavorazioni nel campo esclusivo della produzione di prodotti petroliferi, saranno conteggiate in parte 1 nella specifica categoria nominata;
- le miscele presenti in stoccaggio a condizioni atmosferiche e destinate a successive lavorazioni all'interno dell'impianto (ad esempio la benzina pirolitica, la virgin naphta, tagli di idrocarburi aromatici) saranno classificate come liquidi infiammabili ed inseriti nelle Categorie 6, 7a, 7b oppure 8 in relazione alle condizioni di pericolosità.

Le miscele di idrocarburi leggeri assimilabili per composizione alla categoria di parte prima denominata "Gas estremamente infiammabili liquefatti e gas naturale" saranno conteggiate in accordo ai seguenti criteri:

- miscele presenti in aree di stoccaggio (GPL) oppure di distribuzione (gas naturale) saranno inserite in parte 1 nella specifica categoria nominata;
- miscele presenti in impianto, mantenute in condizioni operative particolari o comunque in apparecchiature contenenti ulteriori sostanze pericolose verranno inserite come sostanze estremamente infiammabili di cui alla Categoria 8 della parte seconda.
- La verifica del superamento delle soglie verrà effettuata separatamente secondo i criteri definiti nel D.Lgs. 238/05:
- Allegato I, parte 1 - sostanze nominate.
- Allegato I, parte 2 - categorie di sostanze pericolose.
- Metodologia dei recuperi pesati - per sostanze o categorie che non superino i rispettivi limiti di soglia.

Di seguito una legenda per la determinazione dei limiti soglia artt. 6 e 7 e art. 8 D.Lgs. 334/99 e s.m.i.

ALLEGATO 1 PARTE 1 D.LGS.334/99 E S.M.I. (SOSTANZE NOMINATE)

Sostanza	Quantità totale detenuta (t)	Limite per applic. Artt. 6 e 7 (t)	Limite per applicazione Art. 8 (t)
IDROGENO		50	200
GAS LIQUEFATTI ESTREMAMENTE INFIAMMABILI (PROPANO) E GAS NATURALE		50	200
ACETILENE		5	50
OSSIGENO		200	2.000
PRODOTTI PETROLIFERI (GASOLIO)		2.500	25.000

ALLEGATO 2 PARTE 2 D.Lgs.334/99 E S.M.I. (CATEGORIE DI SOSTANZE E/O PREPARATI)

Categoria Sostanza e/o Preparato	Quantità detenuta (t)	Limite per Artt. 6 e 7 (t)	Limite per Art. 8 (t)
Categoria 1 SOSTANZE MOLTO TOSSICHE R26 R27 R28		5	20
Categoria 2 SOSTANZE TOSSICHE R23 R24 R25		50	200
Categoria 3 SOSTANZE COMBURENTI R7 R8 R9		50	200
Categoria 4 SOSTANZE ESPLOSIVE (nota2) sostanze, preparati, articoli assegnati alla divisione UN/ADR 1.4		50	200
Categoria 5 SOSTANZE ESPLOSIVE (nota2) sostanze, preparati, articoli assegnati alle divisioni UN/ADR 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 o 1.6 ovvero classificati con frasi di rischio R2 oR3		10	50
Categoria 6 SOSTANZE INFIAMMABILI sostanze o preparati che rientrano nella definizione di cui alla nota 3 a)] ovvero: Liquidi infiammabili – le sostanze e i preparati che hanno un punto di infiammabilità uguale o superiore a 21 °C e inferiore o uguale a 55°C (frase che descrive il rischio R10) e che supportano la combustione		5.000	50.000
Categoria 7° FACILMENTE INFIAMMABILI [sostanze o preparati che rientrano nella definizione di cui alla nota 3 b) 1], ovvero: Liquidi facilmente infiammabili 1) - le sostanze ed i preparati che possono riscaldarsi fino ad incendiarsi a contatto con l'aria a temperatura ambiente senza alcun apporto di energia (frase che descrive il rischio R17); - le sostanze ed i preparati che hanno un punto di infiammabilità inferiore a 55 °C e che sotto pressione rimangono allo stato liquido, qualora particolari condizioni di utilizzazione, come la forte pressione e l'elevata temperatura, possano comportare il pericolo di incidenti rilevanti		50	200
Categoria 7b LIQUIDI FACILMENTE INFIAMMABILI [sostanze o preparati che rientrano nella definizione di cui alla nota 3b-2) ovvero: 2) - le sostanze ed i preparati il cui punto di infiammabilità è inferiore a 21°C, ma che non sono estremamente infiammabili (frase che descrive il rischio R11, secondo trattino)		5.000	50.000

Categoria Sostanza e/o Preparato	Quantità detenuta (t)	Limite per Artt. 6 e 7 (t)	Limite per Art. 8 (t)
<p>Categoria 8 ESTREMAMENTE INFIAMMABILI [sostanze o preparati che rientrano nella definizione di cui alla nota 3c], ovvero: gas e liquidi estremamente infiammabili, 1) le sostanze e i preparati liquidi che hanno un punto di infiammabilità inferiore a 0 °C e un punto di ebollizione (o un punto iniziale di ebollizione, in caso di intervallo di ebollizione), a pressione normale, inferiore o uguale a 35 °C (frase che descrive il rischio R12, primo trattino), e 2) i gas che sono infiammabili a contatto dell'aria a temperatura ambiente e a pressione normale (frase che descrive il rischio R12, secondo trattino) e che sono allo stato gassoso o supercritico 3) le sostanze e i preparati liquidi infiammabili e altamente infiammabili mantenuti ad una temperatura superiore al loro punto di ebollizione</p>		10	50
<p>Categoria 9i SOSTANZE PERICOLOSE PER L'AMBIENTE in combinazione con la frase che descrive il rischio R50: "Molto tossico per gli organismi acquatici" (compresa la frase R50/53)</p>		100	200
<p>Categoria 9ii SOSTANZE PERICOLOSE PER L'AMBIENTE in combinazione con la frase che descrive il rischio R51/53: "Tossico per gli organismi acquatici; può causare effetti negativi a lungo termine nell'ambiente acquatico"</p>		200	500
<p>Categoria 10i ALTRE CATEGORIE che non rientrano in quelle precedenti, in combinazione con la frase che descrive il rischio R14: "reagisce violentemente a contatto con l'acqua" (compresa la frase R14/15)</p>		100	500
<p>Categoria 10ii ALTRE CATEGORIE che non rientrano in quelle precedenti, in combinazione con la frase che descrive il rischio R29: "libera gas tossici a contatto con l'acqua"</p>		50	200

CAPITOLO 2 – ANALISI PRELIMINARE PER INDIVIDUARE AREE CRITICHE DI ATTIVITÀ INDUSTRIALE (METODO INDICIZZATO)

2.1 GENERALITÀ

Per gli impianti di processo l'applicazione del metodo ad indici viene eseguita secondo quanto disposto dal DPCM 31.03.89 – Allegato II.

Per depositi di GPL non connessi ad impianti e non refrigerati l'applicazione del metodo ad indici viene effettuata secondo quanto disposto dal DM 15/05/96, "Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di gas e petrolio liquefatto (GPL)".

(la parola "connesso" è da intendersi come serbatoi direttamente collegati al processo cioè assenza di stoccaggio operativo)

Per i depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici non connessi ad impianti e non refrigerati l'applicazione del metodo ad indici viene effettuata secondo quanto disposto dal D.M. 20/10/98, "Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici", che riprende le soglie definite all'interno del D.M. 15/05/96.

La parola "connesso" è da intendersi come serbatoi direttamente collegati al processo cioè assenza di stoccaggio operativo.

2.2 APPLICAZIONE DEL METODO

I principali passaggi sono i seguenti:

1. Suddivisione dell'azienda in impianti e dell'impianto in unità logiche a cui applicare il metodo.
2. Calcolo del fattore sostanza B (proprietà relative all'infiammabilità e alla reattività).
3. Calcolo dell'indice intrinseco di tossicità I.I.T. (proprietà relative alla tossicità).
4. Calcolo dei fattori di penalità.
5. Calcolo dei fattori compensativi.
6. Calcolo degli indici di rischio.
7. Calcolo degli indici di rischio compensati.

2.2.1 Suddivisione in unità logiche (paragrafo 2.1 Allegato II DPCM 31/3/1989)

Si suddivide gli impianti in unità identifica le sezioni logiche a cui viene applicato il metodo; le unità sono identificabili da condizioni omogenee di temperatura/pressione e da una sostanza principale come fonte di rischio.

Tutte le unità contenenti sostanze pericolose ai sensi del D.Lgs. 334/99 e s.m.i. devono essere rappresentate, in planimetrie e/o lay out e/o flow sheet; è importante includere nell'analisi tutte le apparecchiature e macchine.

Sulla base delle planimetrie fornite dallo stabilimento identificare tutti gli item impiantistici.

Criterio di suddivisione in Unità Logiche(paragrafo 2.1 allegato II DPCM 31/3/1989).

L'Unità Logica è la parte di impianto logicamente separata dalle altre per la natura del processo condotto, le sostanze in esso contenute, le condizioni operative.

Di seguito i criteri di raggruppamento in Unità Logiche:

- serbatoi di stoccaggio (inseriti in uno stesso bacino di contenimento) e accessori asserviti allo stoccaggio (pompe di rilancio, scambiatori, ecc.); nel caso di serbatoi posti in bacini diversi ma con accessori in comune, questi ultimi si attribuiscono al raggruppamento di serbatoi con maggiore hold up.
- colonna distillazione con accessori asserviti (pompe, condensatori, ribollitori, serbatoi di raccolta condensato, ecc.)
- stazioni di travaso autobotti (l'hold up delle autobotti va incluso)
- stazioni di travaso ferrocisterne (l'hold up delle ferrocisterne va incluso)
- stazione di travaso Navi (ogni punto di travaso (l'hold up della nave incluso) va considerato come unità logica)
- reattore
- sezione riscaldamento/raffreddamento
- sezione filtrazione
- rack di tubazioni
- trincee di tubazioni
- camini a torcia
- bacini di raccolta drenaggi superficiali (es. scarico rapido GPL)
- trattamenti effluenti liquidi (es. impianto biologico di stabilimento, impianto di trattamento acque di falda ecc.)
- circuiti di riscaldamento forni
- forni
- stoccaggio prodotti finiti.

Precisazione

Appartengono all'unità logica le linee che mandano il prodotto ad un'altra unità logica (esempio se il processo prevede prima la reazione e poi la distillazione, la linea di collegamento tra l'unità logica "reattore" e l'unità logica "colonna di distillazione" appartiene all'unità logica "reattore") e le linee di collegamento tra apparecchiature di una stessa unità logica (esempio linea di collegamento tra colonna di distillazione ed il suo ribollitore).

2.2.2 Rappresentazione delle unità.

Ciascuna unità logica, per quanto possibile deve essere identificata planimetria dell'impianto.

2.2.3 Scelta della sostanza predominante (o sostanza chiave)

La sostanza predominante (sostanza chiave) è quel composto o miscela presente nell'unità che, per le sue proprietà intrinseche e per le quantità presenti, fornisce il potenziale maggiore nel caso di rilascio di energia a seguito di combustione, esplosione o reazione esotermica; può essere un reagente, un prodotto, un intermedio, ecc..

Qualunque essa sia, la sua caratteristica essenziale è costituita dal fatto che la sua combustione o qualsiasi altra reazione fornisce il rilascio di energia più elevata possibile per quella unità.

L'hold up di una Unità Logica è la somma degli hold up delle sostanze pericolose (ai sensi del D.Lgs. 334/99 e s.m.i.) presenti in quella unità e assimilate tutte alla sostanza chiave (esempio di unità logica con miscela 2m³ metanolo e 3m³ GPL → hold up unità logica è pari a 5m³ di GPL).

