

ALLEGATO D11

ANALISI DI RISCHIO

ENERGIA MOLISE SPA
Via Pirelli n. 20 – MILANO

*CENTRALE TERMOELETTRICA A CICLO COMBINATO
Zona industriale Consorzio del Biferno
TERMOLI (CB)*

ANALISI DI SICUREZZA

Eseguita da:
dr. ing. Livio Simoni
*Albo Ingegneri di Brescia n. 2251
Socio 3ASI – Associazione degli Analisti dell'Ambiente,
dell'Affidabilità e della Sicurezza Industriale*

Studio PROTEZIONE AMBIENTE SICUREZZA
Via Lana n. 1 – 25020 FLERO (BS)

Prima edizione - Maggio 2006

INDICE

Premessa	pag.	4
1. Descrizione dell'impianto	pag.	6
2. Caratteristiche delle apparecchiature presenti	pag.	9
3. Studio del rischio associato all'impianto	pag.	13
3.1 Premessa	pag.	13
3.2 Aree critiche	pag.	14
3.3 Valutazione della probabilità degli eventi incidentali	pag.	22
3.3.1 Generalità	pag.	22
3.3.2 Probabilità di accadimento degli eventi considerati	pag.	25
3.3.3 Valutazione di credibilità	pag.	25
3.4 Valutazione delle conseguenze	pag.	30
3.4.1 Modelli di simulazione di scenari incidentali	pag.	30
3.4.2 Ipotesi assunte negli eventi incidentali	pag.	35
3.4.3 Criteri di valutazione del danno	pag.	37
3.4.4 Dati meteorologici caratteristici della zona	pag.	41
3.4.5 Risultati delle modellazioni	pag.	46
3.4.6 Valutazione di compatibilità	pag.	49
4. Gestione degli incidenti rilevanti possibili. Indicazioni per la pianificazione della emergenza interna	pag.	53
5. Impianto antincendio	pag.	58
6. Interazioni con impianti e stoccaggi al di fuori del muro di cinta della centrale termoelettrica	pag.	68
7. Precauzioni assunte nella progettazione	pag.	70
8. Sistemi e procedure di monitoraggio, controllo e fermata in sicurezza in caso di emergenza	pag.	73
8.1 Sistema automatico di supervisione e controllo della gestione dell'impianto	pag.	73
8.2 Sistema di monitoraggio delle emissioni al camino	pag.	74
8.3 Procedure di fermata in sicurezza dell'impianto in caso di emergenza	pag.	74
9. Conclusioni	pag.	75

ALLEGATI

1. Curriculum dell'estensore della presente relazione
2. Mappe della zona adiacente alla installazione
3. Planimetria delle aree di rischio
4. Fogli degli hazop eseguiti
5. Alberi di guasto
6. Giustificazione dei valori assunti negli alberi di guasto
7. Mappe di danno
8. Descrizione dettagliata sistemi di combustione TG
9. Descrizione dettagliata sistema GVR con considerazioni sulle parti in pressione
10. Planimetrie gasdotto

PREMESSA

La presente relazione riguarda una centrale termoelettrica a gas a ciclo combinato alimentato a gas naturale, della potenza di circa 750 MW elettrici, realizzata con l'architettura tipo "2+1" (2 turbine a gas e una turbina a vapore a ciclo combinato).

La centrale è stata sottoposta a valutazione di impatto ambientale con valutazione favorevole da parte della Commissione preposta (DEC/VIA/7584 del 3 settembre 2002).

L'impianto è stato quindi autorizzato dal Ministero delle Attività Produttive con decreto n.55/01/2002 del 6 dicembre 2002).

Nella tabella sottostante è riportata la verifica delle sostanze presenti sia come deposito che come hold-up di impianto all'interno del sito della centrale.

Sostanze e/o preparati utilizzati nella centrale

N.	DENOMINAZIONE	ETICHETTA	FRASI DI RISCHIO	STATO FISICO	QUANTITA'	LIMITI ALLEGATO I DEL D.LGS.334/99 Come modificato dal D.Lgs. 238/05		
						Rif. Cat. All. I	Q.tà limite Art. 6 e 7 [t]	Q.tà limite Art. 8 [t]
1	Metano (alimentazione TG)	F+	12	Gas	48.0Nm ³ = 1.5 t	Parte 1	50	200
2	Idrogeno (riempimento generatori e bombole di riserva)	F+	12	Gas	1256+192 Nm ³ = 0.1 t	Parte 1	5	50
4	Soda caustica 50% (produzione acqua demi)	C	R35	Liquido	6.3 m ³ = 7 t	Non presente	Non applicabile	Non applicabile
5	Acido solforico 98% (tratt. Acque torri)	C	R35	Liquido	27.9 m ³ = 51 t	Non presente	Non applicabile	Non applicabile
6	Ipcolorito di sodio 14% (Trattamento acqua torri)	C	R34	Liquido	33 m ³ = 42.9 t	Non presente	Non applicabile	Non applicabile
7	Inibitore di corrosione (Nalco T184)	C	R34	Liquido	3 m ³ = 3.7 t	Non presente	Non applicabile	Non applicabile
8	Disperdente antiinorostante (trattamento acque torri)	Non classificato	-	Liquido	10 m ³ = 15.8 t	Non presente	Non applicabile	Non applicabile
9	Anidride carbonica (bonifica generatori)	Non classificato	-	Gas	729,6 Nm ³	Non presente	Non applicabile	Non applicabile
10	Fosfati (trattamento acque alimento)	C	R35	Liquido	2 m ³ = 5 t	Non presente	Non applicabile	Non applicabile
11	Deossigenante (trattamento condensato)	Xi, Xn	R22, R38, R43	Liquido	1 m ³ = 1 t	Non presente	Non applicabile	Non applicabile
12	Ammoniaca 10% (trattamento condensato)	C, N	R34, R50	Liquido	1.5 m ³ = 1.4 t	Parte 2 (9 i)	100	200
13	Oli lubrificanti (turbina gas e turbina vapore)	Non classificato	-	Liquido	48.5m ³ = 40.4 t	Non presente	Non applicabile	Non applicabile
14	Olio isolante (trasformatori)	Non classificato	-	Liquido	231 t	Non presente	Non applicabile	Non applicabile
15	Gasolio (pompa antincendio e gruppo elettrogeno)	Xn, N	R40, R51/53, R65, R67	Liquido	2.7 m ³ = 2.3 t	Parte 1	2500	25.000

L'impianto per produzione di energia non è pertanto classificato a rischio di incidente rilevante, in quanto utilizzano si sostanze di cui all'allegato I del D.Lgs. 334/99 (idrogeno e metano) ma in quantità nettamente inferiore al limite di soglia.

Si veda tabella di seguito:

Denominazione	Classificaz.	D.Lgs. 334/99	Hold-up impianto
---------------	--------------	---------------	------------------

SOSTANZE PARTE PRIMA	idrogeno	F+ R12	All. I Parte prima	1.5 t
	metano	F+ R12	All. I Parte prima	0.1 t
	Gasolio	Xn, N R40, R51/53, R65, R67	All. I Parte prima	2.3 t
SOSTANZE PARTE SECONDA	Ammoniaca 10%	C, N R34, R50	All. I Parte seconda	1.4 t

Pertanto si può riassumere che la situazione delle sostanze detenute, con riferimento all'allegato I del D.Lgs. 334/99, parti prima e seconda, esclude dall'applicazione degli art. 6, 7 e 8 del D.Lgs. 334/99 (come modificato dal D.Lgs. 238/05 – Seveso III) la centrale termoelettrica.

Pertanto secondo la vigente normativa, l'attività risulta soggetta al solo controllo dei VVFF (attività principale di cui al DM 16.2.1982: N. 63 – Centrali termoelettriche).

Il progetto della centrale è stato sottoposto ad analisi preliminare di sicurezza in sede di stesura della valutazione di impatto ambientale. La presente relazione rappresenta il documento finale della analisi di sicurezza visti anche gli interventi in corso d'opera realizzati (rivisitazione lay-out con nuova posizione della stazione di decompressione del gas e del percorso delle tubazioni gas).

In **allegato 1** sono riportate le referenze dell'estensore della presente relazione.

1. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

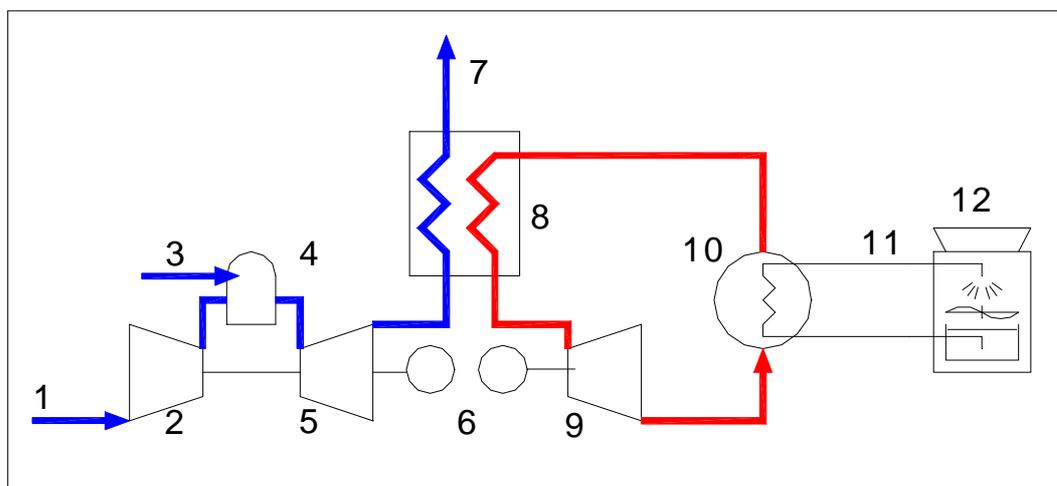
L'impianto ha una configurazione di tipo "2+1", quindi è costituito da due turbine a gas identiche e da una turbina a vapore che utilizzerà il vapore prodotto da due generatori di vapore a recupero posti in coda allo scarico di ciascuna delle due turbine a gas, secondo lo schema tipico del Ciclo combinato. La turbina a vapore è di tipo a condensazione, con condensatore a superficie raffreddato ad acqua: il circuito di raffreddamento è di tipo chiuso con torri di raffreddamento a umido a circolazione forzata.

Le centrali termoelettriche a Ciclo combinato sfruttano i vantaggi in termini di rendimento offerti dall'abbinamento del Ciclo termodinamico basato sulla turbina a gas (Ciclo Brayton) con il ciclo termodinamico basato sulla turbina a vapore (Ciclo Rankine). Nel Ciclo Brayton il combustibile (in questo caso gas naturale) viene immesso in una camera di combustione e miscelato con l'aria comburente ad alta pressione fornita da un compressore assiale; i gas di combustione si espandono all'interno della turbina a gas meccanicamente connessa con un alternatore che trasforma l'energia meccanica della turbina in energia elettrica; il rendimento netto del ciclo basato sulla turbina a gas risulta nel caso in esame dell'ordine del 37%.

Il Ciclo Rankine, basato sulla turbina a vapore, consente di utilizzare l'energia residua contenuta nei fumi di scarico della turbina a gas (la temperatura di tali fumi è di circa 600°C) aumentando il rendimento complessivo del sistema. Il recupero dell'energia contenuta nei gas di scarico della turbina avviene all'interno dei fasci tubieri del generatore di vapore dove il calore dei fumi è utilizzato per la produzione di vapore ad alta pressione. Il vapore è successivamente introdotto nella turbina a vapore connessa a sua volta con un generatore elettrico. All'uscita della turbina il vapore a bassa pressione viene raffreddato e portato a condensazione per essere inviato di nuovo nel generatore di vapore. Il rendimento massimo netto del ciclo combinato proposto (rapporto tra energia elettrica prodotta e immessa in rete ed energia termica immessa nel sistema) risulta del 56,5%, misurato in condizioni standard.

Lo schema concettuale di un impianto a Ciclo combinato, del tipo proposto, è riportato nella figura seguente:

FIGURA 1 - SCHEMA DI PRINCIPIO DI CICLO TERMICO COMBINATO GAS/VAPORE



1 Aria comburente; 2 Compressore; 3 Gas combustibile; 4 Combustore; 5 Turbina a gas (espansore); 6 Generatore elettrico; 7 Scarico fumi al camino; 8 Generatore di vapore; 9 Turbina a vapore; 10 Condensatore; 11 Fluido refrigerante (acqua); 12 Torri di raffreddamento (a umido)

La scelta di un impianto a ciclo combinato deriva dalla necessità di assicurare un rendimento elevato e contemporaneamente di minimizzare l'impatto ambientale, requisiti che impongono l'adozione dell'ultima generazione di turbine a gas, caratterizzate da alto rendimento, estrema affidabilità, e ridotte emissioni inquinanti grazie all'adozione della tecnologia di combustione denominata DLN (Dry Low NO_x) che assicura le minime emissioni di NO_x oggi conseguibili con tale tipologia di macchine.

Il progetto è localizzato nell'area industriale del Consorzio di sviluppo industriale della valle del Biferno in Comune di Termoli, all'interno di un lotto con superficie di circa 70.000 mq.

La disposizione planimetrica dell'impianto all'interno dell'area è nel disegno in allegato.

L'impianto è composto principalmente da:

- l'edificio macchine, che alloggia le due turbine a gas, la turbina a vapore, i rispettivi generatori, il condensatore, e il carroponete di servizio;
- il complesso camino/caldaia connesso all'edificio macchine tramite il condotto fumi (due)
- la batteria di torri di raffreddamento.

La planimetria generale dell'impianto e la planimetria della sala macchine sono presenti negli allegati.

Adiacenti agli edifici principali sono disposti i fabbricati minori destinati agli impianti ausiliari, l'edificio che ospita la sala controllo, il serbatoio di acqua industriale, l'edificio che ospita la sottostazione elettrica blindata, i trasformatori e le apparecchiature elettriche installate all'aperto nonché la stazione di arrivo e riduzione del gas naturale. L'impianto è dotato di recinzione perimetrale, piazzali asfaltati di manovra; data la localizzazione sul perimetro esterno dell'area industriale è stata inoltre prevista una estesa area destinata a verde, con funzione di mascheramento e "filtro" percettivo tra l'area industriale e il contesto agricolo e naturale circostante.

L'approvvigionamento di acqua industriale è garantito dal Consorzio di sviluppo industriale della valle del Biferno grazie alla disponibilità idrica dell'adduttore industriale che utilizza le acque provenienti dall'invaso

di "Ponte Liscione". Il servizio di depurazione delle acque reflue è assicurato dal depuratore consortile situato all'interno dell'area industriale.

L'allacciamento alla rete di trasmissione nazionale dell'energia elettrica è effettuato mediante un elettrodotto alla tensione di 380 kV, lungo circa 14.6 km. E' stato inoltre realizzato un gasdotto interrato (DN 400 mm) della lunghezza di circa 15 km per la connessione alla rete di distribuzione di gas naturale della SNAM RETE GAS.

L'impianto è predisposto per la cessione di vapore a bassa pressione o calore a utenze industriali esterne esistenti, a condizioni competitive con l'autoproduzione e vantaggiose in termini ambientali

Le caratteristiche generali della centrale proposta sono riassunte nel seguito.

TABELLA 2 - SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO

Tipo	Centrale termoelettrica a ciclo combinato alimentata con gas naturale
Potenza elettrica	ca. 750 MW netti complessivi
Rendimento elettrico	ca. 56.7% lordo; 55.3% netto
Turbine a gas	n. 2 con Potenza nominale 250 MW; rendimento netto ca. 37.4%
Turbine a vapore	n. 1 a condensazione con potenza nominale al generatore di ca. 250 MW
Generatori di vapore	n. 2 di tipo orizzontale, a tre livelli di pressione
Camini	n. 2 con altezza di 55 m e velocità di uscita dei fumi pari a ca. 25 m/s
Condensatore	n. 1 a superficie
Sistema di raffreddamento	Con torri a umido a circolazione forzata
Generatore elettrico	n. 3 con potenza di ca. 300 MVA cad., con raffreddamento a idrogeno
Gasdotto	Allacciamento a rete SNAM con condotta interrata DN 400 mm lunga ca. 15 km
Elettrodotto	Allacciamento a rete trasmissione nazionale con elettrodotto 380kV in singola terna lungo ca. 14.6 km
Consumo di gas naturale	ca. 27 kg/s
Consumo di acqua	ca. 200 l/s
Emissione attese di NO _x	conc. nei fumi < 40 mg/Nm ³
Emissione attese di CO	conc. nei fumi < 10 mg/Nm ³

Opere civili

Edifici e strutture sono realizzati sia in cemento armato sia in acciaio. I fabbricati principali sono prevalentemente realizzati con strutture in elevazione in carpenteria metallica e tamponamenti in pannelli coibentati in lamiera preverniciata. Le fondazioni sono in cemento armato. Le fondazioni sono approfondite in modo tale da non indurre sollecitazioni su fognature, drenaggi o tubazioni adiacenti. L'utilizzo di fondazioni profonde – in particolare alla base delle strutture principali (sala macchine, caldaia, camino) e delle macchine rotanti - è stata realizzata in base alle informazioni geotecniche disponibili. Non sono state previste opere interrato che possano generare discontinuità della falda freatica.

Nel seguito sono elencati i principali edifici e le strutture inclusi nell'impianto

- ⇒ n. 1 Edificio macchine (turbina a gas, turbina a vapore): l'edificio destinato ad accogliere le turbine e i generatori elettrici è composto da un corpo che accoglie la turbina a vapore le cui dimensioni in pianta sono di m 53 x 25 x 21 h; superficie di 1400 mq e volume di 2800 m³ e da un corpo a doppia altezza per le turbine a gas e i generatori le cui dimensioni sono m 73 x 13.5 x 8.5 h e m 73 x 7 x 10 h; superficie pari a ca 1500 m² e volume pari a ca 23000 m³;

l'edificio è realizzato in carpenteria metallica e tamponato con pannelli sandwich in lamiera grecata.

- ⇒ n. 1 Edificio sala controllo: l'edificio, destinato ad accogliere i principali quadri adibiti al comando e controllo dell'intero impianto ha dimensioni in pianta di ca m 34 x 12.5 x 12 h; superficie di 425 mq e volume di 5.100 m³. L'edificio ha strutture in c.a. e tamponamento in muratura intonacata.
- ⇒ n. 2 fabbricati Caldaia: con superficie in pianta di ca. 170 mq e altezza massima di ca. 34 m; le caldaie sono tamponate con pannellature metalliche leggere.
- ⇒ n. 2 Camini: hanno altezza di 55 m e diametro interno di ca. 6 m
- ⇒ n. 1 fabbricato Torri di Raffreddamento con dimensioni indicative di m 95 x 32 x 15 h, con struttura in c.a.
- ⇒ n. 2 Edifici Quadri elettrici con dimensioni indicative di m. 54 x 7 x 6 h e struttura in c.a.
- ⇒ n. 1 Edificio sottostazione blindata con dimensioni in pianta di m 27 x 12 e struttura in c.a.

2. CARATTERISTICHE DELLE APPARECCHIATURE PRESENTI

Turbina a gas

G.E. PG9351FA da 250 MW

La turbina a gas è alimentata con gas naturale; la tipologia costruttiva è tale da escludere l'utilizzo di altre tipologie di combustibili; il sistema di combustione è di tipo DLN (Dry Low NO_x) a ridottissima emissione di NO_x e CO.

La turbina è accoppiata direttamente con il generatore elettrico; tali macchine sono installate all'interno di un edificio industriale munito di carroponte di servizio per le operazioni di montaggio, manutenzione e controllo; la turbina a gas è provvista di completa cofanatura insonorizzante; il sistema di aspirazione dell'aria è munito di dispositivi di filtrazione e silenziatori; il sistema di scarico del gas è accoppiato con il generatore di vapore a recupero, situato all'esterno dell'edificio macchine. L'edificio è adeguatamente insonorizzato e dotato di sistemi antincendio conformi alle norme internazionali vigenti in materia.

Le turbine a gas di ultima generazione di taglia pari a circa 250 MW elettrici sono caratterizzate da temperatura di combustione di circa 1250°C, temperatura dei gas combusti in uscita dalla turbina di circa 600°C e rendimenti in condizioni ISO superiori al 36%.

Le caratteristiche principali riportate di seguito sono riferibili all'intera classe di macchine sopra definita.

TABELLA 3 - DATI CARATTERISTICI INDICATIVI DELLA TURBINA A GAS UNA LINEA

Parametro	Valore	Note
Potenza [MW]	250	
Efficienza [%]	37.4	
Consumo di calore [MWth]	668.44	
Consumo di gas [kg/s]	13.35	Basato su Pci= 50056 kJ/kg
Consumo di gas [Nm ³ /s]	16.7	Densità assunta 0.8 kg/Nm ³
Portata massima allo scarico [kg/s]	643.15	
Temperatura allo scarico [°C]	592.3	

Generatore di vapore a recupero

NECCT

La caldaia a recupero adottata è di tipo orizzontale a tre livelli di pressione con ri-surriscaldamento intermedio del vapore e è inserita all'esterno dell'edificio macchine e a valle dello scarico della turbina a gas. La temperatura di ingresso dei gas di scarico è di circa 600°C, la temperatura di uscita al camino è di circa 95°C. La bassa temperatura dei gas di scarico al camino è resa possibile dal modestissimo tenore di zolfo presente nel gas naturale che lascia escludere problematiche di formazione di condensa acida. Lo scarico in atmosfera avviene tramite un camino alto 55 m, con diametro interno di circa 6 metri. La velocità di uscita dei fumi è di circa 21 m/s. Ciascun generatore di vapore è completo di degasatore e pompe alimento; mentre il serbatoio di raccolta del condensato e le pompe di estrazione del condensato sono in comune per le due caldaie.

