



## TERMINAL GNL NEL PORTO CANALE DI CAGLIARI PROGETTO AUTORIZZATIVO

TERMINAL GNL NEL PORTO CANALE DI CAGLIARI  
PROGETTO AUTORIZZATIVO



### Progettazione

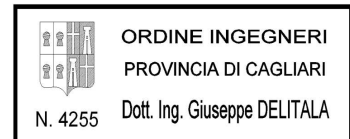
Società di ingegneria incaricata per la progettazione



COSIN S.r.l.  
SOCIETÀ DI INGEGNERIA UNIPERSONALE  
09134 CAGLIARI - VIA SAN TOMMASO D'AQUINO 18  
Tel e fax +39 070 2346768  
info@cosinsrl.it  
P.IVA 03043130925

Progettista e responsabile per l'integrazione  
fra le varie prestazioni specialistiche

Ing. Giuseppe Delitala



### Gruppo di lavoro COSIN S.r.l.

**Geologia e geotecnica**  
Geol. Alberto Gorini

**Opere Civili**  
Ing. Nicola Marras

**Studio di impatto ambientale**  
Ing. Emanuela Corona

**Fotosimulazioni**  
Arch. Daniele Nurra

**Archeologia**  
Archeol. Anna Luisa Sanna

### Consulenze specialistiche:

**Rapporto preliminare di sicurezza**  
Società ICARO S.r.l.

**Opere antincendio**  
Ing. Fortunato Gangemi

**Opere Marittime**  
Ing. Giovanni Spissu

**Opere Strutturali**  
Ing. Francesco Fiori

**Studio di impatto Acustico**  
Ing. Antonio Dedoni

## DIMENSIONAMENTO TORCIA - VERIFICA DISPERSIONI E IRRAGGIAMENTI

### 1 - ELABORATI TECNICI E SPECIALISTICI

NOME FILE

D\_01\_ES\_11\_TOR\_R00

FORMATO

CODICE  
ELAB.

D 0 1 E S 1 1 T O R R 0 0

REV. A

A4

A PRIMA EMISSIONE

Maggio 2017

Icaro

Delitala

Delitala

REV. DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO



## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>UBICAZIONE TERMINALE .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DATI DI INPUT .....</b>	<b>6</b>
3.1	DATI DI BASE PER LA DEFINIZIONE DEL SISTEMA TORCIA.....	6
3.2	DATI METEO DI RIFERIMENTO .....	7
3.3	INDICAZIONI DELLA NORMA DI RIFERIMENTO UNI EN 1473 .....	8
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>11</b>
4.1	CALCOLO DEGLI IRRAGGIAMENTI .....	11
4.2	CALCOLO DELLE DISPERSIONI .....	12
<b>5</b>	<b>RISULTATI .....</b>	<b>13</b>
5.1	IRRAGGIAMENTI .....	13
5.1.1	Software Flare .....	13
5.1.2	Software Phast .....	16
5.2	CONFRONTO DEI RISULTATI DEI SOFTWARE FLARE E PHAST.....	19
5.3	DISPERSIONI .....	19
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>22</b>



## 1 INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

L'intervento in oggetto ha come obiettivo di realizzare un terminal per il GNL (Gas Naturale Liquefatto) nel Porto Canale di Cagliari. L'impianto è stato localizzato in un'area che intercetta il tracciato delle reti di trasporto del gas GPL (Gas Petrolio Liquefatto) esistenti dell'area vasta di Cagliari, ed in prossimità della dorsale Sarroch/Oristano/Porto Torres dell'ipotetico futuro metanodotto. L'obiettivo principale è quello di garantire agli utenti civili e industriali della Sardegna la possibilità di utilizzare il gas metano come fonte energetica alternativa a quelle già presenti nell'isola.

Il Terminal sarà caratterizzato da una struttura in banchina per la connessione e lo scarico del GNL dalle navi metaniere, un complesso di tubazioni criogeniche per il trasporto del fluido nella zona impianto, un sistema di stoccaggio, pompaggio, e rigassificazione del GNL.

Nel Terminal saranno installati 18 serbatoi criogenici, 9 gruppi di pompaggio, 40 vaporizzatori ad aria ambiente (AAV) e una stazione per il filtraggio, la misura e l'odorizzazione del gas naturale propedeutica all'immissione nelle reti di trasporto. Attraverso le baie di carico per le autocisterne si potrà trasportare il GNL su gomma in tutta l'isola, o rifornire le navi, attuando così le direttive europee sull'utilizzo del GNL come combustibile per le imbarcazioni.

Il progetto proposto rientra nelle linee guida del Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna, ed in quelle dell'Accordo di Programma Quadro per la Metanizzazione della Sardegna. La scelta progettuale adottata è inoltre in piena sinergia con le direttive europee e nazionali, sulla realizzazione di infrastrutture per i combustibili alternativi (Direttiva 2014/94/UE e D.Lgs.257/2016).

Con il Terminal di ISGAS, il porto canale potrebbe diventare, senza ulteriori infrastrutturazioni, un polo nel mediterraneo per il rifornimento delle navi che utilizzano il GNL come carburante per il trasporto marittimo. Le infrastrutture sono infatti progettate per creare un efficiente *"Bunkering Point"* (ship to ship, truck to ship, o pipe to ship).

A tal proposito si ricorda che il porto di Cagliari fa parte dei 14 porti italiani core delle reti transeuropee di trasporto (Reti TEN-T) del Regolamento UE1315/2013, che dovranno a breve garantire la *"disponibilità di combustibili puliti alternativi"*.

Il proponente del progetto è la ISGAS Energit Multiutilities S.p.A, società Concessionaria, in regime di esclusiva, del servizio di distribuzione del gas nei comuni di Cagliari, Oristano e Nuoro. Attualmente ha oltre 21.000 utenti attivi. ISGAS si occupa della distribuzione e vendita dell'aria propanata (integralmente sostituibile con il metano) attraverso reti canalizzate nei vari territori comunali.

Il Terminal è stato progettato per essere un importante punto di *"Entry"* nel sistema di metanodotti della Sardegna, attualmente in fase di progettazione. Tuttavia il Terminal GNL potrà svolgere a pieno le sue funzioni anche collegandosi alla rete di trasporto del gas già esistente a servizio dell'area vasta di Cagliari.

Scopo della presente Nota tecnica è quello di valutare l'altezza della torcia di emergenza e verificare che gli irraggiamenti massimi consentiti nelle aree interne ed esterne dello



stabilimento siano tali da non comportare pericoli per le apparecchiature e per il personale / popolazione, come descritto dallo standard UNI EN 1473.

Nello specifico, l'analisi ha riguardato:

la determinazione dell'altezza minima della torcia ( in accordo ai massimi valori di irraggiamento previsti secondo la UNI EN 1473);

la valutazione delle massime distanze delle dispersioni di gas ( in assenza di innesco).