2.2.4 Calcolo del fattore sostanza B

Il fattore B è una misura del contenuto di energia per unità di peso della sostanza (o miscela di sostanze) più pericolosa presente in quantità significativa, sia che si tratti di materia prima, sostanza intermedia, prodotto o solvente.

Nel caso in cui la sostanza non sia presente in tabella 2 Allegato II DPCM31/3/1989 il suo valore lo si determina con i criteri della tabella 3 dell'Allegato II al DPCM 31/3/1989 in funzione della sua infiammabilità e reattività.

Nel caso di unità logica con più sostanze pericolose il fattore sostanza B dell'Unità Logica è la media pesata dei fattori sostanza per le frazioni in peso sulla miscela (esempio miscela acqua(30%)+metanolo(50%)+GPL(20%) → $B_{mix}=B_{acqua} * 0,3 + B_{metanolo} * 0,5 + B_{GPL} * 0,2$).

2.2.5 Calcolo dell'indice intrinseco di tossicità IIT

Per ciascuna sostanza coinvolta nell'attività industriale si deve calcolare l'indice intrinseco di tossicità (IIT), che esprime l'indice di tossicità legato alle proprietà intrinseche di una data sostanza, relativamente all'esposizione personale diretta e ambientale.

L'indice IIT risulta di non agevole determinazione, in quanto dipendente da numerosi parametri a volte non facilmente rintracciabili.

Per il calcolo dell'indice IIT si determinano i seguenti fattori:

- PCF': proprietà chimico-fisiche
- PT: proprietà tossicologiche
- PET: proprietà ecotossicologiche
- PED: pluralità di esposizione
- DA: diffusione ambiente
- PE: persistenza
- BC: bioconcentrazione

2.2.6 Calcolo dei fattori di penalità

Per il calcolo dei fattori di penalità occorre analizzare le condizioni operative del processo in esame. I fattori presi in considerazione sono:

- Fattore M: Rischi specifici delle sostanze
- Fattore P: Rischi generali di processo
- Fattore S: Rischi particolari di processo
- Fattore Q: Rischi dovuti alle quantità
- Fattore L: Rischi connessi al lay-out
- Fattore s: Rischi per la salute

2.2.7 Quantità

Con riferimento al calcolo dei parametri relativi alla tossicità, deve essere fornita la ripartizione delle quantità che si dispongono nelle varie unità in esame, per ciascuna sostanza, in relazione alla somma delle quantità complessivamente presenti nell'attività industriale.

2.2.8 Calcolo dei fattori compensativi

Per tenere in conto le protezioni attive e passive presenti nell'impianto, vengono calcolati dei fattori compensativi.

Tali fattori sono indicatori della riduzione di rischio connesse alle protezioni.

I fattori previsti sono:

- K1: fattore di compensazione per il contenimento
- K2: fattore di compensazione per il controllo di processo
- K3: fattore di compensazione per l'atteggiamento verso la sicurezza
- K4: fattore di compensazione per le protezioni antincendio
- K5: fattore compensativo per l'isolamento e l'eliminazione delle sostanze
- K6: fattore di compensazione per le operazioni antincendio

2.2.9 Calcolo degli indici di rischio

Gli indici di rischio forniscono l'elemento riassuntivo di tutto il metodo per l'individuazione preliminare delle aree critiche.

Gli indici non sono stati riportati nella normativa che disciplina l'intero metodo, ma sono ricavabili dalle citate pubblicazioni di fonte Ministero dell'Ambiente e ISPESL.

Gli indici F, D, A, C, G e Tu possono essere considerati come indici relativi al rischio potenziale dell'impianto, dato che tengono conto dei rischi connessi alla presenza di sostanze pericolose in particolari lavorazioni senza considerare le protezioni attive e passive in atto.

Gli indici calcolati dal metodo sono:

- F: Carico d'incendio
- D: Fattore di incendio ed esplosione
- C: Fattore di esplosività confinata
- A: Fattore di esplosività all'aperto

- G: Indice di rischio globale
- Tu: Indice di tossicità per l'uomo e l'ambiente

2.2.10 Calcolo degli indici di rischio compensati

Le varie caratteristiche di sicurezza e le misure preventive connesse ad un'unità in un determinato impianto modificano il rischio effettivo dell'unità stessa.

È possibile suddividerle in due grandi aree, tendenti rispettivamente alla:

- riduzione del rischio attraverso la riduzione del numero degli incidenti (prevenzione);
- riduzione del rischio attraverso la riduzione dell'entità potenziale degli incidenti (protezione).

Le misure compensative della prima area, possono essere raggruppate in contenimento, controllo del processo e atteggiamento nei riguardi della sicurezza, per la seconda area, invece, in protezione dall'incendio, isolamento delle sostanze e operazioni antincendio.

Di seguito sono descritti i calcoli da eseguire per ottenere i cinque indici: indice del carico di incendio, dell'esplosione confinata, dell'esplosione in aria, indice di rischio globale e di rischio tossico.

Indice del carico di incendio, F

L'indice del carico di incendio viene determinato in base all'entità di sostanze infiammabili presenti nell'unità, al loro potenziale di rilascio d'energia e all'area sulla quale insiste l'unità.

Per D.P.C.M. 31 marzo 1989 e D.M. 15 maggio 1996:

la sua espressione è: $F = B \times K/N$

Per D.M. 20 ottobre 1998:

la sua espressione è: $F = B \times K / (N \times 1000)$

Indice compensato $F' = F \times K1 \times K3 \times K5 \times K6$

CATEGORIE DELL'INDICE DEL CARICO DI INCENDIO	
Indice del carico di incendio	Categoria
0 – 2	Lieve
2 – 5	Basso
5 – 10	Moderato
10 – 20	Alto (Grado I)
20 – 50	Alto (Grado II)
50 – 100	Molto Alto
100 – 250	Grave
Oltre 250	Gravissimo

Indice dell'esplosione confinata, C

La sua espressione è: $C = 1 + (M+P+S)/100$

e fornisce una misura del potenziale di esplosione all'interno dell'unità.

Indice compensato $C' = C \times K2 \times K3$

CATEGORIE DELL'INDICE DI ESPLOSIONE IN AMBIENTE CONFINATO	
Indice di esplosione confinata	Categoria
0 – 1,5	Lieve
1,5 – 2,5	Basso
2,5 – 4	Moderato
4 – 6	Alto
Oltre 6	Molto Alto

Indice dell'esplosione in aria, A

Le caratteristiche che influiscono sulla valutazione del rischio di esplosione in aria sono la quantità di sostanza presente e il suo calore di combustione, la verosimiglianza di un rilascio, il tasso e la quota del rilascio stesso, nonché infine le caratteristiche di miscelazione del gas.

Per D.P.C.M. 31 marzo 1989 e D.M. 15 maggio 1996:

la sua espressione è: $A = B \times (1 + m/100) \times (1 + p) \times (Q \times H \times C/1000) \times (t + 273) / 300$

Per D.M. 20 ottobre 1998:

la sua espressione è: $A = B \times (1 + p) \times (Q \times H \times C/1000) \times (t + 273) / 300$

Indice compensato $\hat{A} = A \times K1 \times K2 \times K3 \times K5$

CATEGORIE DELL'INDICE DI ESPLOSIONE IN ARIA	
Indice di esplosione in aria	Categoria
0 – 10	Lieve
10 – 30	Basso
30 – 100	Moderato
100 – 400	Alto
400 – 1700	Molto Alto
Oltre 1700	Grave

Indice del rischio globale, G

Essendo necessario confrontare unità che presentino tipi di rischio differenti, si determina un indice di rischio globale ottenuto con una combinazione degli indici sopra descritti integrati con un ulteriore indice, approssimativamente equivalente all'indice DOW per l'incendio e l'esplosione D.

L'indice D è calcolato con l'espressione:

$$D = B \times (1+M/100) \times (1+P/100) \times (1+(S+Q+L+s)/100)$$

L'espressione dell'indice di rischio globale è la seguente:

$$G = D(1 + 0,2 \times C \times \sqrt{AxF})$$

Indice compensato: $G' = G \times K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5 \times K6$

CATEGORIE DELL'INDICE DI RISCHIO GLOBALE		
Indice di rischio globale	Categoria relativa al D.P.C.M. 31/03/1989	Categoria relativa al D.M. 15/05/1996 e D.M. 20/10/1998
0 – 20	Lieve	A
20 – 100	Basso	
100 – 500	Moderato	B
500 – 1100	Alto (grado I)	
1100 – 2500	Alto (grado II)	C
2500 – 12500	Molto Alto	
12500 – 65000	Grave	D
Oltre 65000	Gravissimo	

Si precisa che per tutte le unità logiche analizzate aventi indice di rischio globale compensato G' pari alla categoria Alto o superiore ad esso, sono state sviluppate una o più ipotesi incidentali. Per quanto riguarda unità analoghe, l'analisi delle ipotesi è stata sviluppata su un'unità rappresentativa.

Indice del rischio tossico, Tu

Per D.P.C.M. 31 marzo 1989:

questo indice si calcola con la formula: $Tu = \sum_i IIT(i) \cdot f \left(\frac{Quantità(i)}{Soglia(i)} \right)$

- se $Quantità/Soglia \geq 1$ allora $f \left(\frac{Quantità(i)}{Soglia(i)} \right) = 1,5$

- se $Quantità/Soglia < 1$ allora $f \left(\frac{Quantità(i)}{Soglia(i)} \right) = Quantità/Soglia$

Per D.M. 20 ottobre 1998:

la sua espressione è la seguente: $Tu = 1500 \times \sqrt{AQ/IDLH}$

Per D.P.C.M. 31 marzo 1989:

Indice compensato: $Tu' = Tu \times K2 \times K3$

Per D.M. 20 ottobre 1998:

Indice compensato: $Tu' = Tu \times K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5 \times K6$

CATEGORIE DELL'INDICE DI RISCHIO TOSSICO		
Indice di rischio tossico	Categoria relativa al D.P.C.M. 31 marzo 1989	Categoria relativa al D.M. 20/10/1998
0 – 5	Lieve	A
5 – 10	Basso	
10 – 15	Moderato	
15 – 20	Alto	
20 - 25	Molto Alto	B
25 – 50		C
50 - 100		D
> 100		

Nota AQ: Il parametro AQ è rappresentativo delle caratteristiche impiantistiche dell'unità e delle proprietà chimico-fisiche della sostanza. La sua espressione è la seguente: $AQ = A \times PM \times Pv / (1000 \times T)$. Dove:

- PM = peso molecolare della sostanza (kg/kmole)
- Pv = tensione di vapore del liquido alla temperatura di rilascio (kPa)
- T = temperatura massima di esercizio riferita alla sostanza chiave (K)
- A = in assenza di bacino o in presenza di bacino di area maggiore della superficie della pozza:
 $A = Ap = 100 \times (W/p) \quad (m^2)$
- A = in presenza di bacino di area minore della superficie della pozza Ap di sufficiente capacità:
 $A = Ab = \text{area bacino} - \text{area occupata dal/i serbatoio/i} \quad (m^2)$

Per tubazioni e manichette:

$$W = 2,66 \times d^2 \times p \times \sqrt{\Delta h} / 1000$$

Dove:

- p = densità del liquido alla temperatura di rilascio (kg/m³)
- Δh = carico (espresso in altezza di colonna di liquido) a monte della sezione di efflusso (m)
- d = funzione del diametro della tubazione maggiore dell'unità considerata:

Massimo diametro del tubo interessante la sostanza chiave	d
Fino a 4"	50
6"	70
8"	90
10"	110
12"	140
16"	180

Per serbatoi:

$$W' = 300 \times Q$$

$$W = 2,66 \times d^2 \times p \times \sqrt{\Delta h} / 1000$$

Dove:

- Q = portata della pompa di alimentazione.