Il sistema di vapore principale è composto dalle seguenti sezioni:

- ⇒ Sezione AP (alta pressione): dalla caldaia a recupero all'ingresso della turbina a vapore, composto da tubazione, valvole, attemperatori e altre tubazioni ausiliarie.
- ⇒ Sezione MP (media pressione) RH freddo: dalla turbina a vapore, composto da tubazione, valvole, attemperatori e altre tubazioni ausiliarie.
- ⇒ Sezione MP (media pressione) RH caldo: dalla caldaia a recupero alla turbina a vapore, composto da tubazione, valvole, attemperatori e altre tubazioni ausiliarie.
- ⇒ Sezione BP (bassa pressione): dalla turbina a vapore alla caldaia a recupero, composto da tubazione, valvole, e altre tubazioni ausiliarie.
- ⇒ By-pass AP: vapore al sistema di ri-surriscaldamento freddo (RH freddo) e relativo attemperamento
- ⇒ By-pass MP: vapore (RH caldo) al condensatore e relativo attemperamento
- ⇒ By-pass BP: vapore al condensatore e relativo attemperamento

TABELLA 4 - DATI DELLA CALDAIA A RECUPERO

Parametro	Valore
Dati vapore Alta Pressione	
Pressione [bar]	110.25
Temperatura [°C]	560
Dati vapore Media Pressione	
Pressione [bar]	27.7
Temperatura [°C]	560
Dati vapore Bassa Pressione	
Pressione [bar]	5.25
Temperatura [°C]	220
Temperatura di uscita dei fumi [°C]	95

Turbina a vapore

SIEMENS mod. K30-25 – N30-2x10 da 250 MW circa

La turbina a vapore è del tipo a due corpi su cavalletto, con scarico verticale. La turbina a vapore è accoppiata direttamente con il generatore elettrico. La turbina a vapore è dotata di sistema di by-pass del vapore al fine di evitare il blocco dell'intero sistema nel caso di problemi sulla turbina a vapore. La turbina è munita di adeguata cofanatura insonorizzante e dei necessari sistemi ausiliari e di controllo. La

condensazione del vapore esausto avviene all'interno di un condensatore ad acqua del tipo a superficie situato all'interno dell'edificio macchine.

L'impianto è predisposto per la co-generazione con spillamento di vapore a media o bassa pressione per l'utilizzo da parte di utenze industriali..

Le seguenti tabelle mostrano i dati principali relativi alla turbina vapore e al ciclo termico.

TABELLA 5 - DATI DEL CICLO TERMICO (1 LINEA)

Potenza della turbina [MW]	262.7	Non include perdite al generatore, meccaniche e di ventilazione
Potenza ai morsetti del generatore [MW]	258.8	Include le perdite e l'efficienza di progetto del generatore
Temperatura acqua in ingresso condensatore [°C]	25	
Temperatura di torre in uscita condensatore [°C]	35	
Pompe di circolazione (acqua raffreddamento condensatore) Flusso acqua di circolazione [kg/s] Consumo [kW]	11400 2685	
Pompe di estrazione [kW]	800	
Pompe di alimento [kW]	2400	
Consumo ventilatori [kW]	1378	

Sistema di raffreddamento

Il condensatore adottato é del tipo a superficie. Il raffreddamento dell'acqua contenuta nel circuito di raffreddamento è con dodici torri ad umido (tipo Marley) a circolazione forzata e riempimento.

Le condizioni ambientali di riferimento sono le seguenti:

Temperatura di progetto (bulbo asciutto):	20 °C
Umidità di progetto:	78%
Temperatura di bulbo umido:	17.61 °C
Temperatura punto di rugiada:	16.21 °C

Le caratteristiche del condensatore e del circuito di raffreddamento sono riassunte nelle tabelle seguenti; si rilevi l'elevato fattore di concentrazione scelto per minimizzare il consumo di acqua:

TABELLA 6 - CARATTERISTICHE DEL CONDENSATORE A SUPERFICIE (1 LINEA)

Temperatura di ingresso [°C]	25
Temperatura di uscita [°C]	35
Flusso acqua di ri-circolazione [kg/s]	11400
Numero di corpi	1
Numero di passi	2
Materiale tubi e piastre	AdmiraltyBrass

TABELLA 7 - CARATTERISTICHE DEL CIRCUITO DI RAFFREDDAMENTO (1 LINEA)

Tipo di torre	a umido
Flusso	contro-corrente
Tiraggio	meccanico
Ventilatori	aspirante
Acqua di raffreddamento	
Temperatura ingresso [°C]	35
Temperatura uscita [°C]	25
Portata [kg/s]	11400
Portata d'aria [kg/s]	9207
Temperatura uscita aria [°C]	30.36
TTD [°C]	4.74
Salinità ammessa [mg/l]	2500
Fattore di concentrazione	7
Acqua di reintegro	
Perdite per il vento [kg/s]	0.288
Perdite per evaporazione [kg/s]	69.258
Spurgo [kg/s]	13.563
Acqua totale di reintegro [kg/s]	83.109
Parametri geometrici	
Numero di celle	12
Larghezza totale [m]	32
Lunghezza totale [m]	95
Altezza totale [m]	15
Consumo totale ventilatori [kW]	1600
Diametro ventilatore [m]	8.0
Velocità [giri/min]	100
Materiali	
Costruzione e civile	Cemento
Interni	acciaio inossidabile
Strutture ausiliarie	acciaio galvanizzato
Pala ventilatore	resina
Albero ventilatore	acciaio

Sistema di alimentazione del combustibile

La centrale utilizza gas naturale derivato da una linea ad alta pressione; se ne richiede la sua decompressione alla pressione di ca. 33 bar in una apposita stazione di riduzione e controllo. Prima dell'invio all'impianto il gas è inoltre soggetto a filtrazione con elevato grado di separazione sia per le particelle solide che liquide. Il gas che alimenta i turbogas è riscaldato alla temperatura di circa 180°C tramite i cosiddetti performance heater in modo tale da aumentare l'efficienza complessiva del ciclo. Prima dell'ammissione nelle turbine a gas è installato un sistema di blocco automatico di sicurezza che interrompe l'alimentazione di gas in caso di grave anomalia segnalata dal sistema di controllo.

3. STUDIO DEL RISCHIO ASSOCIATO ALL'IMPIANTO

3.1 Premessa

Lo studio del rischio associato alla installazione in esame è stato condotto analizzando i processi presenti negli impianti, le condizioni chimico-fisiche di marcia degli stessi, al fine di analizzare i potenziali incidenti e i sistemi di protezione previsti.

In fase di progettazione (anno 2002) era stata condotta una analisi preliminare di sicurezza che aveva individuato le potenziali zone a rischio dell'impianto, i possibili eventi incidentali ipotizzabili e le misure di prevenzione e protezione che era necessario attuare per ridurre il rischio associato.

L'analisi preliminare era servita in sede di impostazione del progetto, al fine di ottimizzare il lay-out della centrale nei confronti della zona circostante e delle zone di pericolo interno.

In sede di progettazione esecutiva la società Energia Molise ha incaricato TECHNIP ITALY SPA di effettuare una analisi hazop della installazione, al fine di verificare i sistemi di sicurezza previsti e le mitigazioni del rischio introdotte nell'impianto.

Lo scrivente ha analizzato i fogli hazop prodotti nella fase di progettazione esecutiva, verificando se dall'analisi potessero emergere nuovi scenari incidentali oppure modifica di quelli ipotizzati nella fase di progettazione preliminare.

La presente analisi di sicurezza pertanto vuole riassumere le analisi effettuate in via preliminare e in via esecutiva, e individuando gli scenari incidentali possibili per la centrale in base a:

- ✓ esperienza dell'estensore della presente relazione
- ✓ esperienza dei progettisti dell'impianto
- ✓ hazop eseguito sull'impianto
- ✓ analisi storica

Da queste analisi e valutazione sono state individuate le aree critiche e i possibili scenari incidentali.

I criteri utilizzati nella progettazione di questa centrale termoelettrica sono:

- ✓ I componenti di elevata qualità;
- ✓ piani di manutenzione preventiva e procedure standard di esercizio per ridurre le probabilità di guasto dei componenti critici che l'analisi ha individuato;
- ✓ Sistemi di controllo che sovrintendano al corretto esercizio dell'impianto, evitando, attraverso l'uso di sequenze automatiche, funzionamenti anomali o non previsti dell'impianto;
- ✓ Il sistema di automazione dell'impianto che favorisce la sorveglianza completamente centralizzata dell'impianto dalla sala controllo;
- ✓ Tutte le informazioni relative al normale esercizio, alle eventuali anomalie, ai valori di allarme e di blocco dell'impianto sono riportate a quadro del DCS in sala controllo, registrate ed archiviate per qualsiasi controllo;
- ✓ Le azioni di regolazione e le più frequenti manovre di esercizio sono rese automatiche in modo che anche un unico operatore possa tenere sotto controllo l'intero impianto e prendere le necessarie decisioni di intervento, nel caso di anomalie e modalità particolari;
- ✓ Il processo di combustione è soggetto ad un monitoraggio continuo, ed in caso di gravi anomalie la/le macchine vanno in blocco e viene interrotta l'alimentazione del combustibile;
- ✓ Le turbine, le linee del vapore ad alta, media e bassa pressione, le apparecchiature del ciclo termico sono opportunamente isolate (coibentazione), dotate di sistemi di regolazione e di dispositivi di sicurezza in grado di assicurare un sicuro funzionamento in tutte le condizioni; tali dispositivi sono normalmente ridondati per ridurre al minimo il rischio dovuto ad un loro malfunzionamento.

- ✓ L'impianto a gas è provvisto di una serie di valvole di sicurezza sia sulle tubazioni che sui possibili polmoni di gas; gli sfiati delle suddette valvole sono localizzati a distanza di sicurezza prevista dalle norme CEI 31.30 e 31.35; in particolare tra gli sfiati e le linee elettriche è mantenuta una distanza non inferiore a 15 metri
- ✓ Il sistema vapore è provvisto di una serie di valvole di sicurezza dimensionate secondo le normative italiane ed europee (PED).

3.2 Aree critiche

Per valutare il rischio associato alla nuova installazione, sono state identificate **le aree critiche** in base alle conoscenze specifiche del progettista, dei tecnologi e dell'estensore della presente relazione e alle analisi hazop condotte.

E' stata quindi effettuata una analisi tesa a ipotizzare i possibili eventi incidentali associabili con le singole aree, al fine di permettere lo studio di dettaglio con la tecnica della fault-tree-analysis e, per gli eventi non ritenuti incredibili, la modellazione delle conseguenze. In **allegato 3** sono riportate le aree di rischio individuate.

L'analisi condotta è stata eseguita con lo spirito di individuare le più gravose sequenze incidentali e fornire una stima cautelativa delle distanze di impatto degli eventi considerati credibili. Le informazioni che si possono trarre da una analisi di questo tipo sono sufficienti a verificare la possibilità di "effetti domino".

Poiché nella centrale termoelettrica non sono presenti sostanze tossiche, gli unici scenari possibili sono quelli che derivano da rilasci di energia chimica (incendi ed esplosioni) o meccanica (spalettamento delle turbine, scoppio dei corpi cilindrici del vapore), cedimenti strutturali. Verranno comunque considerati i rilasci di fumi tossici dovuti all'incendio di olio.

Le distanze previste tra gli edifici della centrale termoelettrica e gli stabilimenti chimici circostanti sono sempre maggiori delle altezze degli edifici stessi e ciò permette di escludere a priori effetti domino derivanti da cedimenti strutturali (indotti da cause interne, quali esplosioni, o esterne, quali terremoti) con crollo di un edificio contro un altro.

Area A1 – Turbina gas con relativo combustore/GVR/Bunker idrogeno

La **prima area critica** è quella comprendente la zona di combustione dell'impianto. L'evento da studiare è riconducibile alla esplosione della camera di combustione della turbina a causa di formazione di una miscela infiammabile per spegnimento fiamma.

TOP01 - Scenario: esplosione di una miscela infiammabile. Sovrapressione e frammenti proiettati.

Questa tipologia di evento descrive anche altri eventi analoghi (fuoriuscita gas metano) che possono essere presenti nell'impianto.

Si fa presente che il sistema di alimentazione del gas metano all'interno dell'impianto fino all'ingresso in camera di combustione è dotato di più valvole di intercettazione poste in serie e di adeguati vent che scaricano all'esterno in posizione sicura.

La **seconda area critica** è quella comprendente la zona ove sono presenti le apparecchiature in pressione di vapore (corpi cilindrici e turbina a vapore).

L'evento da studiare è riconducibile alla sovrappressione di un corpo cilindrico a causa del malfunzionamento del sistema di regolazione della pressione, con cedimento dello stesso e proiezione di frammenti.

TOP02/A - Scenario: esplosione di corpo in pressione. Sovrappressione e frammenti proiettati.
--

Questa tipologia di evento descrive anche altri eventi analoghi che possono essere presenti nell'impianto, ad esempio per la sezione recupero calore della caldaia.

La **terza area critica** è quella comprendente la zona ove sono presenti le apparecchiature contenenti idrogeno per il raffreddamento dei generatori elettrici delle turbine e il deposito (bunker) delle bombole di idrogeno.

L'evento da studiare è riconducibile alla formazione di miscela infiammabile a causa del malfunzionamento del sistema di regolazione della pressione, con conseguente entrata di aria ed esplosione.

TOP03/A Scenario: esplosione di miscela infiammabile in luogo confinato. Sovrappressione e frammenti proiettati.

L'altro evento ipotizzabile in questa area è riconducibile ad una perdita del circuito idrogeno con formazione di un dardo di fuoco.

TOP03/B Scenario: Rilascio di idrogeno con incendio dello stesso. Irraggiamento sulle strutture circostanti.

Questa tipologia di evento descrive anche altri eventi analoghi che possono essere presenti nell'impianto. *Per quanto riguarda il deposito delle bombole di idrogeno, verrà garantita una protezione del deposito di 1° grado secondo il DM 24.11.1984; pertanto verrà eseguito il calcolo statico e dinamico della struttura, al fine di garantire una resistenza della stessa ad una sovrappressione calcolata in 0.8 bar (scoppio di una bombola).*

Come previsto dal DM 24.11.1984, i manufatti sono stati realizzati in muratura gettata in opera, con le seguenti precauzioni:

- *le fondazioni sono state realizzate con getti eseguiti in loco;*
- *i muri impiegati per il tamponamento delle pareti sono stati realizzati con doppia armatura e connessi tra loro e con i pilastri o con le travi di fondazione;*
- *le travi di sostegno delle coperture sono vincolate ai pilastri portanti e non semplicemente appoggiate;*
- *gli elementi costituenti la copertura (sicurezza di 1° grado) sono stati vincolati fra di loro con apposite armature di collegamento e getti integrativi.*

Area A2 – Trasformatori

L'area critica è quella comprendente la zona ove sono presenti i trasformatori che contengono all'interno olio.

L'evento da studiare è riconducibile alla perdita di olio dal trasformatore, sversamento di olio che in presenza di innesco si incendia. Si fa presente che l'olio fuoriuscito cade nella vasca sottostante, dotata di uno strato di ghiaia (che ha la funzione di separare la zona di eventuale fiamma con l'accumulo dell'olio); l'olio viene quindi convogliato per gravità ad una vasca posta in luogo sicuro (evidenziata nella planimetria generale).

TOP04/A - Scenario: incendio da pozza e irraggiamento sulle strutture circostanti.

TOP04/B - Scenario: incendio da pozza e dispersione dei fumi prodotti nelle aree circostante la centrale.

Questa tipologia di evento descrive anche altri eventi analoghi che possono essere presenti nell'impianto. Si fa presente che per quanto riguarda la possibile sovrappressione interna e conseguente cedimento catastrofico del trasformatore, il corpo del trafo è dotato di sistemi di sfogo della sovrappressione (dischi di rottura che scaricano in zona sicura) che hanno il compito, rompendosi, di rilasciare l'olio in caso di sovrappressione. Pertanto, in questo caso, il rischio associato è ancora legato al possibile incendio dell'olio fuoriuscito e alla possibile dispersione di prodotti tossici.

Area A3 – Gasdotto gas metano, stazione di riduzione e linea gas metano interna alla centrale

L'area critica è la zona limitrofa al gasdotto (per la parte esterna alla centrale, la stazione di riduzione e il percorso della tubazione del gas metano all'interno della centrale).

L'evento da studiare è quindi riconducibile al cedimento strutturale della linea, con fuoriuscita di gas che in presenza di innesco si incendia.

TOP05 - Scenario: jet-fire del gas metano. Irraggiamento sulle strutture circostanti.

Questa tipologia di evento descrive anche altri eventi analoghi che possono essere presenti nell'impianto.

Per quanto riguarda l'elettrodotta, visti i criteri di progettazione dello stesso (Norma CEI 11.4 – Norme per l'esecuzione delle linee elettriche aree esterne), per quanto riguarda gli aspetti di sicurezza si è fatto riferimento al DM 31.7.1934 ("Approvazione delle norme di sicurezza per la lavorazione, l'immagazzinamento, l'impiego e la vendita di oli minerali – G.U. n. 228 del 28.9.34), che all'art. 29 prevede che le linee di trasporto di energia elettrica non devono passare sopra le zone di protezione dei depositi di sostanze infiammabili o combustibili. Visto il percorso di tale elettrodotta, il suo arrivo da direzione S-O rispetto all'insediamento, si è verificato che esso non attraversa stabilimenti o attività

pericolose, in modo da garantire che la distanza di protezione più conservativa del decreto (Classe 1, sicurezza ordinaria, liquidi di categoria A – distanza = 20 m), venisse rispettata.

All'interno dell'impianto il percorso è fuori terra ma in posizione tale da non avere interferenze con gli stoccaggi delle sostanze pericolose presenti (depositi bombole di idrogeno, trasformatori, etc.).

Al fine di facilitare la lettura degli eventi incidentali, sono state predisposte delle tabelle sintetiche che descrivono:

- ✓ *Contesto della sezione di impianto in cui si ipotizza l'evento incidentale, con breve descrizione del processo esercito nelle apparecchiature luogo dell'evento;*
- ✓ *Elencazione dettagliata e circostanziata delle cause iniziatrici con richiami alle apparecchiature e alla strumentazione della sezione ove può avere luogo l'evento;*
- ✓ *Descrizione delle protezioni esistenti sulla sezione (progettate allo scopo di prevenire le cause iniziatrici) e l'ipotetico mancato intervento delle stesse, che in concomitanza all'accadimento delle cause giustificheranno l'evento;*
- ✓ *Interventi previsti a valle dell'evento, che possono consistere in interventi di collettamento delle emissioni oppure di intervento del personale di reparto per limitare le conseguenze.*

AREA A1 – Turbina a gas e sistema produzione vapore connesso

TOP01 - Esplosione di una miscela infiammabile	
CONTESTO IMPIANTO	La turbina a gas è posizionata all'interno di un cabinato in depressione a sua volta posizionato all'interno del fabbricato impianti.
CAUSE	A causa di un malfunzionamento del sistema di inertizzazione della turbina o per una perdita dalle valvole del metano, si forma una miscela esplosiva che innescata dalle pareti calde esplose.
PROTEZIONI PREVISTE	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Sistema automatico per il controllo della corretta tenuta delle valvole del metano ad ogni avviamento e fermata del TG ⇒ Sistema ridondato con più valvole in serie e sfiato intermedio ⇒ Sistema di controllo della presenza fiamma (rivelatori di fiamma e controllo su spread) ⇒ Sistema indiretto di controllo della temperatura in camera di combustione ⇒ Sistema di controllo della temperatura dei gas di scarico ⇒ Sistema di ventilazione e depressione del cabinato ⇒ Sistema di monitoraggio mediante rilevatori di presenza gas ⇒ Sistema di monitoraggio con sensori di temperatura ⇒ Sistema di purging della caldaia prima di ogni avviamento (in accordo alle norme NFPA) ⇒ La cassa (o corpo) esterna della turbina e compressore in cui alloggiavano le parti rotanti è stata calcolata dai costruttori di queste apparecchiature come sistema di contenimento in caso di proiezione di schegge. <p>L'esperienza storica di due dei più importanti costruttori di questa tipologia di sistemi (GE Power Systems e Mitsubishi) ha evidenziato la remota possibilità di questo evento; l'esperienza storica dimostra che quando si è verificato questa tipologia di evento, la proiezione di frammenti è stata contenuta all'interno del corpo della turbina/compressore.</p>
INTERVENTI PREVISTI	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Inertizzazione con quantità di aria molte volte superiore al valore inferiore di infiammabilità del metano. ⇒ Impianto antincendio a saturazione di CO2 ⇒ Intercettazione delle linee metano e blocco della TG

TOP02 - Esplosione di un corpo in pressione della caldaia	
CONTESTO IMPIANTO	Trattasi dei corpi in pressione presenti esternamente al locale turbina ove si raccoglie il vapore prodotto negli scambiatori di calore per essere inviato alla turbina a vapore.
CAUSE	Per un mancato ritiro del vapore o per un malfunzionamento del GVR / turbina a gas, si ha un innalzamento repentino della pressione in uno o più corpi cilindrici con repentino cedimento strutturale degli stessi.
PROTEZIONI PREVISTE	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Sistema di by-pass del vapore AP, MP e BP: il vapore viene inviato al condensatore in caso di malfunzionamento della turbina a vapore o sovrappressioni sulle linee. ⇒ Sistema di valvole di sicurezza del vapore
INTERVENTI PREVISTI	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Apertura dei bypass per eliminare la sovrappressione. ⇒ Apertura delle valvole di sicurezza. ⇒ Arresto dei TG e TV nel caso di anomalia sui livelli dei corpi cilindrici