I software utilizzati per il dimensionamento dell'altezza della torcia sono stati:

FLARES (sviluppato da Enviroware), per la simulazione dell'irraggiamento da torcia.

Phast (sviluppato da DNV-GL), per la simulazione dell'irraggiamento da torcia e per la modellazione della dispersione dei gas infiammabili.

Lo studio e le valutazioni in oggetto sono state condotte in relazione allo stato attuale di avanzamento e definizione del progetto (maggio 2017).

## 2 UBICAZIONE TERMINALE

L'area del nuovo terminale ricade all'interno della zona destinata alle attività industriali strettamente connesse alle operazioni portuali, in aree demaniali del Porto Canale di Cagliari (PORTO CANALE). Tale area è localizzata a sud ovest rispetto al Centro della città di Cagliari (dista circa 2 km). La banchina confina con il terminal container per lo smistamento del traffico destinato ai principali porti del Mediterraneo occidentale. Il porto si estende dal Villaggio Pescatori a S dell'area in esame, a Sa Illetta, che un tempo era un isolotto che si addentrava all'interno dello Stagno di santa Gilla.

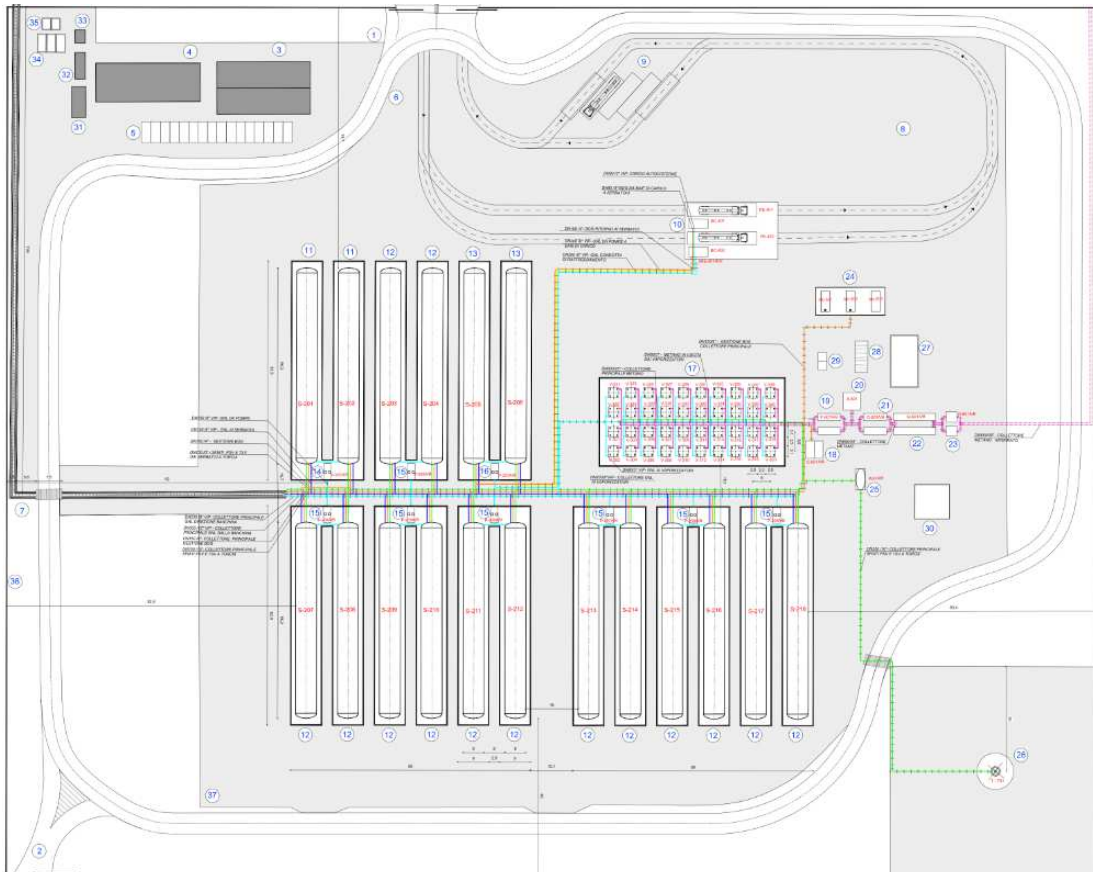


Figura 1 - Area di installazione nuovo terminale GNL: vista aerea

L'impianto sarà composto da 3 aree:

- un'area in banchina, in cui sono presenti in bracci di carico e scarico del GNL dalle navi,
- una fascia di passaggio delle tubazioni criogeniche,
- un'area dedicata all'impianto stoccaggio e rigassificazione, comprendente l' area di carico ATB.

Nella figura di seguito si riporta l'area dedicata all'impianto, con l'identificazione dei serbatoi di stoccaggio e l'ubicazione prevista della torcia di terminal.



**Figura 2 - Impianto GNL: vista in pianta.**

La torcia di Terminal sarà ubicata nell'angolo est del terminale, in un'area priva di installazioni. Le installazioni più prossime alla torcia sono rappresentate ad ovest dalla strada interna (a circa 40 metri) e a nord ed est dai confini del Terminal, ad una distanza di circa 30 metri dalla torcia stessa (nel punto più prossimo). Il terreno esterno in prossimità della torcia, a nord e ad est, è costituito da terreno incolto privo di significativa vegetazione e di installazioni. Le attività più prossime solo delle attività industriali, a circa 150 metri in direzione sud.



Figura 3 - Dettaglio ubicazione torcia di terminal

### 3 DATI DI INPUT

#### 3.1 *Dati di base per la definizione del sistema torcia*

Per la valutazione dell'altezza della torcia, sono stati utilizzati i seguenti dati di base:

Grandezza	Valore
Pressione organi di scarico di emergenza (valvole di depressurizzazione rapida serbatoi)	8 barg max
Temperatura allo scarico	-150°C (assunti -145 dopo)
Portata di scarico	37281 Kg/h (n° 2 valvole di depressurizzazione)
Diametro TIP (terminale torcia)	300 mm
Sostanza	Metano

Tabella 1 - Dati base per la valutazione dell'altezza della Torcia.

L'area del Terminal è prossima al corridoio di atterraggio dell'aeroporto Elmas di Cagliari. Tale ubicazione ha determinato un vincolo da parte dell'Ente Nazionale Per L'Aviazione Civile in relazione alla massima altezza delle varie installazioni, fra cui la torcia.

Tale vincolo è stato fissato in un'altezza massima degli ostacoli non superiore a 35-40 m dal suolo.

Nel caso specifico il vincolo è riferito alla struttura torcia senza la fiamma generata in caso di scarico di emergenza (ipotesi peraltro molto remota).

Cautelativamente l'altezza massima consentita è stata assunta pari a 35 m.

