



Sound Oil plc

**Chiusura mineraria
Pozzo Marciano 1 Dir st**

**VALUTAZIONE DEL RISCHIO MINERARIO
ed
INDIVIDUAZIONE INCIDENTE PIU' GRAVE**

San Donato Milanese ottobre 2015

L'Amministratore Delegato

Dott. Leonardo Spicci



Sommario

1. Premessa	3
2. Analisi dei dati di reservoir del pozzo Marciano 1st	4
3. Profilo del pozzo Marciano 1st	6
4. Chiusura mineraria.....	7
4.1. Attività di cantiere previste	7
4.1.1. Operazioni Slickline.....	7
4.1.2. Operazioni di Coiled Tubing e slickline	7
4.1.3. Eventuali operazioni wireline di spari thrugh tubing.....	8
4.1.4. Operazioni di cementazione.....	8
4.2. Definizione dei rischi associati alle singole attività.....	8
4.3. Definizione degli scenari	9
4.4. Scenari individuati.....	9
5. Perdita di piccoli volumi di gas senza incendio.....	9
6. Perdita in open flow senza incendio.....	9
7. Perdita di piccoli volumi di gas con incendio	10
8. Incidente più grave	10
8.1. Distruzione Testa Pozzo	10
8.2. Calcolo degli effetti dell'incidente più grave	11
8.3. Calcolo volume di irraggiamento	12
8.4. Analisi dei costi derivanti dall'incidente più grave	15
10 Conclusioni.....	17
Allegato 1 – Estratto Polizza Assicurativa n. EH045214 (pag. 6 di 111).....	18
Allegato 2 – Estratto “Norma API 521 “Pressure-relieving and Depressuring Systems” (Pagg.79-83).....	19

1. Premessa

Il presente documento identifica i rischi propri connessi alle attività minerarie di chiusura del pozzo Marciano 1 Dir st ubicato all'interno della concessione di coltivazione Fonte San Damiano nel comune di Ferrandina (MT).

Apennine Energy S.p.A. ha redatto la presente analisi atta a valutare i possibili scenari incidentali, individuarne il caso più grave e valutarne gli impatti.

Fra i vari casi incidentali possibili, è evidente che gli unici che possono generare un danno importante sono relativi alla possibilità di eruzione incontrollata del pozzo, per questo motivo l'analisi seguente tratterà solo alcuni scenari relativi a "*blow-out*" del pozzo con diverse modalità e conseguentemente diverse scale di gravità.

Elementi di riferimento e il contesto fisico di riferimento sono:

- Giacimento mineralizzato a gas naturale (99,7% metano, **assenza di H₂S e CO₂**);
- Assenza di idrocarburi liquidi associati;
- Giacimento *multilayer*: profondità massima livello più profondo pari a 1331 mTR;
- Medio/Basse permeabilità;
- Campo di pressione idrostatico depletato e ben conosciuto. Il cantiere è ubicato in area agricola distante dal centro abitato con presenza di cascinali isolati a distanze > 150 m.
- Altre infrastrutture quali arterie stradali, linee elettriche e metanodotti sono a distanze superiori ai limiti di legge.

Per i calcoli di valutazione delle portate di eruzione sono stati utilizzati i dati di produzione del pozzo Marciano 1 dir ST, seppur avendo ormai verificato il depletamento dei livelli produttivi mineralizzati che hanno prodotto diversi anni. Il caso di eruzione è quindi puramente teorico.

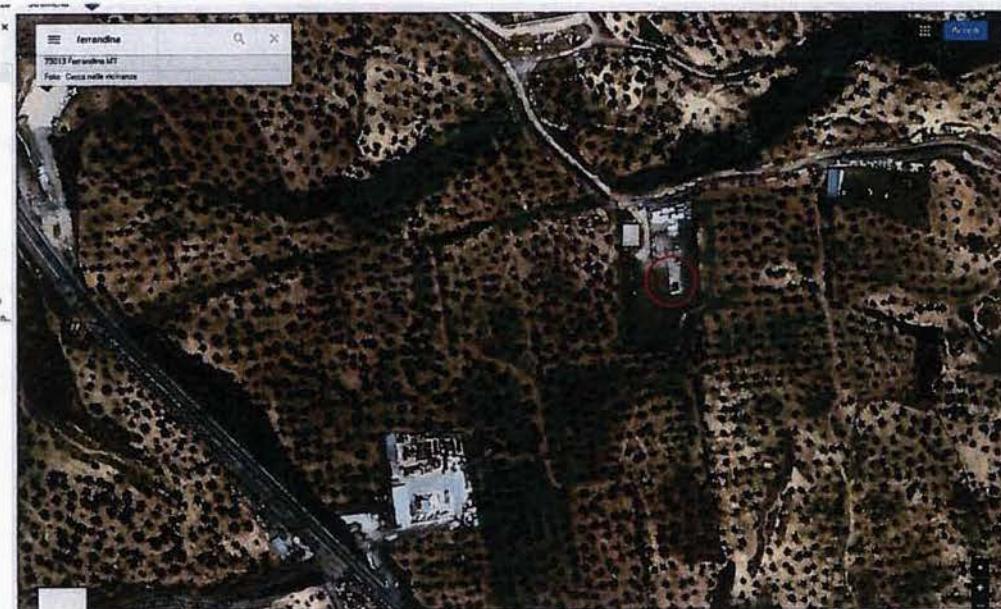


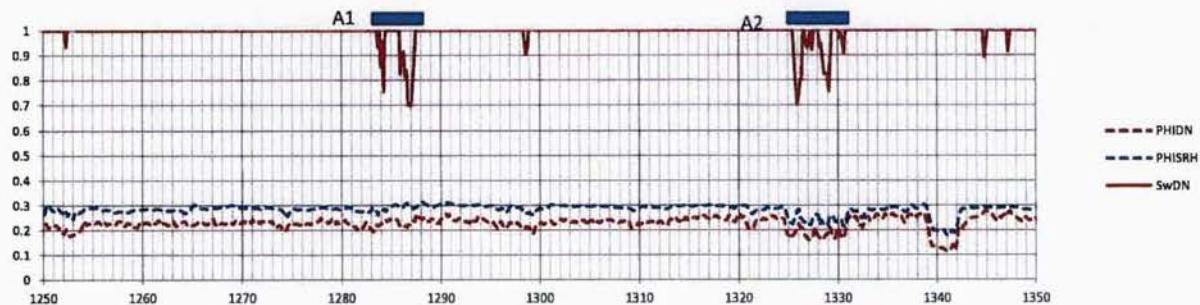
Figura 1 – ubicazione della testa pozzo

2. Analisi dei dati di reservoir del pozzo Marciano 1 dir ST

Il pozzo Marciano 1 dir ST è un *side track* del pozzo Marciano 1 perforato nell'anno 2007.

Gli obiettivi principali del pozzo erano i *lead T* e *B* e i livelli MAR 1-2-4.

Contrariamente alle previsioni sono stati incontrati solo due livelli mineralizzati di modesto spessore (A1 e A2) che non sono stati identificati con i suddetti obiettivi.



Il livello A2 dopo lo spурго non ha prodotto.

Il livello A1 ha prodotto gas dopo lo spурго ($47.000 \text{ Sm}^3/\text{g}$ su duse da $\frac{1}{2}''$ e FWHP= 31,7 bar) ma la prova effettuata successivamente ha evidenziato un significativo depletamento.

Il valore di pressione finale (70bar) registrato al termine della risalita di pressione, risultava inferiore al valore della pressione vergine (77 bar). L'interpretazione del test mediante plot delle derivate di pressione porta a definire un volume chiuso di dimensioni ridotte (150x300

metri circa). Il volume in posto di gas sviluppato dal pozzo risulta quindi molto piccolo (160KSm³) e di significato economico nullo.

Il gradiente di pressione è regolare e ben conosciuto, attestato dal pozzo Marciano 1 e dal successivo *side track*.