TOP03/A - Esplosione di una miscela infiammabile di idrogeno in luogo confinato	
CONTESTO IMPIANTO	Impianto di raffreddamento dei generatori dei TG o TV
CAUSE	A causa di un malfunzionamento del sistema di idrogeno si ha una formazione di miscela infiammabile all'interno della apparecchiatura che innescata provoca una detonazione.
PROTEZIONI PREVISTE	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Rilevatori di atmosfera infiammabile localizzati attorno alla macchina ⇒ Sistema manuale di inertizzazione con anidride carbonica. ⇒ Rilevatore di purezza H2 all'interno del generatore ⇒ Valvole di sicurezza sulla linea di alimentazione H2 ⇒ Costruzione del generatore contenente l'idrogeno a prova di esplosione. ⇒ Monitoraggio continuo delle pressioni H2 da sala controllo
INTERVENTI PREVISTI	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Protezione del sistema (ventilazione a filo soffitto per evitare accumuli di idrogeno) ⇒ Blocco di emergenza del generatore

TOP03/B - Incendio di una miscela infiammabile di idrogeno	
CONTESTO IMPIANTO	Impianto di raffreddamento dei generatori TG o TV Deposito bombole idrogeno (bunker)
CAUSE	A causa di una rottura nel sistema di distribuzione idrogeno si ha una rottura con conseguente fuoriuscita di idrogeno (possibile sia al deposito delle bombole di idrogeno che nel circuito di impianto). Le perdite si possono avere nelle connessioni del sistema, per rottura delle tubazioni di collegamento o per perdite nel sistema di tenuta ad olio dell'impianto di raffreddamento.
PROTEZIONI PREVISTE	Rilevatore di atmosfera infiammabile.
INTERVENTI PREVISTI	Protezione del sistema (ventilazione, confinamento)

AREA A2 - Trasformatori

TOP04/A	
Incendio dell'olio fuoriuscito dai trasformatori ed irraggiamento termico sulle strutture circostanti	
CONTESTO IMPIANTO	Trasformatori posizionati esternamente al fabbricato principale.
CAUSE	Per una rottura causata da urto o per usura nel tempo, si ha una fuoriuscita di olio che a causa di un innesco vicino si incendia.
PROTEZIONI PREVISTE	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Sistema di contenimento dell'olio fuoriuscito. ⇒ Impianto a pioggia frazionata di spegnimento. ⇒ Muro tagliafuoco rispetto al fabbricato adiacente sui tre lati dei trasformatori, che permette di proteggere le strutture circostanti da eventuali dardi di fuoco. ⇒ Distanza di sicurezza da possibili elementi sensibili (ferrovia). ⇒ Apertura interruttori per disenergizzazione del trasformatore
INTERVENTI PREVISTI	Intervento della squadra di emergenza con sistema antincendio di stabilimento e sistemi di intercettazione alimentazione gas combustibile.

TOP04/B	
Incendio dell'olio fuoriuscito dai trasformatori e dispersione dei prodotti di combustione	
CONTESTO IMPIANTO	Trasformatori posizionati esternamente al fabbricato principale.
CAUSE	Per una rottura causata da urto o per usura nel tempo, si ha una fuoriuscita di olio che a causa di un innesco vicino si incendia.
PROTEZIONI PREVISTE	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Sistema di contenimento dell'olio fuoriuscito. ⇒ Impianto a pioggia frazionata di spegnimento che funziona da cortina di acqua nel caso di fumi di combustione. ⇒ Apertura interruttori per disenergizzazione del trasformatore
INTERVENTI PREVISTI	Intervento della squadra di emergenza con sistema antincendio di stabilimento e sistemi di intercettazione alimentazione gas combustibile.

Area A3 – gasdotto gas metano, stazione di riduzione e linea gas metano interna alla centrale

TOP05	
Jet-fire del metano fuoriuscito dalla tubazione gas metano in zona cabina di riduzione e nelle zone in cui la tubazione non è interrata	
CONTESTO IMPIANTO	A causa di un urto si ha una rottura parziale della tubazione gas metano o nella zona stazione di riduzione gas metano o nella zona in cui la tubazione è fuori terra.
CAUSE	Mancato rispetto della procedura di uso dei mezzi di sollevamento; la procedura prevede la bonifica delle tubazioni contenenti gas infiammabili.
PROTEZIONI PREVISTE	⇒ Sistema di protezione della tubazione metano ⇒ Sistema di blocco automatico sui TG in caso di basse pressioni metano ⇒ Rilevatori di metano installati sull'impianto
INTERVENTI PREVISTI	Chiusura delle valvole di intercetto gas metano.

Nell'individuazione degli scenari incidentali si è tenuto conto anche della possibile presenza di fattori esterni, quali terremoti, trombe d'aria, inondazioni, etc.

Per la tipologia dell'impianto, visti i sistemi di controllo predisposti, quali la sala controllo sollevata da terra e un sistema di fermata di emergenza autonomo, descritto nei capitoli seguenti, non si ritiene che questi fattori esterni possano rendere più gravosi gli scenari incidentali già individuati.

3.3 VALUTAZIONE DELLA PROBABILITA' DEGLI EVENTI INCIDENTALI

3.3.1 Generalità

L'accadimento di un evento incidentale è legato al verificarsi di uno o più eventi iniziatori che determinano una condizione anomala di esercizio e che, col concorso di specifiche situazioni contingenti, possono portare all'evento finale.

La tecnica in oggetto consiste di:

- individuare tutti gli eventi e/o condizioni che devono essere verificate per giungere all'evento finale (**incidente**);
- stabilire e visualizzare l'ordine logico di connessione dei diversi eventi, fondamentale per la comprensione dell'evoluzione dell'evento incidentale e per il calcolo della probabilità (**frequenza**) di accadimento;

Il metodo consiste nel partire dall'evento incidentale ipotizzato ("Top Event") e nel ricercarne la cause ultime che potrebbero produrlo. Ognuna di tali cause è costituita da un evento che è possibile analizzare ulteriormente.

La concatenazione tra gli eventi si ottiene mettendo in relazione gli eventi causa e l'evento superiore tramite una "porta logica". Si utilizzano normalmente due tipi di porte logiche: **AND** e **OR**.

La porta AND permette il realizzare dell'evento superiore soltanto se tutti gli eventi causa si verificano.

La porta OR, invece, permette il realizzarsi dell'evento superiore anche se si verifica uno solo degli eventi causa.

L'albero di guasto va letto dal basso verso l'alto, partendo dagli eventi causa primari, per poi arrivare agli eventi causa intermedi (eventi superiori), per via via arrivare all'evento ultimo, cioè il top event.

Il calcolo degli alberi di guasto può essere fatto in due modi:

- **GATE by GATE**: è il modo più utilizzato nel caso di alberi semplici, e consiste nel partire dagli eventi primari e risalire lungo l'albero per calcolare le grandezze degli eventi più complessi e quindi del Top Event; esistono due rischi nel calcolo di un albero con questo metodo: è gravoso nella risoluzione di alberi complessi ed è fonte di errori numerici nella valutazione del Top, se nell'evento vi sono eventi ripetuti, in bracci differenti, separati da porte AND;

- **Insiemi di taglio**: è il metodo con cui si cercano le combinazioni di variabili che verificano, se vere, il successo del Top Event (**Cut Set**); nell'albero di guasto vanno ricercati gli insiemidi taglio minimi (**MCS**), cioè quelli che non contengono alcun insieme di taglio di ordine inferiore (as esempio, AC e AB sono minimi, ABC non è minimo perchè contiene due cut set minimi). La frequenza di accadimento viene poi calcolata tenendo presente che un Top Event è esprimibile come un OR tra tutti gli MCS, essendo ogni MCS un AND tra tutti gli eventi che lo compongono (per il calcolo è stato utilizzato il codice SALP-PC, del Centro Ricerche di ISPRA (System Engineering and Reliability Division)).

I ratei di guasto vengono assegnati attingendoli da banche dati per eventi similari ed adeguandoli alle esigenze specifiche, con informazioni relative all'impianto in oggetto. In particolare sono stati utilizzati dati tratti da:

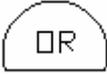
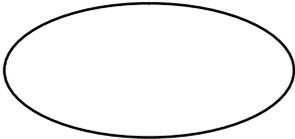
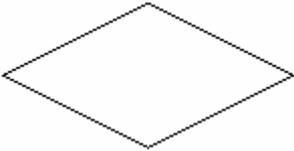
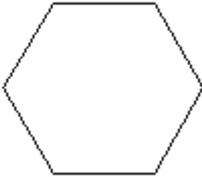
Less - Loss Prevention in Process Industries

CCPS - Guidelines for Process Equipment Reliability Data, with Data Tables

Il risultato finale della quantificazione dell'albero dei guasti è la frequenza di accadimento dell'Evento finale ("Top Event"), ma l'albero dei guasti si rivela uno strumento efficace per effettuare una analisi sistematica e comparativa degli effetti e decidere quali interventi correttivi consentono di ottenere il maggior risultato in termini di riduzione del rischio globale.

L'albero di guasto va letto dal basso verso l'alto, partendo dagli eventi causa primari, per poi arrivare agli eventi causa intermedi (eventi superiori), per via via arrivare all'evento ultimo, cioè il top event.

COSTRUZIONE DEGLI ALBERI DI GUASTO

	CANCELLO " AND " : LE FREQUENZE DEI RAMI SONO MOLTIPLICATE
	CANCELLO " OR " : LE FREQUENZE DEI RAMI SONO SOMMATE
	RAPPRESENTANO EVENTI INIZIALI CON FREQUENZE ANNUE DI ACCADIMENTO
	RAPPRESENTANO EVENTI CHE CONTRIBUISCONO E PERTANTO SONO CARATTERIZZATI DA FREQUENZE DI ACCADIMENTO SU DOMANDA (%)
	SONO STATI OTTENUTI COME RISULTATO DI PIU' EVENTI, SIA INIZIALI CHE DI CONTRIBUTO E POSSONO PERTANTO AVERE FREQUENZE ANNUE O SU DOMANDA
	RAPPRESENTANO IL NUMERO DEI COMPONENTI E SERVONO COME MOLTIPLICATORI

Tab. 1

3.3.2 Probabilità di accadimento degli eventi considerati

Nella tabella sono indicate le probabilità di accadimento e la descrizione degli scenari ipotizzati per gli eventi individuati.

Evento	Descrizione	Probabilità
TOP01	Esplosione della camera di combustione della turbina	6.00E-09/a
TOP02	Esplosione di un corpo in alta pressione	4.5E-10/a
TOP03/A	Formazione di miscela esplosiva di idrogeno	5.5E-04/a
TOP03/B	Incendio di idrogeno fuoriuscito	6.7E-08/a
TOP04/A	Incendio dell'olio fuoriuscito dai trasformatori. Irraggiamento termico.	4.14E-06/a
TOP04/B	Incendio dell'olio fuoriuscito dai trasformatori. Dispersione dei fumi prodotti.	4.14E-06/a
TOP05	Jet-fire del metano fuoriuscito dal circuito metano. - piccola perdita - grossa perdita	2.0E-03/a 1.2E-07/a

In **ALLEGATO 4** sono riportati gli Alberi di guasto.

In **ALLEGATO 5** sono riportati i valori di giustificazione dei ratei assunti negli alberi di guasto

3.3.3 Valutazione di credibilità

Il rischio può essere definito come il danno incerto a cui un dato soggetto si trova esposto in seguito ad incidenti o concatenazioni di eventi sfavorevoli.

L'incertezza che si associa alla situazione di danno potenziale ha una duplice origine:

- da un lato gli eventi sfavorevoli e temuti si possono verificare con probabilità più o meno grande, ma mai nulla;
- dall'altro l'entità del danno può variare in relazione a circostanze esterne (come le condizioni meteorologiche, la presenza o meno di soggetti esposti e quindi la distribuzione della popolazione, etc.) che, a motivo della loro aleatorietà, non possono essere previste in modo certo e univoco.

Si può definire che da un punto di vista analitico il rischio può essere definito nell'ambito della combinazione tra danni o conseguenze negative e probabilità di accadimento ad esse associate.

Le ricerche di una situazione di minor rischio (ovvero con maggior grado di sicurezza) significherà pertanto una combinazione nella quale si verifichi una diminuzione dell'entità delle conseguenze o delle probabilità oppure di entrambe.

Il rischio globale che potremmo definire associato ad un impianto è esprimibile come sommatoria dei rischi di ciascuna ipotesi di rilascio di materiale e/o di energia:

$$R = \sum R_i = \sum (f_i d_i)$$

dove:

R = rischio dell'unità (danni/unità di tempo)

R_i = rischio del rilascio i-esimo

f_i = frequenza attesa del rilascio i-esimo (occ/tempo)

d_i = danni causati dal rilascio i -esimo

Alla fine di questo processo di analisi, si arriva ad una domanda molto semplice nella sua enunciazione ma molto complessa nelle sue motivazioni: "Quale rischio può essere accettato?"

Di seguito si riportano alcuni esempi di atteggiamenti che alcuni paesi hanno adottato nei confronti della accettabilità del rischio.

Olanda

Per le attività che comportano la manipolazione di sostanze pericolose è stato definito "massimo livello di rischio accettabile a livello individuale il rischio che incrementa dell'1% il livello relativo delle cause di morte naturali".

Il rischio base è stato assunto pari a $1.0E-04$ occ/anno che corrisponde alle "cause di morte naturali" per gruppi di popolazioni di età comprese da 10 a 14 anni.

Quindi il massimo livello accettabile è stato stabilito in $1.0E-06$ occ/anno.

Ciò equivale a dire che il rischio di un incidente mortale a cui un individuo può essere esposto in via continuativa (365 giorni/anno) nelle vicinanze di una attività a rischio di incidente rilevante deve essere un accadimento ogni milione di anni.

Conseguenze	Frequenze accettabili (occ/anno)
> 100 vittime	$5.0E-06$
20 - 100 vittime	$2.0E-05$
2 - 20 vittime	$1.0E-04$
1 - 2 vittime	$1.0E-03$

Esposizioni inferiori ad uno in cento milioni sono considerate trascurabili ($< 1.0E-08/a$).

Per gruppi a rischio (numero di 10 individui) un valore pari a uno per dieci milioni è considerato un livello trascurabile.

Inghilterra

A seguito dell'incidente di Flixborough l'Advisory Committee on Major Hazards indica in $1.0E-04$ un livello accettabile quale frequenza di incidente "grave" connesso a impianti in cui sono stoccate e/ o manipolate sostanze infiammabili, esplosive e/o tossiche.

USA

L' EPA (Environmental Protection Agency), il DoT (Department of Transportation) e la FEMA (Federal Emergency Management Agency) riportano i seguenti livelli accettabili di frequenza di accadimento dei eventi incidentali rilevanti:

Classe di appartenenza	Frequenza attesa dell'evento a (occasioni/anno)
molto probabile	$1.0E-01 < \alpha < 1$
probabile	$1.0E-02 < \alpha < 1.0E-01$
improbabile	$1.0E-03 < \alpha < 1.0E-02$
molto improbabile	$1.0E-04 < \alpha < 1.0E-03$
remoto	$\alpha < 1.0E-04$

La General Guidance on Emergency Planning della CIMAH fornisce il seguente criterio per l'accecttabilità degli eventi:

Classe di appartenenza	Frequenza attesa dell'evento a (occasioni/anno)
Probabile	$\alpha > 1.0E-01$
Abbastanza probabile	$1.0E-02 < \alpha < 1.0E-01$
Abbastanza improbabile	$1.0E-03 < \alpha < 1.0E-02$
Piuttosto improbabile	$1.0E-04 < \alpha < 1.0E-03$
Improbabile	$1.0E-05 < \alpha < 1.0E-04$
Molto improbabile	$1.0E-06 < \alpha < 1.0E-05$
Estremamente improbabile	$\alpha < 1.0E-06$

Canada

E' stata adottata la soglia di 1.0E-06 occ/anno per incidenti di riferimento ai fini dei piani di emergenza esterni.

Italia

Un esempio di soglia di credibilità viene dalle Linee Guida di Pianificazione di Emergenza Esterna per impianti a rischio di incidente rilevante (gennaio 1994) in cui al capitolo 3.2 viene scritto che: *"gli scenari incidentali individuati nella analisi di rischio, così come richiesto dal DPCM 31.03.1989, dovranno comunque essere presi in considerazione ai fini della valutazione dello stato di sicurezza dell'impianto mentre, ai soli fini pianificatori, è necessario distinguere fra gli scenari più probabili (frequenza attesa almeno dell'ordine di $10^{-4}/10^{-5}$) e quelli meno probabili"*.

Anche nelle più recenti norme CEI 81.1 (protezione scariche atmosferiche) la frequenza di 1.0E-05 è utilizzata come soglia discriminante tra rischio accettabile e non.

Con riferimento all'allegato III del DPCM 31.03.1989, capitolo 2, si possono assumere le seguenti classi di probabilità:

Frequenza attesa	CLASSE
Maggiore di 1 volta ogni 10 anni	Molto alta
Una volta tra 10 e 100 anni	Alta
Una volta tra 100 e 1000 anni	Media
Una volta tra 1000 e 10.000 anni	Bassa
Minore di una volta ogni 10.000 anni	Molto bassa

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

CLASSE	Frequenza attesa
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 verificare almeno una volta nella vita prevista di funzionamento dell'impianto o deposito separato
-------------	--

Recentemente il **Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici n. 151 del 9 maggio 2001** (S.O.G.U. n. 138 del 16.6.2001) – *Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante*, all'art. 6.3 dell'allegato "Criteri per la valutazione della compatibilità territoriale e ambientale" ha riportato una seguente categorizzazione per la valutazione di credibilità degli eventi:

Classe di probabilità degli eventi [occ/anno]	Categoria di effetti			
	<i>Elevata letalità</i>	<i>Inizio letalità</i>	<i>Lesioni irreversibili</i>	<i>Lesioni reversibili</i>
<i>Esplosione</i>	<i>0.3 bar</i>	<i>0.14 bar</i>	<i>0.07 bar</i>	<i>0.03 bar</i>
<i>Incendio</i>	<i>12.5 KW/m²</i>	<i>7 KW/m²</i>	<i>5 KW/m²</i>	<i>3 KW/m²</i>
$\alpha < 1.0E-06$	EF	DEF	CDEF	BCDEF
$1.0E-04 < \alpha < 1.0E-06$	F	EF	DEF	CEDF
$1.0E-03 < \alpha < 1.0E-04$	F	F	EF	DEF
$\alpha > 1.0E-03$	F	F	F	EF

Da cui si nota che per frequenze inferiori a 1.0E-06 occ/a è compatibile al di fuori dello stabilimento una area di tipologia F, cioè ove vi è la presenza di insediamenti industriali.

Da quanto sopra esposto, ai fini della valutazione delle conseguenze, nella presente analisi di sicurezza gli eventi verranno suddivisi nelle seguenti categorie:

- ✓ **CATEGORIA A - Eventi incidentali ragionevolmente credibili:** quelli con frequenza di accadimento superiore o pari a 1.0E-05 occasioni/anno;
- ✓ **CATEGORIA B - Eventi incidentali non ragionevolmente credibili, ma che vengono analizzati ai fini della pianificazione di emergenza esterna e anche per quella interna da realizzare nel piano di emergenza interno:** quelli con frequenza di accadimento compresa tra 9.0E-06 e 1.0E-08 occasioni/anno;
- ✓ **CATEGORIA C - Eventi incidentali che non vengono analizzati:** quelli con frequenza di accadimento inferiore a 1.0E-08 occasioni/anno.

Incidenti diversi da quelli esaminati, pur possibili, secondo quanto emerge dall'analisi storica e dall'analisi degli schemi di impianto, non sono considerati, o perché le conseguenze che ne derivano risultano di rilievo inferiore a quelle analizzate, o perché le misure di sicurezza e prevenzione attiva e passiva predisposte rendono tali incidenti ed i conseguenti scenari non ragionevolmente credibili.

Nella tabella seguente sono riassunti gli eventi incidentali individuati per l'insediamento Energia MoliseSpa di Termoli, con l'indicazione della frequenza attesa e la fascia probabilistica di appartenenza.

Evento	Descrizione	Probabilità	Fascia probabilistica
TOP01	Esplosione della camera di combustione della turbina	6.00E-09/a	CATEGORIA C
TOP02	Esplosione di un corpo in alta pressione	4.5E-10/a	CATEGORIA C
TOP03/A	Formazione di miscela esplosiva di idrogeno	5.5E-04/a	CATEGORIA A
TOP03/B	Incendio di idrogeno fuoriuscito	6.7E-08/a	CATEGORIA B
TOP04/A	Incendio dell'olio fuoriuscito dai trasformatori. Irraggiamento termico.	4.14E-06/a	CATEGORIA B
TOP04/B	Incendio dell'olio fuoriuscito dai trasformatori. Dispersione dei fumi prodotti.	4.14E-06/a	CATEGORIA B
TOP05	Jet-fire del metano fuoriuscito dal circuito metano. - piccola perdita - grossa perdita	2.0E-03/a 1.2E-07/a	CATEGORIA A CATEGORIA B

3.4 Valutazione delle conseguenze

3.4.1 Modelli di simulazione di scenari incidentali

Per l'effettuazione dell'analisi delle conseguenze originate dagli eventi incidentali evidenziati sono stati utilizzati modelli di calcolo riconosciuti a livello nazionale.