### 3.2 *Dati meteo di riferimento*

Le condizioni meteo di riferimento sono state desunte dallo "Studio Meteomarinò" sviluppato dall'Autorità Portuale di Cagliari. In tale studio vengono analizzate in dettaglio le condizioni meteo registrate dalla stazione mareografica di Cagliari nel periodo compreso tra marzo e Dicembre 2011. Tali dati sono categorizzati in relazione all'intensità, alla direzione del vento su base stagionale e annuale.

I risultati dimostrano come la zona sia contraddistinta in prevalenza da brezze, da leggere a vivaci, appartenenti alla classe di velocità compresa tra 2.0 m/s e 8.0 m/s, che hanno una frequenza di accadimento di circa il 65% pari a circa 230 giorni anno.

Altre velocità del vento, come le brezze tese e il vento fresco, aventi velocità comprese tra 8.0 m/s e 14.0 m/s, si verificano in media solo alcuni giorni all'anno; venti forti, aventi velocità compresa tra 14.0 m/s e 18 m/s, si verificano in media non più di 1 ora l'anno. In conclusione, le condizioni meteo di riferimento per lo sviluppo del presente studio sono state:

Condizione meteo		Velocità del vento (m/s)
Condizioni stabili	F	2
Condizioni di neutralità	D	5
	D	8

Tabella 2 - Condizioni meteo considerate per lo studio.

Nello sviluppo dello studio per la simulazione dell'irraggiamento da torcia è stata considerata solo la condizione meteo 8D, dimensionate in quanto ad una elevata velocità del vento corrisponde una maggiore inclinazione della fiamma, determinando valori di irraggiamento al suolo più elevati. Al contrario, la classe di stabilità atmosferica non influenza significativamente i risultati della simulazione.

Per lo sviluppo delle dispersioni (senza innesco) dalla torcia sono state considerate le tre condizioni meteo 2F, 5D, 8D, in relazione alla differente classe di stabilità atmosferica e



delle velocità del vento, che possono determinare differenti fenomeni diffusivi del gas rilasciato.

### 3.3 *Indicazioni della norma di riferimento UNI EN 1473*

La norma europea UNI EN 1473 “Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto (GNL) – Progettazione delle installazioni di terra” definisce i massimi valori di irraggiamento ammissibili a seguito di innesco di torce / camini in condizioni di normale funzionamento o di emergenza, all’interno e all’esterno dello stabilimento, come riportato nelle tabelle di seguito (riferimento tabelle A.3 e A.4 norma UNI).

<b>AREE INTERNE AL DEPOSITO</b>		
<b>Aree interne al deposito</b>	<b>Massima radiazione permessa kW/m<sup>2</sup> (esclusa radiazione solare)</b>	
	<b>Normale</b>	<b>Emergenza</b>
Valore di picco all'interno dell'area sterile	5	9
Margine esterno dell'area sterile	N.A	5
Strade e aree aperte	3	5
Serbatoi e apparecchiature di processo	1,5	5
Sale controllo, magazzini, laboratori..	1,5	5
Uffici amministrativi	1,5	5

**Tabella 3 - Valori di irraggiamento ammissibili aree interne al deposito.**

AREE ESTERNE AL DEPOSITO		
Aree esterne al deposito	Massima radiazione permessa kW/m <sup>2</sup> (esclusa radiazione solare)	
	Normale	Emergenza
Area remota (aree non frequentemente occupate da un numero ristretto di persone, quali ad es. aree coltivate)	3	5
Area critica (aree non schermate dove persone senza indumenti protettivi possono essere chiamate ad intervenire, ad esempio in caso di emergenza)	1,5	1,5
Altre aree (includono tipicamente aree urbane/industriali esterne all'impianto non sotto il controllo dell'utilizzatore dell'impianto GNL)	1,5	3

Tabella 4 - Valori di irraggiamento ammissibili aree interne al deposito.

Dato che non è previsto l'utilizzo della torcia nelle condizioni di normale attività, i valori di soglia da verificare si riferiscono solo alle condizioni di emergenza, e sono riportati nelle tabelle seguenti.

Aree interne al deposito	Massima radiazione permessa kW/m <sup>2</sup> (esclusa radiazione solare)
Valore di picco all'interno dell'area sterile	9
Margine esterno dell'area sterile	5

Tabella 5 - Valori di soglia di radiazione in condizioni di emergenza.

L'area sterile (area in cui la presenza di personale o l'installazione di apparecchiature non è consentita) è stata assunta pari ad un raggio di 30 m dalla torcia, considerando che il confine di stabilimento è ad una distanza di 30 metri.

In considerazione delle caratteristiche del territorio all'esterno del terminal in prossimità della torcia, (terreno incolto, in assenza di installazioni permanenti) è possibile classificare quest'area come un'area remota, ossia un'area non frequentemente occupata da



persone, a cui corrisponde un valore limite massimo pari a 5 kW/m<sup>2</sup>, come descritto nella tabella di seguito.

<b>Aree esterne al deposito</b>	<b>Massima radiazione permessa kW/m<sup>2</sup> (esclusa radiazione solare)</b>
Area remota (aree non frequentemente occupate da un numero ristretto di persone, quali ad es. aree coltivate)	5

**Tabella 6 - Valori di soglia di radiazione in area remota.**

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 *Calcolo degli irraggiamenti*

Per la valutazione dei livelli di irraggiamento termico a fronte dello scarico di emergenza e dell'attivazione della torcia, sono stati utilizzati i due software di seguito indicati:

- Flare (sviluppato da Enviroware): software dedicato per l'analisi, la valutazione e dimensionamento dei sistemi torcia. Sulla base di valori di irraggiamento termico limite (riferimento per Area Sterile ed Area Remota) ed in relazione all'estensione delle stesse aree, il software permette la definizione dell'altezza minima della torcia al fine di garantire i limiti di irraggiamento imposti.
- Phast (sviluppato da DNV-GL): software dedicato per l'analisi delle conseguenze di scenari incidentali (incendi, esplosioni, rilasci tossici etc.). Il software permette la valutazione delle distanze associate agli scenari di irraggiamento termico (nel caso di attivazione torcia) e di dispersione del gas metano in caso di mancata accensione della stessa torcia.

Per un'approfondita valutazione dei fenomeni d'irraggiamento, entrambi i software sono stati utilizzati nelle medesime condizioni operative ed ambientali per ottenere un quadro completo e dettagliato dei fenomeni.

I principali dati di input impostati sui modelli di simulazione sono riportati di seguito:

- Raggio area sterile: 30 metri.
- Condizioni atmosferiche: Classe di stabilità D con vento di 8 m/s di velocità ( 8D).
- Temperatura di rilascio -145°C.
- Composizione metano.
- Soglie di riferimento (condizione di emergenza) interne allo stabilimento: 9 e 5 kW/m<sup>2</sup>.
- Soglia di riferimento (condizione di emergenza) esterna allo stabilimento: 5 kW/m<sup>2</sup>.
- Altezza torcia assunta pari a 35 metri



## **4.2 Calcolo delle dispersioni**

Per lo sviluppo dei fenomeni di diffusione della nube infiammabile (dispersione di metano in assenza di innesco dalla torcia) è stato utilizzato il software Phast.