Nel pozzo sono state effettuate 5 prove di strato in colonna ed una prova di produzione. I principali risultati sono riportati nella seguente tabella:

Livello	Intervallo perforato		Pressione		Risultati	Portata Nm3/g
			Flowing	Statica		
DST1	1242	1238	52.9	85.3	Acqua salata+gas	Non misurabile
	1230	1229				
	1224	1223				
DST2	1108	1105	80.8	81.9	Prova secca	
DST2bis	1118	1114				
	1108	1105	47.3	77.7	Acqua salata+gas	Non misurabile
DST3	1066	1065	7.1	7.7	Gas senza pressione	Non misurabile
DST4	MAR-3	811	813	54.9	55.0	Gas
		814	817			24000
DST5	MAR-2	704	706	50.7	55.1	Gas
PP1	Livello	Intervallo perforato		duse	BHP (kg/cm ²)	DP (%)
	MAR-3	811	813	1/8	55.6	1.0
		814	817	3/16	52.9	5.8
				1/4	48.7	13.4
				5/16	43.5	22.5
						Qg (Nm3/g)
						6300
						15300
						25600
						34200

Per definire lo scenario incidentale è stato definito il possibile flusso di gas in funzione della produttività del livello A1 mineralizzato basandosi sui dati delle prove di produzione del pozzo Marciano 1 e Marciano 1 Dir st, che definiscono la legge di produzione ed i parametri dell'equazione di flusso a testa pozzo.



3. Profilo del pozzo Marciano 1st

Il pozzo è completato su due livelli in singolo selettivo, con tubing da 2 3/8". I due livelli sono separati da packer. Il tubing di produzione ha scarpa a 1305 m MD. La colonna di casing di produzione da 7" ha scarpa a 1654 m MD e risulta cementata sino a circa 500 m MD. La colonna di casing da 9 5/8" ha scarpa a 399 m MD cementata sino a giorno. Il pozzo presenta doppie barriere di sicurezza:

1. Fluido di completamento (barriera primaria)
2. Testa pozzo, valvole, casings, cementazioni e BOP(durante operazioni di Coiled Tubing).

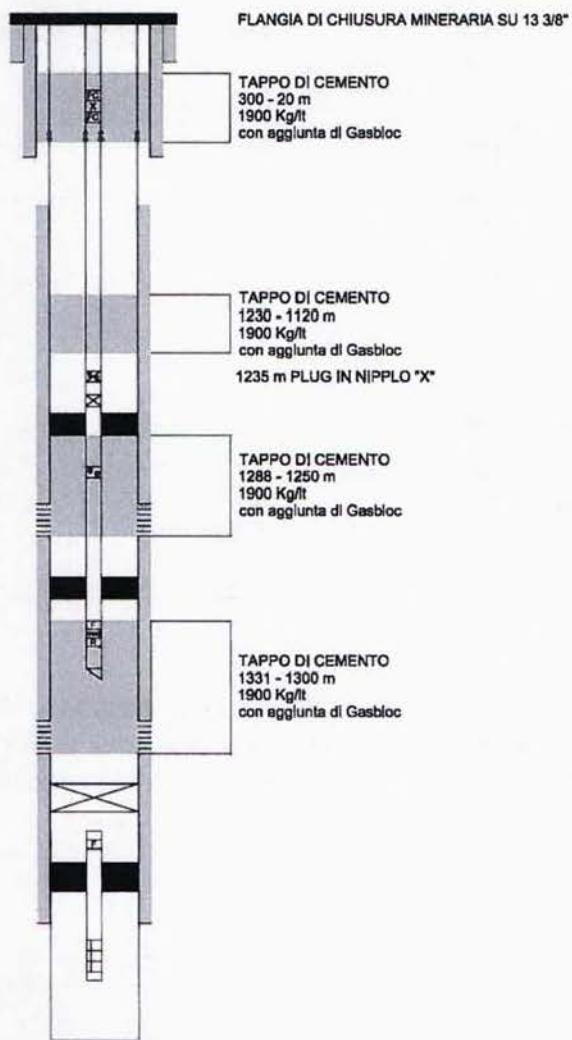


Figura 2 Schema di chiusura mineraria

4. Chiusura mineraria

Poiché il pozzo non ha presentato una mineralizzazione tale da costituire una scoperta economicamente significativa, deve essere abbandonato con una procedura di chiusura mineraria ai sensi dell'art.39 del D.D.15 luglio 2015.

Le operazioni verranno eseguite mediante ausilio di *Coiled Tubing*, che garantirà il posizionamento di 2 tappi di cemento a quota spari, e successivamente mediante l'esecuzione di ulteriori 2 tappi di cemento che interesseranno uno l'interno del tubing da 2 3/8" e del casing da 7", ed un altro l'interno del tubing da 2 3/8", del casing da 7" e del casing da 9 5/8".

Dopo aver rimosso la testa pozzo si procederà con saldatura della flangia di chiusura mineraria su casing da 13 3/8" a quota 2 m al di sotto del piano campagna.

4.1. Attività di cantiere previste

Per il dettaglio delle operazioni previste fare riferimento al programma di chiusura mineraria.

Prima dell'inizio delle operazioni saranno predisposte ed installate le seguenti attrezzature:

- Coiled Tubing,
- Slick line,
- Pompe e vasche di miscelazione.

Tutte le attrezzature dovranno essere collegate all'impianto di messa a terra e testate.

Le operazioni saranno le seguenti:

4.1.1. Operazioni Slickline

1. Monitoraggio pressioni a testa pozzo.
2. Installazione lubricator sulla X-Tree per procedere con il recupero della BPV e del tappo installato a -151 m. Prova di circolazione nell'annulus 7"X9 5/8" ed eventuale ricementazione dall'alto.

4.1.2. Operazioni di Coiled Tubing e slickline

3. Installazione BOP stack. Discesa Coiled Tubing al fondo, riempimento del tubing con brine e prove di iniettività.
4. Esecuzione 2 tappi di cemento e squeeze sui livelli completati. Verifica meccanica dei tappi con mazzetta wireline.
5. Discesa e fissaggio tappo meccanico con slickline a 1235 m. Puncer meccanico con slickline a m. 1230.
6. Fissaggio 3° tappo terzo tappo di cemento

4.1.3. Eventuali operazioni wireline di spari through tubing

7. Installazione attrezzatura di superficie e discesa cariche esplosivo, perforare tubing e casing 7" (Nel caso non fosse stato possibile eseguire lo squeeze dall'alto).

4.1.4. Operazioni di cementazione

8. Tappo di riempimento annulus 9 5/8"X7" e 7"X2 3/8".

4.2. Definizione dei rischi associati alle singole attività

E' stata condotta un'analisi di dettaglio per identificare rischi associati alle attività previste per le quali sono state individuate misure preventive di mitigazione dei rischi come riportato nella seguente tabella.

Descrizione del Rischio	Cause	Valutazione del Rischio			Misure preventive e azioni mitigatrici	Servizio Coinvolto	Rischio dopo azioni mitigatrici		
		Probabilità	Impatto	Livello di Rischio			Probabilità	Impatto	Rischio
Fuoriuscita di gas durante operazioni Slickline.	Rottura attrezzature Slickline di superficie o errata manovra	bassa	medio	basso	Verifica di conformità delle attrezzature. Barriere di sicurezza ridondante, 2 valvole master presenti. In caso di fuoriuscita gas si chiuderà una delle due valvole.	Slickline Service	bassa	bassa	basso
Fuoriuscita di gas durante operazioni con CT.	Rottura attrezzature di superficie o errata manovra	bassa	medio	basso	Verifica di conformità delle attrezzature. Barriere di sicurezza ridondante, 2 valvole master presenti. In caso di fuoriuscita gas si chiuderà una delle due valvole.	Coiled Tubing Service	bassa	bassa	basso
Possibile Pressione Annulus 7X 9 5/8"	Top cemento rilevato da CBL a circa 400 m.	alta	medio	alto	Monitoraggio e scarico in superficie pressione dell'annulus. Verifica d'iniettività con acqua per eventuale cementazione dall'alto. Prevista eventuale cementazione annulus con apertura fori su tubing e casing 7".	Apennine	media	medio	medio
Problemi durante il Killing del pozzo	Assorbimenti o Kick di Gas	media	medio	medio	Non sono presenti sovrappressioni, i livelli depletati non hanno manifestato possibilità di assorbimento in perforazione. Saranno comunque resi disponibili in cantiere materiali (intasanti o agenti di appesantimento) da utilizzare per contrastare eventuali assorbimenti o manifestazioni di gas.	Apennine	bassa	medio	basso
Difficoltà di esecuzione dei tappi di cemento o senza Integrità idraulica.	Possibilità di contaminazione del cemento con gas, bassa permeabilità della formazione.	media	medio	medio	Non si prevedono alte pressioni e quantitativi di gas elevati. Il pozzo sarà killato con brine a peso sufficiente per contrastare fuoriuscite di gas. I tappi saranno fissati sui livelli in squeeze per ottenerne la migliore chiusura. Per la miscelazione della malta è previsto l'utilizzo di Gas-Block che riducono le possibilità di migrazione del gas. I tappi verranno testati dopo il WOC e nel caso di non corretta esecuzione saranno ripetuti.	Apennine	bassa	medio	basso
Difficoltà di circolazione in annulus 9 5/8"X7" e/o ricementazione	Ostruzione area di flusso Annulus	bassa	medio	basso	Ripetizione cementazione e se necessario degli spari più in alto di circa 20-30 m.	Apennine	bassa	medio	basso

I rischi individuati derivanti dalle operazioni rig-less di chiusura mineraria sono associate alle attività di: Slickline, Coiled Tubing, e Cementazione.