In particolare sono stati utilizzati:

- il pacchetto di calcolo "**Safety Techniques for Risk Assessment**" della Montedison (Italia):
 - modello "Esplosione di nuvole di gas infiammabili"
 - modello "Esplosione di recipienti"
 - modello "Incendio da pozza"
 - modello "Incendio da pozza e dispersione fumi tossici"
- il pacchetto di calcolo "**EFFECT**" dell'Institute of Environmental and Energy Technology -TNO (Olanda):
 - modello "Vapor Cloud Explosion"
- il programma di calcolo elaborato dallo scrivente per la modellazione della esplosione di apparecchiature di processo (si veda cap. 5.5.1.3);
- il modello del TNT equivalente, che assimila l'esplosione a quella di una carica equivalente di tritolo, tenendo conto del fatto che normalmente solo dal 2 al 10% della nube partecipa alla deflagrazione. Si utilizzano poi i dati disponibili sulla sovrappressione generata da esplosioni di TNT per estrapolare gli effetti del caso in esame;
- il pacchetto di calcolo "**KNOW-RISK ver. 2.0**" sviluppato da Associazione Ambiente e Lavoro - Milano e CISE SpA - Milano (in collaborazione con EIDOS - Lodi) nell'ambito del progetto DERISP 1 (Rischi industriali nell'area Lambro-Seveso-Olona), finanziato dalla Regione Lombardia e approvato dal Ministero dell'Ambiente.

3.4.1.1 Modellazione di un incendio

Un incendio, fenomeno associato alla combustione di sostanze solide, gassose e liquide a contatto con l'aria, viene modellato allo scopo di determinare le conseguenze sull'ambiente circostante.

Le variabili indipendenti di questa modellazione sono:

- ✓ le condizioni atmosferiche
- ✓ le caratteristiche delle sostanze combustibili
- ✓ le dimensioni geometriche

Costituiscono le variabili dipendenti, ovvero i parametri variabili di questa modellazione:

- ✓ la velocità di combustione
- ✓ emissività della fiamma E

Esistono due diverse tipologie di fiamme¹:

⇒ *pool fire*: fiamma generata dalla combustione di un liquido

⇒ *crib fire*: fiamma generata dalla combustione di un solido in catasta

La classificazione introdotta è motivata dal diverso effetto provocato dalle correnti di aria sulla velocità di combustione: esso è nullo per le pool fires e rilevante per le crib fires.

Nella pool fire la quantità di calore scambiata per irraggiamento tra la superficie del combustibile e la fiamma è maggiore delle quantità di calore accumulate sulla superficie del combustibile e nella massa dei prodotti della combustione per effetto dell'innalzamento della temperatura, così come del calore latente del combustibile stesso.

Nella crib fire il comportamento termofluidodinamico delle fiamme generate dalla combustione di materiali solidi può essere caratterizzato attraverso le stesse grandezze utilizzate nella descrizione delle fiamme generate da combustibili liquidi, osservando le seguenti differenze:

⇒ il campo di temperatura è pressochè uniforme in una fiamma generata da un combustibile solido contrariamente a quanto accade in una fiamma generata da un combustibile liquido;

⇒ la velocità di combustione di una fiamma generata da un combustibile solido è fortemente influenzata dalla presenza di un campo di velocità esterno (vento); nel caso di un incendio in un locale chiuso questo può essere trascurato.

Le incognite principali che interessano, e che costituiscono generalmente l'output dei modelli, sono:

- ✓ la geometria e le dimensioni della fiamma, per stabilire se questa investe oggetti circostanti
- ✓ la temperatura della fiamma, per prevedere le conseguenze sugli oggetti eventualmente investiti da questa
- ✓ la potenza termica irraggiata (KW/m^2) nei diversi punti dell'ambiente circostante, per determinare gli effetti sugli oggetti esposti.

3.4.1.2 Modellazione di una esplosione

Parlando di esplosioni, si deve distinguere tra:

- **deflagrazione**: è una reazione esotermica in cui il fronte di fiamma si propaga ad una velocità inferiore alla velocità del suono nel mezzo costituito dal gas non reagito;
- **detonazione**: è una reazione esotermica che si propaga con una velocità superiore alla velocità del suono nel mezzo costituito dal gas non reagito; le detonazioni generalmente interessano prodotti solidi o liquidi quali gli esplosivi (NG, TNT, PETN, Dinamite, ..).

Le deflagrazioni in mezzi gassosi possono trasformarsi in detonazioni qualora la geometria dello spazio in cui il gas è confinato (ad esempio nel caso di recipienti allungati) possa determinare una progressiva compressione con conseguente accelerazione del fronte di fiamma fino a superare il limite della velocità del suono.

E' opportuno evidenziare gli aspetti più significativi legati alla differenza tra detonazione e deflagrazione:

- alla detonazione sono associate pressioni molto elevate ed un'onda d'urto molto accentuata;

¹Bennardo-Cafaro-Saluzzi - Dipartimento di Energetica - Politecnico di Torino

- se in un recipiente la massa gassosa contenuta è interessata da una detonazione, i tradizionali mezzi di sfogo della pressione (es. dischi di rottura) sono normalmente inefficaci, a causa della elevatissima velocità di aumento della pressione.

Gli obiettivi della modellazione delle esplosioni sono:

- ✓ verifica delle aree di sfogo idonee per la protezione di apparecchiature e di edifici;
- ✓ previsione delle conseguenze per il progetto delle apparecchiature e delle strutture chiamate a resistere alla esplosione;
- ✓ velocità e traiettorie delle schegge prodotte dalla esplosione, per il progetto di schermi di protezione.

3.4.1.3 Analisi di una esplosione meccanica

Una esplosione meccanica è legata alla liberazione di energia da parte di una sostanza tenuta in pressione all'interno di un contenitore come ad esempio gas compressi in bombole o vapore in pressione. Si è dimostrato che l'energia liberata nel corso di un'esplosione meccanica si manifesta attraverso un processo isoentropico in cui il lavoro associato all'espansione è dato da:

$$W_e = \int_1^2 p * dV = (P_2 V_2 - P_1 V_1) / (1 - \Gamma) \quad (1)$$

Tale equazione applicando la legge di stato sui gas diventa:

$$W_e = [(P_1 V_1) / (\Gamma - 1)] * \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\Gamma-1}{\Gamma}} \right] \quad (2)$$

dove:

W_e = lavoro di espansione entropica	[l*atm]
P_1 = pressione iniziale	[atm]
P_2 = pressione finale (generalmente 1 atm)	[atm]
V_1 = volume iniziale	[l]
$\Gamma = C_p / C_v$ = rapporto tra cal.spec. a $p = cost$ e $v = cost$	[-]

Il volume iniziale si calcola con l'equazione di stato dei gas:

$$V_1 = Z * n * R * t_1 / p_1 \quad (3)$$

dove:

Z = fattore di comprimibilità	[-]
n = numero di Kmoli	[-]
R = costante dei gas = 82.06	[l * atm / l*moli*K]
T_1 = temperatura assoluta iniziale	[°K]

Il fattore Z si ottiene tramite la seguente equazione:

$$Z^3 - Z^2 + [A^2 * P^0 - B * P^0 * (1 + B * P^0)] * Z + A^2 * B * P^{02} = 0$$

dove:

$$A^2 = 0.03/T_r^{2.5} \cdot P_c \quad [-]$$

$$B = 0.00607/T_r \cdot P_c \quad [-]$$

$$T_r = \text{temperatura ridotta} = T/T_c \quad [-]$$

$$T_c = \text{temperatura critica} \quad [^\circ\text{K}]$$

$$P_c = \text{pressione critica} \quad [\text{bar}]$$

L'equazione precedente si risolve con il metodo di Newton-Raphson iniziando $Z = 0.9$.
 Il numero delle Kmoli si ottiene dividendo la quantità di prodotto [Kg] per il peso molecolare [Kg/Kmoli].
 Considerando che l'energia sviluppata da un Kg di tritolo è pari a 4686.08 KJ (1120 Kcal/Kg) si ottiene l'equivalente in tritolo:

$$\text{Equivalente in TNT} = W_e / 4686.08$$

3.4.1.4 Dispersione di sostanze pericolose

Calcolo della dispersione di un gas pesante

Con rilascio di gas pesante si comprende tutte quelle situazioni incidentali in cui il gas rilasciato ha densità apprezzabilmente superiore a quella dell'aria.

Alcune situazioni tipiche sono la rottura o la fessurazione di serbatoi di stoccaggio in pressione o criogenici, posti all'aperto, con conseguente formazione di una nube che disperde con velocità pari a quella del vento.

Tipici gas pesanti sono:

	densità del gas Kg/m ³	Temp. ebollizione °C	
cloro	2.48	- 34.6	
butano	2.6	0	
propano	2.3	- 42	
aria	1.29	-	(riferimento)
ammoniaca	0.87	- 33	

Anche per l'ammoniaca, avente una densità minore di quella dell'aria, si può parlare di gas pesante, in quanto il rapido flash all'emissione determina in genere un trascinamento in fase vapore del liquido sotto forma di goccioline e questo ultimo evapora velocemente durante il mescolamento adiabatico con l'aria circostante. Ne segue un ulteriore abbassamento della temperatura della miscela aria-ammoniaca che diviene così pesante.

La dispersione dei gas pesanti non è trattabile, almeno all'inizio della dispersione, con i modelli dei gas leggeri. Infatti intervengono i seguenti fenomeni:

- lo **slumping**, cioè la caduta gravitazionale della nube;
- il mescolamento turbolento con l'aria circostante;
- la variazione dello stato termico della nube.

La differenza sostanziale tra un gas leggero e un gas pesante è che nella dispersione esso si sparge non solo **sottovento**, ma anche **sopravento**, la forma della nube è più schiacciata e il meccanismo di miscelazione con l'aria è differente.

Il rilascio è quindi influenzato dalle seguenti variabili:

- peso molecolare del gas
- temperatura del gas
- presenza di spray
- temperatura e umidità dell'aria

Nel codice di calcolo "**Dense Cloud Dispersion**", presente nel pacchetto WHAZAN della Technica Inglese, viene utilizzato il modello basato sulle equazioni elaborate da Cox e Carpenter. Il rilascio istantaneo è descritto ipotizzando che si formi una nuvola cilindrica a forma di PANCAKE, la quale si stende radialmente relativamente al centro della nube sotto l'azione del vento.

Il rilascio continuo è descritto ipotizzando che si formi una piuma di sezione trasversale rettangolare, che in presenza del vento è relativamente stretta e si stende lateralmente sottovento a causa della gravità.

Nel momento in cui il fattore di mescolamento turbolento con l'aria supera il valore dell'effetto di caduta gravitazionale, la modellazione prosegue con il metodo del gas neutro.

Dispersione di un gas neutro o leggero

Con gas neutro o leggero si intende un gas con densità simile a quella dell'aria.

La dispersione di questo gas viene ben descritta tramite la risoluzione di un caso particolare dell'equazione generale di trasporto e di diffusione, il modello gaussiano, che si è imposto come l'approccio più largamente diffuso per la descrizione del trasporto turbolento².

Il modello gaussiano, oltre che concettualmente semplice e di facile formulazione matematica, è consistente con la natura randomica della turbolenza (elemento quest'ultimo dominante nel processo di dispersione) e soprattutto fornisce dati in buon accordo con i rilevatori sperimentali.

Nel modello i parametri della dispersione sono σ_y e σ_z , cioè le deviazioni standard delle distribuzioni spaziali delle concentrazioni nella sezione del pennacchio rispettivamente nel piano x-y e x-z. In generale tali parametri dipendono dalla deviazione standard delle fluttuazioni della velocità del vento nelle direzioni y e z trasversali alla direzione dominante x.

Tali parametri vengono calcolati tramite relazioni matematiche che tengono conto delle classi di stabilità di Pasquill e sono funzione della distanza x dal punto di rilascio.

Le classi di stabilità di Pasquill sono 6 e precisamente:

classe A	atmosfera molto instabile
classe B	atmosfera instabile
classe C	atmosfera moderatamente instabile
classe D	atmosfera neutra
classe E	atmosfera moderatamente stabile
classe F	atmosfera stabile

²Seinfeld J.H. (1986) - Air Pollution - John Wiley and Sons - NY 561

3.4.2 Ipotesi assunte negli eventi incidentali

Si riportano di seguito le ipotesi incidentali dei soli eventi incidentali che verranno modellati (non sono modellati gli eventi di categoria C).

TOP03 – A - Esplosione di miscela infiammabile contenente idrogeno. Sovrapressione e proiezione di frammenti.

Non analizzato come modellazione delle conseguenze in quanto apparecchiatura a prova di esplosione.

TOP03 – B - Incendio di miscela infiammabile contenente idrogeno. Irraggiamento termico sulle strutture circostanti.

IPOTESI CONSIDERATA	GIUSTIFICAZIONE
Diametro fuoriuscita	10 mm – tubazione idrogeno
Pressione di esercizio	3 bar relativi = 4 bar assoluti per il TG 4.5 bar relativi = 5.5 bar assoluti per la TV

Scenario

Dardo di fuoco. Irraggiamento termico.

TOP04/A - Incendio dell'olio fuoriuscito da un trasformatore. Irraggiamento sulle strutture circostanti.

IPOTESI CONSIDERATA	GIUSTIFICAZIONE
Quantità olio presente	40 t; si tenga presente però che l'olio viene convogliato in serbatoio di raccolta di emergenza
Superficie pozza	10.5 x 7.7 m – superficie geometrica sistema di contenimento
Temperatura	Ambiente

Scenario

Incendio dell'olio fuoriuscito. Irraggiamento termico.

TOP04/B - Incendio dell'olio fuoriuscito da un trasformatore. Dispersione di fumi tossici in caso di incendio

IPOTESI CONSIDERATA	GIUSTIFICAZIONE
Quantità olio presente	65 t; si tenga presente però che l'olio viene convogliato in serbatoio di raccolta di emergenza
Superficie pozza	10.5 x 7.7 m – superficie geometrica sistema di contenimento
Temperatura	Ambiente

Scenario

Incendio dell'olio fuoriuscito. Dispersione dei fumi tossici.

TOP05- Jet-fire del metano fuoriuscito dalla tubazione di adduzione del gas all'impianto di utilizzo.

Caso A

IPOTESI CONSIDERATA	GIUSTIFICAZIONE
Diametro fuoriuscita E' stato considerato un diametro di fuoriuscita massimo di 30 mm	Studio effettuato da Vatech per conto Energia Molise
P = 75 bar	Pressione di esercizio della linea prima della stazione di riduzione

Caso B

IPOTESI CONSIDERATA	GIUSTIFICAZIONE
Diametro fuoriuscita E' stato considerato un diametro di fuoriuscita massimo di 30 mm	Studio effettuato da Vatech per conto Energia Molise
P = 25 bar	Pressione di esercizio della linea dopo la stazione di riduzione

Scenario

Dardo di fuoco con irraggiamento sulle strutture circostanti.

3.4.3 Criteri di valutazione del danno

3.4.3.1 Incendio

Utilizzando i modelli di calcolo sopra descritti, è possibile disegnare la mappa dell'irraggiamento per una data sorgente radiante.

Conosciuta la mappa dell'irraggiamento si procede alla valutazione delle conseguenze in termini di intensità di irraggiamento tollerabile dall'uomo, dalle strutture impiantistiche e dall'ambiente in generale.

Il Center for Chemical Process Safety (AIChE - New York), nel suo "Guidelines for Chemical Process Quantitative Analysis - 1989", riporta i seguenti dati:

TIPOLOGIA DEL DANNO	FLUSSO TERMICO INCIDENTE kW/m ²
Danni ad apparecchiature di processo	37.5
accensione di legno esposto per tempo infinito	25
fusione di tubi in plastica	12.5
ustioni di 1° grado	4.0
nessun effetto su persone esposte	1.6

In bibliografia vengono riportati anche i seguenti danni:

MATERIALE	MAX RADIAZIONE TOLLERABILE kW/m ²
Calcestruzzo	60
Calcestruzzo precompresso	40
Cemento armato	200
Acciaio	40
Legno	10
Vetro	30 - 300
Muro di mattoni	400

Gli effetti sull'uomo possono consistere in decesso, ustioni gravi, ustioni lievi.

L'EPA (U.S. Environmental Protection Agency) e la FEMA (Federal Emergency Management Agency), americane, nel loro "Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures - 1989) propongono i seguenti livelli di radiazione termica:

- **5 kW/m²** - radiazione limite per causare ustioni di 2° grado su pelli nude nel giro di 45 secondi;
- **10 kW/m²** - radiazione limite in grado di provocare la morte delle persone esposte, in quanto può causare ustioni di 3° grado.

Recentemente, il Decreto del Ministero dell'Ambiente n° 46 del 14.04.1994, intitolato "Analisi e Valutazioni preliminari relative alla sicurezza di depositi di GPL", riporta i seguenti valori per l'individuazione di aree a rischio per radiazione termica stazionaria (Tab. III/1 - pag. 94):

TIPO DI DANNO	RADIAZIONE LIMITE kW/m ²
Elevata letalità	12.5
Inizio letalità	7.0
Lesioni irreversibili	5.0
Lesioni reversibili	3.0

3.4.3.2 Esplosione

Un'esplosione è un fenomeno di sovrappressione improvvisa. L'onda di pressione risultante dai gas combustibili in qualche frazione di secondo, si allontana dalla sorgente con una velocità determinata in parte dalla pressione differenziale (pressione prima della esplosione - pressione generata dal volume di gas prodotti dalla combustione pressochè istantanea) ed in parte dalle proprietà del materiale attraverso il quale si propaga l'onda.

Gli effetti biologici ed i danni strutturali determinati da una esplosione possono essere stimati dal calcolo della sovrappressione istantanea generata dall'esplosione e da valori riportati in bibliografia.

Per i **danni strutturali (edifici, case, vetri)** la correlazione sovrappressione - danni si può ricavare dai dati riportati in bibliografia.

A titolo di esempio si riportano due esempi di classificazione dei danni:

Tab. 1		
Classificazione dei danni sulle strutture dovuti alla sovrappressione		
Classificazione del danno	bar	Descrizione
A	0,80	Demolizione quasi completa
B	0,40	Danni severi, è necessaria la demolizione
Cb	0,15	Case inabitabili ma non totalmente irreparabili
Glass 90	0,04	Vetri rotti al 90%
Glass 50	0,015	Vetri rotti al 50%

Tab. 2		
Classificazione dei danni sulle strutture dovuti alla sovrappressione		
Classificazione del danno	bar	Descrizione
EM1	0.002	Danni trascurabili
EM2	0.02	Danni lievi (es. rottura vetri)
EM3	0.06	Danni medi (es. serramenti rotti, paratie rotte)
EM4	0.15	Danni pesanti (strutture distorte, pareti distrutte)
EM5	0.25	Distruzione parziale strutture
EM6	0.6	Distruzione totale di strutture

Per i **danni impiantistici (apparecchiature di processo, serbatoi)**, la correlazione sovrappressione - danni può essere ricavata come indicato in tab. 3.

Tab. 3	
Classificazione dei danni sulle apparecchiature	
Descrizione	Sovra pressione bar
Danneggiamento strumentazione di processo	0,10
Danneggiamento torri di raffreddamento, condotti di ventilazione	0,14
Deformazione tubazioni e serbatoi atmosferici, rottura strumentazione di processo	0,22
Deformazione macchine, filtri; spostamento tubazioni dai supporti; rottura serbatoi atm	0,28
Deformazione mantello apparecchi di processo non a pressione;	0,38
Deformazione serbatoi a pressione orizzontali; rottura tubazioni	0,45
Danni gravi apparecchi di processo;	0,49
Danneggiamento serbatoi sferici a pressione	0,56
Deformazione strutture portanti in acciaio; spostamento basamenti di apparecchi	0,70

Tabella 4 – Valori di soglia per il DM 9.5.2001

Scenario incidentale	Categoria di effetti				
	Elevata letalità	Inizio letalità	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
BLEVE/fireball	Raggio fireball	350 KJ/m ²	200 KJ/m ²	125 KJ/m ²	200 – 800 m
Flash-fire (radiazione termica istantanea)	LFL	½ LFL			
VCE (sovrappressione di picco)	0.3 bar (0.6 per spazi aperti)	0.14 bar	0.07 bar	0.03 bar	0.3 bar (30 Kpa = 30.000 Pa)
Rilascio tossico	LC50 (30 min)		IDLH		

Da questa bibliografia si è ricavato per il presente lavoro la seguente tabella di correlazione pressione-danni:

Classificazione del danno	bar	Descrizione
P1	0.80	Demolizione quasi completa
P2	0.40	Danni severi, è necessaria la demolizione. Danni gravi ad apparecchi di processo.
P3	0.30	Distruzione parziale strutture ELEVATA LETALITA'
P4	0.14	Danni medi (strutture distorte, pareti distrutte) INIZIO LETALITA'
P5	0.07	LESIONI IRREVERSIBILI
P6	0.03	Serramenti rotti, vetri rotti al 90% LESIONI REVERSIBILI
P7	0.015	Vetri rotti al 50%

3.4.4 Dati meteorologici caratteristici della zona

Temperatura e piovosità

L'area ricade in una zona con un clima di tipo temperato, caratterizzato da bassa piovosità media annuale e temperature minime medie invernali al di sopra di 0°C. La temperatura media può andare da 8 - 10 °C nella stagione invernale a 20 – 25 °C nella stagione estiva.