Per ciascun indice (F, A, G, T) è effettuato un esame di dettaglio circa l'efficacia dei fattori compensativi e saranno fornite indicazioni circa i possibili miglioramenti da adottare per:

- ridurre il numero degli incidenti (fattori k1, k2 e k3)
- ridurre l'entità potenziale degli incidenti (fattori k4, k5 e k6).

CAPITOLO 3 – CRITERI PER LO SVILUPPO DEL DOCUMENTO DI ANALISI STORICA

3.1 GENERALITÀ

L'analisi storica degli eventi incidentali viene sviluppata con riferimento a banche dati referenziate, quali ad esempio le seguenti:

- MHIDAS (Major Hazard Incident Data Service, UK Health and Safety Executive);
- IChemE (Institution of Chemical Engineers);
- MARS (Major Accident Reporting System, JRC Ispra).

Il tipo di informazione per evento (data-base) è spesso disomogenea e ciò rende talora complessa l'elaborazione completa e sistematica per alcune tipologie di sostanze e di impianti componenti.

L'elaborazione, impostata per sostanze, viene sviluppata in accordo ai seguenti criteri:

- ricerca o verifica dell'esistenza di casistiche di eventi incidentali;
- valutazione percentuale degli eventi incidentali, suddivisa per parti/componenti, per cause del guasto iniziatore ed, ove possibile, per dimensioni del guasto, riferite ad un campione il più omogeneo ed esteso possibile, compatibilità con la disponibilità e rappresentatività dei dati.

Le elaborazioni di cui sopra sono riportate in ciascun Rapporto di Sicurezza singolo e riferite a ciascuna sostanza pericolosa principale nelle condizioni tecnologiche di impianto/stoccaggio o equivalenti.

Particolare importanza rivestono le informazioni relative alla storicizzazione di incidenti/mancati incidenti del sito e di Società, per le quali sono acquisite ed elaborate le cause iniziatrici, le conseguenze, e le misure di prevenzione e protezione adottate nell'ambito del sistema di gestione della sicurezza di stabilimento.

CAPITOLO 4 – STIMA FREQUENZE DI RILASCI DI NATURA “RANDOM”

4.1 GENERALITÀ

Di seguito sono riportati i criteri per la determinazione delle frequenze di accadimento (ratei di guasto) di eventi incidentali derivanti da rotture generiche e casuali, o “random”, di linee di processo e relativi accessori (flange, valvole, spurghi ecc.). I criteri esposti sono basati sulla base di un approfondito esame dei dati e delle statistiche presenti nelle banche di dati storici referenziate e nelle fonti bibliografiche citate nel seguito.

I parametri principali per la successiva valutazione delle conseguenze di una eventuale perdita sono così individuati:

- numero stimato di perdite di contenimento/anno (frequenza) per metro lineare di tubazione;
- dimensioni della perdita in termini di diametro equivalente della superficie di efflusso (differenziata in cricca, foro, sezione piena).

Ambedue i parametri sono infine messi in correlazione al diametro nominale della linea.

La specifica inoltre analizza e seleziona i fattori mitigativi, volti a prevenire le principali cause di perdita di contenimento, che possono influire sui parametri di base (principalmente sulla frequenza) e definisce i criteri metodologici, la cui applicazione conduce ai parametri finali corretti da utilizzare nei calcoli.

4.2 BANCHE DATI

Le banche dati di riferimento per l'impostazione dell'analisi sono le seguenti:

- Lees – “Loss Prevention in the Process Industries”, 2nd edition, 1996 – Butterworth – Heinemann
- UK HSE, Clive Nussey – “Failure frequencies of high pressure storage vessel at COMAH sites. A comparison of data used by HSE and the Netherlands”, 2006
- H.I. Beerens, J.C. Post, P.A.M. Uijt de Haag – “The use of generic failure frequencies in QRA: the quality and use of failure frequencies and how to bring them up to date” – Journal of Hazardous Materials, 130 (2006), 265-270
- API STD 581 – “Risk based inspection – Downstream Document - Recommended Practice” September 2008.
- Thomas, HM – “Pipe and vessel failure probability” – Reliability Engineering, 1981; 2:83 - 124
- DNV Technica, a cura di John Spouge – “A guide to quantitative risk assessment for offshore installations” – CMPT, 1999
- Flemish Government – LNE Department, Environment, Nature and Energy Policy Unit, Safety Reporting Division: “Handbook of failure frequencies for drawing up a Safety Report – Technical report and Appendix, 5 maggio 2009
- TNO - Committee for the Prevention of Disasters, CPR, “Guidelines for quantitative risk assessment – Purple Book”, doc CPR 18 E, 1999
- TOTAL - “Guidelines for risk analysis”, doc HSE-SRD-004, 2006

- E&P Forum: Quantitative Risk Assessment Data Directory - Report No 11.8/250 1996
- Cremer & Warner - App IX in COVO Commission- "Risk analysis of six potentially hazardous industrial objects in the Rijnmond Area, a pilot study – A report to the Rijnmond Public Authority", 1981
- World Bank - "Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques", 1985
- Progetto ARIPAR, Analisi dei Rischi Industriali e Portuali dell'Area di Ravenna, 1987
- HSE – Planning case and assessment guide (PCAG) – Failure rate and event data for use within risk assessments, 2004.
- SINTEF – OREDA, Offshore Reliability Data, 2002
- W.K. Muhlbauer, Pipeline Risk Management Manual, 3rd Ed., 2004, Elsevier

4.3 APPROCCIO METODOLOGICO

L'approccio che ha guidato lo sviluppo della presente specifica è fondato sui seguenti elementi principali:

- Selezione dei due parametri di base, ovvero del binomio forma/frequenza della perdita di contenimento, sulla scorta di una analisi storico-bibliografica su fonti referenziate.
- Definizione dei fattori di correzione ed individuazione delle modalità con le quali intervengono sul binomio forma/frequenza della perdita.
- Definizione del binomio finale per la forma/frequenza della perdita di contenimento.

4.4 PARAMETRI DI BASE

4.4.1 Forma della perdita

Sulla base dell'analisi e sintesi delle fonti bibliografiche citate, sono adottate le seguenti classificazioni per la perdita da linea.

Classificazione delle forme di perdita in base al diametro equivalente			
Forma	Cricca	Foro	Rottura
Dimensioni (D)	5-15 mm	15-50	D = 45%-100% DN linea

La variabilità nel diametro equivalente è funzione del DN della linea, in accordo alla successiva tabella:

Distribuzione dei diametri equivalenti per forma della perdita e DN linea				
DN linea (mm)	≤ 50	75 - 150	200 - 350	> 350
	<i>Diametri equivalenti della perdita in mm</i>			
CRICCA	5	5	10	15
FORO	15	25	25	50
ROTTURA	Da valutare, in tutti i casi il valore max è pari al DN linea			

4.4.2 Frequenza della perdita

Sulla base dell'analisi e sintesi delle fonti bibliografiche citate, sono adottate le seguenti frequenze di perdita da linea.

Frequenze di perdita per linee [occasioni/(anno-metro)]			
DN linea	Cricca	Foro	Rottura
1" – 2"	8,7E-6	2,8E-6	8,7E-7
3" – 6"	5,2E-6	1,7E-6	2,6E-7
Maggiore di 6"	2,6E-6	8,3E-7	8,7E-8

4.5 FATTORI DI CORREZIONE SPECIFICI

4.5.1 Fattori di correzione delle frequenze di perdita/rottura: generalità

Come illustrato in precedenza, i valori di base del binomio forma / frequenza della perdita da linea di processo, riportati nelle fonti referenziate citate, non tengono in esplicita considerazione l'effetto di fattori importanti, quali:

- l'assetto tecnologico ed organizzativo adottato nella progettazione, nei materiali, nella costruzione e nella gestione degli impianti;
- la implementazione di sistemi di ispezione, controllo e manutenzione delle apparecchiature, delle linee e della strumentazione critica ai fini della sicurezza;
- l'adozione di uno specifico Sistema di Gestione della Sicurezza per la prevenzione dei rischi di incidente rilevante, introdotto con il D.Lgs. 334/99;
- l'esperienza dello specifico stabilimento in merito alla occorrenza di perdite da linea di processo, con particolare riferimento alle forme più catastrofiche.

Questi fattori possono influenzare, sia pure in modo diversificato, la frequenza con la quale si manifesta una qualunque forma della perdita, per cui è giustificato adeguare le frequenze generiche di base combinandole con fattori correttivi.

Si individuano in generale due categorie di fattori correttivi:

- la prima, riferita a vari aspetti tecnologici e tecnici (prevenzione delle perdite in relazione a cause generiche predeterminabili);
- la seconda, di carattere più generale, collegata alla adozione di uno specifico Sistema di Gestione della Sicurezza, su un modello referenziato, verificabile e certificabile.

4.5.2 Approccio adottato

L'approccio proposto, che si fonda su criteri e metodologie proposti da API e DNV, alla luce di ulteriori indicazioni contenute nella bibliografia scientifica di riferimento, considera la possibilità di correggere la frequenza di base tenendo conto quindi di due fattori specifici:

- **F_{SGS}** Fattore di correzione determinato dalla presenza di un Sistema di Gestione della Sicurezza, conforme ai requisiti normativi (All. II del Dlgs 334/99 e DM 9 agosto 2000, OHSAS 18001), con valore variante tra 0,1 (positivo in termini di abbassamento di frequenza) e 10 (negativo).
- **F_{TEC}** Fattore di correzione determinato dalla disponibilità di misure impiantistiche/gestionali a fronte di ciascuna categoria causale di perdita "random", con valore variante tra 0,12 (positivo) e 8,5 (negativo).

La frequenza finale corretta, in considerazione dei fattori sopra determinati, sarà definita dalla seguente relazione:

$$F_{\text{corretta}} = F_{\text{base}} \times F_{\text{SGS}} \times F_{\text{TEC}}$$

4.5.3 Fattore correttivo legato al Sistema di Gestione della Sicurezza F_{SGS}

Si assumono i seguenti possibili valori, in conformità alle indicazioni fornite dalle fonti di riferimento:

- **F_{SGS} = 0,1** nel caso che lo stabilimento sia dotato di un Sistema di Gestione della Sicurezza conforme ai requisiti di cui all'Allegato II del D.Lgs. 334/99 ed al DM 9 agosto 2000, la cui conformità sia attestata sulla base degli esiti di verifiche periodiche condotte dalle Autorità competenti¹ (periodicità non superiore a 5 anni) ed audit, volontarie e specifiche, condotte da Enti Indipendenti, con periodicità non superiore a tre anni.
- **F_{SGS} = 0,5** nel caso che lo stabilimento sia dotato di un Sistema di Gestione della Sicurezza conforme ai requisiti di cui all'Allegato II del D.Lgs. 334/99 ed al DM 9 agosto 2000, la cui conformità sia attestata sulla base degli esiti di verifiche periodiche condotte dalle Autorità competenti (periodicità non superiore a 5 anni).
- **F_{SGS} = 1** nel caso che lo stabilimento sia dotato di un Sistema di Gestione della Sicurezza conforme ai requisiti di cui all'Allegato II del D.Lgs. 334/99 ed al DM 9 agosto 2000, la cui conformità non sia attestata da verifiche periodiche condotte da Enti Indipendenti (o in caso di periodicità eccedente i 5 anni).
- **F_{SGS} = 10** nel caso che lo stabilimento non sia dotato di un Sistema di Gestione della Sicurezza o sia dotato di un Sistema di Gestione della Sicurezza non conforme ai requisiti di cui all'Allegato II del D.Lgs. 334/99 ed al DM 9 agosto 2000.

¹ La verifica di conformità espressa da Enti Indipendenti (nello specifico, le Commissioni Ministeriali incaricate delle Ispezioni di cui al DM 9 agosto 2000) costituisce, di fatto, una attestazione che il SGS è conforme con i requisiti della norma, è adeguato ai fini del controllo dei rischi specifici presentati dallo Stabilimento, è correttamente implementato e mantenuto in vigore.