I principali dati di input sono riportati di seguito:

- Condizioni atmosferiche:
  - Classe di stabilità D con vento di 5 m/s di velocità (5D);
  - Classe di stabilità D con vento di 8 m/s di velocità (8D);
  - Classe di stabilità F con vento di 2 m/s di velocità (2F).
- Temperatura di rilascio -145°C.
- Composizione metano.
- Soglie di riferimento: LFL (44000 ppm) e LFL/2 (22000 ppm).
- Altezza torcia assunta pari a 35 metri.

## 5 RISULTATI

### 5.1 Irraggiamenti

#### 5.1.1 Software Flare

Di seguito si riporta lo sviluppo della radiazione termica dalla torcia, calcolata tramite il software Flare, considerando un'altezza della torcia pari a 35 metri a una quota di riferimento pari a 0, 2, 5 e 7 metri.

##### 5.1.1.1 Irraggiamento a livello del suolo (0 metri)

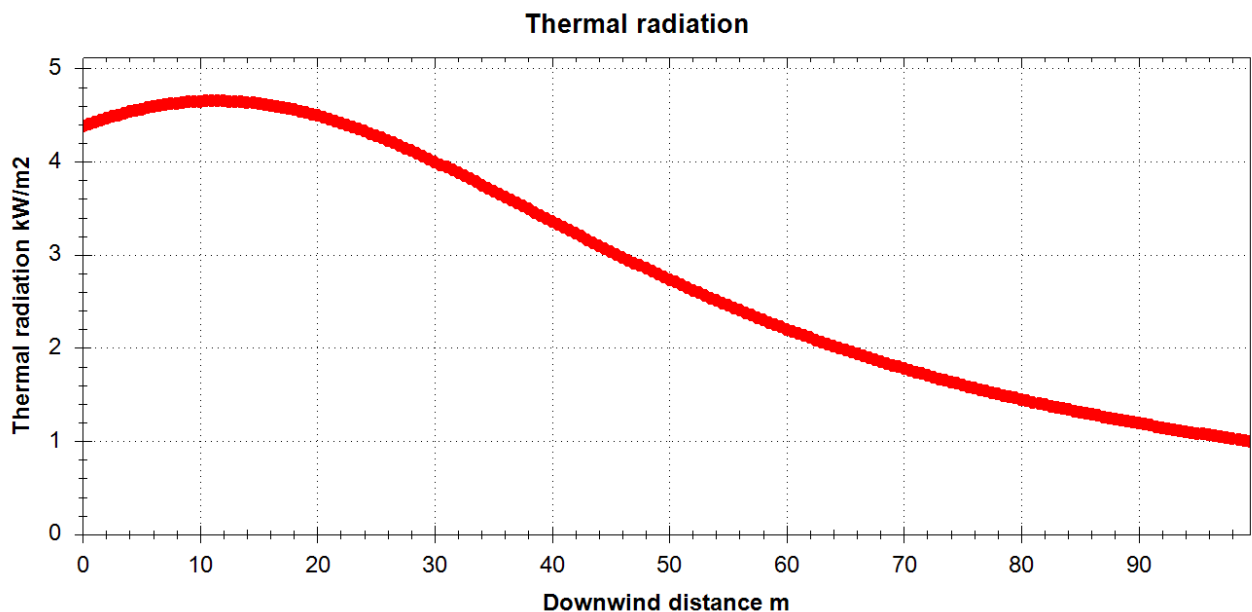


Figura 4 - Sviluppo della radiazione termica dalla torcia a livello del suolo calcolata tramite software Flare.

Ad una distanza di 30 metri (limite area sterile) la radiazione termica calcolata è pari a circa 4 kW/m<sup>2</sup>, pienamente entro i valori massimi consentiti dallo standard. Inoltre, all'interno dell'area sterile alla quota in esame non sono previsti irraggiamenti superiori a 4,7 kW/m<sup>2</sup>, valore ampiamente al di sotto del limite di 9 kW/m<sup>2</sup> prescritto dallo standard. Pertanto, l'installazione risulta compatibile con le richieste dello standard.

### 5.1.1.2 Irraggiamento a 2 metri (altezza uomo)

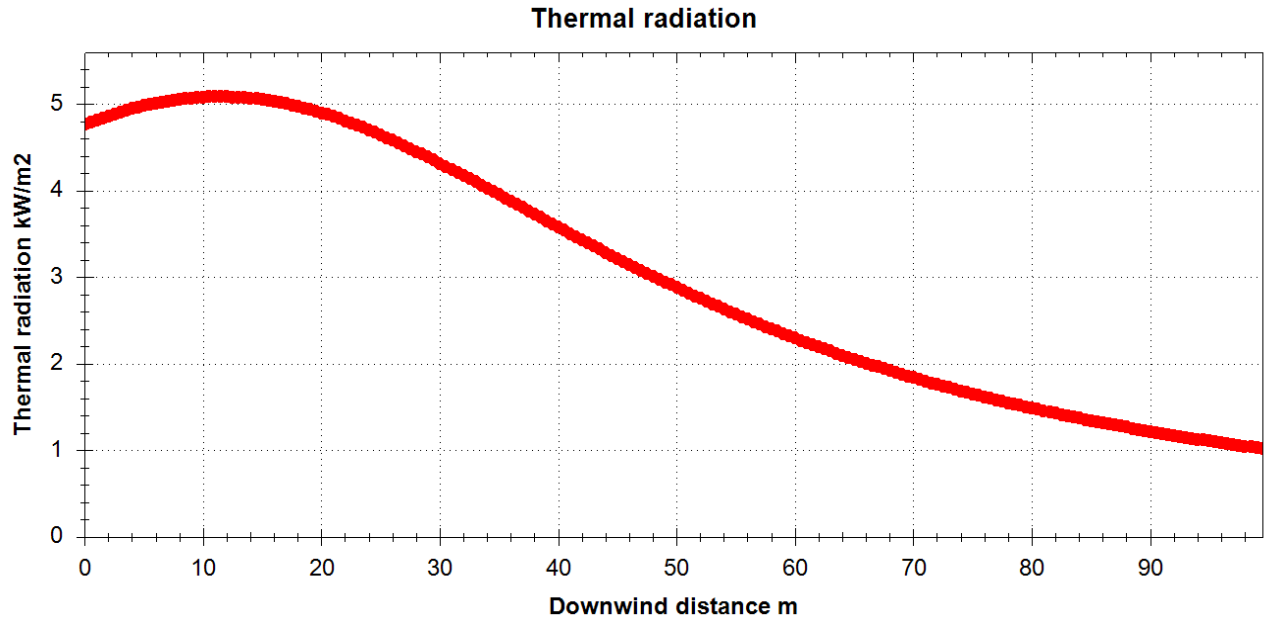


Figura 5 - Sviluppo della radiazione termica dalla torcia a 2 metri di altezza (altezza uomo) calcolata tramite software Flare.