Umidità relativa

I dati medi registrati nelle ore sinottiche nel periodo 1952-1994 dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare presso la stazione di Termoli registrano una umidità media mensile tra 70 e 80%. Si nota che i mesi autunnali sono caratterizzati dai valori più alti di umidità relativa; in tali mesi l'umidità relativa risulta largamente superiore nelle ore notturne e nelle prime ore del giorno.

Regime dei venti

I dati utilizzati per lo studio delle caratteristiche anemometriche della Valle del Biferno sono quelli registrati dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare relativi alla stazione di Termoli e riguardanti il periodo gennaio 1994 - giugno 1996. La stazione meteorologica dell'Aeronautica Militare è situata nel Porto di Termoli all'interno della torretta del Castello Svevo, in una posizione particolarmente esposta ai venti per la conformazione della costa che in tale luogo si estende verso il mare, con un promontorio che termina in un terrapieno di protezione al porto. In prossimità di questa zona la costa si presenta orientata inizialmente lungo l'asse E-W, proseguendo quindi, dopo il promontorio, con un'orientazione NW-SE.

L'analisi dei dati relativi alla velocità e alla direzione del vento evidenzia la presenza di calma di vento in una percentuale variabile dal 16% al 30% delle registrazioni effettuate, con il minimo registrato nelle fasce orarie dalle ore 9 alle ore 15. Nelle restanti fasce orarie la velocità del vento risulta compresa tra 1 e 10 m/s per più del 50% delle registrazioni effettuate. Confrontando i dati di direzione del vento con il profilo della costa in prossimità della stazione meteo, si nota come durante le ore notturne il vento abbia generalmente una direzione tangente alla costa, proveniente da NW, con una modesta variabilità costituita da sporadiche registrazioni di vento proveniente dai settori W e S, cioè dalla terraferma verso il mare.

Le prime ore del mattino sono caratterizzate dalla netta predominanza del vento proveniente da NNW, che verso mezzogiorno tende a spostarsi verso N, con una elevata percentuale di vento rispetto alla calma che in questa fascia oraria raggiunge il suo minimo; il settore di provenienza risulta più ampio, comprendendo il settore NNW e N, con un accenno in aumento per il settore E. Durante le prime ore del pomeriggio il contributo del settore E aumenta, compensando la diminuzione del vento proveniente da N, che scende sotto il 10%; questa situazione media evolve nel pomeriggio con un aumento della variabilità della direzione del vento, mentre le velocità medie si mantengono con valori nella media. Nel corso del tardo pomeriggio e della serata il settore NW torna ad avere maggior rilievo nelle registrazioni meteo, con un discreto apporto del settore SE e quindi S nel protrarsi della serata.

Il quadro generale che emerge è dunque caratterizzato da una prevalenza assoluta di regime di vento proveniente dai quadranti settentrionali secondo un asse generale orientato NW-SE. Tale dato è sicuramente significativo, data la localizzazione della stazione di rilevamento, per quanto riguarda la costa e il primo tratto dell'entroterra. La direzione del vento a bassa quota in prossimità dell'area industriale risulta soggetta all'influenza dell'orografia superficiale e presenta in corrispondenza del sito un andamento prevalente maggiormente ruotato in direzione N-S.

Nei grafici e nelle tabelle che seguono sono riportati i dati relativi alla direzione e all'intensità dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Termoli.

Tabella 0.1: Classi di direzione e intensità del vento registrate presso la Stazione di Termoli (fonte Servizio Meteorologico Aeronautica Militare - periodo di osservazione 1952-1991)

	0-1 nodi	2-4 nodi	5-7 nodi	8-12 nodi	13-23 nodi	>24 nodi	totale
0-22.5°		0.48%	0.77%	0.90%	1.09%	0.60%	3.83%
22.5-45°		0.53%	0.58%	0.37%	0.36%	0.17%	2.02%
45-67.5°		0.58%	0.47%	0.31%	0.11%	0.02%	1.50%
67.5-90°		0.54%	0.58%	0.40%	0.09%	0.01%	1.62%
90-112.5°		0.64%	0.82%	0.61%	0.16%	0.02%	2.24%
112.5-135°		0.62%	0.96%	0.82%	0.27%	0.03%	2.69%
135-157.5°		0.70%	1.18%	0.98%	0.51%	0.03%	3.39%
157.5-180°		0.69%	1.26%	1.45%	0.87%	0.03%	4.30%
180-202.5°		0.56%	1.11%	1.32%	0.83%	0.03%	3.85%
202.5-225°		0.69%	1.35%	1.28%	0.72%	0.03%	4.07%
225-247.5°		0.78%	1.31%	1.36%	0.98%	0.06%	4.49%
247.5-270°		0.86%	1.51%	1.37%	0.61%	0.06%	4.42%
270-292.5°		1.00%	2.06%	2.57%	1.08%	0.16%	6.87%
292.5-315°		0.91%	2.04%	3.55%	3.06%	0.75%	10.31%
315-337.5°		0.93%	1.90%	3.52%	5.23%	1.68%	13.27%
337.5-360°		0.63%	1.29%	2.07%	2.74%	0.91%	7.65%
tot		6.40%	10.09%	11.05%	8.05%	1.41%	76.51%
calme	23.49 %	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	23.49%
Tot	23.49 %	11.13%	19.19%	22.91%	18.69%	4.59%	100.00%

Figura 0.1: Direzione di provenienza del vento Stazione di Termoli (fonte Servizio Meteorologico Aeronautica Militare - periodo di osservazione 1952-1991)

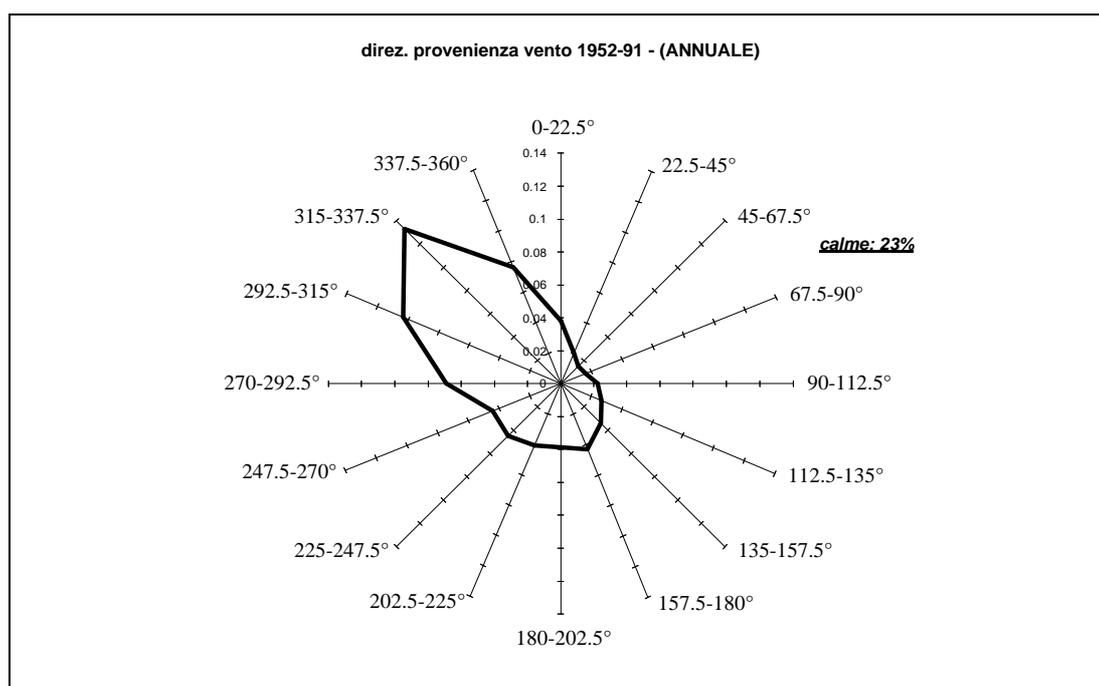
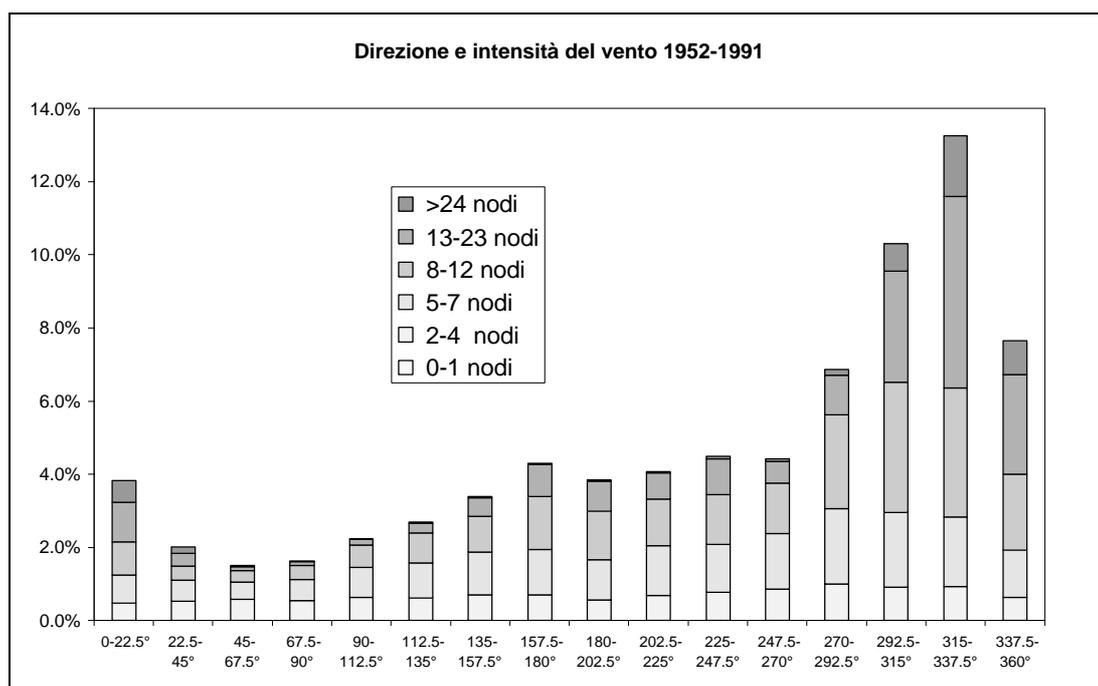


Figura 0.2: Classi di intensità del vento (nodi) per ciascuna direzione di provenienza - Stazione di Termoli - periodo di osservazione 1952-1991



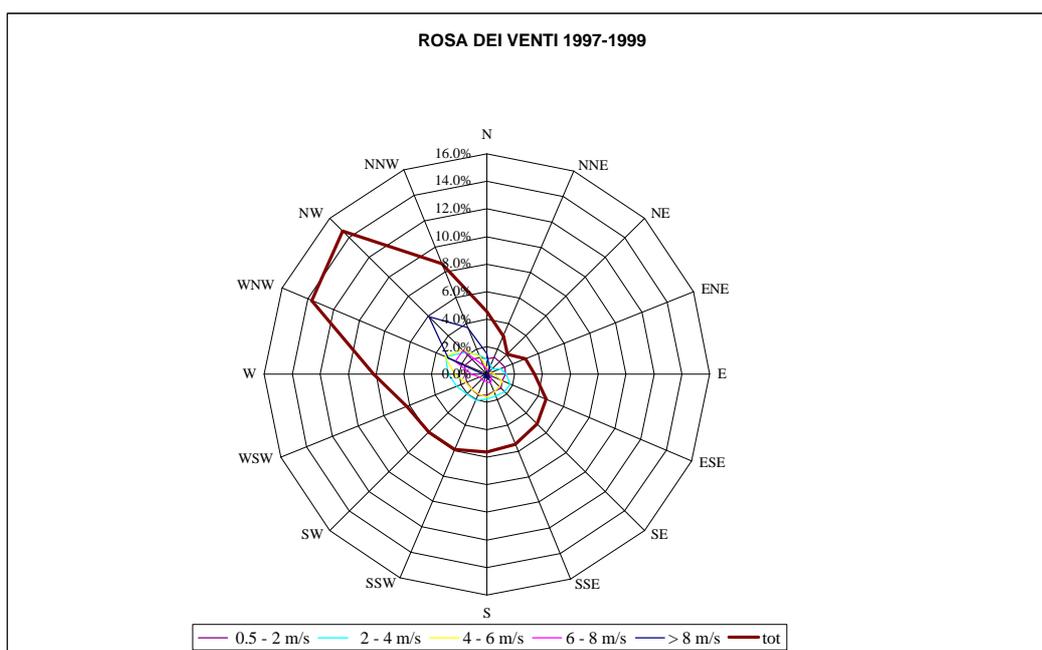
fonte Servizio Meteorologico Aeronautica Militare

Per l'esecuzione delle simulazioni di dispersione degli inquinanti provenienti dai camini della Centrale sono stati utilizzati i dati meteo orari registrati presso la Stazione di Termoli negli ultimi tre anni. I dati sono stati forniti, dietro apposita richiesta, dal Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare. La rosa dei venti risultante per il periodo 1997-1999 è riportata nel grafico e nella tabella che seguono.

Tabella 0.2: Rosa dei venti rielaborata per l'area a partire dai dati meteo orari forniti dal Servizio Meteorologica dell'Aeronautica militare per il periodo 1997-1999

	0.5 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	> 8 m/s	tot
N	1.5%	2.2%	2.5%	2.5%	5.9%	14.7%
NNE	1.3%	1.5%	1.4%	0.7%	3.7%	8.7%
NE	1.1%	1.1%	0.5%	0.4%	1.5%	4.6%
ENE	1.3%	0.7%	0.3%	0.2%	0.5%	3.0%
E	1.3%	0.5%	0.1%	0.1%	0.1%	2.1%
ESE	1.4%	1.1%	0.4%	0.1%	0.0%	3.0%
SE	1.3%	1.4%	0.5%	0.1%	0.1%	3.4%
SSE	1.2%	1.8%	1.2%	0.3%	0.1%	4.6%
S	1.4%	1.8%	1.2%	0.4%	0.3%	5.1%
SSW	1.3%	1.7%	1.4%	0.7%	0.4%	5.4%
SW	1.5%	1.8%	1.7%	0.5%	0.2%	5.6%
WSW	1.6%	2.0%	1.5%	0.5%	0.2%	5.9%
W	1.5%	2.0%	1.6%	0.6%	0.3%	5.9%
WNW	1.6%	2.3%	1.6%	0.5%	0.1%	6.2%
NW	1.6%	2.8%	2.4%	1.1%	0.3%	8.2%
NNW	1.7%	3.2%	3.3%	2.4%	3.1%	13.7%
tot	23%	28%	21%	11%	17%	100.0%

Figura 0.3: Rosa dei venti basata sui dati meteo orari per il periodo 1997-1999



Dati forniti dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare

Stabilità atmosferica

Le condizioni di stabilità atmosferica registrate presso la Stazione di Termoli sono illustrate nelle tabelle e grafici seguenti, riferiti alle registrazioni effettuate nel periodo 1951-1977 (fonte: *Caratteristiche diffusive dei bassi strati dell'atmosfera- Abruzzo e Molise – ENEL /Servizio Meteorologico Aeronautica Militare 1985*).

La classificazione delle condizioni di stabilità è riferita alla classica schematizzazione di Pasquill-Gifford, qui riassunta:

Tabella 0.1: Classi di stabilità secondo Pasquill-Gifford

Classe	Condizione di stabilità
A	estremamente instabile
B	moderatamente instabile
C	debolmente instabile
D	neutra
E	debolmente stabile
F+G	stabile o molto stabile

Si nota in particolare la netta prevalenza in ogni stagione delle condizioni atmosferiche neutre e stabili; tali classi (D-E-F+G) hanno una incidenza media annuale dell'80% ca, con un andamento stagionale che va da un massimo nella stagione invernale (ca. 90%), a un minimo nella stagione estiva (ca. 60%).

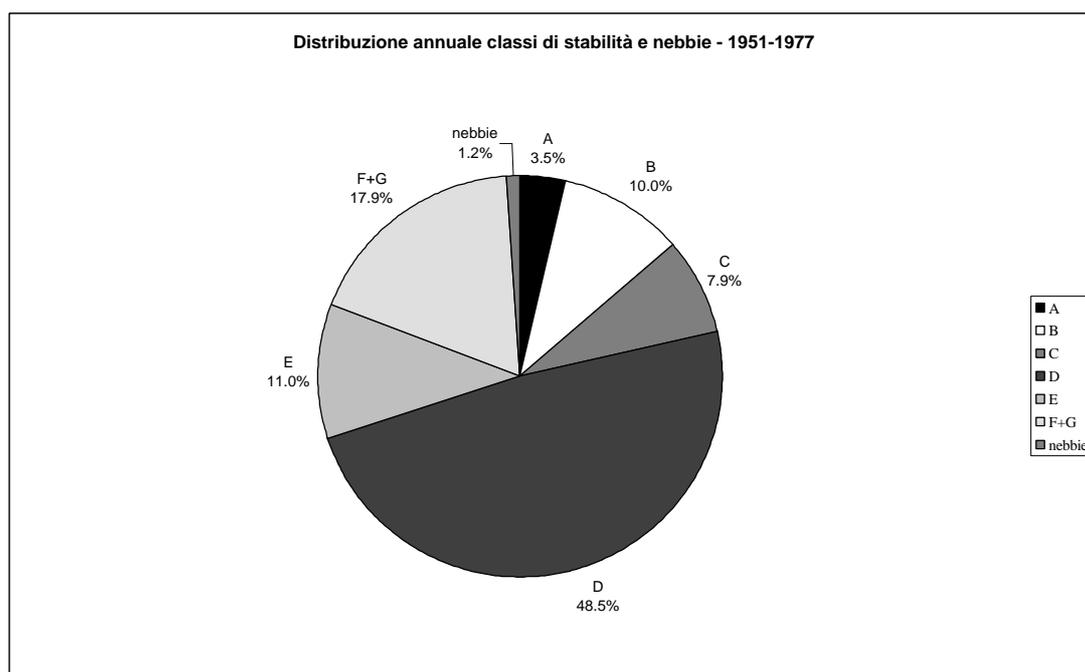
Tabella 0.2: Classi di stabilità: Distribuzione delle frequenze stagionali - Stazione di Termoli (anni 1951-1977)

	A	B	C	D	E	F+G	nebbie	TOT
DIC-FEB	0.5	9.6	8.7	151.4	28.1	35.7	6.4	240
MAR-MAG	12.6	24.2	18.3	125.9	23.0	39.7	4.5	248
GIU-AGO	19.2	47.7	39.1	78.6	24.6	54.4	0.1	264
SET-NOV	2.8	18.4	13.2	129.2	34.5	48.9	0.9	248
TOTALE	35.1	99.9	79.2	485.1	110.2	178.7	11.9	1,000

Tabella 0.3: Classi di stabilità: Aggregazione in categorie di frequenza stagionale - Stazione di Termoli (anni 1951-1977)

	INSTABILI	NEUTRE	STABILI	NEBBIE	tot
DIC-FEB	2%	15%	6%	1%	24%
MAR-MAG	6%	13%	6%	0%	25%
GIU-AGO	11%	8%	8%	0%	26%
SET-NOV	3%	13%	8%	0%	25%
ANNO	21%	49%	29%	1%	99%

Figura 0.1: Classi di stabilità: Distribuzione delle frequenze annuali Stazione di Termoli (anni 1951-1977)



Per la modellazione delle conseguenze, sono stati utilizzati i dati soprariportati, con le seguenti modalità:

- ✓ direzione del vento: non è stata considerata una direzione prevalente ma è stato supposto la possibile presenza in ogni direzione;
- ✓ velocità del vento: sono state modellate le conseguenze con diverse velocità del vento (da calma a vento sostenuto) e scegliendo tra le varie modellazioni i dati più conservativi;
- ✓ stabilità atmosferica: sono state modellate le conseguenze con diverse stabilità e scegliendo tra le varie modellazioni i dati più conservativi.

3.4.5 Risultati delle modellazioni

Di seguito sono riportati, per ogni evento, i risultati ottenuti dalle modellazioni.

TOP03 – B – Incendio dell'idrogeno fuoriuscito dalla tubazione

Scenario: jet-fire ed irraggiamento sulle strutture circostanti.

E' stato modellato l'incendio con il modello del programma STAR, modello jet-fire.

Dalla modellazione risulta:

TIPOLOGIA DEL DANNO	FLUSSO TERMICO INCIDENTE kW/m2	DISTANZA [4 bar] [m]	DISTANZA [5.5 bar] [m]
Danni ad apparecchiature di processo	37.5	4	6
accensione di legno esposto per tempo infinito	25	2	4
fusione di tubi in plastica. ELEVATA LETALITA' DANNI ALLE STRUTTURE / EFFETTI DOMINO	12.5	1	2
INIZIO LETALITA'	7.0	-	1
LESIONI IRREVERSIBILI. Ustioni di 1° grado	5.0	-	-
LESIONI REVERSIBILI	3	-	-
nessun effetto su persone esposte	1.6	-	-

Da quanto riportato si può ricavare che, visto il lay-out dell'impianto, non esistono effetti domino conseguenti a questo evento incidentale.

TOP04/A – Incendio di un trasformatore

Scenario: incendio da pozza ed irraggiamento sulle strutture circostanti.