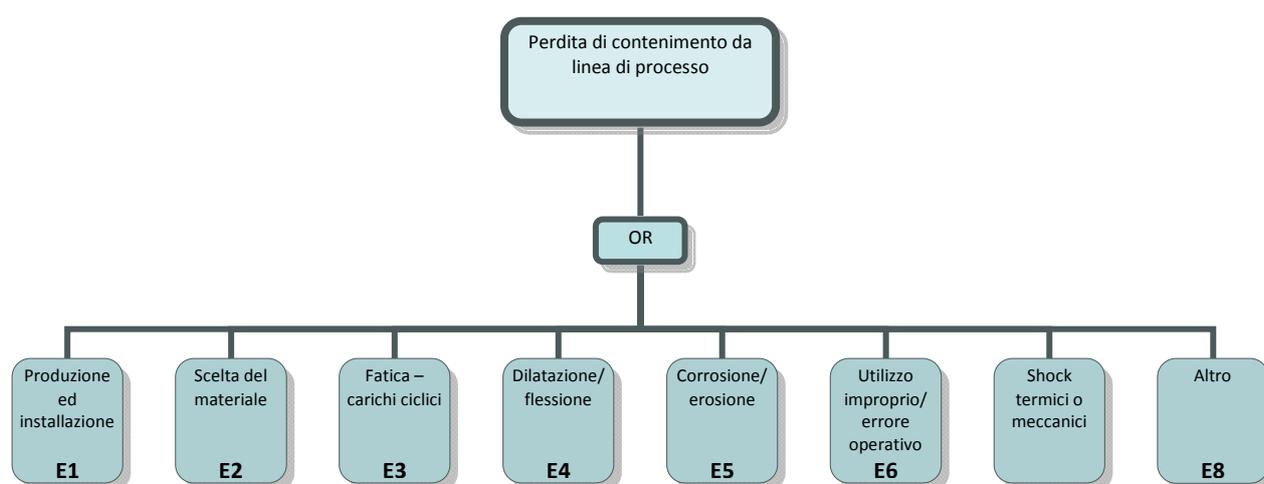
4.5.4 Fattore correttivo legato a misure tecniche specifiche F_{TEC}

Per la identificazione di una correlazione tra la frequenza di rilascio e la distribuzione delle possibili cause di guasto (associando a ciascuna causa principale il relativo peso nella frequenza complessiva) ci si è basati sullo studio di H.M. Thomas: "Pipe and vessel failure probability".

La distribuzione proposta da tale autore è riportata nella seguente tabella:

Causa di guasto		Peso sul rilascio da	
		"cricca" e "foro"	perdita totale
1	Produzione ed installazione (Materiale difettoso - difetti nelle saldature)	21%	30%
2	Scelta del materiale	29%	14%
3	Fatica (vibrazioni, cicli)	12%	19%
4	Dilatazioni, sforzi di flessione	3%	5%
5	Corrosione - erosione	25%	8%
6	Utilizzo improprio – Errore operativo	2%	16%
7	Shock termici e meccanici	1%	4%
8	Altre cause	7%	4%

La tabella, in sostanza, illustra le principali cause di perdita di contenimento ed assegna a ciascuna di esse una probabilità rispetto alla frequenza totale. Tale distribuzione può essere riprodotta anche facendo riferimento alla tecnica degli "alberi dei guasti", mediante lo schema proposto nel seguito.



A ciascuna causa di guasto individuata nella precedente tabella può essere associato uno specifico fattore correttivo che dovrà tener conto, quantitativamente, della esistenza, o meno, di specifiche misure tecnico/gestionali poste in essere a fronte della causa stessa .

Tali misure possono essere superiori rispetto a misure preventive definibili come standard (ed in tal caso lo specifico fattore correttivo potrà ridurre l'incidenza della causa esaminata sulla frequenza complessiva di perdita/rottura per l'elemento esaminato), od al di sotto dello standard (in tal caso il fattore correttivo ne terrà conto aumentando l'incidenza probabilistica determinata dalla causa in oggetto ai fini del valore finale della frequenza di perdita/rottura). Non è prevista l'applicazione di alcun fattore correttivo in caso di misure preventive definibili come standard.

La determinazione del fattore correttivo F_{TEC} si basa sulla seguente formula:

$$\log(F_{corretta}) = \log(F_{base}) + \sum a(i) x(i)$$

dove:

$F_{corretta}$ = Frequenza corretta

F_{base} = Frequenza base

$a(i)$ = Peso del singolo componente causale che determina la perdita (distribuzione probabilità)

$x(i)$ = fattore correttivo specifico attribuito in relazione alla singola componente causale (buono -1, medio 0, carente +1)

La assegnazione dei fattori $x(i)$ può essere effettuata solo nei casi in cui le misure di sicurezza siano individuabili su base accertabile e documentata e possa esserne considerata la adeguatezza in riferimento alla specifica causa di perdita.

Per quanto riguarda la categoria di cause indicata come "altre cause" in tabella (categoria che comprende perdite/rotture per le quali non è menzionata una causa univoca), non è prevista l'applicazione di fattori correttivi specifici, valendo, comunque, il fattore correttivo generale legato alla conformità al Sistema di Gestione della Sicurezza FSGS.

1 PRODUZIONE ED INSTALLAZIONE

L'incidenza di guasti dovuti alla produzione ed installazione di nuove linee o apparecchiature (sia per impianti nuovi che per modifiche agli impianti esistenti) può essere ridotta in caso di disponibilità di rigorose procedure per la modalità di posa in opera delle linee e delle apparecchiature e per i controlli di integrità sulle saldature quali la radiografia, verifiche con liquidi penetranti o altre verifiche non distruttive. I fattori presi a riferimento sono riportati nella tabella che segue.

Misura tecnica		Fattore
1	Esecuzione estensiva di controlli di integrità	-1
2	Esecuzione parziale di controlli di integrità	0
3	Nessuna esecuzione di controlli di integrità	1

2 SCELTA DEL MATERIALE

L'incidenza di guasti dovuti alla scelta del materiale per nuove linee o apparecchiature (sia per impianti nuovi che per modifiche agli impianti esistenti) può essere ridotta nel caso in cui siano previste rigorose procedure per il controllo della progettazione, mediante la conduzione di specifiche analisi di rischio su tutti gli elementi delle nuove unità. I fattori presi a riferimento sono riportati nella tabella che segue.

Misura tecnica		Fattore
1	Applicazione analisi di rischio a tutti i nuovi elementi della unità nuova/modificata	-1
2	Applicazione analisi di rischio soltanto a elementi principali della unità nuova/modificata	0
3	Nessuna applicazione Analisi di rischio per unità nuova/modificata	1

”

3 FATICA

La rottura per fatica dipende soprattutto dallo stress che subisce la tubazione in termini di variazioni cicliche delle condizioni operative oppure per vibrazioni. Sono stati identificate alcune apparecchiature che per tipologia possono determinare sollecitazioni cicliche. I fattori presi a riferimento sono riportati nella tabella che segue.

Misura tecnica		Fattore
1	Linea/apparecchiatura non connessa a compressori, pompe alternative o altre apparecchiature rotanti	-1
2	Linee potenzialmente soggette comunque a sollecitazioni cicliche.	0
3	Linea/apparecchiatura posta in mandata compressori, pompe alternative o altre apparecchiature rotanti	1

4 DILATAZIONE, SFORZI DI FLESSIONE

Tensioni che possono danneggiare la struttura della tubazione sono associate normalmente a sollecitazioni per temperatura oppure per pressione. Queste condizioni sono identificate principalmente nei transitori di avviamento e per quelle linee connesse a circuiti che prevedono reazioni, scambi termici o che operano ad elevata pressione. I fattori presi a riferimento sono riportati nella tabella che segue.

Misura tecnica		Fattore
1	Linea/apparecchiatura non connessa a circuiti di reazione o di scambio termico	-1
2	Linea esposta a cicli termici non rilevanti.	0
3	Linea/apparecchiatura inserita all'interno di circuiti di reazione o di scambio termico	1

5 CORROSIONE

La corrosione è un fenomeno progressivo che si può sviluppare all'interno oppure all'esterno della tubazione. Nella identificazione delle criticità occorre pertanto verificare la natura del fluido di processo (corrosione interna) e la presenza di coibentazione (che potrebbe rendere più complessa l'ispezione delle linee). La misura di riduzione del rischio è associata alla esecuzione di un piano di ispezione periodica delle linee con registrazione degli esiti. La tabella che segue fornisce i parametri di riferimento. Tali fattori si applicano sia alla tipologia di rilascio da linea che al rilascio da accoppiamento flangiato/valvola. I fattori presi a riferimento sono riportati nella tabella che segue.

Misura tecnica		Fattore
1	Linee non soggetta a corrosione interna e non coibentata	-1
2	Linee non soggetta a corrosione interna e coibentata o soggetta a corrosione interna e non coibentata	0
3	Linee soggetta a corrosione interna e coibentata	1

6 UTILIZZO IMPROPRIO – ERRORE OPERATIVO

Questa causa è connessa ad errore operativo nella gestione operativa degli impianti. Maggiori criticità sono incentrate in quegli impianti nei quali è richiesta maggiore operatività da parte degli addetti alla produzione, mentre impianti fortemente automatizzati comportano meno rischi di errore umano. Elemento fondamentale, in ogni caso, risulta essere la disponibilità di un manuale operativo aggiornato e dettagliato che consenta di illustrare le manovre necessarie per far fronte alle varie condizioni operative, incluse le condizioni di anomalie, disservizi ed emergenze.

I fattori presi a riferimento sono riportati nella tabella che segue.

Misura tecnica		Fattore
1	Impianto fortemente automatizzato	-1
2	Impianto che richiede frequenti manovre manuali con disponibilità di manuale operativo dettagliato	0
3	Impianto che richiede frequenti manovre manuali	1

7 SHOCK TERMICI E MECCANICI

La presente tipologia di guasto è collegabile ad urti con mezzi mobili (shock meccanici) oppure esposizione ad irraggiamento per incendio (shock termici). In particolare risulta molto importante disporre di procedure per la regolamentazione dell'accesso con mezzi mobili nelle aree di impianto. I fattori presi a riferimento sono riportati nella tabella che segue.

Misura tecnica		Fattore
1	Linea ubicata in aree lontane da percorsi dei mezzi mobili	-1
2	Linea potenzialmente esposta all'urto da mezzi mobili in area con limitato traffico di veicoli	0
3	Linea potenzialmente esposta all'urto da mezzi mobili in area con intenso traffico di veicoli	1

8 ALTRO

In relazione alla indeterminazione di tali cause, non è ancora possibile, in generale, inserire alcun elemento correttivo.

In casi particolari, ove sussistano elementi oggettivi di procedure per la valutazione e la gestione di casi più specifici, è possibile effettuare una applicazione mirata per la riduzione dei ratei di guasto.

In particolare, si raccomanda la verifica della disponibilità di strutture tecniche dedicate espressamente alla gestione di particolari situazioni critiche, identificate in maniera sistematica mediante analisi preliminari. I possibili elementi che possono essere inclusi nella categoria "altro" sono i seguenti:

- eventi naturali gravi (quali inondazioni, terremoti, frane, etc.);
- azioni da parte di terzi (sabotaggio, terrorismo, etc.).

4.6 VALORI FINALI DA ADOTTARE

La tabella che segue, sintetizza per le perdite "random" da linee di processo i parametri finali del binomio forma/frequenza, così come risultanti dalla applicazione dei fattori correttivi, da applicarsi al termine dell'analisi.

Come già riportato, l'applicazione dei fattori correttivi può comportare:

- la diminuzione della frequenza di base assegnata,
- l'incremento della frequenza di base,
- l'invarianza della frequenza di base.