Tutti i rischi identificati avrebbero la stessa conseguenza in termini di rischio mineraria, ossia la possibilità di incontrollata fuoriuscita di gas in superficie. Questo evento di per sé ha bassa probabilità di accadimento dato che per manifestarsi si dovrebbe avere la contemporanea perdita delle barriere di sicurezza (ridondanti) installate sul pozzo. Va da sé che l'accadimento di un simile evento sia molto remoto.

4.3. Definizione degli scenari

Trattandosi di un pozzo completato con barriere di sicurezza ridondanti ed un gradiente di pressione idrostatico, la possibilità di perdita incontrollata del pozzo dal livello mineralizzato superficiale (A1) può manifestarsi solo nel caso di perdita accidentale delle barriere di sicurezza e contemporanea perdita di integrità strutturale del pozzo.

Il verificarsi di queste situazioni evidentemente ha una probabilità di accadimento puramente teorico, tuttavia sono stati considerati i possibili scenari incidentali.

4.4. Scenari individuati

Sono ipotizzabili quattro differenti scenari incidentali:

1. perdita di piccoli volumi di gas senza incendio;
2. eruzione in open flow senza incendio;
3. perdita di piccoli volumi di gas con incendio;
4. eruzione in open flow con incendio (*worst case*).

5. Perdita di piccoli volumi di gas senza incendio

In questo caso grazie ai sistemi di monitoraggio portatili saranno attivate le procedure operative di emergenza per riportare sotto controllo il *leakage*. Il metano, più leggero dell'aria, si disperde rapidamente in atmosfera a patto che nella frangia di transizione, tra sovrasaturazione e sotto saturazione rispetto al limite di esplosività, non si verifichino inneschi.

In questa situazione il danno è nullo e il ripristino avviene con i normali mezzi a disposizione in cantiere.

6. Perdita in open flow senza incendio

Il caso di portata *open flow* senza incendio costituisce la massima portata di gas possibile in superficie ed è considerato poco realistico poiché la perdita della testa pozzo implica un evento incidentale che costituirebbe senza dubbio un innesco. In ogni caso l'eventualità di un'eruzione ad alta portata si avvicina alla condizione *open flow*. Il flusso di metano a getto favorisce l'allontanamento dal livello suolo del gas che inoltre sale in quota poiché più leggero dell'aria (non sono presenti condensati o frazioni più pesanti). Il raffreddamento dovuto ad espansione rapida porta il metano ad avere densità superiore a quella dell'aria, quindi a ricadere verso il suolo, solo con un salto di pressione superiore a 320 bar (come definito dalle schede di sicurezza basate sulle proprietà fisiche del gas metano), quindi nettamente



superiore al differenziale tra pressione statica fondo foro (70 bar) e pressione atmosferica; inoltre il gas ha una temperatura di giacimento di circa 40°C che compensa in parte il raffreddamento. La ricaduta per condensazione non è quindi uno scenario fisicamente plausibile.

L'attivazione del Piano Operativo di Emergenza consente la ripresa di controllo del pozzo per controllare la fuoriuscita di gas secondo le procedure stabilite con le Compagnie di Servizio.

7. Perdita di piccoli volumi di gas con incendio

L'eventualità di una piccola perdita con incendio è legata a possibili fuoruscite in area fluidi o alla testa pozzo che siano immediatamente innescate. In questo caso l'incendio è limitato alle aree a rischio, ed è attivato il Piano Operativo di Emergenza. In queste condizioni è normalmente possibile attivare i dispositivi di sicurezza (BOP, avvio alla linea di scarico via manifold e chiusura valvole pozzo).

8. Incidente più grave.

Scopo della presente sezione è l'individuazione, ai sensi del D.D. 15 Luglio 2015, del più grave incidente che potrebbe avere luogo presso durante le operazioni di chiusura mineraria del pozzo "Marciano 1 dir ST" ed i possibili danni alle persone, ambiente e cose da esso provocati.

Le norme che attualmente regolano la prevenzione di incidenti connessi alla presenza ed allo stoccaggio di sostanze pericolose e la limitazione delle conseguenze alle persone, all'ambiente ed alle cose sono dettate dalla "Legge Seveso III" (D.lgs. 21 Settembre 2005, n.238).

La legge Seveso (come riportato all'Art.4 della D.lgs. in oggetto) non è applicabile agli impianti di estrazione gas nella cui categoria rientra il pozzo " Marciano 1 Dir st".

Tuttavia, rappresentando essa il punto di riferimento indiscusso per l'individuazione e lo studio dei casi ad incidente rilevante, nella seguente trattazione si è deciso di seguire l'approccio della "Legge Seveso III" ai fini della identificazione dell'incidente più grave e della determinazione dei suoi effetti sulle persone, sulle cose e sull'ambiente.

8.1. Distruzione Testa Pozzo

L'incidente più grave ipotizzabile è il verificarsi di un evento che possa provocare una fuga incontrollata di gas in pressione a condizioni di pozzo aperto (quindi massimo diametro disponibile) con contemporaneo innesto di fiamma del getto.

In generale, non esiste una diretta consequenzialità tra una fuga di gas e l'innesto di fiamma, in quanto per poter avviare l'innesto risulta necessaria la contemporanea presenza di una

sorgente di ignizione; per ragioni conservative, nella seguente trattazione verrà ipotizzato il verificarsi dell'innesto di fiamma in caso di fuoriuscita di gas.

Basandosi sulle ipotesi di cui sopra il più grave incidente potrebbe originarsi in seguito all'accadimento di uno o più dei seguenti eventi:

- a) distruzione della testa pozzo (e delle relative valvole e controlli di superficie ridondanti);
- b) possibili esplosioni di apparecchiature di superficie: anche considerando i casi peggiori caratterizzati dai più elevati volumi di gas in pressione probabilmente non presenti in pozzo. Max pressione di esercizio in testa di 77 bar in statica e circa 47 sm³/g la massima portata di gas a 32 bar di FP a testa pozzo.

L'incidente più grave è pertanto da ricercarsi tra i possibili eventi di cui ai precedenti punti a) e b).

In considerazione alla "Classe di Pressione" adottata per la testa pozzo e le relative valvole è evidente che solo un evento estremo che si esplichi in un violentissimo urto meccanico di elevatissima intensità potrebbe determinarne la distruzione.

Come conseguenza, si avrebbe la successiva messa in comunicazione diretta e libera con l'atmosfera del tubino da 2"3/8 di collegamento tra il giacimento e la superficie con immediata fuoriuscita di gas in atmosfera in direzione verticale.

Da notare che le condizioni di incidente più grave sopra menzionato risultano inverosimili per il pozzo Marciano 1 dir St dato che è stato riscontrato un reservoir con scarsa capacità produttiva da cui potrebbero scaturire conseguenze incidentali meno critiche e di facile controllo.

8.2. Calcolo degli effetti dell'incidente più grave

Per l'elaborazione delle portate di eruzione si è assunto di considerare da subito il caso a maggior pressione e produttività del livello A1 e per questo si è calcolato l'equazione di flusso a testa pozzo.

Trattandosi di eventi eccezionali che potrebbero avere effetti gravi sulle persone, ambiente e cose, si è scelto di adottare un coefficiente di sicurezza pari a 2, portandosi quindi ad un valore di erogazione che il pozzo non sarà in grado di fornire in alcuna condizione.