E' stata modellata l'incendio con il modello del programma STAR, modello incendio da pozza.

Dalla modellazione risulta:

TIPOLOGIA DEL DANNO	FLUSSO TERMICO INCIDENTE kW/m2	DISTANZA [m]
Danni ad apparecchiature di processo	37.5	10
accensione di legno esposto per tempo infinito	25	15
fusione di tubi in plastica. ELEVATA LETALITA' DANNI ALLE STRUTTURE / EFFETTI DOMINO	12.5	23
INIZIO LETALITA'	7.0	40
LESIONI IRREVERSIBILI. Ustioni di 1° grado	5.0	50
LESIONI REVERSIBILI	3	60
nessun effetto su persone esposte	1.6	90

TOP04/B – Incendio di un trasformatore

Scenario: incendio da pozza e dispersione di prodotti tossici.

E' stata modellata l'incendio con il modello del programma STAR, modello incendio da pozza, calcolo della dispersione di fumi tossici.

Il modello (Gaussiano) rileva che fino a 1100 m ci possono essere ricadute di fumi fastidiosi per la salute. Il modello non trova però a terra effetti dei fumi di immediato pericolo per la salute (cioè valori che superano l'IDLH).

Si tenga però presente che l'area trasformatori è sistemata all'interno di un'area delimitata da pareti resistenti al fuoco (struttura in c.a. gettata in opera); tutta l'area è protetta tramite impianto sprinkler. L'impianto sprinkler (densità di scarica pari a 6 l/min/m²) è in grado inoltre di abbattere anche i fumi di combustione che si generano nell'eventuale incendio (che potrebbero contenere sostanze tossiche quali l'acido cloridrico), funzionando ottimamente come cortina d'acqua allo sviluppo dei fumi di combustione. Vista la conformazione della superficie di raccolta dell'olio, che convoglia l'olio al serbatoio di emergenza, dotato di un sistema di inertizzazione a saturazione per fermare l'incendio, visto il tempo totale di incendio, stimato in circa 5 minuti, visti i sistemi sopra descritti, si esclude la possibilità che tale incendio possa essere causa di danneggiamento a cose o persone esterne alla centrale termoelettrica.

TOP05 – Incendio del metano fuoriuscito dalla tubazione in pressione

Scenario: jet-fire ed irraggiamento sulle strutture circostanti.

E' stato modellato l'incendio con il modello del programma STAR, modello jet-fire.

Dalla modellazione risulta:

CASO A

TIPOLOGIA DEL DANNO	FLUSSO TERMICO INCIDENTE kW/m ²	DISTANZA [m]
Danni ad apparecchiature di processo	37.5	0.5
Accensione di legno esposto per tempo infinito	25	1.5
fusione di tubi in plastica. ELEVATA LETALITA' DANNI ALLE STRUTTURE / EFFETTI DOMINO	12.5	8.0
INIZIO LETALITA'	7.0	15
LESIONI IRREVERSIBILI. Ustioni di 1° grado	5.0	18
LESIONI REVERSIBILI	3	22
nessun effetto su persone esposte	1.6	40

CASO B

TIPOLOGIA DEL DANNO	FLUSSO TERMICO INCIDENTE kW/m2	DISTANZA [m]
Danni ad apparecchiature di processo	37.5	-
Accensione di legno esposto per tempo infinito	25	1
fusione di tubi in plastica. ELEVATA LETALITA' DANNI ALLE STRUTTURE / EFFETTI DOMINO	12.5	4.5
INIZIO LETALITA'	7.0	7
LESIONI IRREVERSIBILI. Ustioni di 1° grado	5.0	9
LESIONI REVERSIBILI	3	12
nessun effetto su persone esposte	1.6	20

Si tenga presente che la linea è completamente interrata fino all'ingresso nel perimetro della centrale, tranne alcuni punti di discontinuità costituiti dai punti di intercettazione posti a tratte prestabilite, ove però sono fuori-terra solo gli steli delle valvole di intercettazione.

Si tenga presente che tutto il sistema gas combustibile (stazione di arrivo, filtrazione, riduzione e riscaldamento gas) è separata dall'edificio della sala macchine da un muro tagliafuoco (muro in c.a. gettato in opera). Nella direzione opposta, cioè verso il confine di stabilimento oltre il quale si trova la ferrovia consortile che trasporta le sostanze chimiche alle industrie vicinali, non è prevista la realizzazione di alcuna opera di protezione in quanto le distanze dalla ferrovia consortile e della strada esterna all'area di stabilimento sono tali da non causare danni a cose e persone.

In **allegato 6** sono riportate le mappe di danno degli eventi più significativi.

3.4.6 Valutazione di compatibilità

Recentemente il **Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici n. 151 del 9 maggio 2001** (S.O.G.U. n. 138 del 16.6.2001) – *Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante*, all'art. 6.3 dell'allegato "Criteri per la valutazione della compatibilità territoriale e ambientale", afferma:

“La valutazione della compatibilità da parte delle autorità competenti, in sede di pianificazione territoriale e urbanistica, deve essere formulata sulla base delle informazioni acquisite dal gestore e, ove previsto, sulla base delle valutazioni dell'autorità competente di cui all'articolo 21 del decreto legislativo 17 agosto 1999, n. 334, opportunamente rielaborate ed integrate con altre informazioni pertinenti.

Gli elementi tecnici, così determinati, non vanno interpretati in termini rigidi e compiuti, bensì utilizzati nell'ambito del processo di valutazione, che deve necessariamente essere articolato, prendendo in considerazione anche i possibili impatti diretti o indiretti connessi all'esercizio dello stabilimento industriale o allo specifico uso del territorio.

Il processo di valutazione tiene conto dell'eventuale impegno del gestore ad adottare misure tecniche complementari, ai sensi dell'articolo 14, comma 6, del decreto legislativo 17 agosto 1999, n. 334.

Gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica potranno prevedere opportuni accorgimenti ambientali o edilizi che, in base allo specifico scenario incidentale ipotizzato, riducano la vulnerabilità delle costruzioni ammesse nelle diverse aree di pianificazione interessate dalle aree di danno.

In base alle definizioni date, la compatibilità dello stabilimento con il territorio circostante va valutata in relazione alla sovrapposizione delle tipologie di insediamento, categorizzate in termini di vulnerabilità in tabella 1, con l'inviluppo delle aree di danno, come evidenziato dalle successive tabelle 3a e 3b.

Le aree di danno corrispondenti alle categorie di effetti considerate individuano quindi le distanze misurate dal centro di pericolo interno allo stabilimento, entro le quali sono ammessi gli elementi territoriali vulnerabili appartenenti alle categorie risultanti dall'incrocio delle righe e delle colonne rispettivamente considerate.

TABELLA 1- Categorie territoriali.
<p>CATEGORIA A</p> <p>1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia superiore a 4,5 m³/m².</p> <p>2. Luoghi di concentrazione di persone con limitata capacità di mobilità - ad esempio ospedali, case di cura, ospizi, asili, scuole inferiori, ecc. (oltre 25 posti letto o 100 persone presenti).</p> <p>3. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante all'aperto - ad esempio mercati stabili o altre destinazioni commerciali, ecc. (oltre 500 persone presenti).</p>
<p>CATEGORIA B</p> <p>1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia compreso tra 4,5 e 1,5 m³/m².</p> <p>2. Luoghi di concentrazione di persone con limitata capacità di mobilità - ad esempio ospedali, case di cura, ospizi, asili, scuole inferiori, ecc. (fino a 25 posti letto o 100 persone presenti).</p> <p>3. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante all'aperto - ad esempio mercati stabili o altre destinazioni commerciali, ecc. (fino a 500 persone presenti).</p> <p>4. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante al chiuso - ad esempio centri commerciali, terziari e direzionali, per servizi, strutture ricettive, scuole superiori, università, ecc. (oltre 500 persone presenti).</p> <p>5. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante con limitati periodi di esposizione al rischio - ad esempio luoghi di pubblico spettacolo, destinati ad attività ricreative, sportive, culturali, religiose, ecc. (oltre 100 persone presenti se si tratta di luogo all'aperto, oltre 1000 al chiuso).</p> <p>6. Stazioni ferroviarie ed altri nodi di trasporto (movimento passeggeri superiore a 1000 persone/giorno).</p>
<p>CATEGORIA C</p> <p>1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia compreso tra 1,5 e 1 m³/m².</p> <p>2. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante al chiuso - ad esempio centri commerciali, terziari e direzionali, per servizi, strutture ricettive, scuole superiori, università, ecc. (fino a 500 persone presenti).</p> <p>3. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante con limitati periodi di esposizione al rischio - ad esempio luoghi di pubblico spettacolo, destinati ad attività ricreative, sportive, culturali, religiose, ecc. (fino a 100 persone presenti se si tratta di luogo all'aperto, fino a 1000 al chiuso; di qualunque dimensione se la frequentazione è al massimo settimanale).</p> <p>4. Stazioni ferroviarie ed altri nodi di trasporto (movimento passeggeri fino a 1000 persone/giorno).</p>
<p>CATEGORIA D</p> <p>1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia compreso tra 1 e 0,5 m³/m².</p> <p>2. Luoghi soggetti ad affollamento rilevante, con frequentazione al massimo mensile - ad esempio fiere, mercatini o altri eventi periodici, cimiteri, ecc..</p>
<p>CATEGORIA E</p> <p>1. Aree con destinazione prevalentemente residenziale, per le quali l'indice fondiario di edificazione sia inferiore a 0,5 m³/m².</p> <p>2. Insediamenti industriali, artigianali, agricoli, e zootecnici.</p>
<p>CATEGORIA F</p> <p>1. Area entro i confini dello stabilimento.</p> <p>2. Area limitrofa allo stabilimento, entro la quale non sono presenti manufatti o strutture in cui sia prevista l'ordinaria presenza di gruppi di persone.</p>

Tabella 3a - Categorie territoriali compatibili con gli stabilimenti

Classe di probabilità degli eventi [occ/anno]	Categoria di effetti			
	<i>Elevata letalità</i>	<i>Inizio letalità</i>	<i>Lesioni irreversibili</i>	<i>Lesioni reversibili</i>
<i>Esplosione</i>	0.3 bar	0.14 bar	0.07 bar	0.03 bar
<i>Incendio</i>	12.5 KW/m ²	7 KW/m ²	5 KW/m ²	3 KW/m ²
$\alpha < 1.0E-06$	DEF	CDEF	BCDEF	ABCDEF
$1.0E-04 < \alpha < 1.0E-06$	EF	DEF	CDEF	BCDEF
$1.0E-03 < \alpha < 1.0E-04$	F	EF	DEF	CDEF
$\alpha > 1.0E-06$	F	F	EF	DEF

Tabella 3b - Categorie territoriali compatibili con gli stabilimenti
(per il rilascio di concessioni e autorizzazioni edilizie in assenza di variante urbanistica)

Classe di probabilità degli eventi [occ/anno]	Categoria di effetti			
	<i>Elevata letalità</i>	<i>Inizio letalità</i>	<i>Lesioni irreversibili</i>	<i>Lesioni reversibili</i>
<i>Esplosione</i>	0.3 bar	0.14 bar	0.07 bar	0.03 bar
<i>Incendio</i>	12.5 KW/m ²	7 KW/m ²	5 KW/m ²	3 KW/m ²
$\alpha < 1.0E-06$	EF	DEF	CDEF	BCDEF
$1.0E-04 < \alpha < 1.0E-06$	F	EF	DEF	CEDF
$1.0E-03 < \alpha < 1.0E-04$	F	F	EF	DEF
$\alpha > 1.0E-06$	F	F	F	EF

Per la predisposizione degli strumenti di pianificazione urbanistica, le categorie territoriali compatibili con gli stabilimenti sono definite dalla tabella 3a.

Per il rilascio delle concessioni e autorizzazioni edilizie in assenza della variante urbanistica si utilizza la tabella 3b.

Nella tabella seguente sono riassunti gli eventi incidentali individuati per l'insediamento Energia MoliseSpa di Termoli, con l'indicazione della frequenza attesa e la fascia probabilistica di appartenenza.

Evento	Descrizione	Probabilità	Fascia probabilistica DM 9.5.2001	Categoria di effetti DM 9.5.2001
TOP01	Esplosione della camera di combustione della turbina	6.0E-09/a	< 1.0E-06	F
TOP03 – A	Formazione di miscela esplosiva di idrogeno	1.0E-04/a	1.0E-03 < < 1.0E-04	F
TOP03 – B	Incendio di idrogeno fuoriuscito	6.70E-08/a	< 1.0E-06	F
TOP04 – A	Incendio dell'olio fuoriuscito dai trasformatori Irraggiamento termico	4.14E-06/a	1.0E-04 < < 1.0E-06	F
TOP04 – B	Incendio dell'olio fuoriuscito dai trasformatori Dispersione prodotti tossici	4.14E-06/a	1.0E-04 < < 1.0E-06	F
TOP05	Jet-fire del metano fuoriuscito dalla tubazione adducente il gas all'impianto. - piccola perdita - grossa perdita	2.0E-03/a 1.20E-07/a	1.0E-03 < < 1.0E-04 < 1.0E-06	F EF

Gli effetti degli incidenti non costituiscono possibile fonte di effetto domino con le altre parti di impianto, visti i sistemi di protezione predisposti e le distanze prodotte dalle conseguenze.

Come si veda dalla tabella soprastante, gli eventi incidentali individuati dall'analisi in oggetto sono compatibili secondo il DM 9.5.2001.

Incidenti diversi da quelli esaminati, pur possibili, secondo quanto emerge dall'analisi effettuata, non sono stati considerati, o perché le conseguenze che ne derivano risultano di rilievo inferiore rispetto a quelle analizzate o perché le misure di sicurezza e prevenzione attiva e passiva predisposte rendono tali incidenti ed i conseguenti scenari non ragionevolmente credibili.

4. Gestione degli incidenti rilevanti possibili. Indicazioni per la pianificazione di emergenza interna

Dall'analisi degli incidenti previsti per la nuova centrale sono emerse alcune tipologie di eventi incidentali che, ai fini della pianificazione di emergenza interna, sono riassunte di seguito; sono inoltre stati aggiunti esempi di eventi minori, ricompresi come conseguenze negli eventi individuati, ma esemplificativi per il gestore della emergenza nella redazione del piano di emergenza, anche ai fini della prevenzione incendi:

- ⇒ turbina a gas: esplosione camera di combustione turbina;
- ⇒ turbina a gas: perdita di olio dal circuito lubrificazione;
- ⇒ turbina a gas: perdita di idrogeno dal circuito di raffreddamento;
- ⇒ turbina a gas: rilascio di combustibile gassoso dalle tubazioni di alimentazione ai bruciatori;
- ⇒ turbina a gas: incendio quadri elettrici o avvolgimenti turboalternatore;
- ⇒ caldaia / circuito vapore: rilascio di vapore d'acqua surriscaldato dalle tubazioni in pressione;
- ⇒ piping combustibili gassosi: perdita ed incendio;
- ⇒ trasformatori: possibile incendio olio fuorisucito.

Sono state pertanto predisposte delle tabelle di rischio per indicare al gestore dell'emergenza le modalità operative nel caso di questa tipologia di eventi incidentali.

- ✓ Turbina a gas: esplosione camera di combustione turbina;

PUNTO ORIGINE INCIDENTE	TURBINA A GAS
TIPO INCIDENTE	Esplosione camera di combustione
SISTEMA DI ALLERTAMENTO	Perdita di gas rilevata dai rilevatori nel cabinato
CONSEGUENZE	Proiezione frammenti / incendio
INTERVENTI PER EMERGENZA INTERNA	Intercettare linee alimentazione combustibile con valvole poste all'esterno del fabbricato se non sono già intervenute le valvole automatiche. Isolare elettricamente le apparecchiature e i cavi in tensione. Intervento automatico impianto di saturazione.
INTERVENTI DI EMERGENZA NEI CONFRONTI DELL'ESTERNO	Non sono previste conseguenze all'esterno della centrale.

- ✓ Turbina a gas: perdita di olio dal circuito lubrificazione;

PUNTO ORIGINE INCIDENTE	TURBINA A GAS
TIPO INCIDENTE	Perdita olio circuito di lubrificazione
SISTEMA DI ALLERTAMENTO	Rilevato a vista Attivato allarme con pulsanti manuali, che provocano segnalazione in sala controllo
CONSEGUENZE	Incendio possibile. Interviene l'impianto di spegnimento automatico.
INTERVENTI PER EMERGENZA INTERNA	Isolare elettricamente le apparecchiature e cavi sotto tensione nella zona incendio. Contenere l'incendio con sistemi di spegnimento se non spento da sistema automatico. Contenere lo spandimento dell'olio con barriere di sabbia o prodotti oleoassorbenti.
INTERVENTI DI EMERGENZA NEI CONFRONTI DELL'ESTERNO	Non sono previste conseguenze all'esterno della centrale.

- ✓ Turbina a gas: perdita di idrogeno dal circuito di raffreddamento.

PUNTO ORIGINE INCIDENTE	TURBINA A GAS
TIPO INCIDENTE	Rilascio combustibile gassoso dalle tubazioni alimentazione con possibile incendio
SISTEMA DI ALLERTAMENTO	Sistema di rilevazione idrogeno
CONSEGUENZE	Irraggiamento termico
INTERVENTI PER EMERGENZA INTERNA	La squadra di emergenza, avvisati dalla strumentazione (LEL 15%) in pre-allarme vanno a verificare la perdita. Decidono autonomamente di mettere in sicurezza l'impianto sezionando la linea dell'idrogeno del turbogas interessata e scaricando conseguentemente tutto il collettore interno all'esterno dei locali tramite valvola di sfiato.
INTERVENTI DI EMERGENZA NEI CONFRONTI DELL'ESTERNO	Non sono previste conseguenze all'esterno della centrale

- ✓ Turbina a gas: rilascio di combustibile gassoso dalle tubazioni di alimentazione ai bruciatori;

PUNTO ORIGINE INCIDENTE	TURBINA A GAS
TIPO INCIDENTE	Rilascio combustibile gassoso dalle tubazioni alimentazione con possibile incendio
SISTEMA DI ALLERTAMENTO	Sistema di rilevazione gas metano
CONSEGUENZE	Irraggiamento termico
INTERVENTI PER EMERGENZA INTERNA	La squadra di emergenza, avvisati dalla strumentazione (LIE 15%) in pre-allarme vanno a verificare la perdita. Decidono autonomamente di mettere in sicurezza l'impianto sezionando la linea del metano del turbogas interessata e scaricando conseguentemente tutto il collettore interno all'esterno dei locali tramite valvola di sfiato. Il sistema automatico sui bruciatori, se l'entità della perdita è tale da arrivare a superare la soglia di blocco (30% LIE) autonomamente intercetta le valvole esterne scaricando conseguentemente tutto il collettore interno all'esterno dei locali tramite la valvola di sfiato.
INTERVENTI DI EMERGENZA NEI CONFRONTI DELL'ESTERNO	Non sono previste conseguenze all'esterno della centrale

- ✓ turbogas: incendio quadri elettrici o avvolgimenti;

PUNTO ORIGINE INCIDENTE	TURBOGAS
TIPO INCIDENTE	Incendio
SISTEMA DI ALLERTAMENTO	A vista
CONSEGUENZE	Irraggiamento termico
INTERVENTI PER EMERGENZA INTERNA	La squadra di emergenza deve intercettare l'alimentazione elettrica ai quadri interessati. Soffocare l'incendio con estinguenti a CO ₂ o polvere.
INTERVENTI DI EMERGENZA NEI CONFRONTI DELL'ESTERNO	Non sono previste conseguenze all'esterno della centrale

- ✓ caldaia: rilascio di vapore d'acqua surriscaldato dalle tubazioni in pressione;

PUNTO ORIGINE INCIDENTE	CALDAIA
TIPO INCIDENTE	Rilascio vapore d'acqua dalle tubazioni in pressione
SISTEMA DI ALLERTAMENTO	Segnalazione a vista / allarme tramite pulsanti manuali di allarme /segnalazione in sala controllo rilascio vapore acqua surriscaldata
CONSEGUENZE	Onda d'urto da vapore d'acqua
INTERVENTI PER EMERGENZA INTERNA	La squadra di emergenza deve intercettare le linee a monte e a valle del versamento. A fine evento verificare l'integrità strutturale delle parti di impianto investite dal getto di vapore ad alta temperatura e/o dall'onda di pressione
INTERVENTI DI EMERGENZA NEI CONFRONTI DELL'ESTERNO	L'effetto è contenuto prevalentemente nell'area della centrale. Eventuali zone esterne interessate sono comunque di pertinenza della zona centrale. In caso eccezionale, il vapore può interessare alcuni edifici verso la zona industriale, in tal caso avvertire la pubblica autorità.

- ✓ piping combustibili gassosi: perdita ed incendio.