In termini di fascia di correzione, il prodotto $F_{SGS} \times F_{TEC}$ varia tra un minimo di riduzione della frequenza di base pari a: $0,1 \times 0,12 = 0,012$, ovvero una riduzione di due ordini di grandezza, e $10 \times 8,5 = 85$, ovvero un aumento della frequenza di base che sfiora i due ordini di grandezza.

Frequenze di perdita per linee [occasioni/(anno-metro)]			
DN linea	Cricca	Foro	Rottura
1" – 2"	$8,7E-6 \times F_{SGS} \times F_{TEC}$ D = 5 mm	$2,8E-6 \times F_{SGS} \times F_{TEC}$ D = 15 mm	$8,7E-7 \times F_{SGS} \times F_{TEC}$ D = DN linea
3" – 6"	$5,2E-6 \times F_{SGS} \times F_{TEC}$ D = 5 mm	$1,7E-6 \times F_{SGS} \times F_{TEC}$ D = 25 mm	$2,6E-7 \times F_{SGS} \times F_{TEC}$ D = DN linea
8" – 14"	$2,6E-6 \times F_{SGS} \times F_{TEC}$ D = 10 mm	$8,3E-7 \times F_{SGS} \times F_{TEC}$ D = 25 mm	$8,7E-8 \times F_{SGS} \times F_{TEC}$ D = DN linea
Maggiore di 14"	$2,6E-6 \times F_{SGS} \times F_{TEC}$ D = 15 mm	$8,3E-7 \times F_{SGS} \times F_{TEC}$ D = 50 mm	$8,7E-8 \times F_{SGS} \times F_{TEC}$ D = DN linea

Per quanto attiene alla forma rottura, una considerazione aggiuntiva sulla credibilità di questa tipologia di perdita dovrà essere effettuata sulla scorta della esperienza maturata nel caso specifico presso ogni singolo stabilimento/unità produttiva.

CAPITOLO 5 – APPLICAZIONE DELLA TECNICA DELL'ALBERO DEI GUASTI

5.1 CALCOLO DELLE FREQUENZE DI ACCADIMENTO

Le modalità di accadimento di un possibile evento incidentale sono dettagliatamente derivate dall'analisi di operabilità (HazOp), dove sono descritte le possibili cause iniziatrici e le relative protezioni. Ciascuna causa iniziatrice è poi, in generale, determinata dall'accadimento di una o più cause specifiche, a ciascuna delle quali possono essere associate una o più protezioni specifiche.

Queste informazioni sono raccolte in una tabella per ciascuna causa iniziatrice di ciascun evento incidentale; nel seguito un esempio di tale tabella compilata.

Causa iniziatrice	Protezioni comuni
Spegnimento del forno	Procedura specifica per la gestione delle fasi di ri-avviamento nel caso di fermata in emergenza
Cause specifiche	Protezioni specifiche
Guasto della soffiante che convoglia aria al forno.	Segnalatore di stato del motore della soffiante U-501 con azione di messa in sicurezza dell'impianto
	Pressostato PSSL-11 sulla linea di alimentazione di aria al forno con azione di messa in sicurezza dell'impianto.
Chiusura per errore operativo della valvola HV-03 di alimentazione di aria al forno	Fine corsa sulla valvola HV-03 con azione di messa in sicurezza dell'impianto.
	Misuratore di portata sulla linea di immissione di aria al forno con allarme di bassa portata.

La stima della frequenza degli eventi incidentali, che derivano da cause di processo e che comportano il rilascio di sostanza pericolosa o di energia, viene effettuata mediante l'elaborazione dei cosiddetti "alberi di guasto".

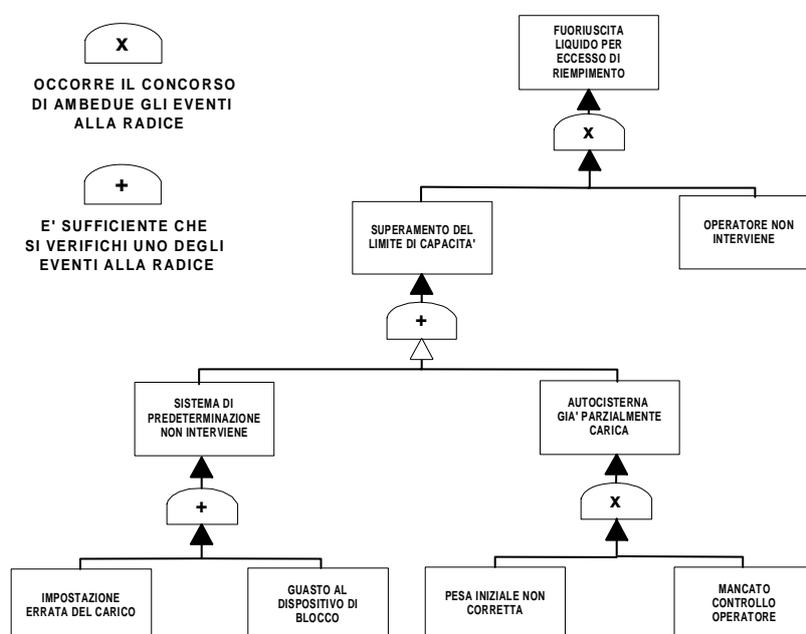
L'albero dei guasti è una rappresentazione grafica delle relazioni logiche tra quegli eventi che, verificandosi in modo concatenato, comportano il realizzarsi di un evento indesiderato (Top Event o Evento Terminale), del quale si vogliono determinare meccanismo e probabilità di accadimento. La concatenazione degli eventi viene realizzata mediante operatori logici che combinano due o più eventi causa (iniziatori) con un evento conseguenza (finale).

Ai fini delle analisi in oggetto si utilizzano, in linea di massima, tre tipi di operatori logici:

- OR: affinché si verifichi l'evento conseguenza è sufficiente che si verifichi uno qualsiasi degli eventi iniziatori;
- AND: affinché si verifichi l'evento conseguenza è necessario che si verifichino contemporaneamente tutti gli eventi iniziatori;
- INH: l'evento in uscita consegue all'evento A in ingresso a condizione che, al suo verificarsi, sia già avvenuto anche l'evento B, che solitamente consiste nella indisponibilità di un sistema di protezione.

Nella figura seguente è riportato un tipico albero di guasto, riferito ad un rilascio di liquido durante il caricamento di un autocisterna (ATB).

Esempio di albero dei guasti (fault tree)



Una volta individuata la sequenza logica degli eventi che conducono al Top Event, è possibile individuare e calcolare tutti i cammini che, partendo dai singoli eventi elementari, conducono al Top Event (tali cammini sono definiti: "Minimal Cut Sets", MCS, e rappresentano il numero minimo di eventi elementari necessari e sufficienti che devono verificarsi contemporaneamente per dare luogo al Top Event).

L'analisi quantitativa di un albero dei guasti, vale a dire il calcolo delle indisponibilità del sistema e/o frequenza di accadimento del Top Event, è condotta mediante l'assegnazione ai singoli eventi iniziatori, dei parametri affidabilistici caratterizzanti il loro comportamento.

I parametri necessari da inserire nel modello sono descritti nella tabella che segue.

DATO	SIGNIFICATO	A CURA DI
Rateo di guasto	Frequenza attesa (espressa in eventi/ora) per il guasto del componente che comporta la condizione di pericolo.	In accordo a banche dati
Tempo di riparazione	Tempo necessario per riparare un componente. Il valore deve tenere conto del fatto che il componente sia effettivamente riparabile con impianto in marcia (non è richiesta la messa fuori esercizio e la bonifica di nessuna apparecchiatura) e deve tenere conto dei tempi di disponibilità del pezzo di ricambio e della sua sostituzione in campo.	In accordo ad indicazioni generali sulla riparabilità dello strumento ed informazioni sull'organizzazione dello stabilimento
Tempo di test	Intervallo di tempo per la verifica di corretto funzionamento di un componente. È da applicare a componenti che non operano in continuo ma su richiesta (ad esempio i sistemi di blocco), per i quali il guasto non si autoevidenzia.	In accordo al sistema di gestione della strumentazione di blocco. Da specificare se il test è completo (vale a dire comprende anche la valvola di attuazione del blocco).
Indisponibilità	Probabilità che indica la frazione temporale durante la quale il componente è da considerarsi guasto oppure non disponibile.	In accordo a banche dati
Tempo di missione	Intervallo di tempo per il quale il componente deve essere operativo.	Indicare i tempi di marcia dell'impianto in relazione alle fermate programmate. Nel caso in cui le fermate siano ad intervalli superiori ad un anno, il tempo di missione deve essere opportunamente aumentato ed allineato al tempo tra due fermate.

I risultati dell'albero dei guasti sono analizzati sia in termini di frequenza complessiva attesa di guasto, di analisi dei MCS che conducono al Top Event ed alla valutazione di sensitività che individua il peso specifico di ciascun componente nella frequenza complessiva di guasto. Tali analisi consentono di identificare le misure di miglioramento più efficaci per la riduzione della frequenza o dell'indisponibilità.

Per l'esecuzione dell'analisi quantitativa degli alberi dei guasti, poiché il numero degli MCS è spesso elevato, si utilizza uno specifico programma, denominato: ASTRA - FTA, elaborato dal Centro Comunitario di Ricerca di Ispra (VA).

5.2 TABELLA DEI RATEI DI GUASTO

Nella tabella che segue sono riportati i valori dei ratei di guasto per la strumentazione principale ed altri elementi di processo. Nella colonna sono indicati i riferimenti tecnici. Maggiori informazioni su tali riferimenti tecnici sono inseriti nello specifico paragrafo 0.2 della metodologia.

Tipologia Componente	Modalità di Guasto	Rateo di Guasto (ev/h)	MTTR (h)	Intervallo di Test (h)	Indisponibilità (-)	Riferimento
Sensore / Transmitter di Flusso	Malfunzionamento generico	1.50 E-06	12	-	-	Sintef 2006
	Fallimento su Domanda	6.00 E-07	-	8760	2.63 E-03	Sintef 2006
Sensore / Transmitter di Temperatura	Malfunzionamento generico	7.00 E-07	12	-	-	Sintef 2006
	Fallimento su Domanda	3.00 E-07	-	8760	1.32 E-03	Sintef 2006
Sensore / Transmitter di Livello	Malfunzionamento generico	1.40 E-06	12	-	-	Sintef 2006
	Fallimento su Domanda	6.00 E-07	-	8760	2.63 E-03	Sintef 2006
Sensore / Transmitter di Livello (RADAR)	Malfunzionamento generico	1.80 E-06	12	-	-	Exida 2007
	Fallimento su Domanda	5.00 E-07	-	8760	2.19 E-03	Exida 2007
Sensore / Transmitter di Pressione	Malfunzionamento generico	8.00 E-07	12	-	-	Sintef 2006
	Fallimento su Domanda	3.00 E-07	-	8760	1.32 E-03	Sintef 2006
Switch Pressione (generico)	Azione spuria	2.40 E-06	12	-	-	Exida 2007
	Fallimento su Domanda	3.60 E-06	-	8760	1.58 E-02	Exida 2007
Switch Flusso (generico)	Fallimento su Domanda	3.60 E-06	-	8760	1.58 E-02	Exida 2007
Switch Temperatura (generico)	Fallimento su Domanda	3.60 E-06	-	8760	1.58 E-02	Exida 2007
Switch Livello (generico)	Fallimento su Domanda	2.25 E-07	-	8760	9.86 E-04	Exida 2007
Limit Switch (generico)	Fallimento su Domanda	1.00 E-07	-	8760	4.38 E-04	Exida 2007
Flame Scanner	Fallimento su Domanda	1.50 E-06	-	8760	6.57 E-03	Exida 2007
Generico DCS Controller	Malfunzionamento generico	1.10 E-06	8	-	-	Exida 2007