Applicando quindi tale coefficiente di sicurezza 2 si ottiene una portata di circa 94.000 Sm³/g ad una pressione dinamica di 30 bar (pressione statica massima di testa pozzo è 77 bar).

Il potere calorifico inferiore (p.c.i.) è stato assunto pari a 8.120 kcal/Nm³ equivalente 47.537 kJ/kg.

8.3. Calcolo volume di irraggiamento

Ipotizzando la distruzione della testa pozzo con il conseguente flusso di gas verticale con una portata di 94.000 Sm³/g alla pressione di 30 bar e l'incendio del flusso stesso, si ha luogo ad una fiamma della quale di seguito se ne determinano la lunghezza e le dimensioni del relativo volume di irraggiamento.

La determinazione dell'estensione del volume di irraggiamento viene condotta seguendo le indicazioni riportate nella norma API 521, con particolare riferimento alle formule riportate nell'appendice C di suddetta norma.

La norma API 521 "Pressure-relieving and Depressuring Systems" ANSI/API STANDARD 521 FIFTH EDITION, JANUARY 2007 – "ISO 23251 (Identical), Petroleum and natural gas Industries - Pressure-relieving and depressuring systems" (della quale se ne allega un estratto - Allegato 2) utilizzata nel presente studio, è quella normalmente utilizzata per il dimensionamento delle apparecchiature di blow-down e per la valutazione degli effetti degli stessi.

La portata di gas q_m è quindi pari a 94.000 Sm³/g (calcolata come dettagliato sopra), corrispondente a 2.794 kg/h. (densità 0.7239 Kg/Sm³)

La potenza termica rilasciata dalla fiamma calcolata utilizzando la formula indicata nell'Annex C.2.3 della norma API 521 è pari a:

$$Q = q_m * p.c.i. * (1 h / 3.600 s) = 36.894 \text{ kW}$$

Questo valore rappresenta la potenza termica rilasciata istantaneamente per irraggiamento da una fiamma scaturita da un flusso di gas naturale con potere calorifico pari a p.c.i. e portata q_m .

Per determinare l'effetto di questa potenza termica ad una determinata distanza si utilizza come riferimento la potenza corrispondente alla soglia del dolore umano che è definita pari a 4,73 kW/m² (definita dalla API 421).

Applicando la formula indicata nell'Annex C.2.5 della norma API 521 si definisce la distanza alla quale si realizzano le condizioni di sopportazione all'irraggiamento:

$$D = ((0,3 * Q) / (4 * \pi * K))^{0,5}$$

con K : soglia del dolore sopra definita

Il calcolo porta al seguente risultato:

D = 13,65 m → distanza minima rispetto all'asse della fiamma (entro la quale si hanno effetti di irraggiamento pericolosi per l'individuo umano)

Per calcolare la lunghezza della fiamma si può procedere in due modi:

a) la norma API 521 fornisce una stima della lunghezza fiamma basata sulla potenza termica sprigionata dalla fiamma (figura 7 a pag. 82, par. 6.4.2.3.3 della norma). La figura in questione mostra una serie di valori misurati utilizzando diversi combustibili; tali valori sono stati poi usati per estrapolare una dipendenza lineare (retta) tra la potenza (in Watt) e la lunghezza fiamma (in metri), entrambi espressi in scala logaritmica.

Dall'analisi della figura si desume che con una potenza termica pari a 36.894 kW si ottiene una lunghezza di fiamma stimata di circa **13,65 metri**.

b) Volendo effettuare un calcolo più preciso, sempre però tenendo conto che si tratta di una retta estrapolata, si può ricavare l'equazione della retta stessa partendo da due punti noti ed applicando una semplice formula di geometria analitica.

Il risultato fornisce la seguente equazione (valori approssimati) con la quale si definisce la lunghezza di fiamma:

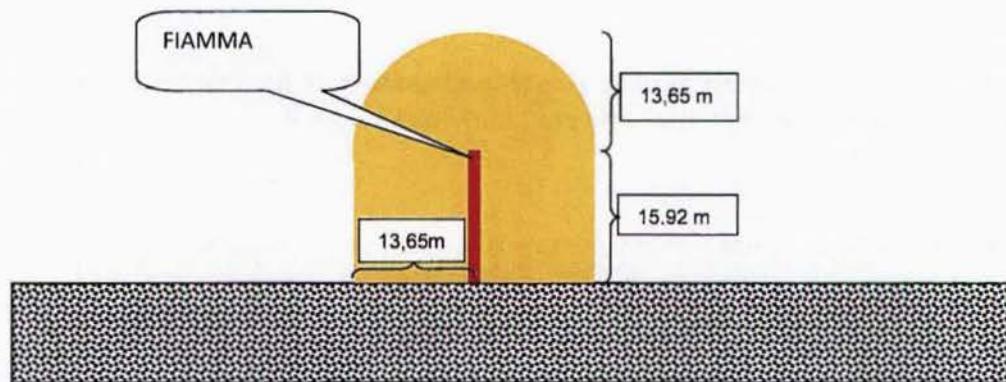
$$L = (6,8181 \cdot 10^{-8}) Q + 15,91$$

con Q: potenza termica in [Watt]

si ottiene **L = 15,92 m → lunghezza della fiamma prevista.**

La norma citata afferma che la distanza minima **D** da tenere rispetto al massimo sviluppo della fiamma dovrebbe essere misurata dal centro della fiamma. Applicando anche in questo caso la filosofia conservativa volta a favorire la sicurezza, consideriamo tale distanza D misurata a partire dalla fine della fiamma.

Possiamo quindi affermare che il volume di irraggiamento è un cilindro verticale alto 15,92 m e con raggio pari a 13,65 m sormontato da un semisfera di ugual raggio (di seguito si riporta la sezione):