PUNTO ORIGINE INCIDENTE	PIPING ESTERNO
TIPO INCIDENTE	Rilascio combustibile gassoso dalle tubazioni alimentazione con possibile incendio
SISTEMA DI ALLERTAMENTO	A vista
CONSEGUENZE	Irraggiamento termico
INTERVENTI PER EMERGENZA INTERNA	Intercettare le linee a monte e a valle della perdita Avvisare i VVF Circoscrivere la zona dell'incidente Contenere l'incendio con acqua nebulizzata onde diluire anche la fuga di gas infiammato Raffreddare elementi strutturali o comunque parti metalliche esposte all'irraggiamento
INTERVENTI DI EMERGENZA NEI CONFRONTI DELL'ESTERNO	Non sono previste conseguenze all'esterno

- ✓ Trasformatori: perdita di olio dal circuito e possibile incendio;

PUNTO ORIGINE INCIDENTE	TURBINA A GAS
TIPO INCIDENTE	Perdita olio
SISTEMA DI ALLERTAMENTO	Rilevato a vista Attivato allarme con pulsanti manuali, che provocano segnalazione in sala controllo
CONSEGUENZE	Incendio possibile. Interviene l'impianto di spegnimento automatico.
INTERVENTI PER EMERGENZA INTERNA	Isolare elettricamente le apparecchiature e cavi sotto tensione nella zona incendio. Contenere l'incendio con sistemi di spegnimento se non spento da sistema automatico. Contenere lo spandimento dell'olio con barriere di sabbia o prodotti oleoassorbenti.
INTERVENTI DI EMERGENZA NEI CONFRONTI DELL'ESTERNO	Non sono previste conseguenze all'esterno della centrale.

5. IMPIANTO ANTINCENDIO

In base a quanto esposto nei capitoli precedenti, di seguito si riportano i criteri di dimensionamento che verranno utilizzati per gli impianti fissi antincendio.

Normativa di riferimento

Il sistema di protezione antincendio è realizzato in accordo alle seguenti normative:

normativa NFPA:

NFPA 10	<i>Standard for Portable Fire Extinguishers</i> Estintori portatili di incendio
NFPA 12	<i>Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems</i> Impianti estintori a CO ₂
NFPA 14	<i>Standard for the installation of Standpipe, Private Hydrants, and Hose Systems</i> Installazione di tubazioni e manichette antincendio
NFPA 15	<i>Standard for Water Spray Fixed Systems for fire protection</i> Impianti antincendio ad acqua con erogatori fissi
NFPA 20	<i>Standard for the installation of Stationary Pumps for fire protection</i> Installazione di pompe centrifughe antincendio
NFPA 30	<i>Flammable and Combustible Liquids code</i> Classificazione e codifica dei combustibili e dei liquidi infiammabili
NFPA 70	<i>National Electrical code</i> Classificazione e codifica apparecchiature ed impianti elettrici
NFPA 72E	<i>National Fire Alarm code</i> Rilevatori automatici di incendio
NFPA 850	<i>Recommended practice for fire protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current converter stations</i> Impianti antincendio per centrali termoelettriche a combustibile fossile e turbine a gas
NORMA UNI10779	Impianti di estinzione incendi – rete idranti – Progettazione, installazione ed esercizio
Norma UNI 9489	Impianti fissi di estinzione automatici a pioggia (sprinkler)
Norma UNI 9490	Alimentazioni idriche per impianti automatici antincendio
Norma UNI 9795	Sistemi fissi automatici di rilevazione e di segnalazione manuale di incendio

Normativa ISPEL:

ISPELS – Specifiche per bombole in pressione

Descrizione del sistema antincendio

Il sistema di protezione antincendio è costituito dai seguenti sottosistemi:

1. sistema di estinzione incendi;
2. sistema di rivelamento incendi e di controllo.

Il sistema antincendio è progettato per assolvere le seguenti specifiche funzioni:

- rapido riconoscimento di incendio all'interno degli edifici e delle aree protette;
- estinzione di piccoli incendi mediante estintori portatili e idranti interni;
- estinzione di incendi nelle aree esterne (piazzale) con idranti a colonna da esterno;
- estinzione di incendi in aree con specifico rischio mediante impianti fissi di spegnimento.

Sistema di estinzione incendi

Il sistema antincendio comprende i seguenti elementi:

1. serbatoio di accumulo per l'acqua di alimento della rete antincendio;
2. stazione pompe antincendio;
3. anello idrico principale;
4. idranti a colonna da esterno;
5. idranti da interno;
6. impianti di estinzione fissi ad acqua nebulizzata;
7. impianti di estinzione fissi a schiuma;
8. impianti di estinzione fissi a CO₂ od altro agente estinguente per saturazione;
9. estintori portatili di incendio.

L'acqua per l'alimentazione idrica della rete di erogatori fissi, dei sistemi a schiuma, degli idranti da interno e da esterno è fornita da un sistema di pompe antincendio che la prelevano da un serbatoio di accumulo e riserva dell'acqua antincendio.

Dimensionamento del sistema antincendio

Il sistema antincendio è progettato, secondo quanto previsto dalla normativa NFPA 850 e dalla norma UNI 10799, per fornire per almeno due ore il 100% della portata di acqua richiesta per lo spegnimento dell'incendio di progetto, determinato considerando il massimo rischio possibile in base a criteri ragionevoli di probabilità ed escludendo l'evento catastrofico. A tale richiesta deve essere sommata la portata necessaria per alimentare gli idranti a colonna, posti nel punto più sfavorevole in termini di perdite di carico.

La massima richiesta di acqua, per un impianto a ciclo combinato con alimentazione singola a gas naturale, viste le norme sopracitate, riteniamo debba essere **determinata dall'intervento del sistema fisso di estinzione ad acqua nebulizzata del trasformatore elevatore principale e dall'utilizzo di sei idranti esterni.**

Criteri di dimensionamento impianto idranti

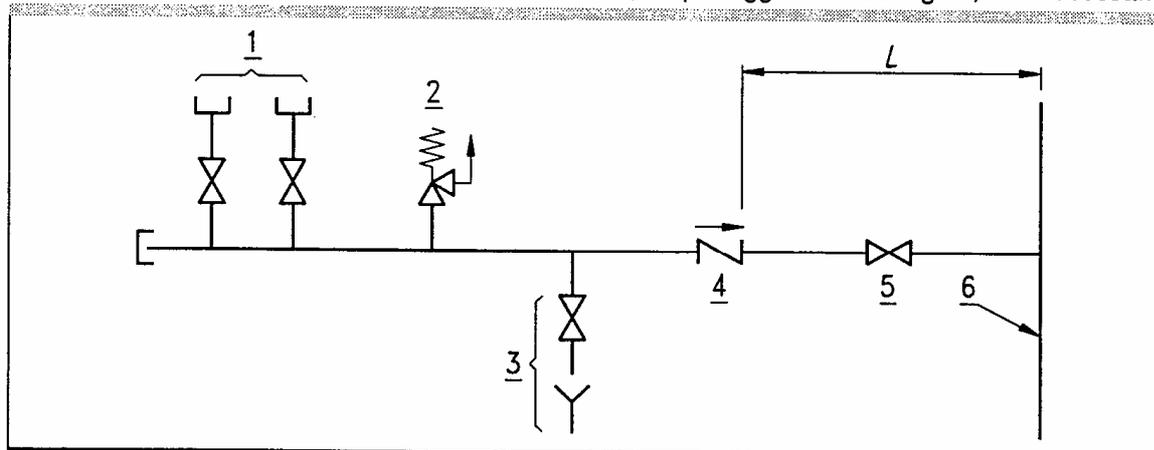
La norma UNI 10779 – Impianti di estinzione incendi – rete idranti – Progettazione, installazione ed esercizio, fissa le seguenti classi di rischio:

CLASSE DI RISCHIO	TIPOLOGIA
Aree di livello 1	<p>Aree nelle quali la quantità e/o combustibilità dei materiali presenti sono basse e che presentano comunque basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo da parte delle squadre di emergenza.</p> <p>Vi rientrano le tipologie di attività indicate dal prospetto X della norma UNI9489 (CLASSE A):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Edifici di civile abitazione • Scuole di ogni ordine e grado, collegi, accademie e simili • Servizi aziendali • Attività di lavorazione di materiale incombustibile • Attività quali uffici (a basso carico di incendio)

<p>Aree di livello 2</p>	<p>Aree nelle quali c'è la presenza non trascurabile di materiali combustibili e che presentano un moderato rischio di incendio come probabilità di innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza.</p> <p>Vi rientrano le tipologie di attività indicate dal prospetto XI della norma UNI9489 (CLASSE B):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alimentare: fabbriche di acque minerali, di caramelle e dolciumi, pastifici, impianti di essiccazione dei cereali, zuccherifici, molini per cereali, fabbriche di mangimi • Metallurgia, metalmeccanica, elettrotecnica: acciaierie, laminatoi, trafile, ferriere, fonderie, carpenterie metalliche leggere, fabbriche metalmeccaniche in genere, fabbriche di apparecchiature elettriche • Legno: segherie, mobilifici • Carta: cartiere, produzione oggetti di carta, tipografie, serigrafie • Gomma, plastica: produzione, lavorazione e rigenerazione della gomma (escluso gomma espansa), produzione e lavorazione materiale plastico • Materiali per l'edilizia: lavorazione pietre e sabbie, cementifici, produzione di laterizi • Industria del vetro • Tessili: lavaggio di fibre, filatura, tessitura, produzione tele cerate • Abbigliamento: produzione abiti, conterie, produzione piume, materassi • Chimica • Varie: uffici, ospedali, case di cura, alberghi, autorimesse, biblioteche, musei, grandi magazzini
<p>Aree di livello 3</p>	<p>Sono le aree nelle quali c'è una notevole presenza di materiali combustibili e che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza.</p> <p>Le aree di livello 3 corrispondono in buona parte a quelle definite di classe C e D (prospetto XII) dalla norma UNI9489:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distillerie, verniciature, produzione di prodotti chimici infiammabili o combustibili, produzione di gomma, produzione e lavorazione di materie plastiche espanse, produzione di vernici, produzione di sostanze esplodenti <p>Quindi le aree ove sono presenti materie plastiche espanse, liquidi infiammabili, merci ad alto rischio di incendio (cascami, prodotti vernicianti, prodotti elastomerici)</p>

Legenda

- 1 Attacchi DN 70 con girello (uno o più)
- 2 Valvola di sicurezza
- 3 Dispositivo di drenaggio automatico (necessario se esiste rischio di gelo)
- 4 Valvola di ritegno
- 5 Valvola di intercettazione (normalmente aperta)
- 6 Collettore
- L Tratto di lunghezza variabile secondo necessità, da proteggere contro il gelo, ove necessario



TIPICO PER ATTACCO MOTOPOMPA

Tipologie di protezione

La protezione delle reti idranti si suddivide in interna ed esterna agli edifici, da intendersi riferita non all'ubicazione degli idranti ma al tipo di utilizzo dell'impianto.

Protezione interna

- Idranti a muro UNI45
- Naspi DN25

Tale protezione deve consentire il primo intervento sull'incendio da distanza ravvicinata e soprattutto da parte delle persone che operano all'interno della attività.

Protezione esterna

- Idranti a colonna

Tale protezione deve consentire la lotta all'incendio operando da distanza e con un'azione soprattutto di raffreddamento. Questa protezione deve essere utilizzata da personale specificatamente addestrato.

Dimensionamento dell'impianto idranti
--

Di seguito sono riportati i criteri di dimensionamento degli impianti idranti utilizzati per la presente relazione.

Nel dimensionamento si è tenuto conto che in presenza di aree con livelli di rischio diversi servite dallo stesso impianto, questo deve essere dimensionato per la condizione più gravosa.

AREA DI RISCHIO	PROTEZIONE INTERNA	PROTEZIONE ESTERNA	DURATA
<i>Livello 1⁽¹⁾</i>	120 l/min da almeno 2 idranti o naspi con prevalenza minima di 2 bar Ipotesi ridotta: 4 naspi da 35 l/min con prevalenza minima di 2 bar		≥ 30 minuti
<i>Livello 2⁽¹⁾</i>	120 l/min da minimo 3 idranti o naspi con prevalenza minima di 2 bar Ipotesi ridotta: 4 naspi da 60 l/min con prevalenza minima di 2 bar	300 l/min con prevalenza minima di 4 bar da 4 bocche DN70	≥ 60 minuti
<i>Livello 3</i>	120 l/min da minimo 4 idranti o naspi con prevalenza minima di 2 bar	300 l/min con prevalenza minima di 4 bar da 6 bocche DN70⁽²⁾	≥ 120 minuti

(1): per i casi di rischio particolarmente ridotto per dimensioni e pericolosità, esplicitamente attestati in fase di progetto, è possibile limitare le prestazioni delle protezioni interne applicando la specifica ridotta.

(2): in presenza di impianti di spegnimento automatici il numero di bocche può essere ridotto a 4 e la durata a 90 min.

Dati di progetto:

- Dimensioni del trasformatore principale (STEP-UP 20/400kV, potenza 450 MVA):
Larghezza: L = 12 m; Profondità: W = 9 m; Altezza: H = 6,5 m;
- Superficie di progetto (involucro del trasformatore): $A_{sp} = 380 \text{ m}^2$;
- Superficie di terreno non assorbente esposta: $A_{na} = 30 \text{ m}^2$.
- Densità di scarica (in accordo a NFPA 15):
 - Superficie trasformatori da esterno: $d_{te} = 10,2 \text{ litri/min} \cdot \text{m}^2$;
 - Superficie terreno non assorbente: $d_{tna} = 6,1 \text{ litri/min} \cdot \text{m}^2$.
- Portata richiesta da sei idranti da esterno (secondo norma UNI 19779) $Q_i = 1800 \text{ litri/min}$ (portata di progetto = $300 \text{ l/min} \cdot 6$).

La portata totale di acqua che il sistema deve garantire è la seguente:

$$Q_{tot} = A_{sp} \cdot d_{te} + A_{na} \cdot d_{tna} + Q_i = 380 \cdot 10,2 + 30 \cdot 6,1 + 1800 = 5859 \text{ litri/min} = 352 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$\Rightarrow Q_{tot} = 360 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Tale valore di richiesta di acqua da parte del sistema antincendio è assunto come valore fondamentale per il dimensionamento della rete e del serbatoio di accumulo.

Serbatoio di accumulo

La quantità minima di acqua che deve essere disponibile nel serbatoio di accumulo è pari a:

$$V_{res} = Q_{tot} \cdot \Delta t = 360 \cdot 2 = 720 \text{ m}^3 .$$

L'impianto prevede l'installazione di un serbatoio di accumulo della capacità di 5000 m³ circa realizzato per provvedere alla fornitura di "acqua servizi" ad entrambe le unità, e per alimentare il sistema antincendio.

Tale serbatoio è progettato in modo da conservare la quantità di acqua necessaria per alimentare la rete antincendio, mediante la realizzazione di una partizione dedicata avente come unica connessione la tubazione di aspirazione dalla stazione pompe antincendio.

La riserva idrica è maggiorata a 2000 m³ per garantire alla pompa un battente adeguato.

Poiché ogni unità è dotata di un proprio impianto antincendio nel serbatoio di accumulo acqua servizi e antincendio sono realizzate due partizioni uguali della capacità ciascuna di 2000 m³.

Sono previsti due sensori di livello dell'acqua antincendio nel serbatoio, installati per esigenze di controllo segnalazione ed allarme, predisposti come di seguito specificato:

- Livello basso: intervento con riserva $\leq 2000 \text{ m}^3$;
- Livello molto basso: intervento con riserva $\leq 100 \text{ m}^3$.

Il serbatoio di accumulo, quando vuoto, deve poter essere riempito in 8 ore.

La potenzialità dell'impianto di approvvigionamento idrico della centrale è comunque sufficiente a garantire la portata d'acqua richiesta dall'impianto di estinzione. E' infatti garantita una portata d'acqua di 200 l/s, corrispondenti a 720 m³/h.

Stazione pompe antincendio

La stazione di pompaggio, situata nell'edificio omonimo che ospita le apparecchiature, è costituita da:

- N.2 (due) pompe antincendio principali.

Le pompe, entrambi centrifughe, sono progettate per fornire ognuna il 100% della massima portata richiesta dalla rete antincendio, secondo quanto specificato del cap. 3.5.2.3.1.

Le specifiche delle pompe antincendio sono le seguenti:

- Portata nominale = 400 m³/h (adeguamento a taglie commerciali);
- Pressione nominale mandata = 9 bar.
- Una pompa è azionata da un motore elettrico, l'altra è azionata da motore a combustione interna, ciclo Diesel.

- N.1 (una) pompa di pressurizzazione (*jockey pump*).

Tale pompa assolve il compito di mantenere in pressione al valore di progetto la rete idrica antincendio e integrare le perdite dell'intero sistema.

Le specifiche della pompa di pressurizzazione sono le seguenti:

- Portata nominale = 30 m³/h ;
- Pressione nominale mandata = 9 bar.
- La pompa è azionata da un motore elettrico.

La partenza di tutte le pompe è realizzata automaticamente in presenza di segnale di bassa pressione nella rete antincendio. In accordo alla norma NFPA 850 l'arresto delle pompe principali è previsto esclusivamente per intervento manuale dell'operatore. La pompa di pressurizzazione invece si arresta automaticamente al raggiungimento del livello alto di pressione.

Per ridurre il numero di attivazioni della pompa di pressurizzazione l'anello principale antincendio è connesso ad un serbatoio pressurizzato della capacità di 1 m³ circa.

Le pompe sono di tipo approvato, adatte ad essere azionate sia da motori elettrici che da motori a combustione interna; sono tutte pompe centrifughe, ad albero orizzontale direttamente accoppiate al motore, velocità costante e di identico modello e costruttore.

Il motore Diesel è equipaggiato con un serbatoio del combustibile di capacità sufficiente a garantire il funzionamento a pieno carico per otto ore, fornito di bocchettone di riempimento adatto al rifornimento da autobotte.

Ogni pompa disporrà di un proprio quadro di comando e controllo con tutti i dispositivi e le funzioni previste dalla norma NFPA 20.

Anello idrico principale

L'acqua dell'impianto di spegnimento incendi è distribuita da una tubazione in pressione, del diametro di 8-10", che costituisce un anello intorno alle aree protette. L'anello è alimentato dalla stazione di pompaggio e mantenuto in pressione dalla pompa di pressurizzazione; può essere sezionato da valvole a saracinesca munite di indicatore di posizione, dislocate in pozzetti di cemento.

L'anello alimenta tutti i seguenti sistemi di spegnimento:

- idranti da esterno;
- rete di distribuzione all'interno degli edifici protetti, per l'alimentazione di idranti da interno e impianti fissi di estinzione (ugelli nebulizzatori, valvole *sprinklers*);
- altri impianti fissi di estinzione (es. trasformatori da esterno).

Sistema di rivelamento incendi e di controllo

Il sistema di rivelamento incendi è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- sensori e rivelatori di incendio;
- pulsanti di allarme;
- pannelli di controllo antincendio locali;
- pannello di controllo principale del sistema antincendio e quadro sinottico (*mimic panel*).

La supervisione ed il controllo del sistema antincendio sono realizzati da pannelli di controllo antincendio locali, e da un pannello di controllo principale situato nella sala controllo centralizzata dell'impianto. Tutta la strumentazione installata nei pannelli è elettronica, con impiego di dispositivi basati su microprocessori.

I seguenti sistemi sono forniti di strumentazione locale:

- stazione pompe antincendio;
- sistemi di spegnimento con erogatori fissi;
- sistemi a CO₂ a saturazione d'ambiente.

La logica di controllo delle pompe antincendio supporta le seguenti funzioni:

- partenza manuale di emergenza per pressione del pulsante di avvio sul pannello principale;
- partenza automatica in caso di bassa pressione sulla linea di scarico (un interruttore di pressione, per ogni pompa), con modalità automatica inserita.

Sul pannello di controllo principale è segnalato lo stato delle pompe e sono indicati i seguenti allarmi:

- intervento automatico pompe antincendio inibito, se per una o entrambe le pompe principali non è selezionato il modo "automatico";
- livello acqua nel serbatoio di accumulo "basso" e "molto basso".

Al pannello principale giungono i segnali di allarme incendio provenienti dai pannelli di controllo locali. Alcuni di questi segnali sono visualizzati sul quadro sinottico con l'accensione di una lampada spia di segnalazione dell'area interessata dalle fiamme. Il quadro sinottico è situato vicino al pannello di controllo e mostra il layout dell'impianto e i principali segnali di allarme provenienti dagli edifici e dalle zone protette dell'impianto.

I pannelli di controllo locali sono situati nelle seguenti strutture:

- edificio principale turbine;
- edificio quadri elettrici e sala controllo;
- area trasformatori.

I pannelli ricevono i segnali dal sistema di rivelamento incendi ed inviano i segnali di attivazione ai sistemi di spegnimento fissi.

Inoltre i pannelli effettuano il controllo dell'intervento dei sistemi fissi antincendio e delle segnalazioni di allarme e pre-scarica nelle aree protette da impianti a CO₂.

Sui quadri è indicato lo stato di tutti gli impianti fissi (ad acqua ed a CO₂) della struttura.