Tipologia Componente	Modalità di Guasto	Rateo di Guasto (ev/h)	MTTR (h)	Intervallo di Test (h)	Indisponibilità (-)	Riferimento
Generica Logica di Protezione (PLC)	Fallimento su Domanda	3.17 E-07	-	8760	1.39 E-03	Exida 2007
Valvola Controllo (generica)	Malfunzionamento generico	3.80 E-06	24-48	-	-	Sintef 2006
Valvola ESV	Azione spuria	5.00 E-07	24-48	-	-	Exida 2007
	Fallimento su Domanda	1.48 E-06	-	8760	6.48 E-03	Exida 2007
Pressure Safety Valve (PSV)	Fallimento su Domanda	2.00 E-06	-	35040	3.50 E-02	Sintef 2006
Valvola di non ritorno	Mancata Tenuta	2.20 E-07	24-48	-	9.64 E-04	TNO Red Book
Stop Motore (MCC)	Fallimento su Domanda	7.20 E-07	-	8760	3.15 E-03	Exida 2007
Motore Elettrico	Arresto Spurio	5.82 E-06	24	-	-	Oreda 2009
	Mancato avvio	6.73 E-06	-	8760	2.95 E-02	Oreda 2009
Pompa (Centrifuga)	Arresto Spurio	2.03 E-05	48	-	-	Oreda 2009
	Mancato avvio Spare	1.30 E-05	-	8760	5.69 E-02	Oreda 2009
Compressore Gas (centrifugo)	Arresto Spurio	8.03 E-05	48	-	-	Oreda 2009
	Mancato avvio Spare	5.40 E-05	-	8760	2.37 E-01	Oreda 2009
Operator Error	Errore in operazione di routine	-	-	-	1.75 E-03	Teseo
	Mancato intervento su allarme	-	-	-	7.00 E-03	Teseo
Mancanza energia elettrica	-	1.14 E-05	4			RdS 2005
Spegnimento bruciatori pilota forno	-	1.14 E-05	8			RdS 2005
Elettrovalvola	Fallimento su Domanda	9.00 E-07	-	8760	3.94 E-03	Sintef 2006

CAPITOLO 6 – CRITERI PER LA DEFINIZIONE DELLE FREQUENZE DI ACCADIMENTO

In relazione alla frequenza di accadimento, ad ogni ipotesi incidentale individuata mediante costruzione degli alberi di guasto e gli alberi degli eventi, viene associata una "classe di frequenza", secondo quanto indicato nella seguente tabella, tratta da "General Guidance on Emergency Planning within the CIMAH regulation for chlorine installation CIA".

Classe dell'evento	Frequenza (eventi/anno)
PROBABLE (probabile)	$> 10^{-1}$
FAIRLY PROBABLE (abbastanza probabile)	$10^{-2} \div 10^{-1}$
SOMEWHAT UNLIKELY (abbastanza improbabile)	$10^{-3} \div 10^{-2}$
QUITE UNLIKELY (piuttosto improbabile)	$10^{-4} \div 10^{-3}$
UNLIKELY (improbabile)	$10^{-5} \div 10^{-4}$
VERY UNLIKELY (molto improbabile)	$10^{-6} \div 10^{-5}$
EXTREMELY UNLIKELY (estremamente improbabile)	$< 10^{-6}$

La classificazione di cui sopra può essere espressa anche con riferimento alla classificazione qualitativa prevista nel capitolo 2 dell'Allegato III al D.P.C.M. 31/03/89, utilizzata con una estensione come da tabella:

Frequenza	Classe
Maggiore di 1 volta ogni 10 anni	Molto Alta
Tra 10 e 100 anni	Alta
Tra 100 e 1000 anni	Media
Tra 1000 e 10000 anni	Bassa
Minore di 1 volta ogni 10000 anni	Molto Bassa

Dove le classi "Bassa, Media e Alta" assumono il seguente significato:

- BASSA:** improbabile durante la vita prevista di funzionamento dell'impianto o deposito separato.
- MEDIA:** possibile durante la vita prevista di funzionamento dell'impianto o deposito separato.
- ALTA:** evento che si può verificarsi almeno una volta nella vita prevista di funzionamento dell'impianto o deposito separato.

Le soglie di riferimento utilizzate per lo sviluppo delle conseguenze, in linea con le indicazioni di Centrale, sono riportate nella tabella che segue.

Tipologia	Frequenza di soglia di credibilità
Evento incidentale	$1,0 \times 10^{-6}$ eventi / anno (1 volta un milione anni)
Scenario incidentale	$1,0 \times 10^{-7}$ eventi / anno (1 volta su 10 milioni di anni)

Per gli eventi e gli scenari incidentali qualificati come non credibili non si procede alla valutazione delle conseguenze.

CAPITOLO 7 – CALCOLO DELLE FREQUENZE DI ACCADIMENTO DEGLI SCENARI INCIDENTALI

7.1 TIPOLOGIE DEGLI SCENARI INCIDENTALI

Le tipologie di scenario attese conseguenti alle varie cause incidentali sono qui di seguito descritte:

1. **DISPERSIONE** Rilascio di sostanze tossiche o pericolose per l'ambiente o infiammabili non seguito da incendio.
 - **IDHL** (Immediately Dangerous to Life or Health): Concentrazione massima ammissibile per un'esposizione di 30 minuti senza che le persone esposte subiscano danni irreversibili). Tale parametro, tipicamente utilizzato per la predisposizione dei piani di emergenza, definisce un'area di rispetto, all'interno della quale potrebbero sopravvenire danni alla salute delle persone a seguito dell'esposizione agli effetti di un prodotto tossico.
 - **LC₅₀** (Lethal Concentration – 50%): Concentrazione di sostanza tossica, letale per inalazione nel 50% dei soggetti esposti per 30 minuti.
2. **POOLFIRE** Incendio di una pozza di liquido infiammabile al suolo.
3. **JETFIRE** Incendio di un getto gassoso turbolento infiammabile, effluente da un componente impiantistico in pressione; può causare danni alle strutture e/o alle persone in relazione all'entità dell'irraggiamento che si sviluppa.
4. **FLASHFIRE** Incendio in massa di una nube di vapore infiammabile con effetto non esplosivo; Tale fenomeno ha una durata molto limitata e pertanto comporta effetti letali soltanto per le persone che si venissero a trovare all'interno della nube. Non sono da attendersi danni per le strutture e per le persone che dovessero trovarsi all'interno delle strutture.
5. **UVCE** Unconfined Vapour Cloud Explosion - Esplosione non confinata di una nube di vapore infiammabile; può causare danni alle strutture e/o alle persone in relazione all'entità delle onde di sovrappressione che si sviluppano. L'effetto sulle persone all'interno di strutture è indotto dai danneggiamenti provocati dal fenomeno sulle strutture stesse.
6. **BLEVE** Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion - Evento di rottura duttile delle lamiere di un serbatoio sottoposte contemporaneamente alla pressione interna del fluido e ad un riscaldamento che ne attenua la resistenza meccanica. In tal caso si ha il cedimento del serbatoio con brusca espansione del fluido contenuto e proiezione di frammenti di lamiera a notevoli distanze. Il fluido rilasciato comporta la formazione di una sfera di gas infuocato (fireball) che si dilata e si eleva nell'aria irraggiando calore.

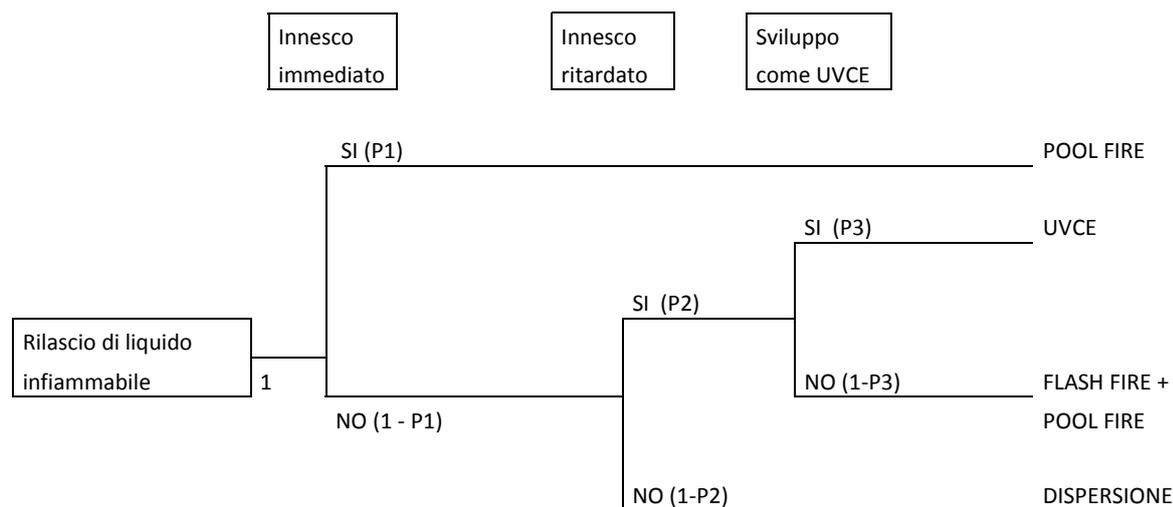
Per quanto riguarda il BLEVE e il conseguente fire ball (l'incendio assume la forma di una sfera di fuoco; può causare danni alle strutture e/o alle persone in relazione all'entità dell'irraggiamento che si sviluppa) si precisa che non é un evento determinato dal solo innesco di una perdita ma, perché abbia luogo, si deve verificare una concatenazione di cause ed effetti protratti per un certo tempo.

7.2 PROBABILITÀ DI DIVERSI SCENARI INCIDENTALI

Questa fase è sviluppata con l'ausilio della tecnica dell'Albero degli eventi.

Questo strumento consente di identificare e quantificare le frequenze associate a ciascuno dei possibili scenari incidentali che possono svilupparsi a partire da un evento iniziale.

Un esempio è riportato nella figura che segue.



Partendo dalla frequenza dell'evento iniziale ed associando un valore di probabilità a ciascuno dei percorsi identificati, è possibile stimare la frequenza finale associata a ciascuno scenario incidentale.

La caratterizzazione degli scenari incidentali plausibili per l'ipotesi incidentale di volta in volta esaminata viene effettuata valutando la presenza di vari fattori. Tali fattori sono riconducibili alla presenza o meno di innesco immediato o ritardato, all'azionamento di sistemi, preventivi e/o protettivi, tali da ridurre la frequenza di accadimento o il rilascio della sostanza pericolosa, all'azionamento di sistemi di raffreddamento, di confinamento, ecc.

L'assegnazione, sulla base di dati statistici o ingegneristici, di un valore probabilistico ai fattori citati rende possibile la quantificazione, in termini di frequenza, degli scenari incidentali.

La scelta delle probabilità dei diversi percorsi possibili, è stata approfondita e dettagliata con considerazioni in merito alla effettiva possibilità di innesco basate sulle dimensioni del rilascio e l'ubicazione delle fonti di innesco rispetto alla zona di rilascio.

Nel seguito vengono riportate due tabelle che mostrano rispettivamente come i valori della probabilità di innesco immediato, presi a riferimento nei vari scenari di incendio, dipendano dalla portata del rilascio, mentre i valori della probabilità di innesco ritardato dipendano dalla quantità totale rilasciata; i dati statistici sulle probabilità d'innesco riportati nella tabella seguente sono ricavati da B.J. WIEKEMA - TNO "Analysis of Vapour Cloud Accidents".