Alla quota di 2 metri, (corrispondente all'altezza uomo) i valori di irraggiamento a 30 metri (circa 4,4 kW/m<sup>2</sup>) sono inferiori a quanto richiesto dallo standard. Si precisa che all'interno dell'area sterile non è consentito il transito e lo stazionamento di personale operativo, così come l'installazione di apparecchiature.

Pertanto, l'installazione risulta compatibile con le richieste dello standard anche ad altezza uomo.

### 5.1.1.3 Irraggiamento a 7 metri (altezza serbatoio)

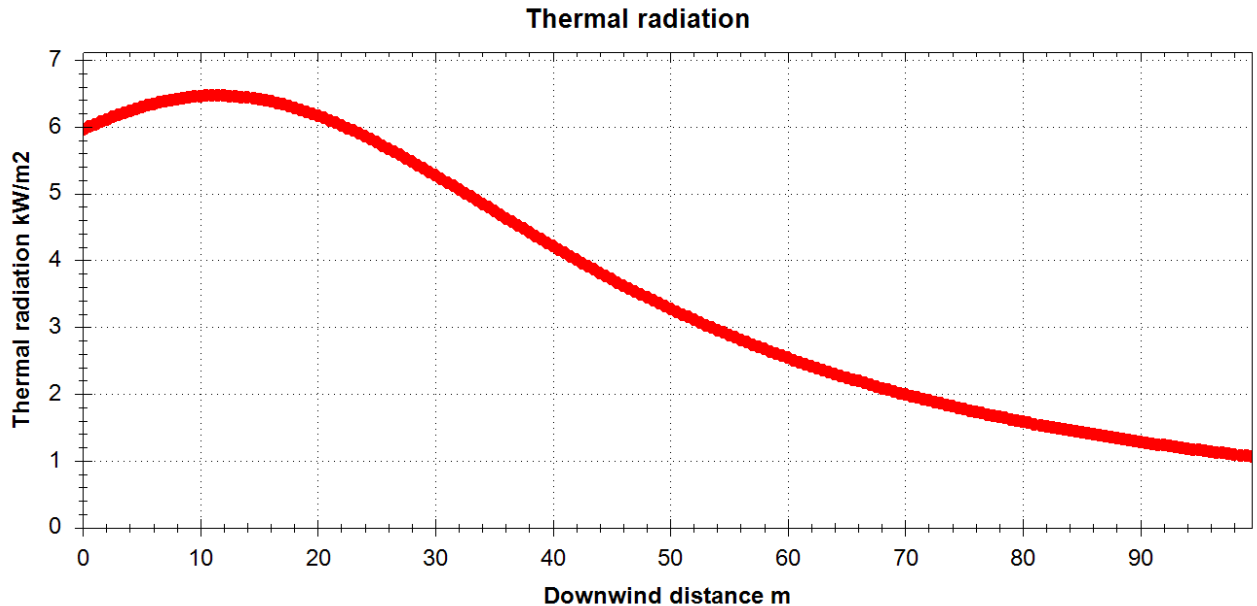


Figura 6 - Sviluppo della radiazione termica dalla torcia a 7 metri di altezza calcolata tramite software Flare.

Gli irraggiamenti alla quota di 7 metri sono stati considerati in relazione all'altezza del serbatoio S-218, installazione in quota più prossima alla torcia. Il serbatoio si trova ad una distanza di circa 54 metri, a cui corrisponde un valore di irraggiamento pari a circa 3 kW/m<sup>2</sup>. Tale valore è tale da escludere effetti termici significativi al serbatoio stesso.

Ulteriori installazioni in quota sono ubicate a distanze maggiori, soggette quindi a valori di irraggiamento inferiori.

Pertanto, l'installazione risulta compatibile con la tipologia e l'ubicazione delle installazioni in prossimità della torcia. Si precisa che all'interno dell'area sterile non è consentita l'installazione di apparecchiature.



## 5.1.2 Software Phast

Di seguito si riporta lo sviluppo della radiazione termica dalla torcia, calcolata tramite il software Phast, considerando un'altezza della torcia pari a 35 metri a una quota di riferimento pari a 0, 2, 5 e 7 metri.

### 5.1.2.1 Irraggiamento a livello del suolo (0 metri)

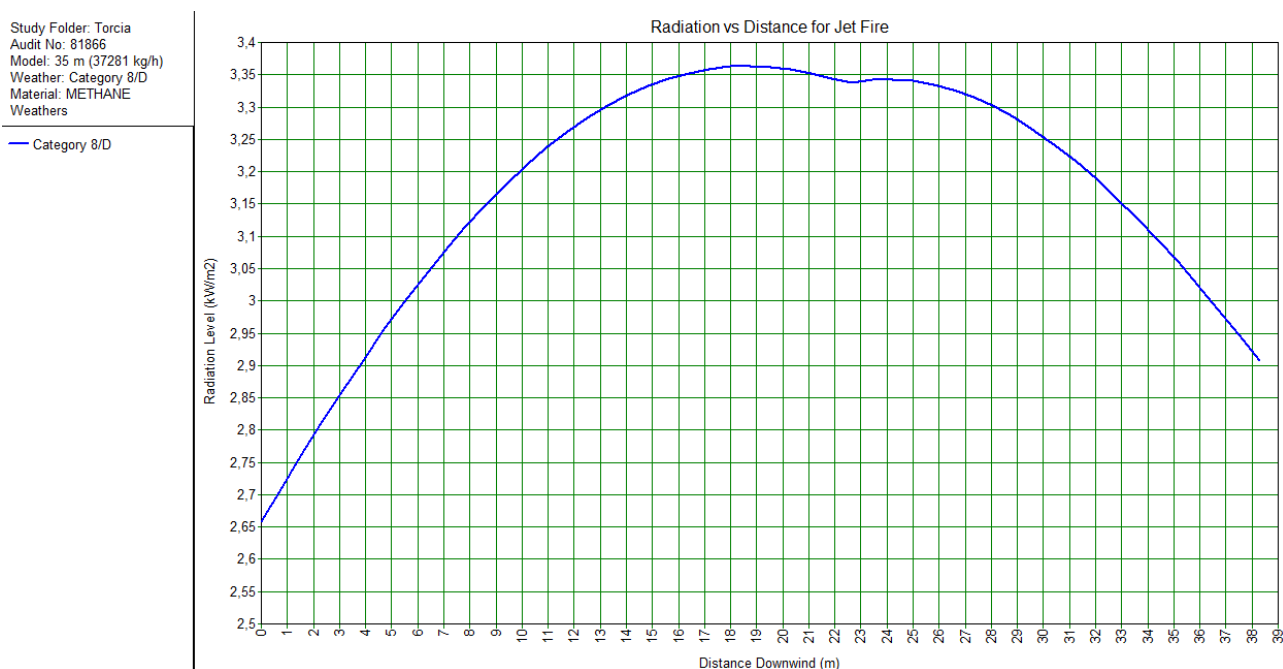


Figura 7 - Sviluppo della radiazione termica dalla torcia a livello del suolo calcolata tramite software Phast.