Schede sistema antincendio

Edificio / area	Componente o area protetta	Tipo impianto antincendio	Tipo rilevatori	Attivazione impianto	Logica attivazione automatica	Allarmi (1)		NOTE
						PL	PP	
Edificio principale turbine e generatore – Sala Macchine	Camera di combustione	CO2 a saturazione totale	Rilevatori temperatura	Automatico e manuale	2 su 2	si	si (2)	
	Circuito olio lubrificante: cassa e refrigeratori	Per turbine a gas: CO2 a saturazione totale	Rilevatori di calore di tipo termostatico	Automatico e manuale	2 su 2	si	si (2)	
		Per turbina a vapore: Fisso ad acqua con valvola a diluivio	Rilevatori di calore di tipo termostatico	Automatico e manuale	2 su 2	si	si	
	Circuito olio lubrificante turbina: tubazione e cuscinetti	Per turbine a gas:CO2 a saturazione totale	Rilevatori di calore di tipo termostatico	Automatico e manuale	2 su 2	si	si (2)	
		Per turbina a vapore: Fisso ad acqua con valvola a diluivio	Rilevatori di calore di tipo termostatico	Manuale	-	si	si	Sistema a diluivio per i cuscinetti per la turbina a vapore attivabile manualmente dopo la fermata della turbina stessa
Edificio principale turbine e generatore – Sala Macchine (continua)	Circuito olio lubrificante, generatore: tubazioni e cuscinetti	Nessun impianto antincendio fisso dedicato è presente	-	-	-	-	-	La temperatura operativa dell'olio lubrificante è circa 100°C più bassa della temperatura di infiammabilità dell'olio stesso. In aggiunta nel generatore non sono presenti punti caldi che potrebbero determinare l'accensione dell'eventuale perdita di olio: la temperatura del vano cuscinetti e controllata in continuo ed in caso di alta temperatura il sistema generatore viene fermato..Così non sono necessari sistemi antincendio dedicati, mentre sono presenti manichette acqua e schiuma all'interno della sala macchine.
	Generatore	Nessun impianto antincendio fisso dedicato è presente	-	-	-	-	-	
	Interruttore di macchina: generatore	Estintori portatili a CO2 a mano e carrellati	Pulsanti di allarme	-	-	-	si	si
Edificio principale turbine e generatore – Sala Macchine (continua)	Aree comuni	Idranti da interno ed estintori portatili	Pulsanti di allarme	-	-	si	si	
Sala pompe circolazione		Estintori portatili a polvere	Pulsanti di allarme	-	-	si	si	
Sala compressori		Estintori portatili a CO2 a mano e carrellati	Pulsanti di allarme	-	-	si	si	Idranti da interno non sono previsti in quanto l'area è servita dagli idranti posizionati all'esterno sulla rete antincendio. La possibilità di sviluppo di un incendio non è considerata credibile in quanto i compressori gestiscono aria ed il loro sistema di lubrificazione ha una temperatura operativa molto più bassa della temperatura di infiammabilità dell'olio lubrificante
Area Pompe alimento		Estintori portatili a polvere	Pulsanti di allarme	-	-	si	si	
Edificio quadri elettrici	Sala controllo	FM-200 a saturazione totale	Rilevatori fumo	Automatico e manuale	2 su 2	si	si	In ambienti costantemente presidiati è preferibile non usare la CO2 come sistema antincendio

Edificio / area	Componente o area protetta	Tipo impianto antincendio	Tipo rilevatori	Attivazione impianto	Logica attivazione automatica	Allarmi (1)		NOTE
						PL	PP	
Edificio quadri elettrici (continua)	Sala calcolatori	FM-200 a saturazione totale	Rilevatori fumo	Automatico e manuale	2 su 2	si	si	In ambienti costantemente presidiati è preferibile non usare la CO2 come sistema antincendio
	Sala interruttori	CO2 a saturazione totale	Rilevatori fumo	Automatico e manuale	2 su 2	si	si	
	Sala batterie	Estintori portatili a CO2	Rilevatori di gas	-	-	si	si	
	Trasformatore a secco	Estintori portatili a CO2	Pulsanti di allarme	-	-	si	si	
Mensole e cunicoli cavi		-	Sensori di temperatura e di fumo	-	-	si	si	
Generatore diesel di emergenza		Estintori portatili a CO2 e polvere	Rilevatori di fumo, di calore e pulsanti di allarme	-	-	si	si	
Area trasformatori	Trasformatori principale	Sistema fisso ad acqua con valvole a diluvio	Rilevatori di calore di tipo termostatico	Automatico e manuale	2 su 2	si	si	
	Trasformatori di unità	Sistema fisso ad acqua con valvole a diluvio	Rilevatori di calore di tipo termostatico	Automatico e manuale	2 su 2	si	si	
Stazione pompe antincendio		Estintori portatili a CO2 ed a polvere.	Rilevatori di calore e pulsanti di allarme	-	-	si	si	Idranti da interno non sono previsti in quanto l'area è servita dagli idranti posizionati all'esterno sulla rete antincendio.
Caldaia ausiliaria	Bruciatori	Estintori a polvere, a mano e carrellati.	Rilevatori di gas infiammabile	-	-	si	si	Idranti da interno non sono previsti in quanto l'area è servita dagli idranti posizionati all'esterno sulla rete antincendio.
Piazzali aree esterne		Idranti a colonna da esterno	Pulsanti di allarme	-	-	si	si	

Note:

- (1) Segnalazione di allarme sui pannelli locali (PL) e sul pannello principale (PP)
 (2) Allarme collettivo

6. Interazioni con impianti e stoccaggi al di fuori del muro di cinta della centrale termoelettrica.

L'impianto in questione è realizzato nell'area adiacente agli stabilimenti Flexis Spa, GE Specialties SpA e FIS S.p.A..

Sono state analizzate le schede di informazione al pubblico di cui al D.Lgs. 334/99 delle aziende in questione, ricavando le seguenti informazioni:

GE SPECIALTIES

TIPOLOGIA EVENTO	SOSTANZA COINVOLTA	AREA DI DANNO
Incendio	Liquidi facilmente infiammabili	Distanza massima di 30 m dal luogo dell'evento. Nessun effetto verso l'esterno
Esplosione	Idrogeno, acetilene	Distanza massima di 34 m dal luogo dell'evento. Nessun effetto verso l'esterno (IDROGENO). Effetti contenuti all'interno se non rottura vetri per l'esterno fino a 100 m (ACETILENE).
Rilascio tossico	Ammoniaca	Irritazione fino a 162 m dal punto del rilascio, cioè per circa 30 m fuori dal muro di cinta dello stabilimento.
	Triclorosilano	L'IDLH arriva fino a 530 m dal punto di rilascio cioè fuori dal muro di cinta per circa 400 m.
	Trimetilossilano	L'IDLH arriva fino a 127 m dal punto di rilascio cioè fuori dal muro di cinta per circa 35 m.
	Allile cloruro	L'IDLH arriva fino a 165 m dal punto di rilascio cioè fuori dal muro di cinta per circa 150 m.
	Altre sostanze	Effetti interni allo stabilimento

FLEXIS SPA

TIPOLOGIA EVENTO	SOSTANZA COINVOLTA	AREA DI DANNO
Rilascio tossico	Cloro	L'IDLH arriva fino a 370 m dal punto di rilascio cioè fuori dal muro di cinta per circa 360m.
	Dietilammina	Il LOC arriva fino a 215 m dal punto di rilascio
	Solfuro di carbonio	Il LOC arriva fino a 111 m dal punto di rilascio

FIS – FABBRICA ITALIANA SINTETICI

TIPOLOGIA EVENTO	SOSTANZA COINVOLTA	AREA DI DANNO
Incendio	Liquidi facilmente infiammabili	Possibili ustioni reversibili tra 33 e 48 m dalla pozza incendiata
Esplosione	Idrogeno	Lesioni reversibili fino a 21 m dal punto di rilascio
Rilascio tossico	Metanolo	L'IDLH arriva fino a 36 m dal punto di rilascio cioè entro lo stabilimento
	Acido acetico	L'IDLH arriva fino a 76 m dal punto di rilascio cioè entro lo stabilimento
	Acido cloridrico 33%	L'IDLH arriva fino a 93 m dal punto di rilascio cioè entro lo stabilimento
	Ammoniaca	L'IDLH arriva fino a 63 m dal punto di rilascio cioè entro lo stabilimento
	Dimetisolfato	L'IDLH arriva fino a 70 m dal punto di rilascio cioè entro lo stabilimento
	Cloro acetil cloruro	L'IDLH arriva fino a 20 m dal punto di rilascio cioè entro lo stabilimento
	Tienile cloruro	L'IDLH arriva fino a 24 m dal punto di rilascio cioè entro lo stabilimento
	Bromo	IDLH confinato all'interno del reparto produttivo

Vista la tipologia di eventi presenti nelle aziende confinanti e che la tipologia di effetti che può interessare l'area della installazione è dovuta ad un rilascio tossico dal momento che è presente una ferrovia consortile per il transito di cisterne ferroviarie contenenti sostanze pericolose nelle adiacenze dell'impianto per l'approvvigionamento delle sostanze e prodotti alla aziende chimiche vicinali, sono state realizzate le seguenti precauzioni impiantistiche:

- la **sala di controllo dell'impianto**, è del tipo REI 120 dotata di un sistema ad aria controllata, in sovrappressione rispetto all'esterno, dotata di presa dell'aria sopra all'edificio annesso elettrico (circa 11 m) in modo da evitare l'aspirazione di gas tossici eventualmente rilasciati. Inoltre la presa di aria è dotata di un sistema di rilevazione di gas tossici; il sistema di ventilazione della cabina è posto sotto energia preferenziale; la cabina è sollevata circa 3 m dal terreno in modo da non essere coinvolta in caso di fenomeni di esondazione ed avere un margine di sicurezza in gas di fughe di gas tossico (sono più pesanti dell'aria e quindi tendono a rimanere nelle parte bassa del terreno).
- il **sistema di controllo dell'impianto (DCS)** è installato in una cabina a tenuta di gas, con sistema di sovrappressione analogo a quello della cabina controllo, in modo che anche rilasci accidentali di sostanze corrosive non possano ledere la sicurezza della nuova installazione; si ricorda però che tutte le logiche di controllo dell'impianto sono del tipo FAIL-SAFE, quindi in caso di disattivazione manda in blocco l'impianto.

In **allegato 2** sono riportate le mappe della zona adiacente alla nuova installazione.

7. PRECAUZIONI ASSUNTE NELLA PROGETTAZIONE

Precauzioni e coefficienti di sicurezza assunti

Le precauzioni che verranno utilizzate nella realizzazione delle installazioni sono le seguenti:

1) quali misure impiantistiche, l'adozione di criteri costruttivi atti a ridurre tutte le cause che possono portare a perdita del contenimento.

Si citano ad esempio:

- la progettazione secondo norme e STD molto restrittive;
- l'impiego di soli materiali di alta qualità;

2) quali misure operative, ad impianto in marcia:

- la esecuzione puntuale dei dettagliati programmi di manutenzione e di ispezioni periodiche;
- la verifica programmata di tutti i sistemi di sicurezza e di blocco;
- la costituzione di speciali squadre di pronto intervento, dotate delle attrezzature del caso.

Errore umano

Il personale direttivo si è sempre impegnato per individuare e quindi prevenire i possibili rischi dovuti ad errore umano. Le misure adottate, in generale, per minimizzare tali rischi sono:

- istruzioni operative chiare ed esaurienti
- periodico aggiornamento professionale degli operatori
- organi di comando facilmente accessibili agli operatori, con chiara identificazione del loro stato

Progettazione strutture

La realizzazione degli impianti citati nella presente relazione è effettuata nel pieno rispetto delle leggi, norme e regolamenti vigenti.

Sicurezza in situazioni diverse

La valutazione della sicurezza degli impianti verrà effettuata separatamente:

- in condizioni normali
- in condizioni anomale
- in condizioni di partenza
- in condizioni di fermata

Norme utilizzate per la progettazione di serbatoi, recipienti e tubazioni

Per la progettazione dei recipienti di processo e serbatoi sono state seguite le norme VSR (ex ANCC).
Le tubazioni sono state dimensionate secondo le norme di buona progettazione in funzione della pressione di progetto.

Misure preventive

Sono messe in atto tutte le misure preventive per evitare le corrosioni (verniciature, rivestimenti, sovrassessori).

Verranno inoltre previste ispezioni periodiche per la verifica dello stato di conservazione di apparecchiature e tubazioni.

Criteri di protezione da sostanza corrosive

Si ricorda che non esistono sostanze corrosive ad eccezione dell'acido cloridrico e della soda caustica utilizzati nel processo di produzione dell'acqua demineralizzata e dell'acido solforico per il trattamento delle acque di raffreddamento delle torri.

I sovrassessori di corrosione per le apparecchiature che contengono o che comunque sono a contatto con le sostanze corrosive prodotte e/o manipolate in impianto sono stati determinati secondo le norme di buona tecnica, in funzione del tipo di materiale utilizzato e della velocità di corrosione prevista per le particolari condizioni operative esistenti.

La frequenza con cui tali apparecchiature sono ispezionate dipende dalla criticità del servizio assicurato dalle stesse nell'ambito del processo produttivo, e comunque è tale da garantire l'esercizio dell'impianto in condizioni di sicurezza.

Non bisogna sottovalutare inoltre il continuo ed assiduo controllo visivo e strumentale assicurato dai tecnici in turno e della manutenzione.

Sistemi di blocco

Sono installati dei blocchi che avranno la funzione di interrompere il ciclo produttivo e porre l'impianto in assetto di sicurezza allorché venga a determinarsi una situazione anomala, causata dal cattivo o mancato funzionamento di qualche apparecchiatura, tale da compromettere la conduzione del processo.

I sistemi elettrici di blocco agiscono mediante relè elettromeccanici funzionanti a 220 V oppure PLC omologati. Questi componenti sono ampiamente sperimentati da molti anni in altri impianti con eccellenti prestazioni funzionali e la loro efficienza e lo stato di funzione in esercizio è di facile verifica; inoltre sono passivi con ampie tolleranze ai disturbi ed alle variazioni di tensione di rete.

In esercizio normale i relè che realizzano le logiche di blocco sono normalmente eccitati, e l'azione di blocco in emergenza è conseguente alla loro diseccitazione. Ciò significa che, in caso di avaria dei sistemi di blocco o per mancata erogazione di energia elettrica, l'impianto si fermerebbe in assetto di sicurezza.

Componenti

Nella progettazione di tutti i componenti verranno adottati i criteri già maturati dall'esperienza, considerato che verranno impiegati componenti già largamente collaudati e referenziati, escludendo quindi il ricorso a prototipi.

In particolare per i componenti principali le misure adottate sono le seguenti:

Turbina a gas

Sono previste protezioni ridondate sul sistema di combustione e sul sistema di alimentazione del combustibile per evitare danneggiamenti connessi all'utilizzo del metano.

Sono previsti sistemi di controllo e di protezione ridondate normalmente assunti per le macchine rotanti per evitare danneggiamenti connessi a problemi di lubrificazione, surriscaldamento e vibrazioni

Turbina a vapore

Sono adottati i criteri previsti dai primari fornitori di questo tipo di macchine per la progettazione delle parti in pressione.

Sono previsti sistemi di controllo e di protezione ridondati normalmente assunti per le macchine rotanti per evitare danneggiamenti connessi a problemi di lubrificazione, surriscaldamento e vibrazioni

Caldaia

Sono adottati i criteri previsti dalla normativa italiana (ISPESL) per la progettazione delle parti in pressione.

Generatori

Sono previste protezioni sul sistema di raffreddamento ad idrogeno e sono seguiti i criteri di progettazione propri dei primari fornitori di queste macchine, al fine di garantire il buon funzionamento ed evitare perdite e purezza del gas contenuto nei circuiti.

Sono previsti sistemi di controllo e di protezione ridondati normalmente assunti per le macchine rotanti per evitare danneggiamenti connessi a problemi di lubrificazione, surriscaldamento e vibrazioni

8. Sistemi e procedure di monitoraggio, controllo e fermata in sicurezza in caso di emergenza

8.1 Sistema automatico di supervisione e controllo della gestione dell'impianto

La supervisione ed il controllo dell'impianto sono affidati ad un sistema del tipo DCS ("Sistema di Controllo Distribuito), realizzato secondo lo stato dell'arte della tecnologia sia hardware che software.

Il sistema DCS comprende principalmente:

- ⇒ Stazioni di controllo e supervisione (workstation, stampanti, ecc.)
- ⇒ Rete trasmissione dati
- ⇒ Unità di controllo distribuito a microprocessori, che assolvono le funzioni di controllo, allarme, protezione ed interblocchi.

Il controllo completo delle due unità di generazione è realizzato in maniera indipendente dalla Sala Controllo Centralizzata (CCR- Central Control Room) attraverso stazioni provviste di videotermini, attraverso le quali è possibile comandare tutte le operazioni di avviamento, esercizio normale e spegnimento della centrale e monitorare l'impianto durante le varie fasi di esercizio.

In sala controllo è presente una consolle con i pulsanti di emergenza dei sistemi principali.

Il sistema di controllo comprende tutti gli strumenti, i controlli automatici e manuali, i sistemi di protezione ed allarme, i sistemi di acquisizione dati per la supervisione dell'intero impianto.

Il permette l'esercizio automatizzato dell'intero impianto attraverso l'automazione dei seguenti sistemi principali:

- ⇒ Vapore principale;
- ⇒ Condensato e acqua di alimento;
- ⇒ Acqua di raffreddamento acqua a torri evaporative;
- ⇒ Acqua di raffreddamento in ciclo chiuso;
- ⇒ Caldaia a recupero;
- ⇒ Turbina a vapore;
- ⇒ Turbina a gas;
- ⇒ Quadri elettrici di BT e MT;
- ⇒ Sistema elettrico AT;
- ⇒ Sistemi ausiliari.

Il DCS provvede inoltre alla protezione e messa in sicurezza di alcuni dei sistemi ad esso sottesi, ad eccezione del sistema elettrico della TV e della TG (che hanno un sistema di controllo dedicato che è comunque integrato a DCS), che è normalmente dotato di sistemi di protezione indipendenti.

La gestione della centrale nel suo complesso necessita di circa 20 persone su più turni. La presenza minima è di 2 addetti con permanenza presso la sala controllo, alla quale sono riportate tutti i segnali principali e le eventuali anomalie rilevate dal sistema di controllo.

8.2 Sistema di monitoraggio delle emissioni al camino

La centrale è dotata di un sistema di monitoraggio in continuo delle qualità dei fumi ai due camini; i parametri monitorati sono:

- ⇒ Ossigeno in eccesso
- ⇒ NO_x
- ⇒ CO

Il valore della anidride carbonica è calcolata a partire dai consumi di gas naturale misura presso la stazione di consegna gas da parte di SNAM RETE GAS in località Ponte Fago, Larino (CB), a circa 15 km dalla centrale.

I segnali di misura sono elaborati, registrati, archiviati e resi disponibili alle Autorità di controllo.

8.3 Procedure di fermata in sicurezza dell'impianto in caso di emergenza

In generale qualsiasi manovra o procedura di emergenza sull'impianto viene attuata dagli operatori direttamente dalla sala controllo attraverso il sistema di controllo DCS; sono ridotti al minimo gli interventi in campo da parte del personale addetto.

Nel caso si verifichi un evento per il quale è prevista la fermata in sicurezza dell'impianto, uno degli operatori darà il via, tramite una delle tastiere del sistema di controllo DCS o tramite un pulsante posto sulla medesima consolle, ad una procedura automatizzata, che, una volta inizializzata, non necessita di ulteriori interventi esterni.

Dopo di che, nel caso l'evento obblighi all'evacuazione dell'impianto (es. rilascio tossico da parte di aziende limitrofe), gli operatori potranno lasciare la sala controllo seguendo le opportune indicazioni contenute nel piano di emergenza.

Dal momento di ricezione dello stato di emergenza, sono necessari circa 10 secondi per inizializzare la procedura di fermata in sicurezza.

La procedura di fermata in sicurezza dell'impianto prevede le seguenti manovre principali:

- Arresto delle turbine a gas, tramite blocco del sistema alimentazione gas naturale, e conseguente arresto della produzione delle caldaie a recupero
- Apertura degli interruttori di macchina delle turbine a gas
- Fermata della turbina a vapore tramite apertura dell' interruttore di macchina
- Azionamento del sistema di by-pass turbina a vapore

Nel caso l'evento di emergenza comportasse un black-out elettrico, il generatore diesel di emergenza si avvierà in modo automatico e garantirà l'alimentazione di tutte le utenze coinvolte nella procedura di fermata in sicurezza.

9. CONCLUSIONI

E' stata progettata e realizzata la nuova centrale termoelettrica nella zona del Biferno.

Nella relazione viene osservato che:

- l'analisi condotta sul progetto del nuovo impianto ha portato alla individuazione di alcuni potenziali rischi di incidente, a bassissimo grado di probabilità, che comunque presentano conseguenze che sono compatibili con le norme sui rischi di incidente rilevante, sono confinati all'interno della centrale e sono gestibili dal personale dell'impianto;
- le conseguenze di tali eventi all'interno dello stabilimento sono inoltre tali da non provocare effetti domino, e sono fronteggiabili dal personale della centrale, che è stato addestrato e equipaggiato per affrontare situazioni di rischio dovuto alla tipologia dell'attività presente;
- le precauzioni intraprese nella progettazione consentono di poter affermare che nella fase di esercizio dell'impianto sono state ridotte al minimo possibile le problematiche del nuovo insediamento nei confronti delle industrie a rischio adiacenti;
- le precauzioni intraprese nella progettazione dei sistemi di sicurezza fanno in modo che il sistema di controllo, di gestione e di fermata in sicurezza dell'impianto non è influenzato dai possibili eventi incidentali previsti per le attività a rischio di incidente rilevante adiacenti alla nuova installazione.

	ALLEGATO 1
	Curriculum dell'estensore della relazione

	ALLEGATO 2
	Mappe della zona adiacente alla installazione

	ALLEGATO 3
	Planimetria delle aree di rischio

	ALLEGATO 4
	Fogli degli hazop eseguiti

	ALLEGATO 5
	Alberi di guasto

	ALLEGATO 6
	Giustificazione dei valori assunti negli alberi di guasto

	ALLEGATO 7
	Mappe di danno

	ALLEGATO 8
	Descrizione dettagliata sistemi di combustione TG

	ALLEGATO 10
	Planimetrie gasdotto