PROBABILITÀ DI INNESCO IMMEDIATO		
portata di rilascio		innesco immediato
Consistente	(> 10 kg/s)	0,1
Rilevante	(1 - 10 kg/s)	0,05
Lieve	(< 1 kg/s)	0,02

PROBABILITÀ DI INNESCO RITARDATO	
entità del rilascio totale	innesco ritardato
Q < 100 kg	0,001
100 kg < Q < 1000 kg	0,01
Q > 1000 kg	0,1

In caso di innesco ritardato, il fenomeno risultante può essere una UVCE o un Flash Fire.

A partire dal criterio di credibilità di UVCE per situazioni non particolarmente congestionate (basato sui DM 15.05.96 per i depositi di GPL), che prevede la non possibilità di UVCE per masse in zona di infiammabilità inferiori ai 1500kg, la tabella seguente propone valori di probabilità di UVCE e Flash Fire dato l'innesco ritardato.

Probabilità di evoluzione come UVCE		
Massa Infiammabile (kg)	Probabilità di Esplosione se innescata	Probabilità di Flash Fire se innescata
< 1500	0	1
≥ 1500	0,099	0,901

7.3 TEMPI D'INTERVENTO

Per il calcolo del quantitativo totale rilasciato è necessaria la valutazione del tempo di durata del rilascio, coincidente con il tempo di intervento necessario per eliminare la perdita.

I tempi assunti per il rilascio di sostanze quale GPL in linea con quanto indicato dal D.M. 15/05/96 sono descritti di seguito.

Tempo di intervento	Situazione
20 – 40 s	in presenza di valvole motorizzate ad azionamento automatico
1 – 3 min	in presenza di valvole motorizzate con allarme ad azionamento a mezzo di pulsanti di emergenza installati in più punti dell'impianto
3 – 5 min	in presenza di valvole motorizzate ad azionamento remoto manuale da un solo punto
10 –30 min	in presenza di valvole manuali

I tempi per il rilascio di liquidi infiammabili e tossici come indicato nel D.M. 20/10/98 sono descritti di seguito.

Tempo di intervento	Situazione
1 – 3 min	in presenza di sistema di rilevamento di fluidi pericolosi, ovvero nel caso di operazioni presidiate in continuo, con allarme e pulsanti di emergenza per chiusura valvole installati in più punti dell'impianto;
10 – 15 min	in presenza di sistemi di rilevamento di fluidi pericolosi con allarme, ovvero nel caso di operazioni presidiate in continuo, e in presenza di valvole manuali;
20 - 30 min	negli altri casi.

Tempi di intervento più brevi possono essere utilizzati soltanto se opportunamente verificati e documentati.

CAPITOLO 8 – TERMINI SORGENTE

La definizione dei termini sorgente deve essere condotta per la migliore rappresentazione degli scenari incidentali.

Nella tabella che segue si illustra il modello previsto. I campi devono essere tutti completati con la distinzione delle possibili conseguenze per il caso di cricca e di foro.

Molto importante la definizione dei tempi di intervento per la quantificazione delle effettive distanze di danno.

IDENTIFICAZIONE EVENTO INCIDENTALE		Top Event # 1
UNITÀ COINVOLTA	Colonna C-1234	
SOSTANZA	Benzina	
PRESSIONE DI RILASCIO	4 bar relativi	
TEMPERATURA DI RILASCIO	80°C	
DIAMETRO DI EFFLUSSO	Perdita: 20 mm Rottura: 100 mm	
PORTATA DI EFFLUSSO	Perdita: 5,3 kg/s, di cui il 25% vaporizza per flash. Rottura: 32,5 kg/s di cui il 25% vaporizza per flash	
DINAMICA INCIDENTALE:	<p>Il liquido rilasciato, subisce una parziale vaporizzazione per flash. I vapori che si formano si disperdono in atmosfera. La frazione che rimane in fase liquida, sviluppa una pozza di liquido infiammabile dalla quale si sviluppano ulteriori vapori infiammabili per evaporazione.</p> <p>In caso di innesco immediato si sviluppa un Jet Fire. In alternativa i vapori prodotti per flash si disperdono in atmosfera formando una nube di vapori infiammabili che nel caso di innesco ritardato, determina un Flash Fire. Si ipotizza, inoltre, che l'accensione del Flash Fire sia tale da comportare un ritorno di fiamma sul pelo del liquido con conseguente innesco della pozza (Pool Fire).</p> <p>La quantità di sostanza infiammabile all'interno del campo di infiammabilità (<30 kg) è tale da rendere marginale il rischio di UVCE.</p>	
DURATA DEL RILASCIO	<p>Rilevazione: 1-3 minuti (presenza di rilevatori di gas nella zona con allarme in sala controllo)</p> <p>Intervento: 5 minuti. Isolamento della colonna con valvole automatiche da sala controllo. Una volta isolato il tratto di linea si svuota progressivamente, con portata che si riduce in relazione alla riduzione delle pressione nel circuito.</p> <p>Totale: Circa 10 minuti.</p>	

CAPITOLO 9 – CRITERI PER IL CALCOLO DELLE CONSEGUENZE DEGLI SCENARI INCIDENTALI

9.1 SCENARI INCIDENTALI DI RIFERIMENTO

Lo simulazione degli scenari incidentali credibili (in accordo ai criteri di cui in Annesso 8), deve essere eseguito per le diverse tipologie in accordo ai criteri illustrati nella tabella che segue.

N.	Scenario	Assunzioni
1	Jet fire	Da sviluppare nei seguenti casi: <ul style="list-style-type: none"> rilascio di gas facilmente infiammabile; rilascio di liquido facilmente infiammabile con frazione di flash superiore a 15% in peso. Scenario analizzato con condizioni meteo F2 e D5.
2	Pool fire	Si sviluppa in accordo al modello di equilibrio tra la dimensione della pozza incendiata e l'efflusso in fase liquida (modello "early pool fire"). Conservativamente, nel computo dell'estensione massima raggiungibile dalla pozza non vengono inclusi gli effetti di mitigazione dati dalla presenza di eventuali pozzetti di drenaggio; ove applicabile, viene invece tenuto in considerazione l'effetto "limitante" dato dalla presenza di cordolature o bacini di contenimento. Scenario analizzato con condizioni meteo F2 e D5.
3	UVCE	Da sviluppare in relazione alla massa presente nel campo di infiammabilità, secondo i criteri che seguono: <ul style="list-style-type: none"> superiore a 1500 kg, nel caso di sostanze facilmente infiammabili (in accordo a DM 15/05/96 sul GPL) superiore a 500 kg per sostanze particolarmente reattive (idrogeno, etilene, butadiene, ossido di etilene, ecc.) Scenario analizzato con condizioni meteo F2 e D5.
4	Dispersione tossica	Utilizzo di valori di concentrazione "equivalente" in accordo al concetto di dose e con riferimento ai fattori di Probit, sulla base della durata effettiva dello scenario. Per semplicità di esposizione si prendono i seguenti criteri: <ul style="list-style-type: none"> Tempo di scenario ≤ 10 min \rightarrow IDLHeq a 10 minuti Tempo di scenario > 10 min \rightarrow IDLH (30 minuti) Stesso criterio viene adottato per il parametro LC50. Scenario analizzato con condizioni meteo F2 e D5.

Le simulazioni devono essere eseguite applicando il modello Phast rel. 6.54, con riferimento ai seguenti parametri generici medi. I parametri potranno variare con riferimento alla specificità del sito come documentato dalla raccolta di dati meteorologici oppure da dati di impianto per la selezione della posizione e la direzione del getto di efflusso.

9.2 PARAMETRI DA INSERIRE NEL MODELLO

N.	Fattori	Assunzioni				
1	Condizioni meteo	Neutrale: (classe di stabilità D con vento pari a 5 m/s) – 50% Stabile: (classe di stabilità F con vento pari a 2 m/s) – 50%				
2	Temperatura dell'aria	20°C				
3	Temperatura del suolo	20°C				
4	Radiazione solare	0,5 kW/m ²				
5	Umidità relativa	70%				
6	Direzione del getto	In generale da utilizzare il getto orizzontale. Nel caso in cui la frazione di flash sia comunque inferiore a 15%, si sviluppa soltanto il pool fire, inserendo il rilascio con getto verticale verso il basso.				
7	Quota di rilascio	1 m. In casi specifici (rilasci da rack o dalle teste delle colonne, riferirsi alla quota effettiva).				
8	Valori di irraggiamento di interesse per scenari di incendio (kW/m ²)	37,5 (per effetto domino), 12,5, 7,0, 5,0 e 3,0.				
9	Valori di interesse per dispersioni tossiche (ppm)	Sostanza	LC50	LC50eq	IDLH	IDLHeq
		CO			1200	
		Ammoniaca	8850		300	
		SO2	2200	3810	100	173
		SO3	184	322	9,2	16
10	Utilizzo di miscele	Soltanto per sostanze simili, usando il minimo numero di componenti possibile.				
11	Distanze di danno	Jet fire	Dal punto di rilascio lungo l'asse longitudinale del getto			
		Pool fire	Dal punto di rilascio (centro della pozza)			
		Flash fire	Dal punto di rilascio lungo l'asse longitudinale della nube			
		UVCE	Dal punto di rilascio			
		Dispersione tossica	Dal punto di rilascio lungo l'asse longitudinale della nube			
12	Simulazione rottura "Totale"	Portata massima = 1,5 portata massima operativa, ove non disponibile un dato specifico.				
13	Simulazione degli scenari derivanti da stress meccanici (sovrapressione o sovratemperatura)	P di rilascio = P di progetto (per Sovrapressioni); T di rilascio = T di progetto (per Sovratemperature); Dimensione di rilascio = 25 mm.				

CAPITOLO 10 – CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI

La valutazione degli effetti degli scenari incidentali sul personale / popolazione eventualmente esposta è condotta con riferimento alle soglie indicate dal Decreto Ministeriale 9 maggio 2001 “Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante”. Di seguito si riportano le soglie relative agli scenari incidentali ipotizzati.

SOGLIE DI DANNO D.M. 9 MAGGIO 2001					
Scenario incidentale	Elevata letalità	Inizio lesioni	Lesioni irreversibili	Lesioni reversibili	Danni alle strutture Effetti domino
Incendio (radiazione termica stazionaria)	12,5 kW/m ²	7 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²	12,5 kW/m ² 37,5 kW/m ² [1]
BLEVE/Fireball (radiazione termica variabile)	raggio fireball	350 kJ/m ²	200 kJ/m ²	125 kJ/m ²	200÷800 secondo il tipo di serbatoi
Flash-fire (radiazione termica istantanea)	LFL	1/2 LFL	--	--	--
UVCE (sovrapressione di picco)	0,3 bar	0,14 bar	0,07 bar	0,03 bar	0,3 bar
Rilascio tossico	LC ₅₀ (30 min) LC _{50eq} [2]	--	IDLH IDLH _{eq} [2]	--	--

Note: [1] Soglia da valutare con riferimento alla metodologia di effetto domino inserita in Capitolo 13;
[2] Soglia da valutare con riferimento a scenari di durata significativamente inferiore a 30 minuti.

CAPITOLO 11 – MODELLI DI CALCOLO DELLE CONSEGUENZE AMBIENTALI

I possibili incidenti ambientali associati alla perdita di contenimento di una sostanza pericolosa, si distinguono in relazione alla matrice ambientale nella quale avviene lo sversamento.

11.1 INQUINAMENTO DEL TERRENO PER RILASCIO DELLA SOSTANZA SUL SUOLO;

Per quanto riguarda l'inquinamento nel terreno, è disponibile la seguente metodologia:

- Hydrocarbon Spill Screening Model (HSSM); modello sviluppato dalla United States Environmental Protection Agency (EPA) in collaborazione con il dipartimento di Ingegneria Civile del Texas. Tale modello è anche indicato dal documento APAT "Criteri per l'individuazione di una metodologia speditivi per la valutazione del rischio per l'ambiente da incidenti rilevanti in depositi di idrocarburi" come uno degli strumenti più efficaci per calcolare il tempo di arrivo in falda e valutare il rischio di contaminazione della falda.