Ad una distanza di 30 metri (limite area sterile) la radiazione termica calcolata è pari a circa 3,3 kW/m<sup>2</sup>, pienamente entro i valori massimi consentiti dallo standard. Inoltre, all'interno dell'area sterile alla quota in esame non sono previsti irraggiamenti superiori a 3,4 kW/m<sup>2</sup>, valori ampiamente al di sotto del limite di 9 kW/m<sup>2</sup> prescritto dallo standard.

Pertanto, l'installazione risulta compatibile con le richieste dello standard.

### 5.1.2.2 Irraggiamento a 2 metri (altezza uomo)

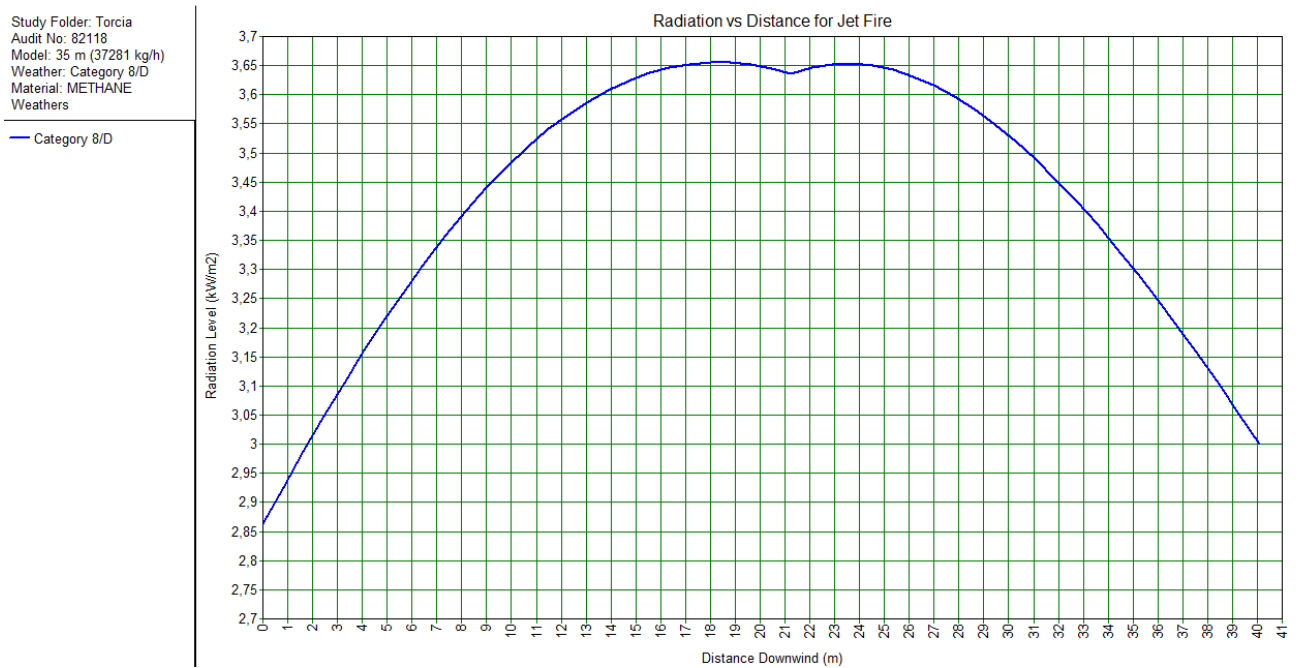


Figura 8 - Sviluppo della radiazione termica dalla torcia a 2 metri di altezza (altezza uomo) calcolata tramite software Phast.

Alla quota di 2 metri, (corrispondente all'altezza uomo) i valori di irraggiamento a 30 metri (circa 3,6 kW/m<sup>2</sup>) sono inferiori a quanto richiesto dallo standard. Si precisa che all'interno dell'area sterile non è consentito il transito e lo stazionamento di personale operativo, così come l'installazione di apparecchiature.

Pertanto, l'installazione risulta compatibile con le richieste dello standard anche ad altezza uomo.

### 5.1.2.3 Irraggiamento a 7 metri (altezza serbatoio S-218)

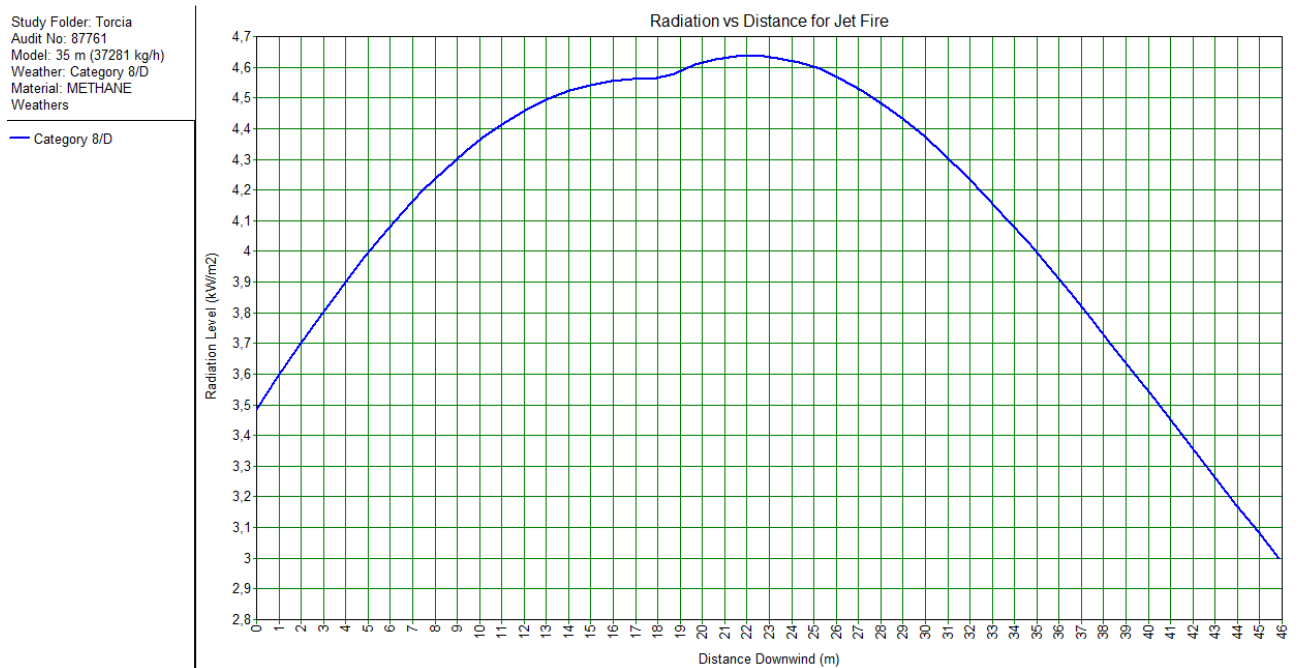


Figura 9 - Sviluppo della radiazione termica dalla torcia a 7 metri di altezza calcolata tramite software Phast.