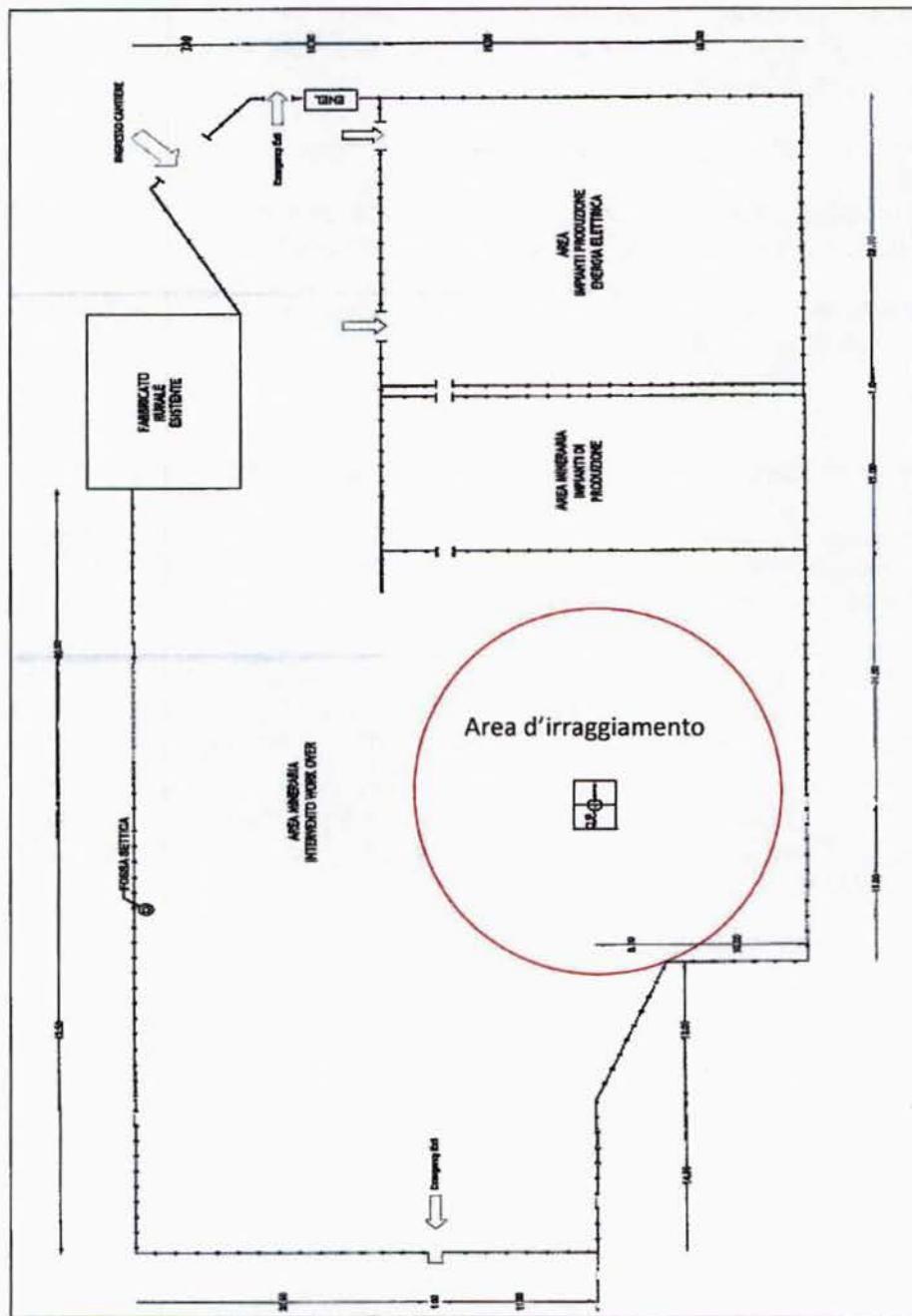


Sezione volume irraggiamento caso distruzione testa pozzo

Tale volume, all'interno del quale la potenza termica risulta superiore alla soglia del dolore umano (come detto definita pari a $4,73 \text{ kW/m}^2$), determina un'area proiettata al suolo pari ad una circonferenza di raggio di 13,65 m totalmente ricadente all'interno dell'area mineraria.

8.4. Analisi dei costi derivanti dall'incidente più grave

Sulla base delle valutazioni condotte, emerge pertanto che in caso di incidente più grave, come mostrato nel lay-out riportato nella seguente figura:





- le fiamme risultano sempre interamente confinate all'interno dell'area mineraria;
 - la zona di irraggiamento pericolosa per l'essere umano risulta essere anch'essa interna all'area mineraria e con valori di potenza termica di poco superiore alla soglia del dolore umano non sufficienti quindi per l'innesto di incendi esterni all'area mineraria (come mostrato sopra in figura);
- Non sussistendo i presupposti di un danno esteso all'esterno dell'area mineraria, la dimensione economica del danno a seguito del peggiore scenario corrisponde alla perdita delle attrezzature impiegate in superficie.

L'intero valore è coperto dalla polizza assicurativa della Compagnia di Servizio.

Quindi i possibili recettori sensibili: abitazione, linee elettriche, metanodotti sono al di fuori di ogni possibile interferenza anche in caso di peggiore scenario possibile.

L'eventuale messa in sicurezza del pozzo sarà attuata con interventi di superficie mirati a controllare la fuoriuscita di eventuale gas.

Pertanto, i costi derivanti dal più grave incidente nei diversi scenari ipotizzati sono relativi:

- al ripristino dei danni alle cose nell'area in cui si svolge l'attività: tali costi risultano coperti dalla polizza assicurativa rif.num. EH045214 stipulata da "Sound Oil PLC", società controllante di Apennine Energy SpA, con Marsh LTD attualmente fino ad un massimale di **500'000€**;
- ad eventuali ulteriori danni nei confronti di terze parti (cose e persone): la polizza assicurativa rif.num. EH045214 stipulata da "Sound Oil PLC", società controllante di Apennine Energy SpA, con Marsh LTD prevede una copertura massima di **100 M €**.
- alle attività di messa in sicurezza del pozzo, tali costi sono interamente coperti dalla polizza assicurativa rif.num. EH045214 stipulata da "Sound Oil PLC" (della quale si allega un estratto in Allegato 1), società controllante di Apennine Energy SpA, con Marsh LTD fino ad un massimale di **2 M €**;

10 Conclusioni

Lo studio volto alla individuazione del più grave incidente che potrebbe avere luogo presso l'area mineraria del pozzo "Marciano 1 Dir st" ed i possibili danni alle persone, ambiente e cose da esso provocati, condotto sulla base delle linee guida previste dalla "Legge Seveso III", ha consentito di determinare che esso potrebbe avere luogo solo al verificarsi delle seguenti condizioni:

- a) la causa scatenante è di potenza elevatissima e catastrofica (ad es. caduta di velivolo, meteorite, atto terroristico);
- b) sia presente una fonte di innesco affinché abbia origine la fiamma;
- c) tutti i sistemi e barriere di sicurezza installati siano non funzionanti (si noti che sulla testa pozzo saranno installati BOP e valvole di controllo ridondanti).
- d) Perdita della barriera primaria di sicurezza del pozzo (brine di completamento)

Dai calcoli effettuati sulla base delle formule indicate dalla norma API 521 e considerando una serie di fattori peggiorativi in favore della sicurezza, è emerso che l'incidente più grave avvenga in seguito alla distruzione della testa pozzo.

Si è dimostrato che anche in tal caso non si hanno fiamme che potrebbero interessare l'esterno dell'area mineraria ed il volume di irraggiamento esaurirebbe la propria pericolosità per la conservazione della salute umana al massimo entro 10 m dall'area mineraria rimanendo in ogni caso contenuta all'interno della proprietà privata ad uso del titolare della Concessione mineraria.

Come mostrato nel precedente paragrafo 9, tutti i costi derivanti dall'intervento di messa in sicurezza dell'impianto in cui si svolge l'attività, i costi di ripristino e bonifica e i costi relativi ai danni alle persone e alle cose che potrebbero essere provocati dall'incidente più grave, sono economicamente garantiti mediante polizza assicurativa rif.num. EH045214 stipulata da "Sound Oil PLC", società controllante di Apennine Energy SpA, con Marsh LTD.



Allegato 1 – Estratto Polizza Assicurativa n. EH045214 (pag. 6 di 111)



Fonte / Plataforma / Engajamento	Quantidade de usuários	Quantidade de usuários únicos	Percentual de usuários únicos	Quantidade de usuários ativos	Percentual de usuários ativos	Quantidade de usuários ativos únicos	Percentual de usuários ativos únicos
Regras gerais	892.000	892.000	100%	892.000	892.000	892.000	892.000
Cards Técnicos	892.000	892.000	100%	892.000	892.000	892.000	892.000
FONTE BAN DARMAND	892.000	892.000	100%	892.000	892.000	892.000	892.000
Cartões	892.000	892.000	100%	892.000	892.000	892.000	892.000

Cashes Datas (Q1)'		Cashes Datas (Q2)''		Cashes Datas (Q3)'''		Cashes Datas (Q4)'''	
Month	Year	Month	Year	Month	Year	Month	Year
January	2023	February	2023	March	2023	April	2023
February	2023	March	2023	April	2023	May	2023
March	2023	April	2023	May	2023	June	2023
April	2023	May	2023	June	2023	July	2023
May	2023	June	2023	July	2023	August	2023
June	2023	July	2023	August	2023	September	2023
July	2023	August	2023	September	2023	October	2023
August	2023	September	2023	October	2023	November	2023
September	2023	October	2023	November	2023	December	2023
October	2023	November	2023	December	2023	January	2024
November	2023	December	2023	January	2024	February	2024
December	2023	January	2024	February	2024	March	2024