L'evento incidentale deve essere applicato ad un numero limitato di casi, di cui uno relativo al rilascio di idrocarburi all'interno di un bacino di contenimento di un serbatoio.

11.2 INCIDENTE AMBIENTALE CAUSATO DA RILASCIO IN MARE

La metodologia utilizzata per valutare le possibili conseguenze associate ad un rilascio di liquidi idrocarburi in mare, è basata su un modello denominato GNOME (General NOAA Oil Model Environment), sviluppato dall'ente statunitense NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Il modello deve essere applicato ad un numero limitato di casi riferibili a perdita di contenimento durante le operazioni di trasferimento da pontile.

CAPITOLO 12 – MAPPE DELLE CONSEGUENZE

Gli scenari incidentali identificati ed analizzati devono essere rappresentati sulle planimetrie di impianto e di stabilimento.

I criteri principali sono i seguenti:

- le mappe devono essere rappresentate su formato autocad;
- nelle mappe devono essere rappresentati gli scenari (diametro pozza, lunghezza del getto) e i vari livelli relativi agli effetti;
- per gli effetti di irraggiamento devono essere rappresentati cinque livelli di soglia;
- per la rappresentazione degli scenari, occorre usare al massimo due livelli di scala per gli impianti e tre scale a livello di stabilimento;
- per le perdite di natura "random", gli effetti verranno rappresentati con riferimento ad un punto di rilascio rappresentativo della sezione intercettabile interessata;
- Per ciascun scenario, viene presentata la mappatura riferita alle condizioni meteo che determinano le distanze di danno più conservative.

CAPITOLO 13 – CRITERI PER L'ANALISI DEI POSSIBILI EFFETTI DOMINO

13.1 METODOLOGIA GENERALE

Con il termine "Effetto Domino" si intende il meccanismo che propaga uno scenario incidentale iniziale "primario" generando eventi e/o scenari "secondari" su altre apparecchiature con potenziale espansione delle zone di danno (per effetto di irraggiamento o sovrappressione causate dallo scenario iniziale).

Lo scenario secondario, a seconda dei casi, potrà risultare analogo al primario per tipologia e/o estensione delle conseguenze, oppure dare luogo a scenari diversi.

Lo studio delle possibili interazioni di uno scenario incidentale con altre aree di impianto prevede lo sviluppo in maniera articolata ed omogenea di una serie di fasi tecniche che consentono di mettere a punto un vero e proprio modello metodologico. Il modello prevede un approccio propositivo alla tematica dell'Effetto Domino; in pratica l'analisi è indirizzata alla quantificazione della idoneità dei sistemi di protezione disponibili (rilevazione, isolamento, depressurizzazione, protezione attiva e protezione passiva) a fronteggiare gli scenari incidentali identificati.

Nel caso in cui i sistemi non dovessero rivelarsi ragionevolmente idonei allo scopo, si procederà alla formulazione di raccomandazioni tecniche ed organizzative che possano mitigare le conseguenze e rendere più remota la probabilità di escalation.

L'approccio metodologico prevede lo sviluppo consecutivo di alcune fasi applicative, di seguito riportate in sequenza:

1. Rappresentazione in mappa dell'impianto delle aree soggette ad un determinato livello di irraggiamento conseguente i vari scenari identificati;
2. Stima della durata dello scenario sulla base dei sistemi di protezione disponibili e della possibilità di intervento di intercettazione;
3. Identificazione e selezione degli scenari di incendio che possono essere in grado di comportare Effetti Domino (sulla base della frequenza iniziale di accadimento, dei livelli di irraggiamento che comportano e della durata complessiva del medesimo scenario);
4. Censimento delle apparecchiature critiche potenzialmente esposte ad un determinato livello di irraggiamento.

Il concetto di apparecchiatura critica è stato introdotto al fine di identificare i casi che potenzialmente possono una significativa escalation dello scenario incidentale (ad esempio sviluppo di un BLEVE oppure di una UVCE da un iniziale incendio di limitate dimensioni).

5. Censimento dei sistemi di protezione attiva (idranti, monitori, sistemi a sprinkler, etc.) delle apparecchiature e delle strutture esposte all'irraggiamento e verifica della possibilità di un efficace azionamento degli stessi;
6. Censimento dei sistemi di protezione passiva delle apparecchiature e delle strutture esposte all'irraggiamento e verifica della resistenza temporale degli stessi in funzione della durata stimata dell'incendio;
7. Verifica delle eventuali ulteriori risorse, tecniche ed organizzative, disponibili per mitigare gli effetti dello scenario considerato sulle apparecchiature/strutture esposte.

8. Valutazione complessiva sulla criticità dello scenario ai fini della generazione di effetti domino ed eventuali proposte per la prevenzione/mitigazione degli effetti.

La valutazione delle frequenze di accadimento dei possibili effetti domino è stimata secondo un criterio di valutazione della probabilità congiunta che a partire dallo scenario iniziale, si sviluppi la catena che porta fino allo scenario secondario, mediante la tecnica dell'albero degli eventi.

All'interno dell'albero saranno valutati i dei seguenti fattori:

- Probabilità di effetto domino per esposizione a fiamma / irraggiamento;
- Probabilità associata alla posizione dell'apparecchiatura bersaglio, rispetto a quella di origine; fattore di direzionalità (applicato soltanto per lo scenario Jet fire);
- Probabilità di inefficiente protezione fornita dagli eventuali sistemi passivi disponibili;
- Probabilità di inefficiente protezione fornita dagli eventuali sistemi attivi disponibili.

Per quanto riguarda la selezione dei valori da attribuire alla probabilità di effetto domino nel caso di esposizione a fiamma / irraggiamento, si applicano le tabelle utilizzate in ambito dei Comandi dei Vigili del Fuoco, nel seguito riportate.

A. Irraggiamento

EFFETTO SORGENTE	PROBABILITÀ DI EFFETTO DOMINO	NOTE
Ingolfamento con jet fire con durata inferiore a 5 min.	0	
Ingolfamento con jet fire con durata inferiore tra 5 e 10 min.	0,5	
Ingolfamento con jet fire con durata superiore a 10 min.	1	
Irraggiamento superiore a 37,5 kW/m ² o ingolfamento in fiamma da pool fire con durata inferiore a 10 min	0	1
Irraggiamento superiore a 37,5 kW/m ² o ingolfamento in fiamma da pool fire con durata superiore a 10 min. (per obiettivo serbatoi atmosferici)	1	1
Irraggiamento superiore 37,5 kW/m ² o ingolfamento in fiamma da pool fire con durata superiore a 10 min. (per obiettivo serbatoi pressurizzati e tubazioni)	0,5	2
Irraggiamento superiore 37,5 kW/m ² o ingolfamento in fiamma da pool fire con durata superiore a 20 min.	1	2
Irraggiamento inferiore o uguale a 12,5 kW/m ²	0	1
Irraggiamento tra 12,5 kW/m ² . e 37,5 kW/m ² con durata inferiore a 10 min	0	1
Irraggiamento tra 12,5 kW/m ² e 37,5 kW/m ² con durata superiore a 10 min.	Vedere nota 3	2
Irraggiamento tra 12,5 kW/m ² . e 37,5 kW/m ² con durata superiore a 20 min.	Vedere nota 4	2

Nota 1: Salvo i casi in cui sia ipotizzabile una propagazione dell'incendio a causa di materiale strutturale o componentistico infiammabile (es. pannellature di materiaie plastico, ecc.) ovvero un danneggiamento componenti particolarmente vulnerabili (es. recipienti o tubazioni in vetroresina, serbatoi o tubazioni con rivestimenti plastici, ecc.).

Nota 2: Nel caso in cui siano presenti sistemi di protezione attivi (raffreddamento) automatici o manuali, aventi probabilità P di mancato intervento su domanda o di efficacia per tutta la durata dell'effetto sorgente, le probabilità di effetto domino ne dovranno tenere conto. Nel caso In cui siano presenti sistemi di protezione passiva (fireproofing, interrimento, barriere tagliafiamme) le probabilità di effetto domino sono trascurabili per durata dell'effetto fisico pari o inferiore a quello eventuale di resistenza del sistema.

Nota 3: Probabilità interpolata linearmente tra 0 e 0,5.

Nota 4: Probabilità interpolata linearmente tra 0 e 1.

B. Sovrapressione

EFFETTO SORGENTE	PROBABILITÀ DI EFFETTO DOMINO	NOTE
Sovrapressione inferiore o uguale a 0,3 bar	0	
Sovrapressione superiore 0,6 bar (per obiettivo serbatoi atmosferici)	1	
Sovrapressione superiore 1 bar (per obiettivo serbatoi in pressione e tubazioni)	1	
Sovrapressione tra 0,3 e 0,6 bar (per obiettivo serbatoi atmosferici)		Interpolata linearmente
Sovrapressione tra 0,3 e 1 bar (per obiettivo serbatoi in pressione e tubazioni)		Interpolata linearmente

C. Proiezione di frammenti

EFFETTO SORGENTE	PROBABILITÀ DI EFFETTO DOMINO	NOTE
Frammenti da componenti minori (tubazioni, bombole, ecc.)	1	1
Frammenti da collasso recipiente essenzialmente isometrico o equivalente (sfere, serbatoi verticali)	1	1
Frammenti da collasso recipiente a sviluppo longitudinale o equivalente (serbatoi orizzontali)	1	2

Nota 1: dato l'impatto con l'obiettivo vulnerabile, fino a distanze dell'ordine di 200 m.

Nota 2: dato l'impatto con l'obiettivo vulnerabile, fino a distanze dell'ordine di 800 m.

Sulla base dei valori di probabilità ottenuti applicando i valori riportati in tabella, si calcolano le frequenze di accadimento degli effetti domino. Nel caso in cui la frequenza dello scenario secondario dovesse risultare superiore al limite di soglia fissato in $1,0 \times 10^{-6}$ eventi/anno l'effetto domino è classificato come credibile ed è necessario procedere alla valutazione delle conseguenze. Gli scenari conseguenti alla propagazione degli effetti sono da valutare in relazione alla tipologia della apparecchiatura bersaglio. Nel caso di recipienti contenenti gas liquefatto in pressione, lo scenario di riferimento è il cedimento catastrofico dell'apparecchiatura (BLEVE) e conseguente Fireball.

Nel caso di coinvolgimento di sistemi contenente gas, è ipotizzabile il cedimento strutturale dell'apparecchiatura con conseguente rilascio dell'intero contenuto di gas presente.

Nel caso di coinvolgimento di una apparecchiatura contenente liquido, si ipotizza lo sversamento dell'intero contenuto in fase liquida ed il concomitante innesco, che comporta come scenario più probabile l'incendio di pozza (pool fire).

13.2 APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA

La metodologia si applica mediante la tecnica dell'albero degli eventi. Ciascun ramo è collegato ai fattori di mitigazione presenti, caratterizzati da un coefficiente di probabilità corrispondente alla indisponibilità della misura di protezione per mitigare gli effetti dell'irraggiamento. I coefficienti da selezionare sono indicati nella tabella che segue.

N.	Fattori	Assunzioni
1	Fattore direzionalità (jet fire)	In relazione alla dimensione dello scenario ed alla posizione dell'apparecchiatura critica adottare una frazione o multiplo di 1/10.
2	Protezioni passive antincendio	Associare un numero limitato di fattori in relazione alla presenza di protezioni passive antincendio ed alle dimensioni del fenomeno. Ad esempio: - 0,5 nel caso di protezione passiva limitata ai supporti delle apparecchiature.
3	Protezioni attive antincendio	Associare due livelli di indisponibilità: - 0,05 nel caso di sistemi fissi; - 0,1 nel caso di intervento di mezzi mobili.