Gli irraggiamenti alla quota di 7 metri sono stati considerati in relazione all'altezza del serbatoio S-218, installazione in quota più prossima alla torcia. Il serbatoio si trova ad una distanza di circa 54 metri, a cui corrisponde un valore di irraggiamento inferiore a 3 kW/m<sup>2</sup>. Tale valore è tale da escludere effetti termici significativi al serbatoio stesso.

Ulteriori installazioni in quota sono ubicate a distanze maggiori, soggette quindi a valori di irraggiamento inferiori.

Pertanto, l'installazione risulta compatibile con la tipologia e l'ubicazione delle installazioni in prossimità della torcia. Si precisa che all'interno dell'area sterile non è consentita l'installazione di apparecchiature.

## 5.2 Confronto dei risultati dei software FLARE e PHAST

Di seguito si riassumono i risultati delle simulazioni, suddivise per software e per bersagli interessati.

Irraggiamenti	FLAME	PHAST	Risultati
Quota 0 metri (limite area sterile a 30 m da base torcia)	4 kW/m <sup>2</sup>	3,3 kW/m <sup>2</sup>	Idoneo in riferimento alle soglie UNI EN 1473
Quota 2 metri (limite area sterile a 30 m da base torcia)	4,7 kW/m <sup>2</sup>	3,6 kW/m <sup>2</sup>	Idoneo in riferimento alle soglie UNI EN 1473
Quota 7 m (su serbatoio più vicino, a 54 m da base torcia)	3 kW/m <sup>2</sup>	< 3 kW/m <sup>2</sup>	Nessun impatto significativo su parte sommitale serbatoi (valutazione cautelativa)

Tabella 7 - Risultati delle simulazioni distinte per software utilizzati e bersagli interessati.

## 5.3 Dispersioni

Nel seguito si riportano i grafici delle simulazioni delle dispersioni del gas (mancata accensione torcia).

In particolare sono stati determinati i profili di concentrazione pari a LFL (44000 ppm) ed LFL/2 (22000 ppm). Tali valori di concentrazione rappresentano i profili della nube in condizioni di infiammabilità, ovvero in grado di generare un Flash Fire in caso di innesco.

## CLASSE F2

Study Folder: Torcia  
Audit No: 82116  
Model: 35 m (37281 kg/h)  
Weather: Category 2/F  
Material: METHANE  
Averaging Time:  
Flammable(18,75 s)  
C/L Offset: 0 m  
Concentration  
Time: 3,555 s

— 2,2e+004 ppm  
— 4,4e+004 ppm

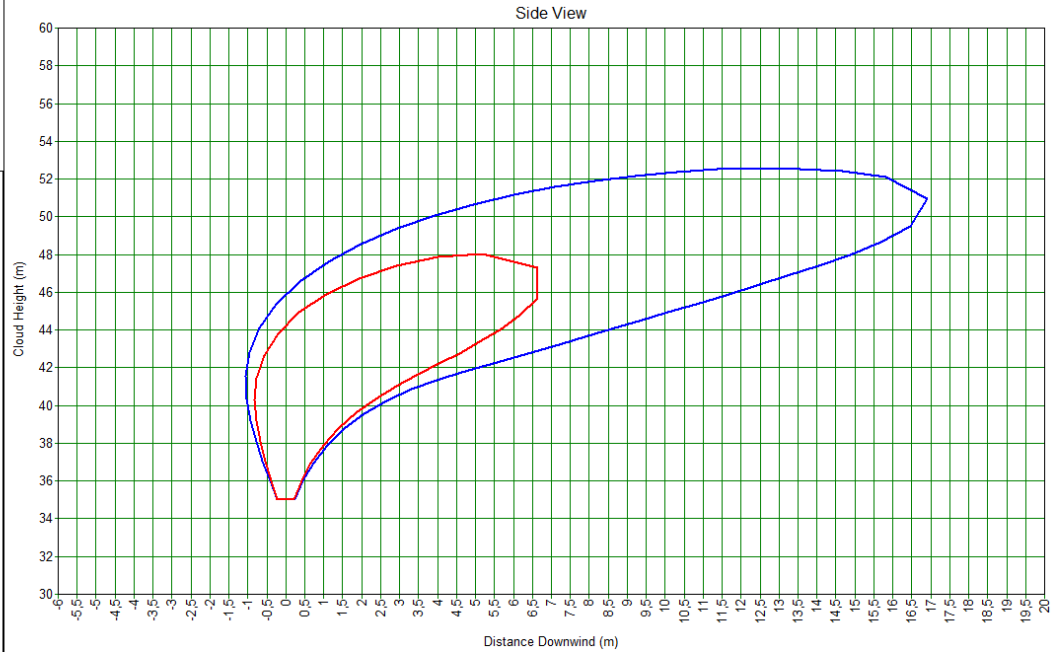


Figura 10 - Grafico simulazione dispersioni gas in caso di mancata accensione della torcia in condizioni meteo F2.

## CLASSE D5

Study Folder: Torcia  
Audit No: 82116  
Model: 35 m (37281 kg/h)  
Weather: Category 5/D  
Material: METHANE  
Averaging Time:  
Flammable(18,75 s)  
C/L Offset: 0 m  
Concentration  
Time: 2,435 s