Location & Well		Completion		Reservoir		Production		Total		Reservoir	
Region	Block/Field	Depth (ft)	Depth (m)	Gas	Oil	Gas	Oil	Rate (MMcf/d)	Rate (bbl/d)	Vertical Depth (ft)	Vertical Depth (m)
Region A	Block A-1	10,000	3,048	No	No	No	No	0.000	0.000	10,000	3,048
Region B	Block B-1	15,000	4,572	No	No	No	No	0.000	0.000	15,000	4,572
Region C	Block C-1	20,000	6,096	No	No	No	No	0.000	0.000	20,000	6,096
Region D	Block D-1	25,000	7,620	No	No	No	No	0.000	0.000	25,000	7,620
Region E	Block E-1	30,000	9,144	No	No	No	No	0.000	0.000	30,000	9,144
Region F	Block F-1	35,000	10,668	No	No	No	No	0.000	0.000	35,000	10,668
Region G	Block G-1	40,000	12,192	No	No	No	No	0.000	0.000	40,000	12,192
Region H	Block H-1	45,000	13,716	No	No	No	No	0.000	0.000	45,000	13,716
Region I	Block I-1	50,000	15,240	No	No	No	No	0.000	0.000	50,000	15,240
Region J	Block J-1	55,000	16,764	No	No	No	No	0.000	0.000	55,000	16,764
Region K	Block K-1	60,000	18,288	No	No	No	No	0.000	0.000	60,000	18,288
Region L	Block L-1	65,000	19,812	No	No	No	No	0.000	0.000	65,000	19,812
Region M	Block M-1	70,000	21,336	No	No	No	No	0.000	0.000	70,000	21,336
Region N	Block N-1	75,000	22,860	No	No	No	No	0.000	0.000	75,000	22,860
Region O	Block O-1	80,000	24,384	No	No	No	No	0.000	0.000	80,000	24,384
Region P	Block P-1	85,000	25,908	No	No	No	No	0.000	0.000	85,000	25,908
Region Q	Block Q-1	90,000	27,432	No	No	No	No	0.000	0.000	90,000	27,432
Region R	Block R-1	95,000	28,956	No	No	No	No	0.000	0.000	95,000	28,956
Region S	Block S-1	100,000	30,480	No	No	No	No	0.000	0.000	100,000	30,480
Region T	Block T-1	105,000	31,992	No	No	No	No	0.000	0.000	105,000	31,992
Region U	Block U-1	110,000	33,516	No	No	No	No	0.000	0.000	110,000	33,516
Region V	Block V-1	115,000	35,040	No	No	No	No	0.000	0.000	115,000	35,040
Region W	Block W-1	120,000	36,564	No	No	No	No	0.000	0.000	120,000	36,564
Region X	Block X-1	125,000	38,088	No	No	No	No	0.000	0.000	125,000	38,088
Region Y	Block Y-1	130,000	39,612	No	No	No	No	0.000	0.000	130,000	39,612
Region Z	Block Z-1	135,000	41,136	No	No	No	No	0.000	0.000	135,000	41,136
Region AA	Block AA-1	140,000	42,660	No	No	No	No	0.000	0.000	140,000	42,660
Region BB	Block BB-1	145,000	44,184	No	No	No	No	0.000	0.000	145,000	44,184
Region CC	Block CC-1	150,000	45,708	No	No	No	No	0.000	0.000	150,000	45,708
Region DD	Block DD-1	155,000	47,232	No	No	No	No	0.000	0.000	155,000	47,232
Region EE	Block EE-1	160,000	48,756	No	No	No	No	0.000	0.000	160,000	48,756
Region FF	Block FF-1	165,000	50,280	No	No	No	No	0.000	0.000	165,000	50,280
Region GG	Block GG-1	170,000	51,804	No	No	No	No	0.000	0.000	170,000	51,804
Region HH	Block HH-1	175,000	53,328	No	No	No	No	0.000	0.000	175,000	53,328
Region II	Block II-1	180,000	54,852	No	No	No	No	0.000	0.000	180,000	54,852
Region JJ	Block JJ-1	185,000	56,376	No	No	No	No	0.000	0.000	185,000	56,376
Region KK	Block KK-1	190,000	57,900	No	No	No	No	0.000	0.000	190,000	57,900
Region LL	Block LL-1	195,000	59,424	No	No	No	No	0.000	0.000	195,000	59,424
Region MM	Block MM-1	200,000	60,948	No	No	No	No	0.000	0.000	200,000	60,948
Region NN	Block NN-1	205,000	62,472	No	No	No	No	0.000	0.000	205,000	62,472
Region OO	Block OO-1	210,000	63,996	No	No	No	No	0.000	0.000	210,000	63,996
Region PP	Block PP-1	215,000	65,520	No	No	No	No	0.000	0.000	215,000	65,520
Region QQ	Block QQ-1	220,000	67,044	No	No	No	No	0.000	0.000	220,000	67,044
Region RR	Block RR-1	225,000	68,568	No	No	No	No	0.000	0.000	225,000	68,568
Region SS	Block SS-1	230,000	70,092	No	No	No	No	0.000	0.000	230,000	70,092
Region TT	Block TT-1	235,000	71,616	No	No	No	No	0.000	0.000	235,000	71,616
Region UU	Block UU-1	240,000	73,140	No	No	No	No	0.000	0.000	240,000	73,140
Region VV	Block VV-1	245,000	74,664	No	No	No	No	0.000	0.000	245,000	74,664
Region WW	Block WW-1	250,000	76,188	No	No	No	No	0.000	0.000	250,000	76,188
Region XX	Block XX-1	255,000	77,712	No	No	No	No	0.000	0.000	255,000	77,712
Region YY	Block YY-1	260,000	79,236	No	No	No	No	0.000	0.000	260,000	79,236
Region ZZ	Block ZZ-1	265,000	80,760	No	No	No	No	0.000	0.000	265,000	80,760
Region AA	Block AA-1	270,000	82,284	No	No	No	No	0.000	0.000	270,000	82,284
Region BB	Block BB-1	275,000	83,808	No	No	No	No	0.000	0.000	275,000	83,808
Region CC	Block CC-1	280,000	85,332	No	No	No	No	0.000	0.000	280,000	85,332
Region DD	Block DD-1	285,000	86,856	No	No	No	No	0.000	0.000	285,000	86,856
Region EE	Block EE-1	290,000	88,380	No	No	No	No	0.000	0.000	290,000	88,380
Region FF	Block FF-1	295,000	89,904	No	No	No	No	0.000	0.000	295,000	89,904
Region GG	Block GG-1	300,000	91,428	No	No	No	No	0.000	0.000	300,000	91,428
Region HH	Block HH-1	305,000	92,952	No	No	No	No	0.000	0.000	305,000	92,952
Region II	Block II-1	310,000	94,476	No	No	No	No	0.000	0.000	310,000	94,476
Region JJ	Block JJ-1	315,000	95,000	No	No	No	No	0.000	0.000	315,000	95,000
Region KK	Block KK-1	320,000	96,524	No	No	No	No	0.000	0.000	320,000	96,524
Region LL	Block LL-1	325,000	98,048	No	No	No	No	0.000	0.000	325,000	98,048
Region MM	Block MM-1	330,000	99,572	No	No	No	No	0.000	0.000	330,000	99,572
Region NN	Block NN-1	335,000	101,096	No	No	No	No	0.000	0.000	335,000	101,096
Region OO	Block OO-1	340,000	102,620	No	No	No	No	0.000	0.000	340,000	102,620
Region PP	Block PP-1	345,000	104,144	No	No	No	No	0.000	0.000	345,000	104,144
Region QQ	Block QQ-1	350,000	105,668	No	No	No	No	0.000	0.000	350,000	105,668
Region RR	Block RR-1	355,000	107,192	No	No	No	No	0.000	0.000	355,000	107,192
Region SS	Block SS-1	360,000	108,716	No	No	No	No	0.000	0.000	360,000	108,716
Region TT	Block TT-1	365,000	110,240	No	No	No	No	0.000	0.000	365,000	110,240
Region UU	Block UU-1	370,000	111,764	No	No	No	No	0.000	0.000	370,000	111,764
Region VV	Block VV-1	375,000	113,288	No	No	No	No	0.000	0.000	375,000	113,288
Region WW	Block WW-1	380,000	114,812	No	No	No	No	0.000	0.000	380,000	114,812
Region XX	Block XX-1	385,000	116,336	No	No	No	No	0.000	0.000	385,000	116,336
Region YY	Block YY-1	390,000	117,860	No	No	No	No	0.000	0.000	390,000	117,860
Region ZZ	Block ZZ-1	395,000	119,384	No	No	No	No	0.000	0.000	395,000	119,384
Region AA	Block AA-1	400,000	120,908	No	No	No	No	0.000	0.000	400,000	120,908
Region BB	Block BB-1	405,000	122,432	No	No	No	No	0.000	0.000	405,000	122,432
Region CC	Block CC-1	410,000	123,956	No	No	No	No	0.000	0.000	410,000	123,956
Region DD	Block DD-1	415,000	125,480	No	No	No	No	0.000	0.000	415,000	125,480
Region EE	Block EE-1	420,000	126,994	No	No	No	No	0.000	0.000	420,000	126,994
Region FF	Block FF-1	425,000	128,518	No	No	No	No	0.000	0.000	425,000	128,518
Region GG	Block GG-1	430,000	130,042	No	No	No	No	0.000	0.000	430,000	130,042
Region HH	Block HH-1	435,000	131,566	No	No	No	No	0.000	0.000	435,000	131,566
Region II	Block II-1	440,000	133,090	No	No	No	No	0.000	0.000	440,000	133,090
Region JJ	Block JJ-1	445,000	134,614	No	No	No	No	0.000	0.000	445,000	134,614
Region KK	Block KK-1	450,000	136,138	No	No	No	No	0.000	0.000	450,000	136,138
Region LL	Block LL-1	455,000	137,662	No	No	No	No	0.000	0.000	455,000	137,662
Region MM	Block MM-1	460,000	139,186	No	No	No	No	0.000	0.000	460,000	139,186
Region NN	Block NN-1	465,000	140,710	No	No	No	No	0.000	0.000	465,000	140,710
Region OO	Block OO-1	470,000	142,234	No	No	No	No	0.000	0.000	470,000	142,234
Region PP	Block PP-1	475,000	143,758	No	No	No	No	0.000	0.000	475,000	143,758
Region QQ	Block QQ-1	480,000	145,282	No	No	No	No	0.000	0.000	480,000	145,282
Region RR	Block RR-1	485,000	146,806	No	No	No	No	0.000	0.000	485,000	146,806
Region SS	Block SS-1	490,000	148,330	No	No	No	No	0.000	0.000	490,000	148,330
Region TT	Block TT-1	495,000	149,854	No	No	No	No	0.000	0.000	495,000	149,854
Region UU	Block UU-1	500,000	151,378	No	No	No	No	0.000	0.000	500,000	151,378
Region VV	Block VV-1	505,000	152,902	No	No	No	No	0.000	0.000	505,000	152,902
Region WW	Block WW-1	510,000	154,426	No	No	No	No	0.000	0.000	510,000	154,426
Region XX	Block XX-1	515,000	155,950	No	No	No	No	0.000	0.000	515,000	155,950
Region YY	Block YY-1	520,000	157,474	No	No	No	No	0.000	0.000	520,000	157,474
Region ZZ	Block ZZ-1	525,000	158,998	No	No	No	No	0.000	0.000	525,000	158,998
Region AA	Block AA-1	530,000	160,522	No	No	No	No	0.000	0.000	530,000	160,522
Region BB	Block BB-1	535,000	162,046	No	No	No	No	0.000	0.000	535,000	162,046
Region CC	Block CC-1	540,000	163,570	No	No	No	No	0.000	0.000	540,000	163,570
Region DD	Block DD-1	545,000	165,094	No	No	No	No	0.000	0.000	545,000	165,094
Region EE	Block EE-1	550,000	166,618	No	No	No	No	0.000	0.000	550,000	166,618
Region FF	Block FF-1	555,000	168,142	No	No	No	No	0.000	0.000	555,000	168,142