— 2,2e+004 ppm  
— 4,4e+004 ppm

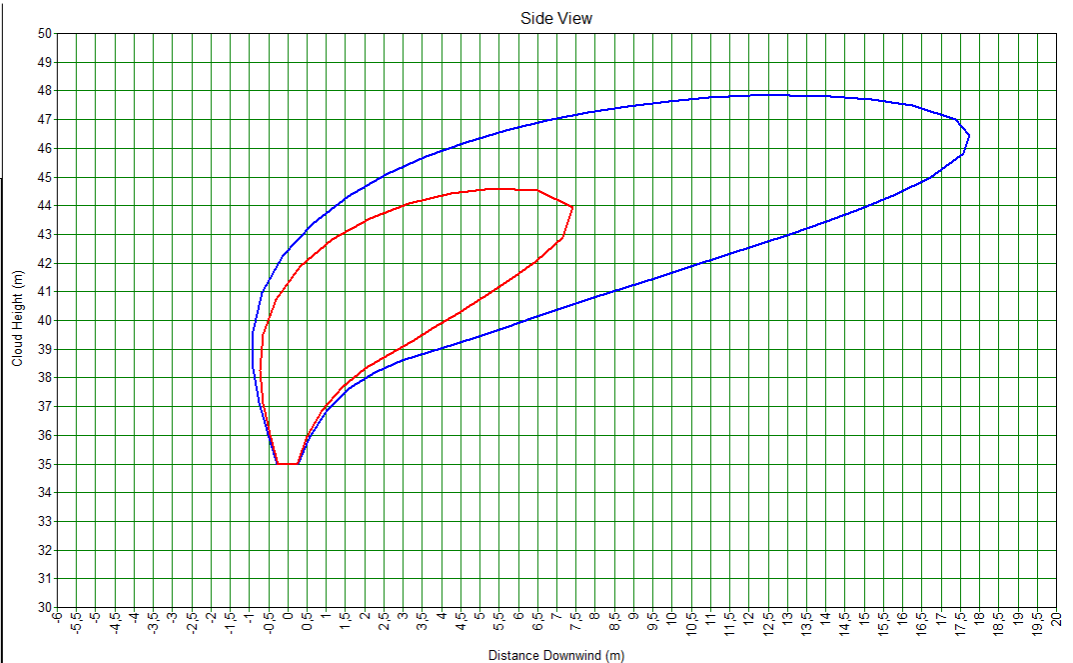


Figura 11 - Grafico simulazione dispersioni gas in caso di mancata accensione della torcia in condizioni meteo D5.

## CLASSE D8

Study Folder: Torcia  
Audit No: 82116  
Model: 35 m (37281 kg/h)  
Weather: Category 8/D  
Material: METHANE  
Averaging Time:  
Flammable(18,75 s)  
C/L Offset: 0 m  
Concentration  
Time: 1,647 s

— 2,2e+004 ppm  
— 4,4e+004 ppm

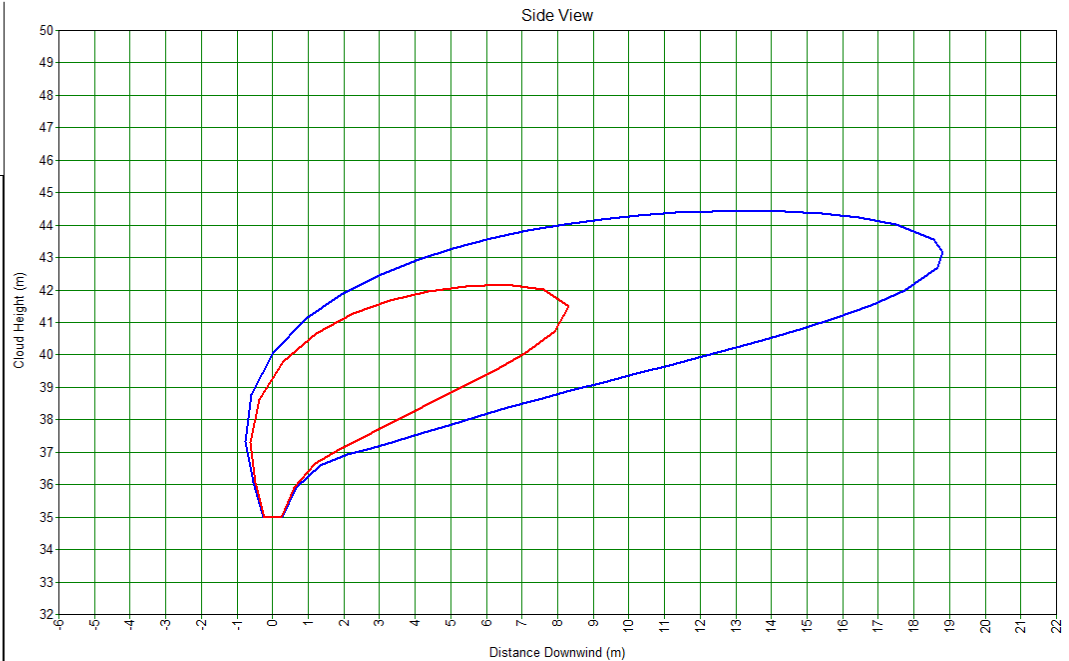


Figura 12 - Grafico simulazione dispersioni gas in caso di mancata accensione della torcia in condizioni meteo D8.

Le massime distanze raggiunte in tutte le classi meteo analizzate relative al LFL/2 (linea blu) sono pari a circa 19 metri (condizione meteo D8).

Le massime distanze raggiunte in tutte le classi meteo analizzate relative al LFL (linea rossa) sono pari a circa 7 metri (condizione meteo D8).

I risultati del modello di dispersione dimostrano inoltre come la nube di metano si mantenga, per tutte le classi meteo analizzate, sempre ad un quota superiore a quella della torcia e conseguentemente NON costituisce alcuna fonte di rischio per installazioni di operatori.

## 6 CONCLUSIONI

Con riferimento alla documentazione disponibile allo stato attuale del progetto (Maggio 2017), sono state sviluppate analisi di dettaglio per la determinazione dell'altezza della torcia di terminal, con lo scopo di verificare i requisiti richiesti dallo standard UNI EN 1473 "Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto (GNL) – Progettazione delle installazioni di terra".

Considerando che l'area d'installazione del terminal è soggetta a vincoli da parte dell'Ente Nazionale Per L'Aviazione Civile, che impongono un'altezza massima degli ostacoli dal suolo, l'altezza della torcia è stata assunta pari a 35 metri.

Sono state sviluppate simulazioni per la valutazione dei fenomeni di irraggiamento al suolo e in quota a 2 metri (corrispondente all'altezza uomo) tramite software FLARE (dedicato al dimensionamento della torcia) e PHAST (dedicato alla valutazione delle conseguenze di rilascio di sostanze). Entrambi i software, nelle medesime condizioni operative e ambientali, hanno determinato come una torcia di altezza pari a 35 metri sia in grado di garantire:

- irraggiamenti inferiori a 9 kW/m<sup>2</sup> all'interno dell'area sterile;
- irraggiamenti inferiori a 5 kW/m<sup>2</sup> al limite dell'area sterile;
- irraggiamenti inferiori a 5 kW/m<sup>2</sup> in aree esterne al terminal;

verificando quindi i limiti prescritti dallo standard UNI EN 1473.

In aggiunta, le simulazioni hanno dimostrato come le apparecchiature in quota più prossime alla torcia non sono soggette a irraggiamenti significativi.

Per quanto riguarda la dispersione della nube infiammabile in assenza di innesco, le concentrazioni infiammabili (LFL e LFL/2) non raggiungono in nessun caso il livello del suolo, ma si mantengono sempre ad altezze superiori rispetto il punto di rilascio. Inoltre, in considerazione della massima ampiezza della nube (pari a circa 19 metri, a 42 metri di altezza), nessuna apparecchiatura / struttura di terminal risulta coinvolta dalla nube infiammabile.

In conclusione, una torcia con altezza pari a 35 metri garantisce valori d'irraggiamento (e massime distanze di dispersione delle nubi infiammabili) compatibili con le richieste dello standard UNI 1473.