卷之三

Inter-Region EUR 100.000.000

DISCUSSION

1044 M. Chaves-Bonu et al.

Reversi
+50% deposit premium due inception

THE JOURNAL OF CLIMATE VOL. 17, NO. 10, OCTOBER 2004



AML
2001



18

Allegato 2 – Estratto “Norma API 521 “Pressure-relieving and Depressuring Systems” (Pagg.79-83)

Since the allowable radiation level is a function of the length of exposure, factors involving reaction time and human mobility should be considered. In emergency releases, a reaction time of 3 s to 5 s may be assumed. Perhaps 5 s more can elapse before the average individual seeks cover or departs from the area, which would result in a total exposure period ranging from 8 s to 10 s. In evaluating the emergency procedures, consideration may also be given to an exposed individual becoming incapacitated during an attempt to exit the area.

As a basis of comparison, the intensity of solar radiation is in the range of 0,79 kW/m² to 1,04 kW/m² (250 Btu/h·ft² to 330 Btu/h·ft²) depending on geographical location and time of year. Solar radiation can be a factor for some locations, but its effect added to flare radiation has only a minor impact on the acceptable exposure time.

The flare owner/operator shall determine the need for a solar-radiation-contribution adjustment to the values given in Table 9 on a case-by-case basis. While an adjustment of 0,79 kW/m² to 1,04 kW/m² (250 Btu/h·ft² to 330 Btu/h·ft²) level has a relatively small impact on flare cost, the same adjustment to a 1,58 kW/m² (500 Btu/h·ft²) level results in a significant increase in cost. This determination can include, among other things, an analysis of the frequency of maximum radiation flaring, the probability of personnel or the public being near the flare during a maximum flaring incident, the probability of the sun and flame being aligned in such a manner as to have additive intensities and the ability of the personnel or the public to avoid or move away from the exposure.

Table 9 — Recommended design thermal radiation for personnel

Permissible design level <i>K</i> kW/m ² (Btu/h·ft ²)	Conditions
9,46 (3 000)	Maximum radiant heat intensity at any location where urgent emergency action by personnel is required. When personnel enter or work in an area with the potential for radiant heat intensity greater than 6,31 kW/m ² (2 000 Btu/h·ft ²), then radiation shielding and/or special protective apparel (e.g. a fire approach suit) should be considered. SAFETY PRECAUTION — It is important to recognize that personnel with appropriate clothing ^a cannot tolerate thermal radiation at 6,31 kW/m ² (2 000 Btu/h·ft ²) for more than a few seconds.
6,31 (2 000)	Maximum radiant heat intensity in areas where emergency actions lasting up to 30 s can be required by personnel without shielding but with appropriate clothing ^a .
4,73 (1 500)	Maximum radiant heat intensity in areas where emergency actions lasting 2 min to 3 min can be required by personnel without shielding but with appropriate clothing ^a .
1,58 (500)	Maximum radiant heat intensity at any location where personnel with appropriate clothing ^a can be continuously exposed

^a Appropriate clothing consists of hard hat, long-sleeved shirts with cuffs buttoned, work gloves, long-legged pants and work shoes. Appropriate clothing minimizes direct skin exposure to thermal radiation.

Flare system design and plant equipment layout should minimize the need for operator attendance and equipment installed in locations of high radiant heat intensity.

The design of towers or other elevated structures exposed to flare radiation should consider radiation effects on the ability to safely egress. If personnel exposure to radiant heat exceeds the guidelines provided above, then shielding or other protection should be considered. It is often most effective to accomplish this by locating ladders and platforms on a side away from the flare.

Personnel are commonly protected from high thermal radiation intensity by restricting access to any area where the thermal radiation can exceed 6,31 kW/m² (2 000 Btu/h·ft²). The boundary of a restricted access area can be marked with signage warning of the potential thermal radiation exposure hazard. Personnel admittance to, and work within, the restricted access area should be controlled administratively. It is essential that personnel within the restricted area have immediate access to thermal radiation shielding or protective apparel suitable for escape to a safe location.



Another factor to be considered regarding thermal radiation levels is that clothing provides shielding, allowing only a small part of the body to be exposed to full intensity. In the case of radiation emanating from an elevated point, standard personnel protective measures, such as wearing of a hard hat, can reduce thermal exposure.

There are practical differences between laboratory tests and full-scale field exposure [70], [94]. Heat radiation is frequently the controlling factor in the spacing of equipment such as elevated and ground flares. Table 9 presents recommended design total radiation levels for personnel at grade or on adjacent platforms. The extent and use of personal protective equipment can be considered as a practical way of extending the times of exposure beyond those listed.

The effects of thermal radiation on the general public, who can be exposed at or beyond the plant boundaries, should be considered.

Each company may select the radiation level to which personnel can be exposed, either for a short duration or continuously. Table 9 is provided to guide companies in making this decision. However, many factors can influence the radiation levels to which personnel may be continuously exposed. The following are some of these factors:

- a) environmental: Wind and ambient temperature can influence the amount of radiation a person can withstand.
 - b) design: Factors such as orientation of the work place with respect to the flare and shielding can both impact on personnel radiation exposure.
 - c) training: Properly trained workers wear appropriate clothing and know how to react to changing situations. For example, it can be safe to work with the wind blowing in a certain direction but unsafe if there is a drastic wind shift.

It is expected that each company evaluate the impact of these factors to determine a safe level of radiation exposure for their personnel.

6.4.2.3.2 In most cases, equipment can safely tolerate higher degrees of heat density than those defined for personnel. However, if any items vulnerable to overheating problems are involved, such as construction materials that have low melting points (e.g. aluminium or plastic), heat-sensitive streams, flammable vapour spaces and electronic or electrical equipment, then the effect of radiant heat on them might need to be evaluated. If an evaluation is necessary, a heat balance can be performed to determine the resulting surface temperature for comparison with acceptable temperatures for the equipment [94].

6.4.2.3.3 A common approach to determining the flame radiation to a point of interest is to consider the flame to have a single radiant epicentre and to use the following empirical equation by Hajek and Ludwig [85]. Equation (24) may be used for both subsonic and sonic flares, provided the correct F factor is used.

$$D = \sqrt{\frac{\tau \cdot F \cdot Q}{4\pi K}} \quad (24)$$

where

D is the minimum distance from the epicentre of the flame to the object being considered, expressed in metres (feet);

r is the fraction of the radiated heat transmitted through the atmosphere:

NOTE Refer to C.3.6.3 for further information on the use of r .

F is the fraction of heat radiated.

Q is the heat release (lower heating value), expressed in kW (Btu/h).

E is the radiant heat intensity, expressed in kW/m^2 ($\text{Btu/h}\cdot\text{ft}^2$)

A discussion of the single-epicentre equation, Equation (24), and its terms together with a review and comparison of a number of interpretations of the method can be found in reference [88].

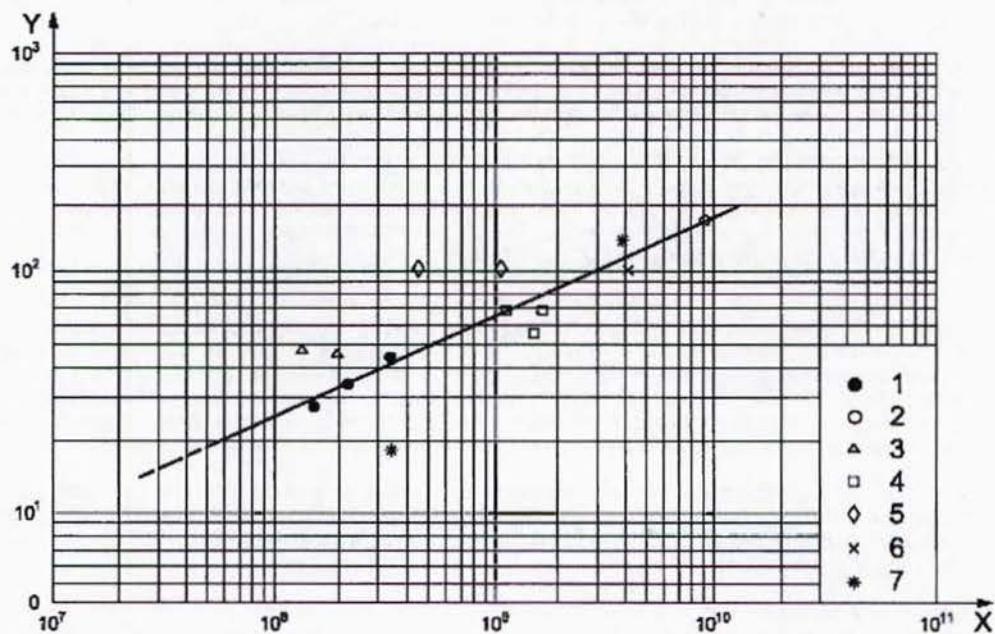
The F factor allows for the fact that not all the heat released in a flame can be transferred by radiation. Measurements of radiation from flames indicate that the fraction of heat radiated (radiant energy per total heat of combustion) increases toward a limit, similar to the increase in the burning rate with increasing flame diameter.

F factor data from the U.S. Bureau of Mines [96] for radiation from gaseous-supported diffusion flames are given in Table 10. These data apply only to the radiation from a flame from subsonic flares. If liquid droplets of hydrocarbon larger than 150 µm in size are present in the flame, the values in Table 10 should be somewhat increased. If the flame is not entirely smokeless, the effective overall F -factor can be less than the values in Table 10. Exit velocity and flare-tip design can also influence the F -factor.

Two methods are presented in Annex C for considering radiation levels. The example in C.2 is the simple approach that has been used for many years. It uses Figures 7 and 8 to determine an estimated flame length. The wind tilts the flame in the direction the wind is blowing. The wind effect is obtained from Figure 9, which relates horizontal and vertical displacement of the flame to the ratio of lateral wind velocity to stack velocity. A wind velocity of 9 m/s (20 mph) is a common assumption for most radiation calculations. The flame radiation epicentre is located at the centre of a straight line drawn between the flare tip and the end of the flame. Figures 7 through 9 should be used only for subsonic flares and the flare manufacturer should be consulted for sonic flares.

The methods presented here assume that a flame can be modelled by a single point source for radiation. The radiation flux that is modelled should comply with this assumption when determining spacing and radiation exposure. If the point of interest is too close to the flame for the single point assumption, more complex radiation analysis should be employed.

The location of the flame centre is quite significant when radiation levels are examined. Flame length varies with emission velocity and heat release. Information on this subject is limited and is usually based on visual observations in connection with emergency discharges to flares. Figures 7 and 8 were developed from some plant-scale experimental work on flame lengths covering relatively high release rates of various mixtures of hydrogen and hydrocarbons.

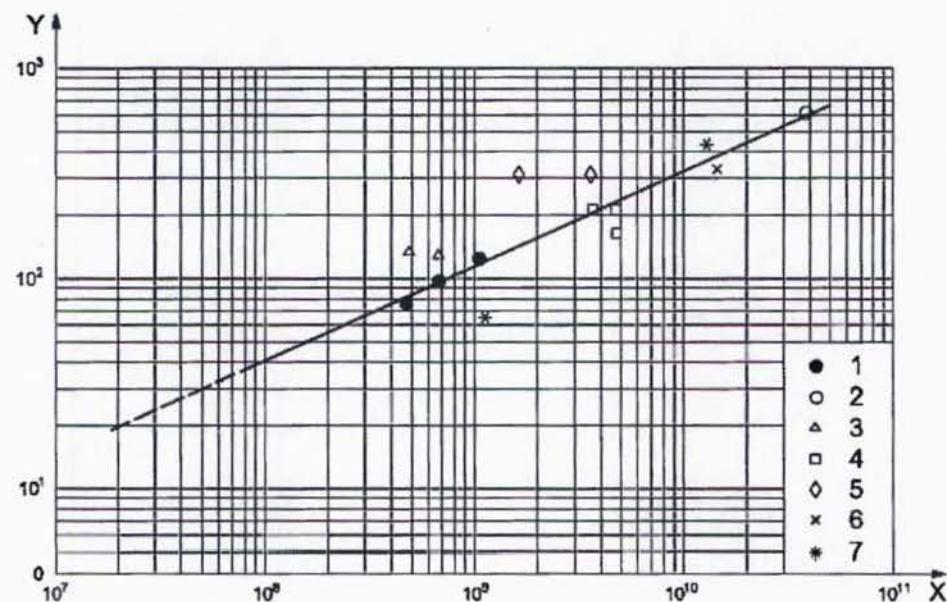
**Key**

- X heat release, expressed in watts
- Y flame length (including any lift-off), expressed in metres
- 1 fuel gas (508-mm stack)
- 2 Algerian gas well
- 3 catalytic reformer — recycle gas (610-mm stack)
- 4 catalytic reformer — reactor effluent gas (610-mm stack)
- 5 dehydrogenation unit (305-mm stack)
- 6 hydrogen (787-mm stack)
- 7 hydrogen (762-mm stack)

NOTE 1 This figure was converted from Figure 8.

NOTE 2 Multiple points indicate separate observations or different assumptions of heat content.

Figure 7 — Flame length versus heat release — Industrial sizes and releases (SI units)

**Key**

- X heat release, expressed in British thermal units per hour
- Y flame length (including any lift-off), expressed in feet
- 1 fuel gas (20-inch stack)
- 2 Algerian gas well
- 3 catalytic reformer — recycle gas (24-inch stack)
- 4 catalytic reformer — reactor effluent gas (24-inch stack)
- 5 dehydrogenation unit (12-inch stack)
- 6 hydrogen (31-inch stack)
- 7 hydrogen (30-inch stack)

NOTE Multiple points indicate separate observations or different assumptions of heat content.

Figure 8 — Flame length versus heat release — Industrial sizes and releases (USC units)